

El mundo de la radioafición

Antenas. Teoría y Funcionamiento

Nociones básicas de Radio-Electricidad y Radiotécnica



Creado por Radioaficionados
para Radioaficionados

2021 Por Toni Polit

Jose Ant. López

Prologo

Este libro nace de la inquietud como radioaficionados por el ansia y la necesidad del conocimiento del cómo y por que funcionan las cosas que cada día tenemos a nuestro alrededor y que se manifiestan de una forma natural y en un orden preestablecido por la naturaleza y la ciencia y tecnologías aplicadas y que gracias a los conocimientos y esas nuevas tecnologías que nos rodea y abundan en nuestra vida, se manifiestan sin apenas darnos cuenta y ser meros espectadores del resultado de esas reacciones y procesos que se llevan a cabo, en este caso en un entorno como es el cuarto de radio de un radio aficionado o radio en general, así como en otros ámbitos y campos de la tecnología que nos rodea.

En un mundo cambiante en el que lo de hoy no sirve para mañana, pero que todo se basa en los principios fundamentales que todo proceso es necesario conocer, el mundo de la radio no es ajeno a ello y desde que se compra una emisora walkie, fuente, antena, o cualquier otro dispositivo, en un cuarto de radio, es básico conocer cómo y por que funcionan las cosas y no hacerlas funcionar, esperando ver que es lo que pasa.

Precisamente para eso y para tener un conocimiento básico, de cómo es posible que desde la comodidad de un cuarto de radio o paseando con un walkie, o en un coche etc., sea posible entender como nos escuchan al otro lado de la calle, la ciudad, el país o al otro lado del mundo y por las ganas de saber y conocer este mundo, es por lo que otro radioaficionado, como Toni Polit, autor de este libro, pone a nuestra disposición, los conocimientos que hacen de la radio, un mundo tan apasionante, como la vida misma.

Como nacen las ondas, por que se transmiten y como nos llegan, que hace que eso sea posible, que técnicas y tecnología hay detrás de una pulsación de un micro y que hace posible hablar con personas, que no conoces en otro lugar del mundo.

Toni Polit, nos brinda la ocasión de en pocas palabras, concisas y con facilidad de entendimiento, los conocimientos necesarios, para que pulsar un micro y hablar, entender como una serie de acontecimientos, se suceden uno tras otro, para que eso sea posible.

En un mundo en el que internet y todo lo que conlleva, ha dejado a la gente sin apenas un tipo de comunicación y todo el mundo encerrado en sus terminales, “de última generación” se aísla del resto del mundo, la radio y sus posibilidades ofrece una perspectiva más allá de hablar con la agenda del teléfono o los que te siguen en Instagram o Facebook sin saber ni cómo ni porque.

Conocer la radio y sus principios, así como conocer por que pasan las cosas que se suceden después de pulsar el ptt del micro, es tan apasionante como cuando lanzas

una llamada de radio y de repente oyes al otro lado del mundo alguien q te escucha y está dispuesto también a compartir contigo un “qso” y un rato de buena conversación, un saludo, unos conocimientos y todo eso sin moverte de casa,

De ahí la importancia, del saber de las cosas y por tanto, la importancia de la forma clara y entretenida de Toni Polit de redactar y confeccionar este libro que sin duda, es en parte de gran ayuda y para más de uno, para poder sacar su licencia de radioaficionado y en el mejor de los casos, siempre para aumentar los conocimientos.

Este libro surge de las diferentes opiniones que surgen en un grupo de whatsapp, hablando precisamente de las antenas y el mundo de la radio. Hay tantas opiniones, acerca de las antenas, y posibilidades, casi como tantos radioaficionados, pero técnicas y conocimientos, son los mismos para todos, de ahí la importancia de saber y conocer cómo funciona una antena y la posibilidad de entenderlos bien y claros desde el principio, como en este libro, que nace con esa intención

Eso queda en este libro de manifiesto gracias al compañero Toni Polit Polit EB5GDG. Gracias por tu trabajo y todas las enseñanzas esfuerzo y dedicación y sobre todo por dejarme acompañarte en esta aventura editándolo y compartiendo tus conocimientos conmigo, José Antonio López EA3GQU

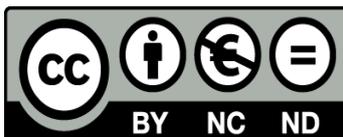
ANTONIO POLIT POLIT (EB5GDG)



JOSE ANTONIO LOPEZ DIAZ (EA3GQU)



Este libro, es para uso propio del radioaficionado y está prohibida su distribución y venta con fines lucrativos y sin previo aviso o consentimiento de los autores



(c) 2022 Antonio Polit Polit (EB5GDG) y José Antonio López Díaz (EA3GQU)

Por ello, los autores distribuimos este libro con licencia CC BY-NC-ND 3.0 España

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>).

Como funciona una antena.

Toni Polit

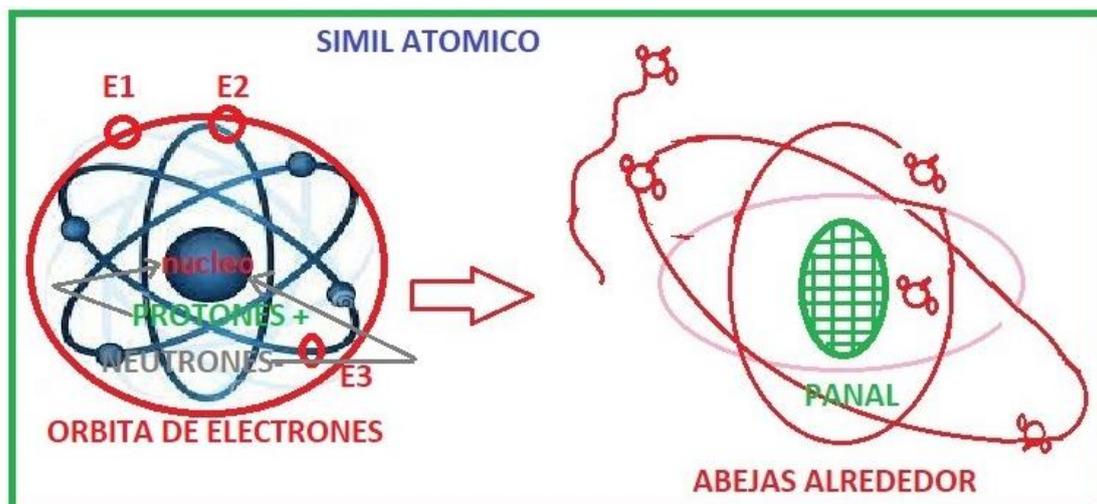
LECCIÓN 1ª:

ESTRUCTURA DE LA MATERIA. ELECTROMAGNETISMO.

Voy a coger un cuerpo simple, por ejemplo, el agua. Si dividimos una gota de agua todo lo posible, llegaremos a la MOLECULA de agua. Si la seguimos dividiendo, llegaremos al ÁTOMO, pero ya no es agua, sino que encontraremos 3 átomos, 1 átomo de oxígeno y 2 de hidrogeno, como todo el mundo sabe, H2O.

Esta estructura atómica, está formada 3 partes, que se llaman PROTONES, NEUTRONES y ELECTRONES. Nos interesan los electrones, y nos quedamos con la idea de que las otras partículas forman el NÚCLEO. Los electrones tienen carga NEGATIVA, y las otras partículas nucleares, carga positiva. Lo normal, y en reposo, es que esta estructura esté en equilibrio. Los electrones forman órbitas constantemente alrededor del núcleo, lo mismo que las abejas alrededor de un panal.

Tenemos que saber que los electrones que tienen órbitas más exteriores, están menos



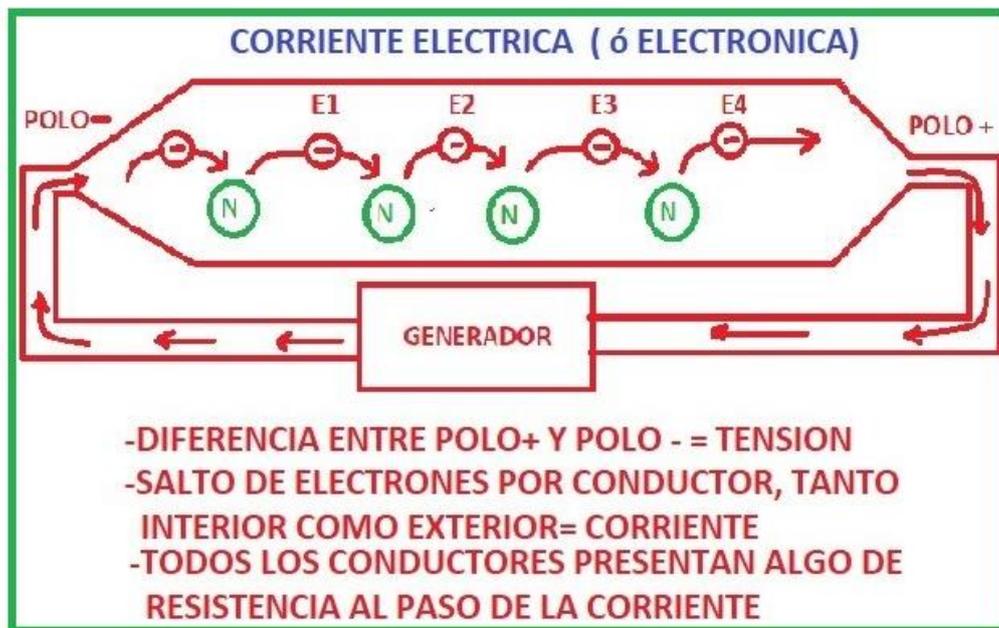
afianzados al núcleo, y por ese motivo pueden moverse con facilidad, de un átomo a otro. Según del material de que se trate, habrán más o menos electrones que pueden fugarse, y se les llama ELECTRONES LIBRES. En este caso, y en general, todos los METALES disponen de suficientes electrones libres. También ocurre esto con algunos líquidos y algunos gases.

Así pues, nos vamos a quedar con la idea de que los metales nos llaman la atención por la cantidad de electrones libres que tienen disponibles, y los hace buenos o mejores CONDUCTORES para los electrones. Por ejemplo, el cobre, tomado como referencia, es mejor conductor que el aluminio(Al), y peor conductor que la Plata, (Ag), o el Oro, (Au).

Otros materiales, como la roca, o la baquelita, tienen poquísimos o ningún electrón libre, y se les llaman AISLANTES. También existe el término medio, el semiconductor, pero eso es materia para otro día.

Si aplicamos unos terminales a un material conductor, de forma tal que los electrones libres se vean "influenciados" en su estado de tranquilidad, va a ocurrir un movimiento de estas partículas atómicas. Al tener CARGA NEGATIVA, se van a ver atraídos por el terminal POSITIVO, y verse repelidos por el terminal NEGATIVO. Lo que va a ocurrir, la consecuencia, es ni más ni menos que los electrones más libres va a viajar de un átomo a otro, y su vacío se va a ocupar enseguida por otro electrón vecino. Recordar que el estado natural de los cuerpos, es el equilibrio.

Hemos formado una verdadera CORRIENTE de partículas electrónicas, de un átomo a otro, por el interior y por el exterior. A esto se le llama CIRCUITO eléctrico, o electrónico, como queráis.



Para que esta corriente se ponga en marcha, necesitamos un GENERADOR DE ENERGÍA, o simplemente generador, que es ni más ni menos que un dispositivo que tiene la capacidad de generar una CORRIENTE ELÉCTRICA.

Fijaros que el SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA CORRIENTE de los electrones es HACIA POSITIVO, (+), por fuera del circuito, y ak revés por dentro de la estructura atómica del conductor.

Es fácil de recordar, si sabemos que los electrones que tienen carga negativa se ven atraídos por un polo, (potencial), positivo.

Ahora hay que meterse en la cabeza, que ya que el Sr. Electrón tiene una carga negativa de nacimiento, nos va a formar un CAMPO ELÉCTRICO, que se le llama E. El

campo eléctrico es lo mismo que la ELECTRICIDAD ESTÁTICA, que creo que es más fácil de entender. Ejemplos de electricidad estática, son, por decir algo, cuando nos quitamos una prenda sintética en tiempo seco, o cuando salta una chispa de la llave de nuestra mano a la cerradura del coche, o mejor, cuando años atrás, nos acercábamos a la pantalla de la TV. Este campo eléctrico era muy intenso.

La chispa del ejemplo salta para volver al estado del equilibrio universal, y anular la DIFERENCIA DE POTENCIAL.

La diferencia de potencial, se mide en VOLTIOS, en honor al físico Volta, inventor de la pila. Los Voltios nos dan una idea de la TENSION eléctrica, y que equivale a la PRESIÓN de una bomba de agua.

En el dibujo también se cita la INTENSIDAD DE LA CORRIENTE, y en honor a Ampere, se le llama AMPERIOS. Hace falta mover billones de electrones, para que la corriente sea apreciable.

La última magnitud eléctrica del dibujo es la RESISTENCIA, que como es lógico, depende del material que tengamos puesto en el circuito. La unidad es el OHMIO. También en honor al Sr. Ohm, como podéis suponer.

Estas tres magnitudes fundamentales, no tienen EQUIVALENCIA entre sí, pero sí que están relacionadas. Como esta relación se cumple SIEMPRE, se le llama LEY. En este caso, LEY DE OHM.

La Ley de Ohm, dice ni más ni menos, que un voltaje de 1 Voltio, (V.) aplicado a un circuito eléctrico que presente 1 Ohmio de resistencia, va a provocar un paso de corriente de 1 Amperio(A).

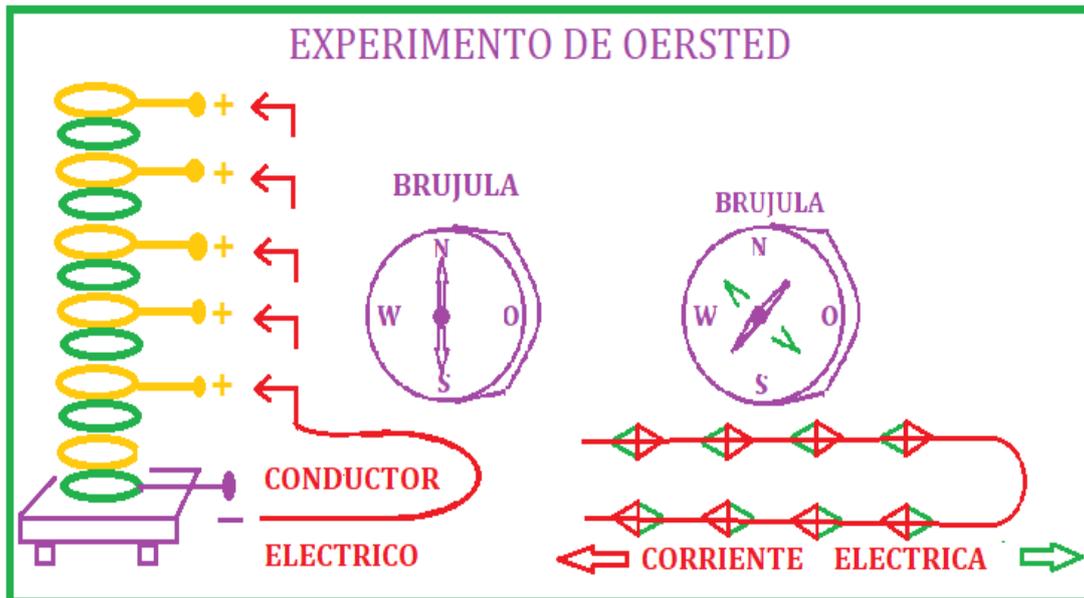
En resumen, que la intensidad, o corriente, en A, es la división $\frac{V}{R}$ del voltaje, o tensión, entre la resistencia, en Ohmios.

Los ohmios se representan con la letra griega Omega Ω mayúscula.

Y ya para ir terminando por ahora, vamos a tener que admitir otra idea sencilla, y es que los electrones en movimiento, o la corriente eléctrica, que ya sabéis que es lo mismo, siempre generan un CAMPO MAGNÉTICO. Si los señores electrones están quietecitos, sólo tenemos campo eléctrico, inseparable a su carga negativa. En cuanto empiecen a moverse, vamos a tener con cada electrón un campo magnético, pequeñísimo, si, pero existente. Obviamente, si son muchísimos los electrones que se mueven, el campo magnético es proporcional en consonancia. El campo magnético tiene una polaridad en un sentido de la corriente y se invierte la polaridad al invertirse también la corriente. La representación del campo magnético, es la letra H.

Es fácil de entender el concepto de campo magnético. Todos de pequeños hemos construido alguna vez un ELECTROIMAN. Era un carrete de hilo eléctrico al que le conectábamos una pila y atraía pequeños metales. Al desconectar la pila, dejaba de actuar el electroimán. Así queda manifiesto que los electrones en movimiento generan campos magnéticos.

Y ahora pongo el último dibujo de hoy.



El Sr Oersted era otro sabio de la época. Hizo visible lo que acabo de explicar. Conectó una pila de Volta por medio de un conductor, y puso una brújula en las proximidades. Cuando conectaba la pila, la aguja magnética se desviaba. Cuando cortaba la corriente, la aguja volvía al Norte. Si invertía la corriente, la aguja marcaba al revés.

Si aumentaba la corriente, (subiendo el voltaje de la pila), la aguja aumentaba la desviación. Con esto quedó demostrado que el paso de la corriente SIEMPRE genera un campo magnético.

RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 1

- La divisibilidad de la materia lleva a la Molécula, y si continuamos dividiendo, al Átomo. El átomo está formado por partículas; una de ellas es el Electrón. A los electrones les acompaña un campo eléctrico.
- Los electrones se mueven en órbitas alrededor del núcleo atómico. Los electrones de las órbitas más lejanas tienen la posibilidad de saltar a otro átomo.
- El movimiento de los electrones de un átomo a otro, se llama Corriente Eléctrica. La corriente eléctrica a su vez, produce un campo magnético.

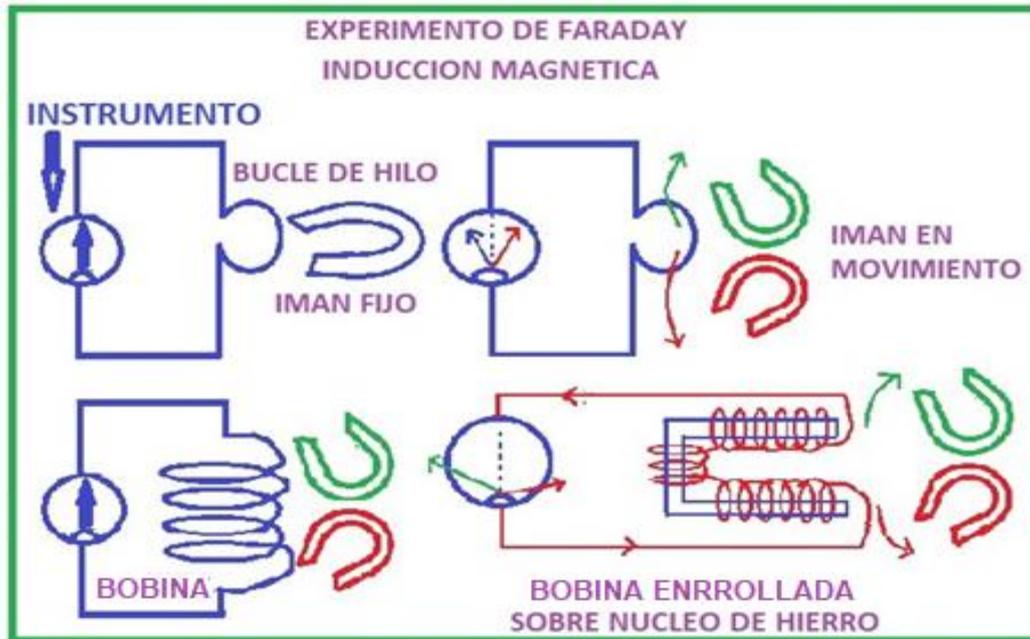
Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 2ª:

Principios y conocimientos previos.

EXPERIMENTO DE FARADAY Y MAXWELL.

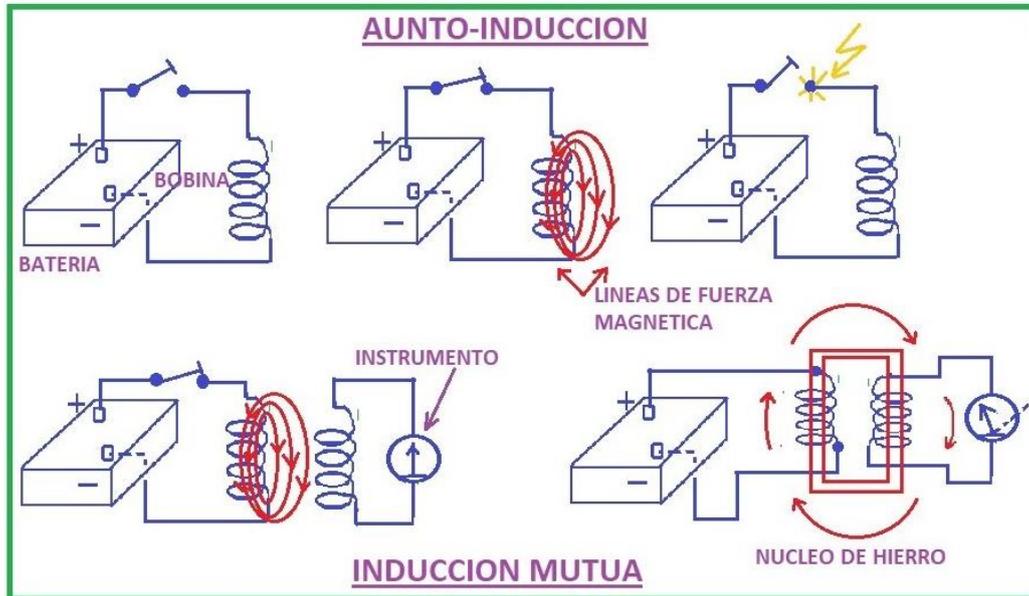


Según se ve en el dibujo, si aproximamos un imán de herradura a un circuito formado por una vuelta de hilo, (espira), y un instrumento indicador, vemos que no ocurre nada, el medidor no se mueve. Pero si movemos el imán de forma transversal a la espira, el instrumento acusa un paso de corriente eléctrica, que pasa por cero y se invierte, cada vez que el imán completa un ciclo, es decir, cada vez que pasa por el diámetro de la espira. Si la bobina está construida con varias espiras, el efecto es más notorio. Si por el eje de la bobina se introduce un núcleo de hierro, todavía es más evidente el efecto, representado en el dibujo por la aguja saliendo del cuadrante

Este experimento se llama inducción magnética, o simplemente inducción, y demuestra que el movimiento de los campos magnéticos produce corrientes eléctricas, como efecto inverso del experimentado por Oersted, en el que la corriente eléctrica genera campos magnéticos.

Otro físico de la época, que fue Maxwell, comprobó con los medios de la época el cálculo de la velocidad de la luz, que fue muy similar a la medición actual y que por acuerdo e intereses internacionales, se ha fijado en 300.000km/s. Así pues y hasta nuestros días, los campos electro-magnéticos se desplazan y manifiestan a esta velocidad, tanto si es causa como efecto.

Como curiosidad, diré que cuando una pieza magnética gira en el interior de una bobina, se genera una corriente eléctrica variable. Recíprocamente, si a esa bobina se le conecta una corriente variable, el imán se moverá. A esta sencilla máquina eléctrica, se le llama MAGNETO, y existe como productor de corriente en las bicicletas, aunque popularmente se le conoce como dinamo.



Bien, continuamos.

Si al experimento que ya conocemos de circuito de batería y bobina le instalamos un interruptor para conectar y desconectar la corriente a voluntad, ya sabemos que cuando circule corriente, se generará un campo magnético en la bobina, y si cortamos la corriente, se extinguirá, naturalmente. Pero si observamos con atención el interruptor, veremos que salta una pequeña chispa, en el momento de DESCONECTAR el circuito.

Explicación, y atención: La corriente forma un campo magnético, pero al fin y al cabo es un electroimán, y como tal, será el mismo efecto que el experimentado por Faraday. Con lo cual, ese campo induce (o provoca) una corriente en la misma bobina, pero de sentido inverso y hacia la batería. Por eso salta la chispa. A este nuevo fenómeno se le llama AUTO-INDUCCIÓN electromagnética.

Y si en las proximidades de la bobina inductora colocamos una bobina similar, bien en su mismo eje o bien entre los huecos entre vuelta y vuelta, podremos comprobar que la alternancia de corriente eléctrica a campo magnético y de nuevo a corriente eléctrica, se transporta sin medio material, de un circuito a otro, a la velocidad de la luz. Esto se le conoce como inducción mutua, y no lo pongo resaltado porque no es imprescindible recordarlo, pero sí debemos tener claro el concepto de inducción y auto-inducción. En estos sencillos principios está basado el TRANSFORMADOR, de mucha aplicación en radioelectricidad y vida diaria. Volveremos a él más adelante.

Y como resumen de las lecciones 1 y 2, diremos que:

- * El átomo está formado por partículas; una de ellas es el electrón.
- * El electrón tiene carga negativa, acompañada de un campo eléctrico.
- * Los electrones en movimiento forman la corriente eléctrica, que a su vez produce un campo magnético.
- * El campo magnético sobre un conductor vuelve a dar lugar a una corriente eléctrica. Yo particularmente me explico este fenómeno como una alteración del estado natural de reposo de los electrones en sus órbitas. Se provoca un desequilibrio, y el movimiento de los electrones saliendo y retornando a su estado de tranquilidad, es la corriente inducida.
- * Los campos eléctricos, magnéticos y los resultados de inducción y auto-inducción se producen a la velocidad de la luz.

RESUMEN DE LA LECCION Nº2

-El experimento de Maxwell y Faraday consiste en acercar y mover un imán en las proximidades de una espira, conectada a un instrumento medidor, (galvanómetro). Si el imán lo dejamos inmóvil, el instrumento no registra corriente alguna. Si movemos alternativamente el imán sobre la espira, el instrumento marcará paso de corriente, de forma alternativa en la polaridad.

-Este experimento se llama Inducción Magnética, o simplemente Inducción, y demuestra que el movimiento de un campo magnético que corta una espira produce corrientes eléctricas.

-El físico Oersted demostró el efecto contrario, es decir, que el movimiento de las cargas eléctricas,(corriente), produce campos magnéticos.

-Maxwell comprobó con los medios que tuvo a su alcance, que los fenómenos electromagnéticos se producían a la velocidad de la luz, actualmente establecida en 300.000 Km/segundo.

-Cuando un imán gira en el interior de una bobina, se produce por inducción, una corriente variable, en magnitud y polaridad. A este dispositivo se le conoce como Magneto. Por contra, si aplicamos corriente variable a la bobina, estando el imán en su interior, el imán girará. Este es el principio del Motor de Inducción, inventado por Tesla.

-Auto-inducción, es el fenómeno que se manifiesta en un circuito en el cual hay una bobina conectada a una fuente de energía. Se crea un campo magnético, que al interrumpir la corriente, crea a su vez, una corriente inducida.

-Inducción mutua, es otro fenómeno, que se manifiesta al colocar otra bobina junto a la bobina anterior; la auto-inducción de la primera bobina se manifiesta en la segunda. Este es el principio de funcionamiento del Transformador.

Como funciona una antena.

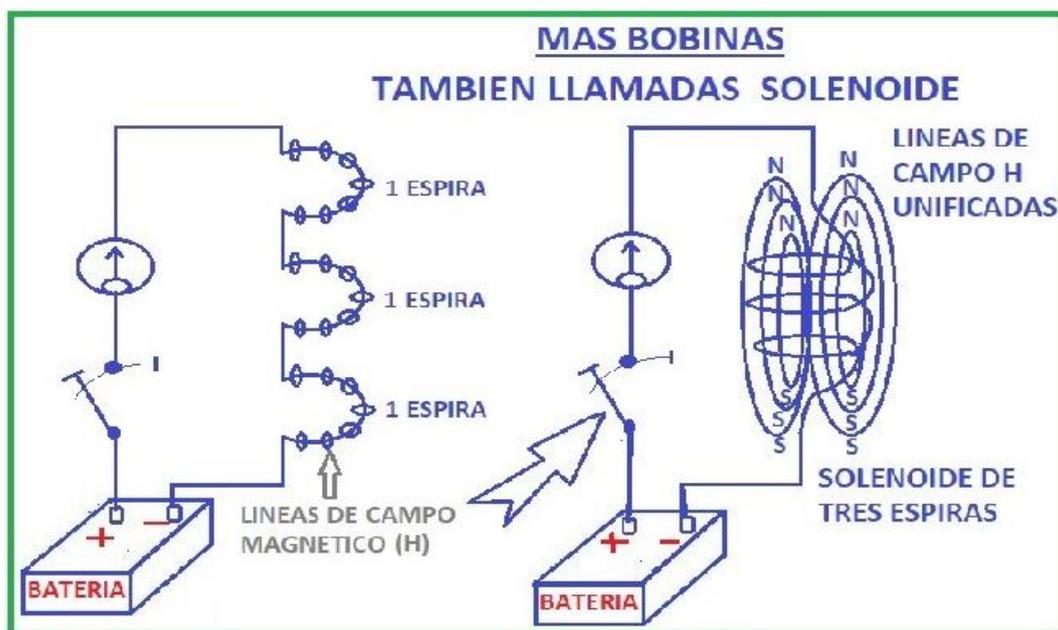
Toni Polit

LECCIÓN 3ª:

BOBINA, CONDENSADOR Y RESISTENCIA.

Dada la gran importancia que le doy al componente eléctrico que es la bobina, voy a machacar un poco más sobre este tema, a fin de asentar conceptos fundamentales.

Un bucle de conductor, se llama ESPIRA. Da igual que sea cuadrada, triangular o redonda, aunque esto último es lo más frecuente. Un conjunto de espiras conectadas entre sí, se llama BOBINA. Por comodidad explicativa, vamos a suponer que las bobinas son circulares.

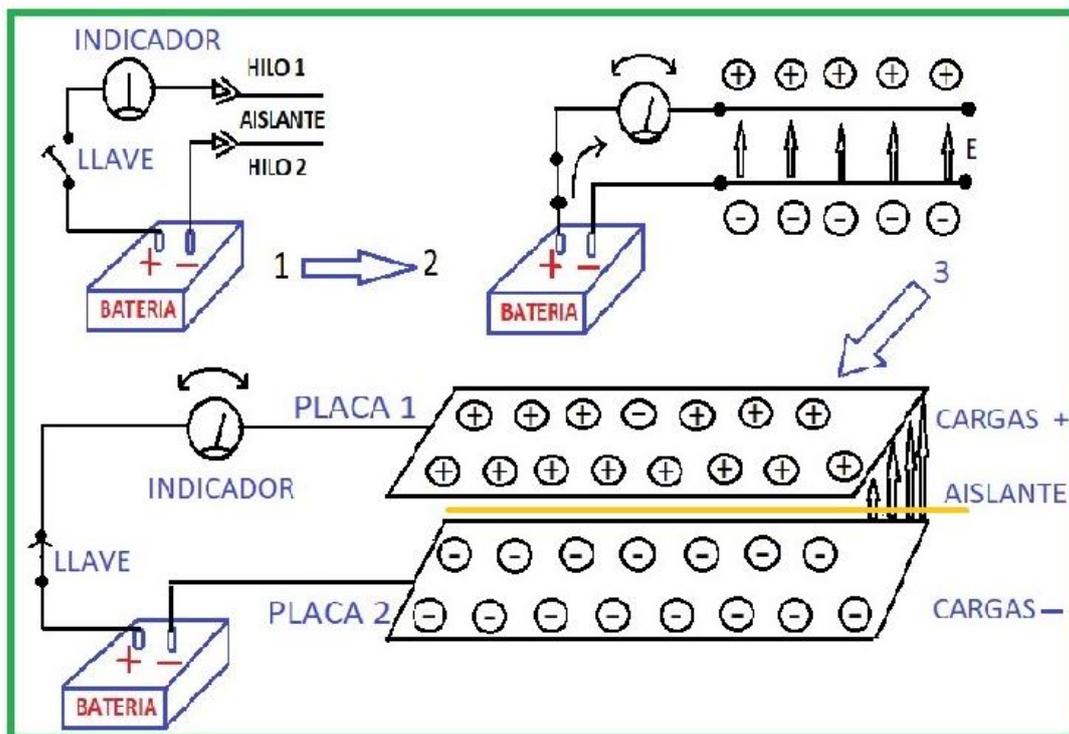


Ya doy por hecho, que a estas alturas, está claro lo de la inducción magnética, es decir, que una espira induce energía sobre la espira vecina, y ésta a su vez, sobre su vecina, y así sucesivamente.

Como ya sabemos que los campos magnéticos se suman, una espira más otra espira... y puede haber centenares ó miles de espiras, es lógico que la inducción sea grande, y el campo magnético, intenso. Bien. Ya es momento de saber, aunque sea de oídas, que la unidad de inducción es el Henrio, y se abrevia H. Lo más común en radioelectricidad, es hablar de sus submúltiplos. Aplicando la lógica y el sentido común, es fácil entender que una bobina con sus múltiples espiras, influyendo unas sobre otras, no van a crear un campo H instantáneo, aunque la corriente eléctrica sí que se considere. Así pues, hay un RETRASO, más evidente cuanto mayor sea el valor H de la bobina. En la lección 1 ya vimos que el campo magnético, se representa con la letra H, que a su vez, coincide con la unidad Henrio. Submúltiplos, como milihenrio, (mH), microhenrio, (uH), y nanohenrio, (nH).

Bien, pues a donde quiero ir a parar, es a lo siguiente: que si aplicamos un voltaje a una bobina, la corriente sufre el efecto de retrasarse una fracción del tiempo. Pequeña, pero apreciable. La palabra correcta DESFASE. Esto cuesta un poco de entender, y no está de más releer desde donde no se entiende. Pero puedo explicarlo otra forma, más fácil de entender. Se trata de que la bobina se opone, a que la corriente varíe. Desde un principio, en el cual se aplica el voltaje de la batería, y de nuevo al final, cuando se desconecta la batería. Insisto, repito: LA BOBINA SE OPONE A LAS VARIACIONES DE LA CORRIENTE.

Otro componente fundamental en Electrotecnia y Radioelectricidad, es el CONDENSADOR. En esencia, un condensador es un dispositivo formado por dos conductores con un aislante de por medio, y se dice que estos conductores forman una CAPACIDAD, que no es otra cosa que la capacidad de un elemento de retener carga eléctrica en forma de CAMPO ELÉCTRICO (E), o electrostático, o electricidad estática, como más nos guste. Es decir, todo lo contrario que hace la bobina, que funciona en base a los campos magnéticos.



Si montamos un circuito como se muestra en el dibujo, en principio, lo lógico es pensar en que no va a circular corriente alguna, pues dos conductores separados por un aislante, que en este caso es el aire, impide el movimiento de la corriente eléctrica. A este aislamiento entre los conductores, también se le llama DIELECTRICO.

Pues bien, al aplicar el voltaje a los conductores, se aprecia un brevísimo paso de corriente. ¿Cómo puede ser? Pues entendamos que hay una alteración temporal de la tranquilidad de los electrones en sus órbitas; muy breve pues hay pocos electrones

libres en un trocito de conductor. Ocurre por igual en el polo positivo que en el negativo, pero la tendencia será en sentido opuesto.

Después de este breve instante, el instrumento indicador marcará CERO, puesto que no hay posibilidad de que circule la corriente. Se dice entonces que el condensador está CARGADO. Tomemos nota, muy importante, de que en primer lugar, circula la corriente, y en cuanto las cargas eléctricas se estabilizan, (o los electrones se tranquilizan), aparece el VOLTAJE en extremos del condensador. Así pues, podemos decir que el condensador ADELANTA la corriente respecto al voltaje, o lo que es lo mismo, el condensador DESFASA el voltaje respecto a la corriente.

Resulta que nuestro condensador ha quedado cargado al mismo voltaje que la batería. Podemos retirarlo y dejarlo apartado, que conservará ese voltaje para siempre. Esto es en teoría, ya que no existen los aislantes perfectos, y al cabo de mucho tiempo, el condensador se irá descargando. Si se nos ocurre juntar los hilos por medio de un hilo u otro consumidor de corriente, circulará de nuevo la misma corriente del principio, sólo que en sentido opuesto, se restablecerá el equilibrio de los electrones, y el condensador se descargará.

Podemos de nuevo volver a conectar el condensador, incluso a una batería de mayor voltaje, y volverá a cargarse. Si se nos ocurre retirar el condensador cargado, y conectarlo a una batería de inferior voltaje, la corriente circulará del condensador hacia la batería, hasta que se igualen las cargas. Así que el condensador tiende a evitar las VARIACIONES DE TENSIÓN.

En el dibujo número tres de los condensadores, se ha representado un condensador más real, formado por dos placas y el aire como aislante dieléctrico. Al haber muchos más electrones que se van a ver afectados, la CAPACIDAD de acumular cargas va a ser mucho mayor, la corriente de carga más intensa, y el condensador va a necesitar más tiempo para cargarse. Pero la explicación es exactamente la misma. Ya puestos, hay que saber que la unidad de capacidad eléctrica es el FARADIO, en honor a Faraday. Actualmente pueden conseguirse condensadores de varios Faradios, en base a un dieléctrico húmedo, llamado electrolítico. Aunque lo usual en radioelectricidad y radiotecnica, es manejar los submúltiplos, es decir, microfaradios, nanofaradios y milifaradios.

Otra forma de poder explicar el tema de la capacidad, podría ser que el condensador acumula electricidad estática, por retener campo eléctrico, (E).

CONDENSADORES

Según podemos ver en el dibujo TIPOS DE CONDENSADORES, aquí hay unos cuantos ejemplos, destinados a diferentes aplicaciones, aunque en esencia, todos internamente están contruidos igual, como ya sabemos, al menos tienen dos placas

metálicas separadas por un aislante, y encapsuladas de forma que nos quede un componente manejable. Así, tenemos condensadores de poliéster, de mica, o



cerámicos, de estiroflex, (por el material interno), electrolítico, cuyo dieléctrico no es sólido, variables y ajustables, de uso muy habitual en radioelectricidad, y por último, el tipo industrial, que podemos ver de forma habitual junto a los motores eléctricos y en los antiguos tubos fluorescentes. Todos los condensadores tienen un valor de CAPACIDAD Y UN VOLTAJE DE SERVICIO, además de una tolerancia y una aplicación específica. No es lo mismo un condensador para una fuente de alimentación, como el condensador electrolítico, que un condensador para un circuito de sintonía, como el variable o el ajustable.

RESISTENCIAS:



Este componente, importantísimo en aplicaciones eléctricas y electrónicas, es, junto con el condensador, el que más veces vamos a encontrarnos en cualquier circuito. La resistencia es, como su nombre indica, un componente que presenta una RESISTENCIA al paso de la corriente eléctrica. Este funcionamiento trae siempre como consecuencia un desprendimiento de calor, que las más de las veces, no nos interesa, salvo que la diseñemos exprefeso.

Recordando la primera lección, y la Ley de Ohm, (que se llama Ley porque se cumple siempre), el paso de una corriente eléctrica a través de una resistencia, trae inevitablemente la formación de un VOLTAJE, también llamada CAÍDA DE TENSIÓN.

Esta caída de tensión en la técnica, es un fenómeno que se busca adrede, para que se nos forme un voltaje en un punto concreto. Recordemos que VOLTAJE (V), es RESISTENCIA(R), multiplicado por INTENSIDAD, (I). Por ejemplo, el paso de 2 Amperios, a través de una resistencia de 4 Ohmios, nos provoca un voltaje de 8 Voltios.

Las resistencias se catalogan por su valor óhmico, la potencia que pueden soportar, la tolerancia, y el tipo, o lo que es lo mismo, la forma física y el uso para el cual han sido construidas.

En el dibujo de TIPOS DE RESISTENCIAS, podemos ver algunos ejemplos, con especial mención a la R bobinada, que está formada por un hilo resistivo sobre un soporte, las R variables llamadas POTENCIÓMETROS, de tipo A o B, y la resistencia industrial, que está diseñada adrede para generar exclusivamente CALOR, y en este caso, se suele clasificar por su voltaje de servicio y su potencia eléctrica. Esta resistencia se usa de forma masiva en las tostadoras de pan y en los grill de hornos microondas. Otro ejemplo doméstico lo tenemos en la resistencia de los soldadores de estaño.

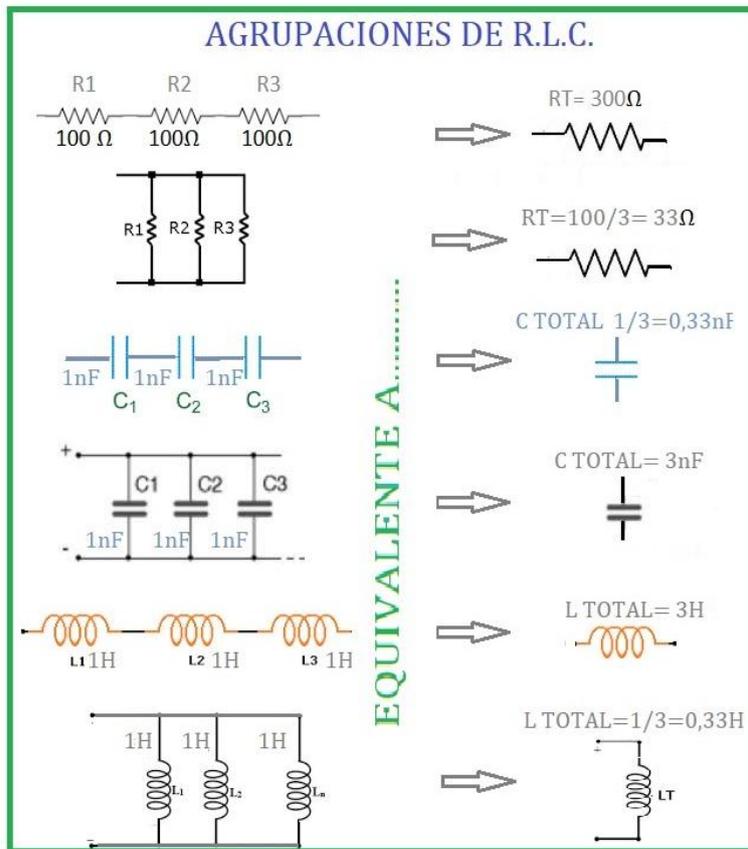
EL FUSIBLE:

El fusible es un componente que podemos encontrar en todas partes donde haya una instalación eléctrica o aparato electrónico, o cualquier dispositivo que utilice la corriente eléctrica como fuente de energía. Es una aplicación especial de la utilidad de las resistencias, basada en la generación del calor que provoca el paso de la corriente eléctrica. En efecto, un hilillo de alambre de cobre u otra aleación especial, se diseña calibrado para un paso de corriente en concreto; cuando la corriente que atraviesa el fusible supera el máximo admisible, el hilo se funde, interrumpiendo el paso de la corriente. Otra forma de entenderlo, sería que la resistencia (muy baja), que presenta el hilo fusible, desarrolla una rápida elevación de temperatura al paso de una corriente concreta, que provoca la fusión del hilo. Esta inestimable función de seguridad, en la que el eslabón más débil es el más importante, coloca a la humilde resistencia en un lugar privilegiado a la hora de velar por la protección.

Por supuesto, como resistencia que es, es también inevitable una caída de tensión, por eso no vale cualquier fusible para cualquier uso. Por eso se catalogan en amperaje y voltaje de uso, y también en la velocidad de actuación, en cuanto a rápidos y lentos. El fusible adecuado ha de serlo en lo referente al consumo del aparato que tiene que proteger y ha de ser también adecuado a la línea eléctrica que lo acompaña.

AGRUPACIONES DE R, L, C.:

Según se muestra en el dibujo, podemos encontrarnos con la necesidad de agrupar



Resistencias, Condensadores o Bobinas,(L), para conseguir valores diferentes, o prestaciones eléctricas diferentes. Al mismo tiempo, prestaremos atención al comportamiento de estos componentes, cuando van agrupados.

RESISTENCIAS: Cuando van conectadas en SERIE, se SUMAN sus valores en ohmios, (y su potencia en Watios).

Cuando van conectadas en PARALELO, se DIVIDEN sus

valores en ohmios, pero se sigue sumando la potencia en Watios.

CONDENSADORES: Cuando van conectados en SERIE, se DIVIDEN sus valores de capacidad. Se suma su voltaje de trabajo.

Cuando van conectados en PARALELO, se SUMAN sus valores de capacidad. El voltaje de trabajo es el mismo que el de uno de ellos. Esto es normal, pues equivale a un condensador cuyas placas es la suma de las placas individuales. Vamos a considerar que el condensador, en principio, NO CONSUME POTENCIA.

BOBINAS: Coincide con las resistencias. Es decir, bobinas en SERIE, SUMAN los valores. En conexión PARALELO, DIVIDEN los valores. Esto es fácil de entender, pues ya se vio en la lección anterior, al ver el ejemplo de las ESPIRAS, que es lo mismo. En el caso de la bobina, dado que está formada por un carrete de hilo, es inevitable una pequeña pérdida en forma de resistencia.

Es más fácil seguir la explicación con el dibujo a la vista. Es de destacar el comportamiento INVERSO de la agrupación de bobinas comparado con los grupos de condensadores. Una vez más, se pone de manifiesto el antagonismo de la capacidad frente a la inductancia. Recordemos este comportamiento siempre, pues es la base para futuras explicaciones, y debemos tenerlo claro.

RESUMEN de la lección 3:

La BOBINA tiene como unidad el Henrio. Tiene el efecto de almacenar campo magnético y se opone a las variaciones de corriente.

El CONDENSADOR tiene como unidad de capacidad el Faradio, y todos los submúltiplos. Tiene el efecto de almacenar campo eléctrico, y se opone a las variaciones de tensión.

La bobina y el condensador son componentes ANTAGÓNICOS. Su comportamiento se contradice.

La RESISTENCIA es un componente que se resiste de forma constante al paso de corriente, y como efecto, provoca una CAÍDA DE TENSIÓN. El FUSIBLE es una aplicación práctica de la caída de tensión.

Según agrupemos resistencias entre sí , condensadores y bobinas, tenemos efectos diferentes.

Quien guste de ampliar conocimientos, propongo buscar TABLA DE CODIGOS DE COLORES, para resistencias y condensadores.

Tipos de bobinas, resistencias y condensadores.

Como funciona una antena.

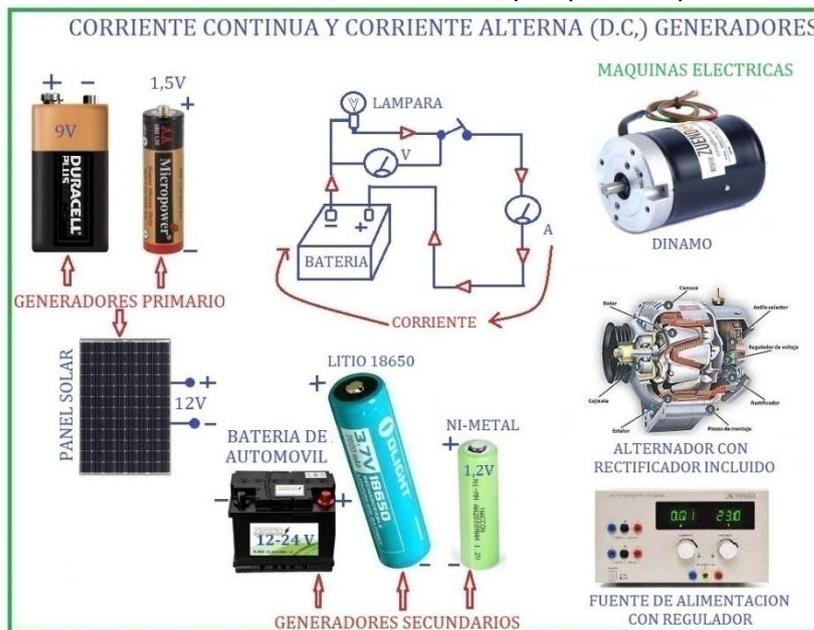
Toni Polit

LECCIÓN 4ª:

Corriente Continua y Corriente Alterna

Aunque en la lección primera ya vimos la presencia de un generador como dispositivo que hace circular la corriente eléctrica, a partir de un voltaje disponible, vamos a continuar ampliando conceptos fundamentales.

La **CORRIENTE CONTÍNUA**, se llama así, porque siempre circula **EN EL MISMO SENTIDO**.



Da igual que el voltaje y la corriente aumenten o disminuyan; la única posibilidad de invertir el sentido de circulación es invertir la polaridad del generador.

Según vemos en el dibujo, en el centro superior hay representado un circuito básico,

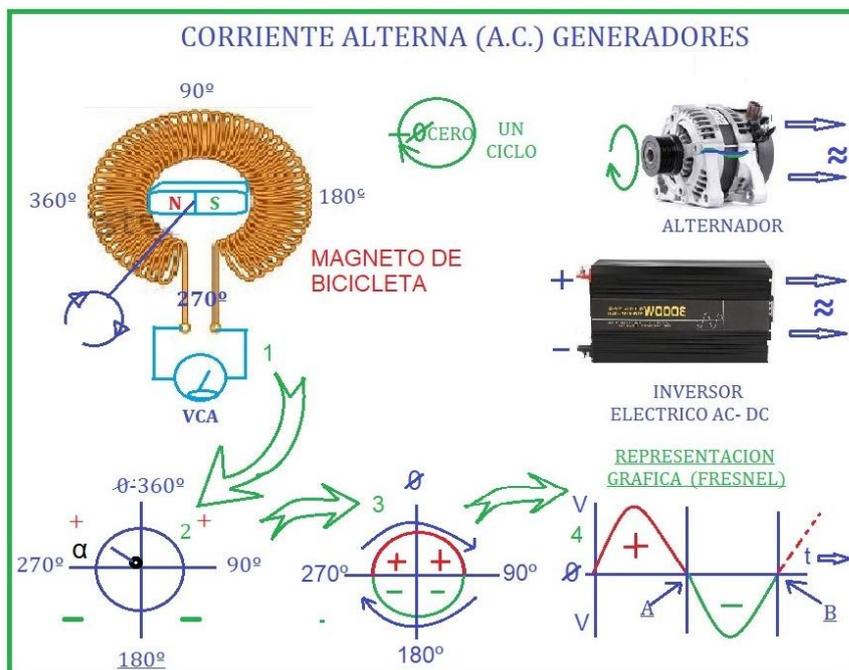
formado por un generador, un interruptor o llave, y una carga, que en este caso es una bombilla. Tenemos un instrumento indicador de paso de corriente, A, y otro instrumento, voltímetro, indicador de la tensión. Como ya vimos, la corriente circula de negativo a positivo por el circuito, es decir, por el exterior del generador. Pues bien, dentro de los diferentes generadores de corriente continua, tenemos los **GENERADORES PRIMARIOS**, que son las pilas químicas y los paneles solares fotovoltaicos. Se les llama así, porque son generadores de energía en primera instancia; los **GENERADORES SECUNDARIOS**, almacenan energía eléctrica por medio de una reacción química; también se les llama acumuladores. Y las **MÁQUINAS ELÉCTRICAS**, nos proporcionan energía eléctrica a partir de fuerza motriz. Este tipo de generadores son los que suministran la electricidad menos pura, pero perfectamente utilizable. Se empezaron utilizando las **DÍNAMOS**, (o Dinamos), siendo sustituidas actualmente por los **ALTERNADORES**, con rectificador incorporado; que en conjunto tienen un rendimiento muy superior. Tal que, para el mismo volumen y peso, el alternador puede generar una energía al menos cinco veces superior que una dinamo.

Como ejemplo final, están los alimentadores, o FUENTES DE ALIMENTACIÓN, que a partir de una fuente de suministro nos proporcionan corriente continua.

A partir de ahora, nos referiremos a la corriente continua con las siglas D.C., universalmente adaptada.

CORRIENTE ALTERNA: Esto es otro mundo. A esta corriente le debemos el desarrollo industrial y las comodidades de la vida moderna. Vamos pues, a fijarnos en el siguiente dibujo, CORRIENTE ALTERNA, (A.C.).

Vamos a recurrir de nuevo a uno de los más humildes generadores de A.C., que es la



MAGNETO, en las bicicletas.

Repasando la lección segunda, vimos cómo un imán que hiciese variaciones de campo magnético en las proximidades de un solenoide, generaba una corriente eléctrica, (experimento de Maxwell y Faraday). Pues

bien, la magneto está formada básicamente por un imán giratorio cuyo campo magnético (H), con sus líneas de fuerza, CORTA por así decirlo, las espiras del solenoide. A la izquierda del dibujo podemos verlo. Mirando de frente la magneto, podemos imaginar un CUADRANTE, cuya línea vertical atraviesa el eje de la máquina, y se cruza con la línea horizontal. Los extremos de estas líneas imaginarias se han marcado en grados de circunferencia, y se representa el CERO atravesado con línea inclinada, para diferenciarla de la letra O. Naturalmente, el cero grados y los 360 grados, es lo mismo.

Ahora conectamos un Voltímetro de corriente alterna, representado por V.C.A, en extremos del bobinado, y empezamos a girar el imán a partir del CERO, sentido hacia la derecha, y observamos que:

- Desde CERO hasta 90 grados, el voltímetro marca un máximo.
- Desde 90 hasta 180 grados, (media circunferencia), el voltímetro vuelve hacia mínimo, llegando a cero.

-Desde 180 hasta 270 grados, el voltímetro vuelve a marcar un máximo, solo que ahora la polaridad del imán es contraria.

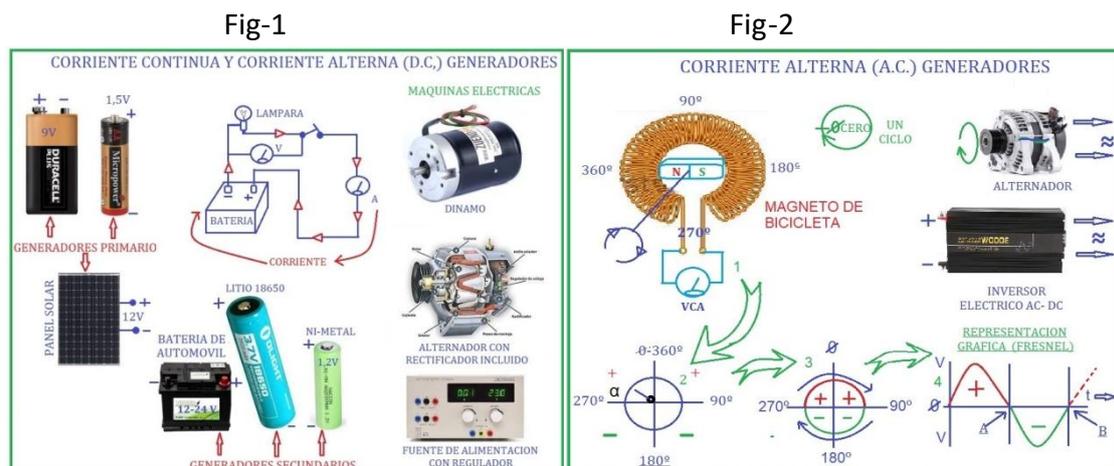
-Desde 270 hasta 360 grados, (o cero) ,el voltímetro vuelve al mínimo, llegando de nuevo a cero.

Hemos completado un círculo completo, o CICLO. Si el giro continúa, se formará otro ciclo, y así seguirá hasta que detengamos el eje de la magneto.

Si no tenemos del todo claro el efecto que explico, tan sólo hemos de cambiar el voltímetro por otro cuyo punto de reposo corresponda al centro de su escala .Si giramos el eje de la magneto, veremos que la aguja llega al máximo, pasa por cero, vuelve a marcar el máximo hacia el lado contrario, vuelve a cero, ...y así sucesivamente. Da igual en qué sentido giremos el eje, el voltímetro va a actuar de igual manera. De aquí viene el nombre de CORRIENTE ALTERNA, ya que de forma continua se está alternando la polaridad; la corriente va y viene en ambos sentidos a partir del generador.

Si formamos UN CICLO en el tiempo que dura UN SEGUNDO, tendremos una FRECUENCIA de 1C/seg. Si completamos 10 ciclos por segundo, la FRECUENCIA será de 10 C/s. Así que hemos de dar la bienvenida a otra unidad eléctrica fundamental, la FRECUENCIA, que es ni más ni menos que la cantidad de veces que se repiten los ciclos por segundo. En honor al físico alemán Heinrich Hertz, los ciclos por segundo se les llama HERCIOS, (Hz). Así que 1C/seg. es lo mismo que 1 Hz. En Radiotecnica se utilizan los múltiplos de Hz, es decir, Kilohercios, Megahercios, y Gigahercios.

Una explicación más técnica la podemos ver en el dibujo, pasando de la figura 1 a la 2,



en la que imaginando el ángulo que forma el eje de la magneto, cuyo vértice coincide con el cruce de las líneas, el valor del ángulo corresponde con la función matemática SENO; de ahí a que a la corriente alterna se le suponga y represente en forma SENOIDAL, según vemos en la figura 4, esquina inferior derecha. A esta representación

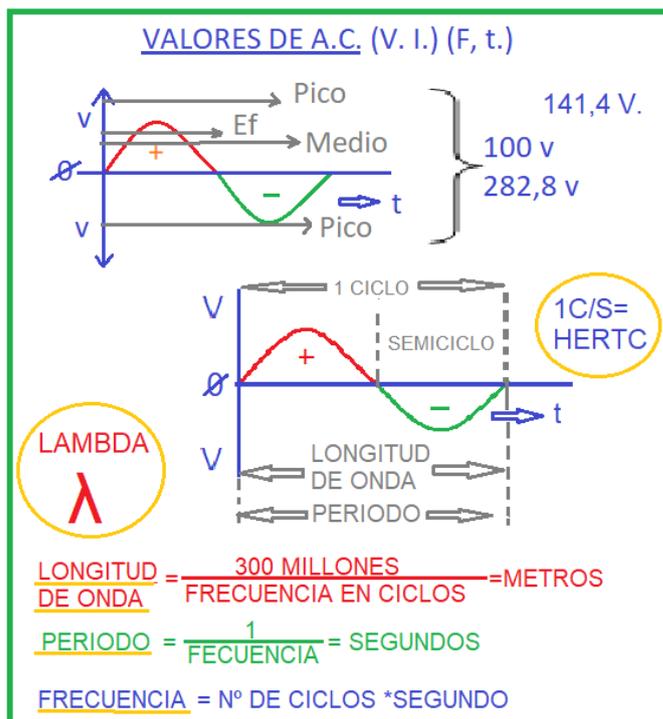
sobre el papel, se le conoce como FRESNEL, aunque esto no es necesario recordarlo. Podemos volver a ver, cómo la corriente nace desde cero, llega a un máximo, vuelve a caer a cero, invierte la polaridad y vuelve al máximo, y de nuevo cae a cero. Vemos medio ciclo positivo, y medio ciclo negativo.

Para terminar este párrafo, como máquina eléctrica productora de corriente alterna, tenemos el ALTERNADOR puro, que nos da energía eléctrica a partir de fuerza motriz. Tanto el alternador como la magneto, tiene en común que el voltaje generado y la frecuencia de la corriente dependen de las revoluciones del eje motriz. La diferencia es que el alternador NO tiene imán giratorio, sino ELECTROIMÁN, también llamado ROTOR. La parte fija se le conoce como ESTÁTOR.

Otra forma de generar A.C, es con un INVERSOR ELECTRÓNICO, también llamado convertidor DC-AC. El inversor utiliza la corriente DC que lo alimenta para generar corriente troceada a impulsos, que luego invierte y encadena. Los inversores NO SIEMPRE generan corriente en forma senoidal, pero sí alterna. Lo veremos más adelante.

VALORES DE LA CORRIENTE ALTERNA. (A.C):

Como ya hemos visto, al ser la corriente alterna una corriente que está variando



continua de polaridad, de sentido y de voltaje, es lógico pensar que vamos a encontrarnos con unos valores diferentes y en mayor número que la corriente continua, (D.C). A la vista del dibujo, vamos a comentarlos:

-FRECUENCIA: Las veces que se repite un ciclo en el tiempo; lo normal es referirse al segundo, (s.)

-PERÍODO: Es el tiempo que dura un ciclo. En segundos y sus submúltiplos. Se utiliza poco en

Radiotecnía. Mucho más en electricidad.

-LONGITUD DE ONDA, o del ciclo: Sale de dividir la velocidad de la luz, (300.000 Km/s), entre el valor de la frecuencia. Se le abrevia con la letra griega Lambda, mayúscula (λ). Este parámetro lo vamos a utilizar muchísimo, tanto o más que la frecuencia. El tenerlo

claro en Radiotecnía, es fundamental. Como es de longitud, se refiere a metros, (m.) y sus múltiplos y submúltiplos.

Volviendo a la parte central del dibujo, vemos representado un ciclo. Tiene dos partes, (semiciclos), cada uno con su polaridad correspondiente. El valor más elevado, o sea la cúspide, se le llama AMPLITUD; da lo mismo que nos refiramos al voltaje o al corriente.

En la parte superior del dibujo, vemos la esencia de los valores fundamentales de A.C; el valor superior, V_p , es el valor de PICO,

que si tomamos el 70,7% , tenemos el valor EFICAZ, V_{ef} , y si nos referimos al valor MEDIO, V_m , es el 63,6% del valor de pico.

Los valores que más se utilizan son el valor eficaz y el valor de pico, aunque en ciertas mediciones electrónicas también se referencian al valor Pico a Pico, V_{pp} , sobre todo en amplificadores, como referencia de su ganancia.

Si no se nos dice lo contrario, el valor de un voltaje o corriente en A.C, SE ENTIENDE COMO VALOR EFICAZ. También corresponde a las siglas inglesas R.M.S. Es el valor que marcan los instrumentos, tanto voltímetros como amperímetros.

Otra forma de entender el valor eficaz, es tal que el mismo valor que consumiría una resistencia conectada a corriente continua, D.C. Ahora vemos ejemplos para sentar ideas.

REFERENCIA= 100 V_{ef} , lo que marcaría un voltímetro de A.C.

-Valor de pico= $100 \times 1,4142 = 141,4 V_p$.

-Valor medio= $100 \times 0,636 = 63,6 V_m$. También es el 90% de V_{ef} .

-Valor pico a pico= El doble que el valor de pico, o sea, $100 \times 2,82 = 282 V_{pp}$.

Realmente, el valor V_{pp} no tiene utilidad práctica, pues los valores de sentidos contrarios no se pueden sumar, ya que el resultado sería CERO. Pero para mediciones sí se utiliza, y debemos conocerlo.

REFERENCIA= Corriente doméstica o industrial.

-Frecuencia = 50 ciclos/ s.= 50 Hz.

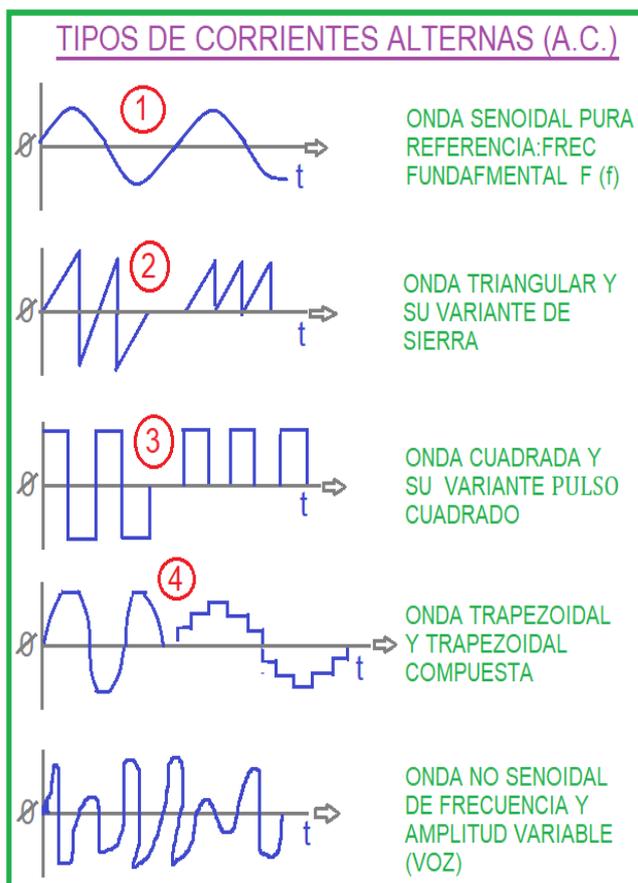
-Período= $1 / 50 = 0,02$ seg. O sea, 20 milésimas de segundo. Esto quiere decir, ni más ni menos, lo que dura un ciclo, o también, que la corriente se invierte cada 10 ms, (10 mili-segundos).

-Longitud de onda= $300.000 / 50 = 6000$ Km. O sea, que antes de empezar el segundo ciclo, a la corriente le ha dado tiempo a viajar 6000 Kms, o también, a los 3000 Kms, ha cambiado la polaridad y ha dado la vuelta.

Estos valores son muy grandes en el ejemplo, porque la frecuencia es muy baja. Pero sólo se trata de entender conceptos básicos. Cuando más adelante hablemos de antenas y líneas de transmisión, cambiarán las cantidades, pues manejaremos Mhz, (Megahertzios), y entonces sólo con conceptos claros podremos seguir adelante.

Continuando con la lección número 4, y a la vista del dibujo, TIPOS DE CORRIENTES ALTERNAS, vamos a comentar algunos de los ejemplos:

-En el dibujo num-1, vemos una onda senoidal pura, que puede proceder de un



alternador, o circuito oscilador electrónico. Si no se dice lo contrario, se le conoce como FRECUENCIA DE REFERENCIA, o FUNDAMENTAL. A los múltiplos de la fundamental se les conoce como ARMÓNICOS.

Si esta onda fundamental es de pequeño valor de amplitud, también se le llama SEÑAL.

-En el dibujo num-2, vemos una onda triangular. Se utiliza, y también su variante, como sincronización y medida de otras aplicaciones electrónicas.

-En el dibujo num-3, vemos una onda cuadrada y su variante en pulsos. La onda cuadrada es rica en armónicos, lo cual puede ser

una ventaja o un inconveniente, las más de las veces.

-En el dibujo num-4, vemos una onda trapezoidal. Es una onda senoidal sin picos redondeados, sino planos. Su variante es la compuesta, con forma piramidal y también contiene muchos armónicos. Es una onda típica de los aparatos inversores DC-AC de bajo coste, aunque el fabricante la llama "senoidal modificada", que no es otra cosa que un argumento de venta para poder situar el producto en una línea comercial competitiva. Para según que aplicaciones, es útil, o no.

-En el dibujo num-5, vemos una onda un tanto especial. No se le puede llamar senoidal, pues los semiciclos no tienen porqué ser iguales, en tanto varía en frecuencia y amplitud. Típica reproducción de una señal de micrófono o altavoz.

En la siguiente lámina, la de CLASIFICACIÓN, hay unos cuantos ejemplos, orientativos,

<u>CLASIFICACION DE LAS ONDAS Y CORRIENTES</u>	
0 Hz ↔ 20 Hz	{ <u>MUY BAJAS FRECUENCIAS (VLF) INFRASONIDOS</u>
20 KHz A 20 KHz	{ <u>BAJAS FRECUENCIAS. BANDA DE AUDIO (LF) DE 250 A 2500 Hz BANDA VOCAL (VOZ)</u>
20 KHz A 150 KHz	{ <u>BAJAS FRECUENCIAS (LF) ULTRASONIDOS</u>
150 KHz A 500 KHz	{ <u>ONDAS LARGAS. (L.W.(O.L.) RADIO DIFUSION</u>
500 KHz A 1800 KHz	{ <u>ONDAS MEDIAS (.M.W.) (A.M.) RADIO DIFUSION</u>
1800 KHz A 30 MHz	{ <u>ONDAS CORTAS (S.W.) (H.F.) COMUNICACIONES</u>
30 MHz A 300 MHz	{ <u>ONDAS MUY CORTAS (V.H.F.) (F.M.E.) MUY ALTA FRECUENCIA</u>
300 MHz A 3 GHz	{ <u>ONDAS SUPERCORTAS (U.H.F.) (F.S.E.) ONDAS DECIMETRICAS</u>
3 GHz A 30 GHz	{ <u>ONDAS CENTIMETRICAS Y MILIMETRICAS (S.H.F. E.H.F. MICROONDAS</u>

en cuanto a frecuencias. No es necesaria ninguna aclaración. Más allá de los 30 GHz, están las radiaciones estelares, las ionizantes, los rayos X, otras radiaciones atómicas, las ondas luminosas, etc.

POTENCIA ELECTRICA

-CONCEPTO DE ENERGÍA: La energía es la capacidad de cualquier cosa o sistema, de poder llevar a cabo un TRABAJO. Por ejemplo: La energía eléctrica, conectada a un motor eléctrico, puede realizar un trabajo mecánico.

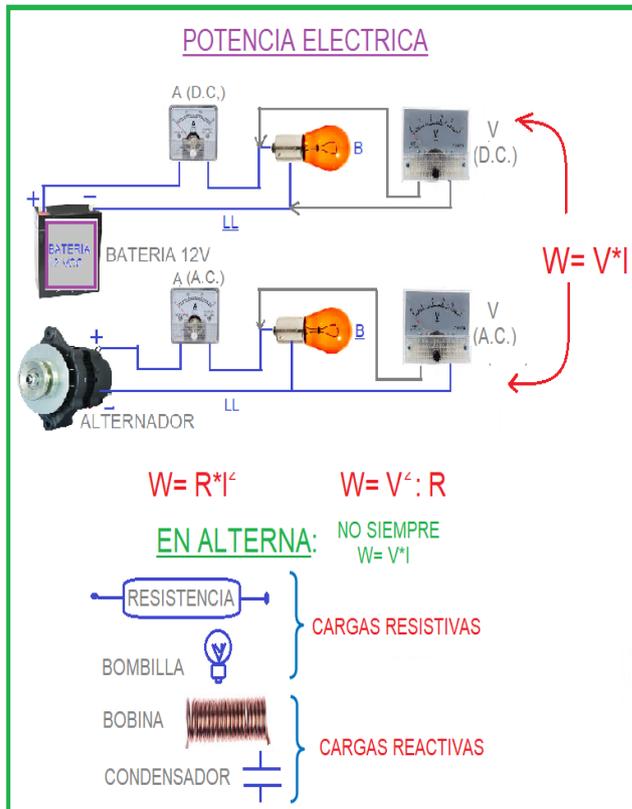
-CONCEPTO DE POTENCIA: La potencia es la facilidad que tiene la energía o un aparato cualquiera, en poder hacer un trabajo en un TIEMPO DETERMINADO. Por ejemplo: Un motor eléctrico trabajando para una grúa, eleva una carga en 10 segundos. Otro motor hace ese mismo trabajo en 5 segundos. Como ha empleado la mitad del tiempo, este motor es EL DOBLE de potente.

-UNIDADES: La unidad de energía es el JULIO. (No es necesario recordarlo). La unidad de potencia es el WATIO, que es 1 Julio por segundo. Los Watios se emplean muchísimo, tanto en sus múltiplos como en sus divisiones. Así que hablaremos a menudo de miliwatios, Watios, Kilowatios y Megawatios. Si no se dice otra cosa, la potencia se entiende nominal, y en ese momento. Si hubiese que totalizarla en el tiempo, entonces ya hablaríamos de Watios-hora.

Por ejemplo. Una estufa conectada a la red eléctrica consume 1 Kilowatio, (KW). Al cabo de un día, nuestro contador de luz habrá totalizado 24 KW/ h. (1 KW durante 24 horas).

El Watio, debe su nombre al británico James Watt.

En el dibujo POTENCIA ELÉCTRICA, podemos ver dos circuitos sencillos, compuestos de fuente de energía, llave interruptora, bombilla, indicador amperímetro, e indicador voltímetro. La única diferencia entre ellos es el tipo de fuente de energía; en el de



arriba es un circuito D.C, con su batería de 12 V., y en el inferior lo mismo, pero con un alternador, también de 12V. Como la carga es del mismo tipo, es decir, resistiva, los instrumentos indicadores marcarán EXACTAMENTE LO MISMO, solo que unos son aptos para D.C, y los otros para A.C. Al decir que la carga es del tipo resistivo, nos estamos refiriendo a que se comporta igual que una resistencia, es decir, que siempre se cumple que $R = V$ dividido entre I y obviamente, no hay desfase entre estas dos magnitudes. Pongamos como ejemplo, que el amperímetro marca 2 A, y por supuesto, el voltímetro marca lo

mismo que la fuente de energía que tiene conectada, o sea, 12 V. La Potencia que está consumiendo la lámpara será $12 \times 2 = 24$ Watios.

Demos pues la bienvenida al Watio, (W), que es sencillamente, la multiplicación del Voltaje por la Intensidad. Así que remarquemos, $W = V \times I$.

Muy importante recordar esto.

Las otras variantes de la potencia, están en el dibujo, $W = R \times I$ al cuadrado, y $W = V$ al cuadrado dividido entre R.

Ahora bien, en el caso de que la fuente de energía sea del tipo A.C, y la carga consumidora sea del tipo REACTIVO, ya no podemos hablar de Watios en la forma sencilla. Las cargas reactivas están formadas por bobinas y condensadores, en los cuales recordaremos que el voltaje NO ESTÁ de acuerdo a la intensidad de la corriente, sino que hay unos retrasos debidos al comportamiento peculiar de este tipo de componentes. En una carga resistiva, como la bombilla, la potencia real es la misma que la POTENCIA ACTIVA, o potencia sin más, y es el producto de $V \times I$, puesto que ambas magnitudes se encuentran EN FASE. Pero en bobinas y condensadores no ocurre esto, ya no tenemos los voltajes y las corrientes en fase, sino DESFASADAS, es decir, fuera del lugar que les corresponde. Las cargas reactivas generan o consumen

POTENCIAS REACTIVAS, que se oponen a la potencia real o activa. Esto lo saben bien los electricistas e ingenieros eléctricos, que continuamente están manejando POTENCIAS REACTIVAS.

Profundizar en esto es complejo y se escapa al objetivo de estas sencillas explicaciones, y por tanto, quedémonos con la idea de que las bobinas y condensadores suponen cargas reactivas, que dan lugar a potencias también reactivas, que al estar asociadas al otro tipo de potencia, la POTENCIA ACTIVA, (la misma que en corriente continua, D.C), nos provocan la aparición de POTENCIA APARENTE.

Este nuevo concepto, la potencia aparente, es necesario tenerlo claro cuando veamos las Líneas de Transmisión y la Ondas Estacionarias.

En resumen: LA POTENCIA APARENTE es la combinación matemática de la POTENCIA ACTIVA y la POTENCIA REACTIVA.

FIN DE LA LECCIÓN CUARTA. Resumen de la corriente alterna: NO voy a hacerlo. El mejor resumen es volver a leer todo este tema, importantísimo en radiotecnica y radioelectricidad. Hay que tomar nota en papel aparte de lo que se vaya asimilando. No seguir adelante hasta dominar los conceptos, ya de por sí suficientemente aclarados. Lo mismo para el tema de la potencia; al menos tener claro que $W = V \times I$.

RESUMEN LECCIÓN Nº 4

-Corriente Continua (D.C. en inglés), se le llama a la que siempre circula en el mismo sentido, independientemente de que varíe en su magnitud. La producen los Generadores Primarios, como las pilas, los Generadores secundarios, como las baterías recargables, y las Máquinas Eléctricas, como la dínamo, (o dinamo). También los alternadores, si llevan rectificación incorporada. Otra forma de conseguir corriente continua, es por medio de Fuentes de Alimentación, o alimentadores.

-Corriente Alterna, (A.C. en inglés), es aquella que cambia de sentido, e inevitablemente de magnitud, a lo largo del tiempo. A este tipo de corriente le debemos el desarrollo industrial y las comodidades de la vida moderna.

-En principio, la corriente alterna sólo se puede conseguir con la máquina eléctrica llamada Alternador, y también con un aparato electrónico estático, a partir de otra corriente, generalmente del tipo D.C. A este aparato se le conoce como Inversor, Ondulador, y también Convertidor. Si la máquina alternador es de pequeñas dimensiones, se le llama Magneto.

-Las máquinas eléctricas para generar A.C., ponen en práctica el principio de Maxwell y Faraday, y generan energía eléctrica a partir de un campo magnético giratorio y bobina fija, o al revés.

-En cada ocasión que se invierte el sentido de la corriente pasando por el punto cero y vuelve a repetirse, se le llama Ciclo de Corriente, o simplemente Ciclo. La cantidad de ciclos por segundo, se le llama Frecuencia. La unidad de frecuencia es el Hercio, que es un ciclo por segundo. La frecuencia de la corriente alterna en Europa son 50 Hercios, abreviado 50 Hz.

-Los múltiplos del Hercio son Kilo-Hercios, Mega-Hercios, y más. Abreviado Khz y Mhz.

-Si no se indica lo contrario, la representación gráfica de la corriente alterna corresponde a la función matemática Senoidal. Es la que producen las máquinas eléctricas a partir del giro de su eje.

-Tanto alternador como magneto, tienen en común que la energía producida, tanto en magnitud como en frecuencia, dependen de las revoluciones del eje de la máquina.

-El voltaje en A.C puede tener varias referencias, siendo el más significativo el Voltaje Eficaz, (V_{ef} o RMS), que es el equivalente en corriente continua sobre una resistencia. Otros valores son el de voltaje de pico y el valor medio.

-Relacionado con la frecuencia está el Período, que es el tiempo que dura un ciclo. Se calcula con la función matemática inversa.

-El período visto sobre la medida de la distancia se llama Longitud de Onda. Es el camino que recorrería la corriente antes de invertir la polaridad. Como es ida y vuelta, se multiplica por dos. Se calcula dividiendo la velocidad de la luz entre la frecuencia. La longitud de onda se utiliza mucho en Radiotecnica.

Como funciona una antena.

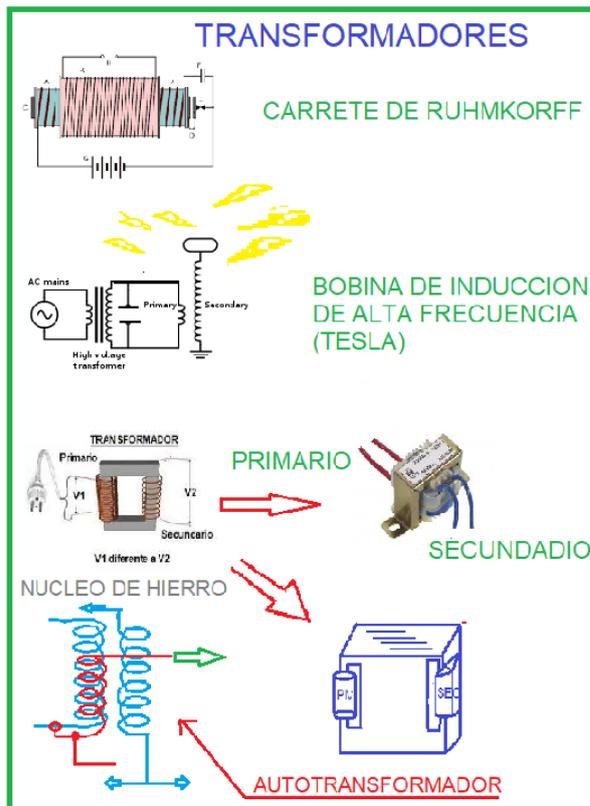
Toni Polit

LECCIÓN 5ª:

El Transformador

El transformador actual es una máquina estática sencilla, pero no por ello menos eficiente. Daremos un breve vistazo histórico, por facilitar un poco su conocimiento.

Hacia el año 1850, el físico alemán Heinrich Daniel Ruhmkorff inventó su famoso Carrete o bobina de inducción.



Consistía en una bobina primaria de pocas espiras de hilo relativamente grueso, que se conectaba a una batería de pilas a través de un interruptor incorporado, movido por un electroimán. Sobre este carrete se acoplaba otro, con muchas espiras de hilo fino. Al conectar la corriente, la inducción generaba un voltaje muy elevado sobre la bobina secundaria, que hacía saltar chispas de gran tamaño. Este dispositivo se usaba con fines experimentales y de investigación en laboratorios. Actualmente, se utiliza este invento en coches y motocicletas, para hacer saltar chispas de alto voltaje en las bujías de encendido.

Tiempo después, el genial ingeniero checo Nicola Tesla, inventó su famosa Bobina de Tesla, parecida a la de Ruhmkorff, sólo que Tesla empleó corriente alterna para alimentar la bobina primaria, seguida de un resonador que hacía funcionar la bobina secundaria en Alta Frecuencia, con lo cual el rendimiento aumentó, y se generaban relámpagos artificiales de forma espectacular. Tesla no dio aplicación práctica a su invento, más allá de los laboratorios de física. El transformador tal y como lo conocemos hoy, se debe al ingeniero estadounidense William Stanley, que dio forma práctica al aparato para uso industrial.

Al TRANSFORMADOR le debemos el desarrollo industrial y las comodidades de la vida moderna. Está clasificado como MÁQUINA ESTÁTICA, pues no tiene movimiento, y al evitar el rozamiento, se consigue un rendimiento muy elevado. Un transformador normal puede tener un rendimiento del 90%, y si está muy bien construido puede

llegar al 96% incluso más. Lo más parecido es un motor de A.C, que no suele sobrepasar el 85% de rendimiento. Nicola Tesla estuvo próximo a conseguir un transformador práctico. En la guerra de las corrientes, George Westinghouse, encargó a Tesla un motor que funcionase exclusivamente en alterna, por mejorar el motor de continua, (D.C) de la época. Tesla inventó el motor de inducción, o de jaula de ardilla. Si al motor se le bloqueaba el rotor, se podía obtener una potencia extraída de este bobinado, aunque en ese momento no se le dio utilidad práctica.

El principio de funcionamiento del TRANSFORMADOR, es fácil de entender. Si a una bobina, junto con el núcleo magnético, se le acopla otra bobina, por el efecto de INDUCCIÓN MUTUA, que ya conocemos, vamos a poder obtener una energía en el bobinado que acabamos de añadir.

Alimentando esta primera bobina con corriente alterna, (A.C), vamos a generar un campo magnético variable que a su vez va generar energía eléctrica en la bobina secundaria, de la misma frecuencia, pero que podemos variar a nuestra conveniencia el voltaje y la intensidad de la corriente. Lo único que permanece inalterable es la POTENCIA, puesto que según el PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA, ésta ni se crea ni se destruye, tan sólo se transforma. En la práctica, las pérdidas son inevitables, pero así y todo, el transformador es la máquina más eficiente que existe.

Por ejemplo; tenemos un transformador de 100 W. Está claro que, como mucho, digamos que podemos transformar 95 W. Si lo conectamos a la red eléctrica de 230 V, podemos obtener en el bobinado secundario cualquier voltaje y cualquier intensidad, pero el producto de ambas magnitudes no puede superar los 95 W, (rendimiento del 95%). O sea, que $V \times I$ como mucho ha de darnos 95 W. El transformador es una MÁQUINA REVERSIBLE; da lo mismo que apliquemos el voltaje por un lado del bobinado que por el otro; es decir que da igual que enchufemos el transformador a 230 V para sacar 12 V, por ejemplo, que enchufemos el transformador a 12 V y en ese caso nos dará 230 V, Por supuesto, el voltaje hay que aplicarlo a la bobina adecuada.

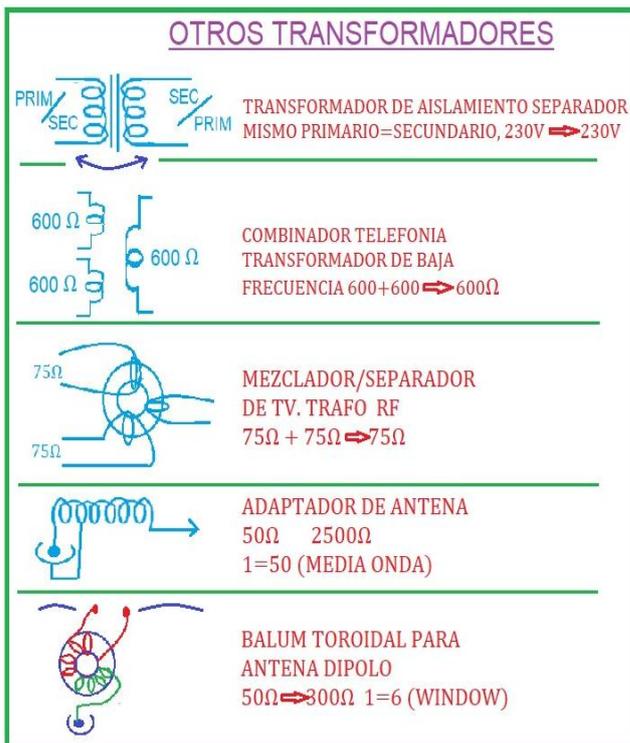
Ya de paso, es el momento de saber que el transformador también nos sirve para variar la división de voltaje e intensidad, que no es otra cosa que la resistencia, (recordemos la Ley de Ohm), aunque teniendo entre manos la A.C, es correcto hablar de REACTANCIAS, e IMPEDANCIAS. Este concepto lo explicaremos en la lección siguiente. Así pues, el transformador nos permite variar V, I, o R, siempre manteniendo la potencia.

Aparte de la característica de la potencia, en el transformador también es importante la RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN, que son dos números que nos indican la relación de voltajes, o la relación de espiras de los bobinados. Por ejemplo, transformador de 230 V a 23 V, sería $10=1$. Transformador de 230 V a 2300 V, sería $1=10$. En tema de impedancias, lo mismo, aunque eso lo entenderemos mejor más adelante.

PARTES DEL TRANSFORMADOR: Como mínimo tendremos un bobinado PRIMARIO, que es el que se conecta a la fuente de energía. Otro bobinado SECUNDARIO, que es el cual se extrae la energía. Otra parte es el NÚCLEO MAGNÉTICO, que puede ser de láminas metálicas o de ferrita, según en la frecuencia que ha de funcionar. Por último, la CARCASA, aunque no siempre está presente, y puede ser eficaz para blindar el transformador.

Lo normal es que haya un solo bobinado primario, y uno o más bobinados secundarios. Hay transformadores especiales, para uso de instalaciones de TV y telefonía por cable, que pueden tener dos o más primarios, y un solo secundario. Se trata de transformadores combinadores, que mezclan y/o separan señales, y transformadores híbridos. Una característica del transformador como componente de electricidad y electrónica, es el AISLAMIENTO. Si no se dice lo contrario, el primario SIEMPRE está aislado del secundario. En radiotecnica se usan de los dos tipos.

TIPOS DE TRANSFORMADORES: Dependiendo el uso que se les dé, y la frecuencia en que deben trabajar, podemos clasificarlos en:



-Transformadores de Alimentación, con un primario y uno o más secundarios. Si el secundario da más voltaje que el primario, el transformador se llama ELEVADOR. En caso contrario, REDUCTOR. Si son varios los secundarios, se le llama MÚLTIPLE.

-Autotransformador; puede ser de alimentación, de baja frecuencia y de radiofrecuencia, (R.F). En este caso especial, el primario NO ESTÁ AISLADO eléctricamente del secundario. Esto está buscado

adrede en los casos de R.F, sin embargo, en los transformadores de alimentación y baja frecuencia, es por razones de economía, peso y volumen. Hay un caso especial de autotransformador de alimentación, cuya relación es continuamente variable desde cero hasta el máximo e incluso más. Se consigue con una rueda cursora, que va tomando espiras a voluntad movido por un eje. Actualmente se utiliza poco, y su nombre comercial es VARIAC. Podemos encontrar autotransformadores fijos

funcionando tanto en corriente industrial, como en Baja Frecuencia, como en Radiofrecuencia.

-Transformador de impedancias: Modifican las unidades de voltaje e intensidad, para adaptarlos a un tipo de carga reactiva. Su uso está centrado a las bajas frecuencias y Radiofrecuencia, con variedad de núcleo de hierro, en B.F, y con núcleo de ferrita, en R.F. Pueden ser con y sin blindaje.

Ejemplo de este tipo de transformadores son los de micrófono, de 600 a 10.000 ohmios, los de altavoz, de 500 a 8 ohmios, adaptadores de antena, de 2500 a 50 ohmios, o baluns también de antena, de 300 a 50 ohmios. Hay muchos ejemplos.

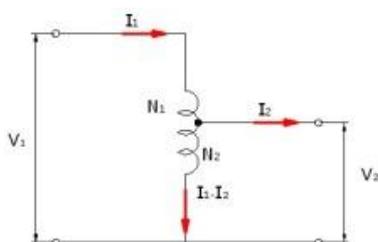
-Transformador separador, también conocido como TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO o seguridad. Este tipo especial, tan sólo busca la característica de separación entre bobinados. Por ejemplo, primario y secundario a 230 V, 500 W. Tiene aplicación en talleres de reparación eléctricos y electrónicos, y sobre todo en quirófanos, donde se busca la máxima independencia de la red eléctrica.

EPÍLOGO: La cualidad del transformador de poder modificar los parámetros eléctricos es inestimable en ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA y RADIOTECNIA. En electricidad podemos conseguir el transporte de energía a grandes distancias, elevando el voltaje en su origen, transportando en Alta Tensión y reduciendo de nuevo a Baja Tensión en el lugar de destino. En electrónica podemos sonorizar grandes espacios, por el mismo principio, es decir, elevando la impedancia de las líneas de audio, para reducir pérdidas, y bajando impedancia en cada altavoz final. Y en radiotecnica podemos adaptar antenas a líneas de transmisión y viceversa, consiguiendo el máximo rendimiento.

EL TRANSFORMADOR ES IMPORTANTÍSIMO.

-El transformador es una máquina estática, que manteniendo constante el factor potencia, (W), nos permite variar a nuestra necesidad los factores V e I, y su relación entre ambos, que es R. El rendimiento del transformador está entre 85 y 95 %, incluso más.

-El transformador consta al menos de dos bobinados acoplados magnéticamente; se llaman Primario y Secundario. El primario se conecta a la fuente de energía y el secundario a la carga.



-El Auto-transformador es un tipo especial, en el cual parte del bobinado primario está compartido por el secundario.

-El transformador es reversible, es decir, el primario puede funcionar como secundario, y viceversa.

-Podemos encontrar y utilizar transformadores en todas las gamas de frecuencia, desde red industrial, que es baja frecuencia, pasando por audiofrecuencias, y también en radiofrecuencias.

-El transformador aísla eléctricamente el primario del secundario, salvo en el caso del auto-transformador.

RESUMEN LECCIÓN N° 5

-El Transformador se considera una máquina estática (pues no tiene movimiento), de las más eficientes que existen. Parte su funcionamiento del diseño del Carrete de Ruhmkorff, o Bobina de Inducción. Posteriormente, Nicola Tesla construyó su famosa Bobina Tesla, que utiliza alta frecuencia.

-El principio de funcionamiento del transformador se basa en la Inducción Mutua. Consta como mínimo de dos bobinados acoplados de forma magnética, que tienen un núcleo común. En ocasiones no son bobinados independientes, sino con una conexión compartida. En ese caso, se llama Autotransformador.

-El transformador funciona en base a modificar un parámetro eléctrico manteniendo constante la potencia. O sea, podemos variar el voltaje o la intensidad, o ambas, pero el producto W no puede variar. A la bobina la cual se aplica energía se le llama Primario, y de donde se extrae, Secundario. Es el caso del transformador de Alimentación.

-El transformador también puede variar la relación entre V e I , en forma de división, en cuyo caso hablamos de Resistencia, según la Ley de Ohm. Como estamos en corriente alterna, es más propio hablar de Impedancias, (Z). O lo que es lo mismo, el transformador puede transformar impedancias, desde primario a secundario, o a la inversa.

-El transformador se basa en su Relación, que es una fracción que se refiere al primario con el secundario, sea transformador de alimentación o de impedancias. Al ser fracción, si el numerador es mayor que el denominador, el transformador se le llama Reductor; en caso contrario, transformador Elevador. También se le puede representar en la forma de dos puntos. Ejemplo: Primario: Secundario.

-El transformador es un dispositivo Reversible; indistintamente el primario puede ser secundario, o al revés.

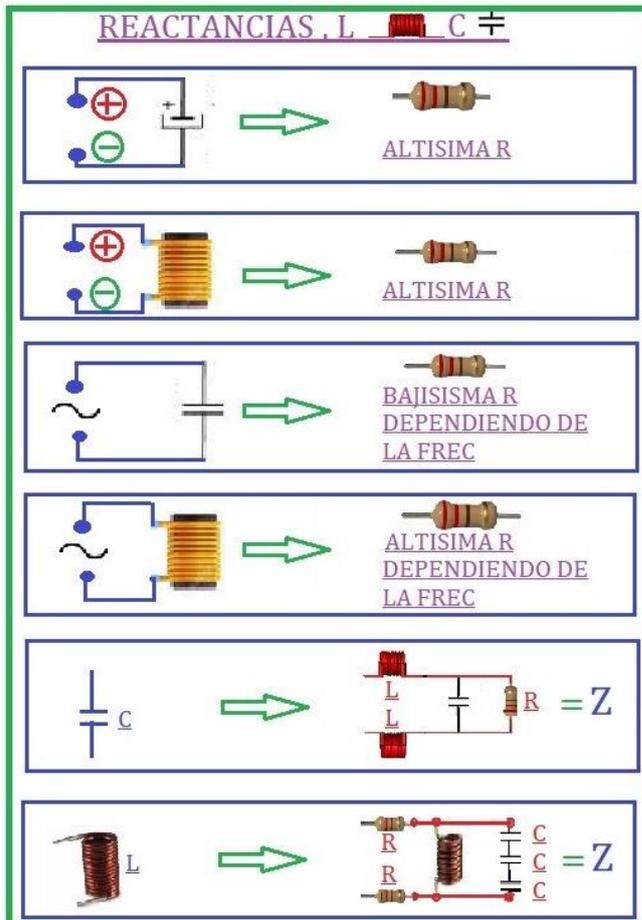
Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 6ª:

La Reactancia

Recordando lo estudiado en corriente continua, (D.C), referente al comportamiento de



condensadores y bobinas, teniendo la vista puesta en el dibujo, ya sabemos que el condensador, una vez transcurrida la corriente inicial de carga, no vuelve a haber paso de electrones, es decir, que se comporta como un aislante, o lo que es lo mismo, visto desde la fuente de energía, su resistencia es prácticamente infinita.

La bobina, conectada al generador D.C, se comporta de forma totalmente opuesta, (ya hemos visto en varias ocasiones que entre ellos se llevan la contraria), es decir, la corriente no deja de circular en ningún momento, y además, visto desde el punto de alimentación, la resistencia que opone puede ser bajísima,

prácticamente un cortocircuito. En la vida real, el bobinado tiene una resistencia pequeña, pero inevitable, pero a efectos de explicación, consideramos una resistencia muy pequeña.

Teniendo estos conceptos claros, si conectamos ambos componentes a un GENERADOR DE A.C, la cosa cambia radicalmente. Durante el primer semiciclo de la tensión, el CONDENSADOR se cargará hasta el valor máximo positivo, (+ Vp), y en cuanto empiece a decrecer el voltaje, el condensador, por su propia naturaleza, va a tender evitarlo, ya que el voltaje retenido es mayor que el del generador. Cuando el voltaje senoidal invierta la polaridad y empiece a crecer al contrario, el condensador tenderá a retener carga eléctrica, pero es muy posible que todavía tenga carga anterior con polaridad opuesta, (y como tal lo vamos a considerar), entonces, ocurre que hay un choque de electrones en diferentes caminos. Así pues, visto desde el lado

del generador de A.C, la corriente eléctrica no se interrumpe, aunque sea con altibajos, o lo que es lo mismo, desde el generador, el condensador se COMPORTA COMO UNA RESISTENCIA. Esta resistencia aparente va a depender de la capacidad de este condensador, y de la frecuencia del generador de A.C. Si la capacidad del condensador es muy pequeña, o la frecuencia del generador es muy baja, ambos casos se quieren aproximar a la corriente continua, y ya sabemos que esa resistencia aparente será muy grande. El efecto es que la capacidad se adapta a la frecuencia del generador, y simplemente le da tiempo a descargarse y volverse a cargar. Lo normal es que no ocurra esto, sino que la capacidad del condensador sea apreciable, con lo cual se comporta como una resistencia. Esta resistencia vista desde el generador, también se mide en Ohmios, pero cambia el nombre del parámetro a REACTANCIA, y se representa por X_C . Así pues, un condensador conectado a una fuente de A.C., presenta una REACTANCIA CAPACITIVA, (o capacitativa, como más nos guste), que va a depender de la capacidad del condensador y la frecuencia del generador. Hay una formulita para calcular esto, que es la inversa de 2π por PI por frec., por capacidad. O sea. 1 dividido entre $2 \times 3,1416 \times \text{frec} \times C$.

Por ejemplo: La reactancia que presenta un condensador de 1 microfaradio, conectado a la red industrial de 50 Hz, es de $X_C = 3183$ Ohmios, aproximadamente. Si lo conectamos a 230 V. A.C, la intensidad que circulará, según la Ley de Ohm, sería 230 entre $3183 = 72$ mA, aproximadamente. O sea, que visto desde el lado generador, un condensador de 1 microfaradio equivale a una reactancia de 3183 Ohms.

Obviamente, si la frecuencia fuese de 5000 Hz en lugar de 50, la reactancia valdría la centésima parte, o sea, $X_C = 31,83$ Ohms.

Si ahora pasamos a la BOBINA, la cosa también va a cambiar radicalmente, pero hacia el lado contrario. Ya vamos a esperar un comportamiento antagónico con respecto al condensador, como muy bien es de suponer, o sea que donde antes en D.C., teníamos una resistencia muy baja, prácticamente un cortocircuito, ahora nos vamos a encontrar con un efecto contrario, que ya vamos intuyendo que se va a llamar de nuevo REACTANCIA, pero esta vez INDUCTIVA. En efecto, como ya sabemos, la bobina, con su efecto de autoinducción, se opone a las variaciones de corriente, al contrario que el condensador, que se opone a las variaciones de tensión. Si conectamos una inductancia a un generador de A.C., durante el primer semiciclo de la corriente, se formarán líneas de campo magnético creciente en el arrollamiento de la bobina, y en cuanto la corriente supere el valor máximo y empiece a decrecer, esas mismas líneas magnéticas inducirán una corriente sobre la bobina, pero de polaridad opuesta, y que además se va a enfrentar con la corriente de polaridad opuesta del próximo semiciclo negativo. Podemos entender que ha ocurrido un choque energético que se va a enfrentar a la corriente procedente del generador. De esta forma, y visto desde el punto de vista del generador, la bobina presenta una resistencia aparente que va a

limitar la intensidad de la corriente, mucho más que el propio valor resistivo del bobinado en D.C. Así que ahora tenemos la REACTANCIA INDUCTIVA. La formulita para calcular este valor, es la opuesta de la del condensador, (una vez más), y es 2 por Pi por frecuencia por L, (en Henrios), o sea $X_L = 2 \times 3,1416 \times \text{Frec.} \times L$.

Por ejemplo: Una bobina con un valor de inductancia de 1 Henrio, conectada a un generador de Frec. 50 Hz, presenta una reactancia de 314 Ohms, aproximadamente. La corriente que circularía, en este caso, según la Ley de Ohm, sería: 230 dividido entre 314, = 0,73 A.

Si conectamos esa misma bobina a una línea de audio, frec. 5000 Hz, por ejemplo, la reactancia X_L sería de 31.416 Ohms, mientras que si estuviera conectada a una batería, (D.C), la bobina puede tener una resistencia de 5 Ohms, por ejemplo, o inferior.

FACTOR DE CALIDAD. FACTOR Q.

Relacionada con la reactancia y la resistencia de pérdidas, aparece un nuevo concepto, el Q, o Factor de Calidad, que viene del inglés Quality.

Este concepto es un número, sin más, que nos da una idea de lo bien construida que está una bobina, o las pocas pérdidas que puede tener un condensador. Como resulta que las reactancias dependen de la frecuencia de uso, el Q también depende de ella. Cuando veamos los circuitos resonantes y sintonizados, volveremos a ver el tema del factor Q, que tiene su importancia en el ANCHO DE BANDA. En ocasiones se buscan bobinas y condensadores que, agrupados, den un conjunto total de valor Q alto o bajo, según lo que necesitemos. En resumen, un condensador puede tener un Q bajo, dado que sus pérdidas son normalmente pequeñas en relación a su reactancia, y una bobina puede muy bien ser el caso contrario, ya que la reactancia siempre es mucho mayor que la resistencia.

IMPEDANCIA. LETRA Z.

En la vida real, las bobinas tienen pérdidas debidas a su construcción y según su frecuencia de funcionamiento. Si nos paramos a pensar, en frecuencias muy elevadas, los rabilos de alambre conductor de los componentes tienen una pequeñísima inductancia, que llega a no ser despreciable. Las vueltas de una bobina no dejan de ser conductores a diferente voltaje separados por un aislante, aunque físicamente sea el mismo conductor. Esto supone un pequeño condensador entre vuelta y vuelta de la bobina, que está incrustado dentro de la propia bobina. Estas pérdidas en serie y paralelo afectan al comportamiento del componente a frecuencias muy elevadas.

Con los condensadores ocurre lo mismo, pero al contrario, como ya sabemos, es decir; que el supuesto aislante entre las placas, ya no lo es tanto si la frecuencia de trabajo es

muy elevada, pues todos los dieléctricos no son aislantes frente a la RF. Además, tenemos la inductancia propia de los rabillos y de las propias placas.

En resumen, que es más correcto hablar de un nuevo concepto, LA IMPEDANCIA, que

RESUMEN DE FORMULAS
NO MEMORIZAR-AL MENOS CONOCER

REACTANCIA CAPACITIVA
(X_C) SI C= micro FARADIOS
 $X_C = M\Omega$
SI C = FARADIOS $X_C = \Omega$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

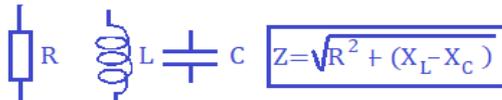
REACTANCIA INDUCTIVA
(X_L) SI L = HENRIOS
 $X_L = \Omega$
SI L = micro HENRIOS
 $X_L = M\Omega$

$$X_L = 2\pi f \cdot L$$

FACTO DE CALIDAD = Q

$$Q = \frac{X_L}{R}, \quad Q = \frac{X_C}{R} \quad R = \text{PERDIDAS}$$

IMPEDANCIA Z / (Ohms)



aúna la reactancia, (tanto X_C como X_L), más las pérdidas adicionales, que SIEMPRE van a depender de la frecuencia de uso. Así que vamos a recurrir a la última letra del alfabeto, para representar la impedancia, o sea IMPEDANCIA = Z.

Por ejemplo: Una bobina de X micro Henrios, tiene una Z de 50 Ohms a la frec., de 100 Mhz. Un pequeño condensador de X pico Faradios, tiene una Z de 10 Ohms a 100 Mhz.

Obviamente, si la frecuencia de trabajo es muy baja, la Z puede ser igual o aproximarse mucho a la X_L o X_C .

NOTA FINAL: Tanto condensadores como bobinas, son componentes reactivos, (de ahí viene lo de REACTANCIA y resistencia aparente), que NO CONSUMEN POTENCIA ELÉCTRICA, al menos si son componentes de tipo ideal, para las explicaciones. En efecto, el condensador restituye el voltaje al generador A.C que lo alimenta, y la bobina lo mismo, pero corriente. En la vida real, la bobina tiene pérdidas debidas a la resistencia del hilo con el cual está construida, y por eso se calientan. El condensador tiene pérdidas en el aislamiento de las placas, pero mucho menor, al menos los condensadores conectados a la red eléctrica. Con los transformadores ocurre lo mismo; hay pérdidas en forma de calor, tanto en los bobinados como en el núcleo magnético. Así y todo, el rendimiento es muy elevado.

RESUMEN DE LA LECCIÓN 6.

-La Reactancia es el equivalente a la Resistencia, cuando bobinas y/o condensadores se conectan a una fuente de energía de corriente alterna, (A.C).

-La carga y descarga del condensador, cada vez que la tensión pasa por cero y luego se invierte, da como resultado, a vistas del generador, que la corriente nunca llegue a extinguirse por completo, ya que el condensador, al igual que vimos en D.C, absorbe corriente en un semiciclo, y la restituye en el siguiente. Este vaivén es, a los efectos, una corriente ininterrumpida. Dependiendo de la capacidad del condensador, y de la

frecuencia del generador, así será la resistencia aparente que verá la fuente de energía.

-A esto se le llama Reactancia Capacitiva, y se mide en Ohmios.

-En el caso de la bobina, va a ocurrir lo mismo, pero al contrario, de forma diferente. Lo que en corriente continua era casi un cortocircuito, en corriente alterna se va a ver como otra reactancia, que al igual que el condensador, va a depender del valor de la inductancia y de la frecuencia del generador. Como ya sabemos que la bobina se opone a las variaciones de corriente, al contrario que el condensador, que se opone a las de tensión, cada vez que la corriente disminuya y luego se invierta, la bobina tomará energía, o la devolverá, y a vistas del generador no hay un cortocircuito, sino una resistencia aparente.

-A este comportamiento se le llama Reactancia Inductiva, y también se mide en Ohmios.

-Relacionado con las reactancias y las resistencias de pérdidas, aparece un nuevo concepto, el Factor de Calidad. Es una cifra sin unidad, y se le abrevia con la letra Q.

-En los circuitos formados por R, L, y C, es más correcto hablar de Impedancia, pues se aúnan los tres tipos de comportamiento resistivo. La resistencia puede ser real o aparente, (de pérdidas), y suele referirse a las de la bobina. La impedancia se abrevia con Z, y su valor también va en Ohmios.

-A nivel popular, la reactancia y la impedancia, se utilizan indistintamente, puesto que, de forma individual, (referido a L ó C), las diferencias no son significativas. Sin embargo, en asociaciones de L+C, sólo ha lugar la impedancia.

Como funciona una antena.

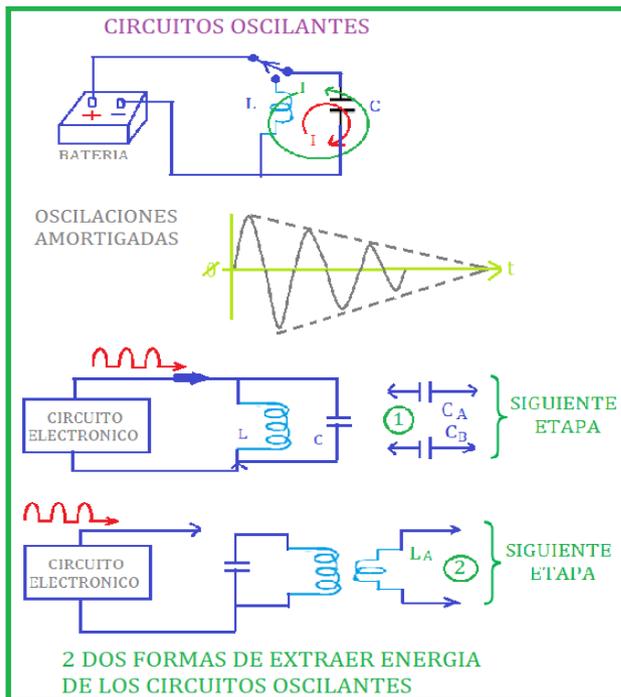
Toni Polit

LECCIÓN 7ª:

CIRCUITOS OSCILANTES

Si establecemos el montaje eléctrico de la parte superior de la hoja, es decir, una bobina (L), un condensador (C), una llave conmutadora y una batería para alimentar el circuito, vamos a ver lo que ocurre:

-Conectando el condensador a la batería, por medio de la llave, éste se cargará; la corriente eléctrica cesará una vez esté cargado C.



la corriente eléctrica cesará una vez esté cargado C.

-Cambiando la posición de la llave, (y dejándola ahí), el condensador se descargará sobre la bobina, creando un campo magnético.

-En cuanto cese la corriente de descarga de C sobre L, (I en color rojo), el campo magnético también tenderá a extinguirse, induciendo sobre L una corriente de polaridad opuesta, que volverá a cargar C también con polaridad opuesta. (I en color verde).

-Se repetirá el ciclo, descargándose de nuevo C sobre L.

-Se volverá a crear un nuevo campo magnético, volverá a extinguirse, generando una corriente, por efecto de la inducción, que volverá a cargar a C...y así sucesivamente.

Si el condensador y la bobina fuesen ideales, es decir, sin pérdidas, los ciclos generados serían infinitos. Pero en la práctica, no es así, y poco a poco, van disminuyendo en amplitud los ciclos. Hemos generado una OSCILACIÓN, debido al efecto de vaivén, o efecto péndulo. La energía oscilatoria así conseguida, se llama OSCILACIÓN AMORTIGUADA. Si pudiésemos visualizarla en un osciloscopio, la forma sería como en el dibujo.

Al montaje de C en paralelo con L, se le conoce también como circuito tanque, debido a que forma y almacena una corriente alterna del tipo senoidal.

Ahora bien, si en el momento de que empieza a disminuir la energía generada debido a las pérdidas, cambiamos de forma manual la llave conmutadora de forma tal que C se recargue de la batería, las oscilaciones se mantendrán con la misma amplitud. De

alguna forma, la energía aportada por la batería viene a compensar las pérdidas. No es imprescindible que la inyección de energía sea en cada ciclo; puede ser cada dos o tres ciclos, pero obviamente la amplitud de las oscilaciones generadas, va a disminuir. Digamos que, desde el punto de vista de la batería, el circuito tanque oscila al doble o triple que la frecuencia de los impulsos de recuperación. O como vimos en corrientes alternas, el circuito tanque L-C oscila al segundo o tercer ARMÓNICO. En la práctica, no se suele ir más allá de CUADRUPLICAR frecuencia, por cuestiones de estabilidad.

Esta es una explicación puramente teórica, a fin de hacer fácilmente comprensible el concepto de circuito oscilante. La tarea de aportar energía en forma de pulsos sincronizados con L y C, y en la cantidad adecuada, la realiza un circuito electrónico asociado, que además, toma una muestra de la frecuencia generada, a fin de inyectar energía en la FASE adecuada. El conjunto de circuito electrónico más componentes L y C, se le llama CIRCUITO OSCILADOR. De estas oscilaciones que ya se aguantan sin decrecer, (oscilaciones sostenidas), se puede extraer la energía a base de ACOPLLOS CAPACITIVOS, (dibujo 1, C-a y C-b), o ACOPLO INDUCTIVO, (dibujo 2, L-a). El hecho de poder extraer energía para su utilización, tiene como consecuencia que el circuito oscilador en su conjunto necesita recuperar de la fuente de alimentación una energía en proporción mucho mayor que la de las pérdidas en los componentes que la integran.

Aparte de los experimentos de Maxwell y Faraday, que ya conocemos, también debemos dar cabida en nuestros conocimientos, a la LEY DE LENZ, que dice que " La energía generada (o transformada) se opone a la causa que la creó". Esto se aplica a la bobina en concreto; ya que la corriente eléctrica generada a consecuencia de la auto-inducción, tiene diferente polaridad que la corriente inicial que formó el campo.

EL EJEMPLO DEL COLUMPIO:

Este es un clásico, y sirve para entender el concepto de circuitos oscilantes y osciladores. Imaginemos un columpio, en el cual un niño nos pide que le columpiemos. Una vez le demos el impulso inicial, el columpio iniciará el vaivén, es decir, que el columpio OSCILARÁ adelante y atrás de una línea imaginaria, que coincide con la de reposo, es decir, cuando no se utiliza el columpio.

Si no aportamos pequeños empujones de vez en cuando, el columpio acabará parando, debido a los rozamientos, que son inevitables. Si damos pequeños impulsos cada vez que el columpio llegue a nuestra altura, el columpio continuará oscilando indefinidamente. Si empujamos más fuerte, el columpio AUMENTARÁ LA AMPLITUD de las oscilaciones. Si empujamos en el momento inadecuado, acabaremos forzando la detención del columpio, o sea, DEJARÁ DE OSCILAR.

También podemos empujar en el momento adecuado pero cada dos, tres, e incluso cuatro movimientos de vaivén, y el columpio continuará oscilando, pero desde nuestro

punto de vista, el columpio oscila al DOBLE, TRIPLE O CUADRUPLE que nuestra frecuencia de aportación de impulsos.

El ejemplo está claro: debemos VER el momento adecuado para impulsar, y debemos APORTAR la energía necesaria para que, al menos, las oscilaciones se mantengan. Vaivén sostenido=oscilaciones sostenidas.

Breve reseña histórica: TRANSMISOR DE ONDAS AMORTIGUADAS.

A principios del siglo 20, en los albores de la Era de la Radio, se instalaba en buques y estaciones terrestres el sistema de Transmisor de Onda Amortiguada, también llamado Transmisor de Chispa, que constaba en una bobina Ruhmkorff accionada por un manipulador morse, que a su vez excitaba un circuito oscilante, acoplado a un hilo de antena. Es un montaje sencillo, pero tiene el gran inconveniente de que generaba muchas interferencias, en un amplio espectro radioeléctrico. Dada la pequeña cantidad de usuarios en ese momento, se conseguían comunicaciones fiables en el ámbito radiomarítimo; aunque por su naturaleza, sólo es útil para transmisiones telegráficas. Actualmente no sólo está en desuso, sino que por ley está prohibida su utilización. En el desastre del Titanic, en 1912, jugó un papel fundamental, transmitiendo la llamada de socorro, captada por el buque Carpathia.

TRANSMISOR DE ONDA SOSTENIDA.

En la misma época, y basado en una idea de Nicola Tesla, Ernst Alexanderson construyó una máquina eléctrica de gran potencia, capaz de generar oscilaciones estables, el ALTERNADOR DE ALTA FRECUENCIA, de su mismo nombre, Alexanderson. Se trataba de un alternador, capaz de generar energía de alta frecuencia, (típico entre 20 y 30 KHz), a una potencia nominal de 200 KW. En la gama de ondas muy largas, VLF, este gran alternador, movido por un motor eléctrico, se destinó a equipar estaciones costeras de radiocomunicaciones marítimas, tanto civiles como militares. No tenía el gran defecto de las interferencias causadas por los transmisores de chispa, pero sin embargo, era muy grande y pesado y caro de construir, debido al gran número de polos necesarios para producir frecuencias elevadas. Se estuvo utilizando hasta el fin de la Segunda Guerra Mundial; en concreto la marina estadounidense disponía de una unidad operativa en el Pacífico, en la isla de Oahu. Tiene la ventaja sobre el transmisor de chispa, que se puede utilizar para la transmisión de voz.

Actualmente está en desuso, debido al gran desarrollo tecnológico de las lámparas de transmisión después de la Gran Guerra.

OTROS OSCILADORES:

Aparte de los circuitos osciladores basados en bobina y condensador, existen para frecuencias bajas los OSCILADORES R-C, que utilizan las propiedades desfasadoras de

los condensadores para generar ondas senoidales, en base a sumar 4 desfases de 90 grados y formar un ciclo completo. Se utilizan principalmente para aparatos generadores de laboratorio, (generadores de B.F.), típicos hasta 100 Khz, incluso más.

También se siguen utilizando mucho los OSCILADORES A CRISTAL, basados en las propiedades vibratorias de los cristales de cuarzo, (magneto-estricción), cuya frecuencia de trabajo la da el corte que se le haga al cristal en fábrica. El cuarzo genera la frecuencia de referencia, la cual es amplificada y multiplicada si es necesario.

Un condensador en paralelo con una bobina, forman un CIRCUITO OSCILANTE. La carga y descarga del condensador sobre la bobina y recíprocamente, crea una OSCILACIÓN AMORTIGUADA. Si aportamos de forma externa la energía que se pierde, tendremos una OSCILACIÓN CONTÍNUA, o sostenida. Acoplando el circuito L-C a un componente electrónico, tendremos un circuito OSCILADOR.

Podemos aportar y extraer energía al circuito oscilante, haciendo un acoplo capacitivo o inductivo.

Hay otros tipos de osciladores, el OSCILADOR R-C y el de CRISTAL DE CUARZO, basados en propiedades diferentes.

RESUMEN LECCIÓN 7.

-A la agrupación de una bobina y un condensador, se le llama Circuito Oscilante, puesto que entre los dos se origina la formación de una Onda Senoidal.

-Una vez se les aplica un pulso inicial de energía, las sucesivas cargas y descargas del condensador sobre la resistencia, y las también sucesivas formaciones de corriente por parte de la bobina, por el efecto de autoinducción, crean una Oscilación sostenida.

-Debido a las pérdidas de resistencia óhmica por parte de la bobina, y a las de aislamiento por parte del condensador, las oscilaciones sostenidas se van amortiguando, hasta su total extinción.

-Si proporcionamos energía exterior, a modo de compensar las pérdidas, el circuito oscilará de forma sostenida y permanente. Si además, el pulso de energía proporcionado supera el valor de pérdidas, la amplitud de la oscilación aumentará.

-Podemos inyectar el pulso de mantenimiento en diferentes momentos del ciclo. Conseguiremos o bien detener las oscilaciones, o aumentarlas; de esta forma, conseguiremos frecuencias dobles, triples, incluso cuádruples.

-La frecuencia natural, de origen, se le llama Fundamental. A las superiores se les llama Armónicas, según su orden, (segunda, tercera, etc.)

-Las frecuencias armónicas siempre son de nivel de amplitud inferior a la que tendría la frecuencia fundamental.

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 8ª:

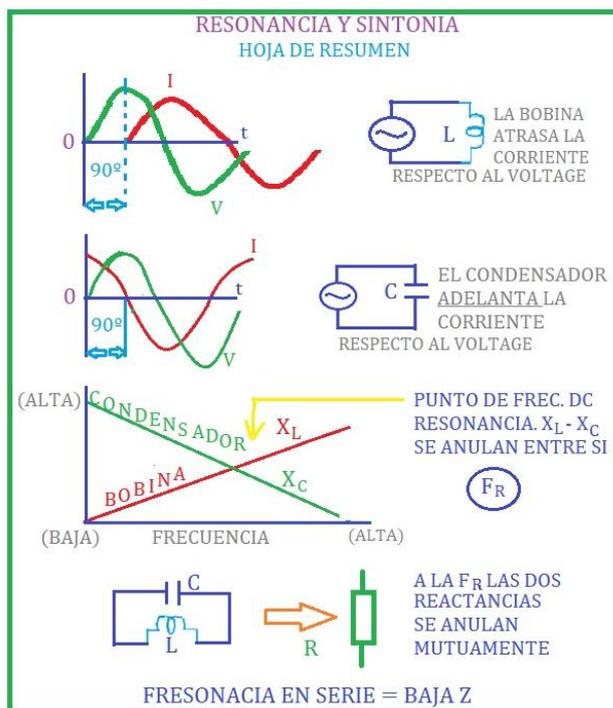
RESONANCIA. CIRCUITOS SINTONIZADOS.

RESONANCIA; la explicación doméstica.

La señora bobina y el señor condensador, en su vida en común, tienen dificultades de entendimiento, y de punto de vista diferente. Si la bobina dice blanco, el condensador dice negro. Si el condensador quiere adelantarse, la bobina se retrasa. Y así, es imposible, llegar a un consenso de lo que sea. Ya conocemos el carácter antagónico de estos personajes. Sin embargo, es posible llegar a un punto de acuerdo; bien sea al irse de vacaciones, por ejemplo. Si han de ir juntos, o bien al lugar, o en la fecha, han de coincidir, y forzosamente han de llegar a un acuerdo conveniente para ambos. En el lenguaje coloquial, se dice que han llegado a un PUNTO DE SINTONÍA en ese tema en concreto.

LA RESONANCIA EN RADIOTECNIA:

Admitiendo el ejemplo anterior como explicación preliminar sencilla, hemos de



remontarnos a la lección número 3, donde se dio la explicación de que el condensador adelanta la corriente con respecto al voltaje, y la bobina hacía exactamente lo contrario. Esto ocurre igual tanto en D.C como en A.C, si bien en A.C., aparecía el término de DESFASE, que es lo mismo que DIFERENCIA, en tiempo, de una cosa con respecto a otra, para nosotros y lo que nos interesa, I, con respecto a V. Otra forma de entender el DESFASE, es la diferencia entre V e I cuando pasan por cero voltios. Obviamente, en circuito en el que sólo hay

resistencia, en A.C., se entiende, tanto la onda de corriente y voltaje pasan por cero en el mismo instante, por lo tanto, no hay diferencia, o no hay DESFASE. Es importante tener muy claro que este desfase procede de las reactancias respectivas de bobina y condensador, y que son opuestas entre sí, en base a la naturaleza del comportamiento de estos componentes en A.C.

En un circuito tanque, (recordar que es una bobina y un condensador en paralelo), conectado a un generador de A.C., en alta frecuencia, tendremos a la vista del generador, una reactancia inductiva, X_L , y otra reactancia capacitiva, X_C , que en principio no serán ni parecidas entre sí, pero en conjunto, forman una IMPEDANCIA, (abreviada Z). Esta Z , va a depender de la frecuencia de funcionamiento del generador, u oscilador, da lo mismo, puesto que la Z depende de la X_L y X_C . De nuevo insisto en tener claro este concepto, pues es imprescindible para poder entender las explicaciones posteriores.

Llegado a este punto crucial, y con la posibilidad de poder variar la frecuencia del oscilador al cual hemos conectado el circuito L-C, vamos a ver que HAY UNA FRECUENCIA LA CUAL, LA X_L IGUALA Y COMPENSA LA X_C , pues son de valor idéntico pero de signo contrario. O sea, que el desfase de la X_C se ve compensado y corregido por el desfase de la X_L . A efectos del generador, ya no hay desfase, o lo que es lo mismo, el GENERADOR YA NO VE REACTANCIAS, SINO UNA RESISTENCIA PURA. Es como si desconectásemos la bobina y el condensador y pusiéramos una resistencia en su lugar. Insisto, para una frecuencia en concreto, ya no tenemos reactancia ni impedancia, sólo resistencia. A la frecuencia a la cual se da este fenómeno se le llama FRECUENCIA DE RESONANCIA. Lo mismo daría decir que el valor de L y el valor de C , ENTRAN EN RESONANCIA A LA FRECUENCIA X . En términos de A.C., es más correcto hablar de impedancia, aunque el valor sea el mismo, simplemente por diferenciarla de la R en D.C.

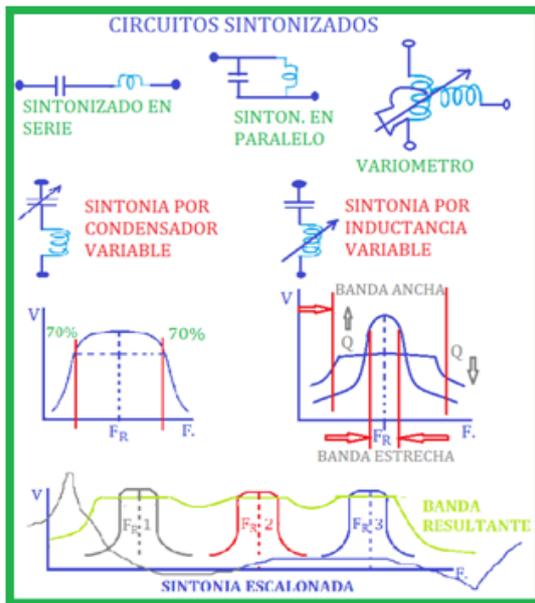
Si consideramos esta frecuencia de resonancia como Frecuencia Fundamental, X , la que sea, por ejemplo 1-Mhz, volveremos a tener resonancia en los ARMÓNICOS, que ya sabemos que son los múltiplos POR ENCIMA de la frecuencia fundamental. O sea, encontraremos resonancia en 2-Mhz, 3-Mhz, etc. Obviamente, en los armónicos resonantes, la impedancia va a variar, puesto que las respectivas reactancias también lo van a hacer. En teoría, la impedancia resultante cuando L y C están en resonancia en paralelo, es altísima, infinita, podríamos decir. En el caso de que L y C estén en serie, ocurriría lo contrario, es decir, bajísima, prácticamente un cortocircuito. En la vida real, esto no ocurre así debido a las inevitables pérdidas. Es decir, que en resonancia paralelo tenemos una alta Z , y en serie, una baja Z ; siempre a la frecuencia de resonancia. Fuera de ella, los valores se invierten. En Radiotecnica, nos vamos a encontrar con circuitos resonantes contruidos adrede para presentar valores de Z concretos para aplicaciones específicas, por ejemplo, 50 ohms en los circuitos de entrada de los receptores de radiocomunicaciones, y 75 ohms el de los aparatos de TV.

CIRCUITOS SINTONIZADOS:

SINTONIZAR es sinónimo de SELECCIONAR. En el lenguaje diario, todos sabemos lo que significa sintonizar una emisora de radio o TV. Un circuito resonante, en serie o en

paralelo, va a desembocar en un circuito sintonizado, y viceversa. En Radiotecnía, SINTONIZAR es SELECCIONAR una frecuencia X dentro de las posibilidades de resonancia de un circuito L-C. A estas alturas, ya podemos ver que NO todos los circuitos resonantes se pueden sintonizar a todas las frecuencias, dependen de los valores escogidos para L y C. Inevitablemente, si hemos conseguido SINTONIZAR, es porque el circuito es RESONANTE a esa frecuencia X.

Al principio hablamos de poder variar la frecuencia de operación del generador que



alimenta el circuito resonante, que se suponía de valores fijos L y C. En la práctica radiotécnica, y salvo raras excepciones, lo que se hace es poder variar el valor de L o C. Dependiendo del circuito que se trate y el diseño del constructor, se escoge una u otra posibilidad. Hablando del condensador, puede tener placas que se introduzcan más unas sobre otras, o que se aproximen más las unas sobre las otras. También hay condensadores de ajuste, sobre todo en frecuencias muy elevadas, (UHF), en los cuales el dieléctrico se hace variable en forma de tornillo. En

las bobinas que **deban ser** variables, lo más sencillo es variar la cantidad de núcleo haciéndolo móvil, aunque mecánicamente es un poco engorroso. Es más sencillo hacer que las espiras sean modificables, bien por medio de un conmutador-selector, o por medio de una roldana. Existen las bobinas doblemente sintonizadas con primario y secundario, en las cuales se varía el GRADO DE ACOPLAMIENTO, y en ese caso se les llama VARIÓMETRO. Actualmente están en desuso.

ANCHO DE BANDA:

En un circuito sintonizado, podemos tener una sintonía AGUDA, (estrecha de banda), o PLANA, (más ancha de banda). Dependiendo de la aplicación en concreto, interesa una u otra opción. El ancho de banda es el 70% de la tensión o la corriente o su relación entre ellas, la Z, partiendo del máximo de sintonía, hacia uno y otro lado. El ancho de banda de un circuito sintonizado, va a depender, en el mayor de los casos, del factor Q resultante de L y C, (recordemos que factor Q era la división entre Z y R), en el cual resulta decisivo el Q de la bobina, mayoritariamente. O sea, que valores bajos de Q dan más anchura de banda que Q altos, que resultan en bandas mucho más estrechas. Eduquemos el pensamiento de forma que el factor Q alto o más bajo, no significa mejor o peor técnica constructiva de la bobina en concreto, sino que va a afectar el

ancho de banda según nuestras necesidades. Por ejemplo, en un emisor -receptor, (transceptor):

- El paso de entrada, interesa que tenga un ancho de banda MUY ESTRECHO, el mínimo posible, a fin de poder tener una SINTONÍA MUY AGUDA, que nos va a permitir separar las diferentes emisiones que recoge la antena, y no se interfieran entre ellas. Esto supone un circuito sintonizado con un Q muy alto.

La salida del paso final hacia la antena, se busca una sintonía con paso de banda MÁS ANCHO, que nos da la comodidad de no tener que estar retocando continuamente el circuito de acoplamiento a la antena, cada vez que cambiamos la frecuencia o el canal. Por supuesto, ambos ejemplos tienen un límite, por razones técnicas.

SINTONÍA ESCALONADA: Hay un caso especial en que el ancho de banda ha de ser muy grande en una etapa sintonizada, por ejemplo, casos en los cuales la información a transmitir necesita un paso de banda ancho a fin de que no se pierda calidad en el mensaje transmitido, tal es el caso de la televisión o de las instalaciones de señales de vídeo. En estos casos, se hace una agrupación de 3 o más circuitos resonantes sintonizados a frecuencias próximas entre sí. Por ejemplo, sintonías a 28-29-30-Mhz, dan un ancho de banda muy grande, imposible de obtener con un circuito de bajo Q sin que vaya en detrimento de la ganancia de la etapa.

EN RESUMEN, en Radiotecnica se emplean los circuitos sintonizados en multitud de aplicaciones: En las entradas de los receptores, en las salidas de los transmisores, entre etapas, en los amplificadores de radiofrecuencia, en los amplificadores de potencia, en los acopladores de antena, (sintonizadores), y en las propias antenas y líneas de transmisión.

Fórmula para calcular la frecuencia de resonancia

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

RESUMEN LECCIÓN NUM.8

-Sabido que una bobina presenta una reactancia X_L , y un condensador otra reactancia X_C , que además es de signo opuesto, ($-X_C$), conectados ambos a un generador de A.C de frecuencia variable, llegaremos a una frecuencia determinada, llamada F_r , la cual conseguirá que la reactancia del condensador iguale y anule el signo de la reactancia de la bobina.

- A esta frecuencia en concreto, se le llama Frecuencia de Resonancia; o también, se dice que el condensador C y la bobina L, están en resonancia para la frecuencia XHz.

-Visto desde el lado del generador, a esta frecuencia concreta, desaparecen las reactancias, y sólo se ve una resistencia pura. Si L y C están en serie, la Z resultante (puesto que hablamos en A.C), será de muy bajo valor, prácticamente un cortocircuito, en caso extremo.

-Si L y C estuviesen en paralelo, ocurriría lo contrario; es decir a, la F_r , el valor de Z puede ser muy alto, llegando a ser aislante, en caso extremo.

-En Radiotecnica nos vamos a encontrar con aplicaciones específicas para casos concretos; lo mismo aprovecharemos bajos valores de Z, o muy altos, o intermedios, que es el caso de las antenas, con valores de Z sobre 50 Ohmios, en muchos casos.

-A los circuitos capaces de entrar en resonancia, se les llama Circuitos Sintonizados. Pueden ser reales, formados por L y C, o aparentes, como una antena.

-Una antena se comporta igual que un circuito resonante en serie. A su frecuencia de resonancia presenta una Z determinada.

-Todos los circuitos sintonizados presentan un Ancho de Banda, que es un valor determinado entre dos márgenes de frecuencia, entre los que se supone que el circuito mantiene en parte su comportamiento.

-El ancho de banda se mide en unidades de frecuencia, y está relacionado con otra magnitud eléctrica.

Como funciona una antena.**Toni Polit****LECCIÓN 9ª:****LA TIERRA Y LA TOMA DE TIERRA. LA CONTRA-ANTENA**

Dada la importancia del tema de la tierra en Electricidad y Radiotecnia, merece la pena abrir un paréntesis, explicar conceptos fundamentales y asentar conocimientos. Dos teorías con diferente punto de vista:

EL PLANETA TIERRA COMO INMENSO CONDENSADOR:

Las capas freáticas de la corteza terrestre se pueden considerar como placas de un inmenso condensador, y es comprensible que pueda almacenar carga eléctrica. En este caso, la carga eléctrica no se llegaría a completar nunca, debido a las fugas de otras capas de la corteza terrestre. Este hipotético condensador, siempre estaría dispuesto a admitir corriente eléctrica. Es como echar agua en el mar con un cubo, por muchos cubos que echemos, no vamos a subir el nivel, puesto que el mar se está evaporando continuamente en muchos otros puntos del planeta.

EL PLANETA TIERRA COMO INMENSO GENERADOR:

En este caso, el núcleo sólido del centro de la tierra, se ve rodeado de una masa de magma líquido, formado de rocas y metales fundidos, en constante movimiento rotacional. Bajo este punto de vista, tenemos una inmensa máquina de electricidad estática, que forma CORRIENTES TELÚRICAS en las capas freáticas de la corteza terrestre. Esta teoría explicaría el movimiento de rotación terrestre.

En ambos casos, podemos considerar la tierra como un SISTEMA EQUILIBRADO; pese a eso, la tierra admitirá toda la corriente que queramos enviarle, que será insignificante comparada con su tamaño. El ejemplo lo tenemos en las tormentas con aparato eléctrico, lo mismo hay descargas de las nubes a tierra, como de una nube a otra, como de la tierra a las nubes. De esta manera, nos referiremos a la tierra como REFERENCIA universal de los sistemas eléctricos, considerándola como CERO VOLTIOS. Tomando esta referencia, también podemos referirnos a la tierra como PUNTO NEUTRO, O COMÚN.

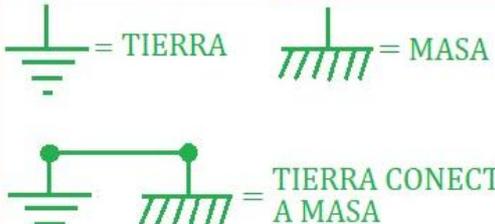
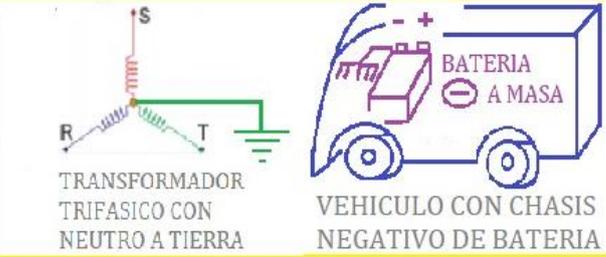
CONDUCTIVIDAD. TOMA DE TIERRA.

La conductividad, es la característica contraria a la resistividad. Si la resistividad, (o resistencia), la medimos en Ohmios, la conductividad es la inversa, o sea, 1 dividido Ohmios. Inicialmente, se le llamó Mhos, que son ohmios al revés. Actualmente, la unidad de conductividad es el SIEMENS, en honor a Werner Siemens, físico alemán. Estos datos no son necesarios memorizarlos.

La resistividad de la toma de tierra, usualmente se da en Ohmios. Para medirla, los

LA TIERRA, TOMA-DE- TIERRA
HOJA RESUMEN

$$\text{CONDUCTIVIDAD} = \frac{1}{\text{RESISTENCIA}} =$$

$$= \frac{1}{\Omega} = \text{SIEMENS} = \frac{I}{V}$$



TIERRA=EART=GROUND (GND)

electricistas utilizan un aparato llamado TELURÓMETRO. Lo ideal es que la resistencia de tierra sea lo más baja posible; por ejemplo, 10 Ohms. Esta medición no se puede hacer con un tester corriente, pero podemos formarnos una idea por comparación entre voltaje e intensidad, aunque no vamos a entrar en más detalles por no exceder los límites de este tema. Como dato adicional diremos que el Reglamento de Baja Tensión, (RBT), dice que la resistividad de una persona se toma como 2500 Ohms, y la tensión de seguridad en caso de contacto eléctrico, no debe superar los 50 V. en terreno seco, y los 25V en terreno húmedo. De ahí la importancia de conseguir una

resistencia de tierra lo más baja posible, para impedir que se formen tensiones que pueden llegar a ser peligrosas.

Un valor promedio en el RBT, son 50 Ohms por metro cuadrado.

Se sabe que el agua no es un buen conductor, pero tampoco es un aislante del todo. Siempre hay que hablar en términos relativos. El cemento, las rocas, o el asfalto, son pésimos conductores, prácticamente aislantes, pero la cosa cambia radicalmente si están húmedos. No digamos ya si el agua es salada. La resistencia de tierra disminuirá muchísimo. Para poder hacer una conexión a tierra, no podemos poner un cable tocando al suelo, puesto que no es conductor. Lo que se hace es clavar una PIQUETA O JABALINA, de forma que llegue a las capas del terreno donde hay humedad. Mucho mejor es que reguemos periódicamente esta toma, a fin de mantener la resistencia dentro de unos límites aceptables. En ocasiones se emplean placas metálicas, enrejados, cables desnudos enterrados, formando anillos de tierra. Incluso varios elementos diferentes en paralelo entre sí, por conseguir bajas resistencias equivalentes en terrenos malos conductores. Por ejemplo, en los cimientos de edificios y viviendas, se hacen anillos de cable de cobre de gran sección y piquetas de dos metros y medio, todo ello conectado entre sí. Paradójicamente, la mejor toma de tierra no es tierra, sino agua, en especial el mar.

IMPORTANCIA Y UTILIDAD DE LA TOMA DE TIERRA:

La toma de tierra absorbe corrientes de todo tipo, que pudieran llegar a ser perjudiciales. Todo el mundo sabe lo que es un pararrayos. Inventado por Franklin, este dispositivo encamina a tierra las enormes descargas energéticas del impacto del rayo, de centenares de Kilovoltios y miles de Amperios; eso sí, de milésimas de segundo de duración. El pararrayos tipo Franklin, el de puntas, realmente lo que hace es atraer el rayo, y enviarlo a tierra de forma que cause el menor daño posible. Actualmente se utilizan los pararrayos radioactivos, que ionizan el aire de forma que el rayo tenga un camino difícil de descarga, al contrario que el pararrayos tradicional.

La toma de tierra protege a las personas en las instalaciones eléctricas, haciendo un camino fácil a las corrientes de fuga, (corrientes de defecto o aislamiento), de forma que la electricidad no recorra el cuerpo de la persona que ha quedado bajo tensión, en el caso de toque un punto mal aislado. Por ejemplo, una lavadora defectuosa.

La toma de tierra, si es buena, elimina corrientes parásitas en filtros eléctricos y mallas de blindaje, evitando ruidos. También es útil para minimizar la electricidad estática de la atmósfera, que genera interferencias en los sistemas de comunicaciones.

La toma de tierra, en los sistemas de distribución eléctrica, pone a cero voltios el punto común de los transformadores, dando mayor seguridad a la instalación, en caso de que el neutro falle.

En los principios de la telegrafía y telefonía por cable, la toma de tierra actuaba como hilo de retorno en las líneas, posibilitando la comunicación con sólo un hilo en los postes. En los cables telegráficos submarinos, el conductor de retorno es la tierra, conectada al agua del mar.

TOMA DE MASA Y TOMA DE TIERRA:

Estos dos términos son tan similares, que muy a menudo se confunden e intercambian entre sí.

La tierra ya hemos visto que es el sistema por el cual, a través del hilo de tierra (que por norma es de color verde y amarillo), se conectan los elementos que queremos que estén a cero voltios.

La masa es el conjunto de conductores, o superficies metálicas, que sirven de estructura a máquinas, estructuras y edificios. La masa se suele emplear como conductor de retorno de los sistemas eléctricos, normalmente para ahorrar el poner el hilo negativo.

Por ejemplo: en las bases de enchufe, tanto domésticas como industriales, hay un conductor de protección, (amarillo-verde), que va conectado a tierra. En un edificio de

viviendas, además de llevar tierra a cada casa, lleva conexión a tierra la masa del ascensor, el mástil de TV, y las cañerías de agua en los puntos de contadores.

En los vehículos y máquinas, se utiliza el chasis como conductor de retorno del sistema eléctrico. Normalmente es el NEGATIVO, el que lleva conexión a MASA. En muchos países, también se llama NEGATIVO A TIERRA.

La masa metálica de un puente, por ejemplo, siempre va conectada a tierra. La estructura metálica de un edificio, lo mismo.

En el caso de un grupo electrógeno, la utilización es doble. El chasis hace de conductor de retorno del sistema eléctrico del motor, y además, va conectado a tierra. Por parte del generador, el punto neutro del alternador, es tierra, y además, debe llevar una piqueta a tierra.

En muchos aparatos eléctricos y electrónicos, la masa metálica va conectada a tierra, y además, es la referencia del voltaje de las diferentes secciones del aparato. En un buque o aeronave, la masa metálica se considera tierra a todos los efectos, y además, sirve como contra-antena de los sistemas radiantes.

LA CONTRA-ANTENA:

La contra-antena, o contrapeso de antena, se utiliza para equilibrar los sistemas radiantes, en virtud de que la tierra se considera a cero voltios.

Hablaremos de ello en el capítulo de antenas.

OTROS PUNTOS DE INTERÉS:

-DIFERENCIAL: En las instalaciones eléctricas existe por normativa de seguridad, un disyuntor diferencial, comúnmente llamado diferencial, que tiene la misión de vigilar las corrientes de defecto, causadas por derivaciones. Por medio de un pequeño transformador toroidal incorporado, el diferencial compara la corriente de ida con la de vuelta, que deben ser iguales, y si no lo son, a causa de una fuga, por ejemplo, este dispositivo desconecta la corriente. Por ejemplo, si tocamos un cable con tensión, una parte de la corriente recorrerá nuestro cuerpo, de camino a tierra, sin pasar por la instalación eléctrica. El diferencial acusará esta fuga, y desconectará el circuito. En ocasiones, los diferenciales saltan con las tormentas con aparato eléctrico, debido al incremento de tensión de uno de los conductores con respecto a tierra.

-EL POSITIVO A MASA: En algunos países de cultura británica, especialmente los que anteriormente fueron colonias, existe la costumbre de conectar en los vehículos el positivo de la instalación eléctrica a masa. Realmente da lo mismo que la masa sea positiva o negativa, siempre y cuando el aparato que se tenga que conectar a esta

instalación esté conforme a esta particularidad, de lo contrario provocaremos un cortocircuito.

El fabricante del aparato en cuestión, debe indicar claramente si la masa es positiva o negativa. Es práctica casi universal que el negativo vaya a masa, aunque no siempre es así. Esto explica el porqué algunos aparatos electrónicos destinados a la exportación, por ejemplo transmisores móviles, lleven fusibles tanto en el cable positivo como en el negativo.

Podemos encontrar vehículos con el positivo a masa en Reino Unido, Japón, India, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda.

-EQUIVALENCIAS EN INGLÉS:

TIERRA= GROUND, EARTH. Por ejemplo; Negative Ground = Negativo a Masa.

MASA= FRAME, BODY, CHASSIS.

RESUMEN LECCIÓN 9.

-Podemos considerar al planeta Tierra como un inmenso condensador; como tal, siempre estará dispuesto a admitir cargas eléctricas.

-También podemos considerar al planeta, como un inmenso generador de electricidad estática.

-Por razones de leyes naturales, el planeta siempre tendrá tendencia a equilibrar su carga eléctrica; por tanto, admitirá toda la corriente que podamos enviarle.

-A la Tierra se le considera que tiene un potencial eléctrico de cero voltios, y se toma como referencia universal para todos los circuitos eléctricos. También se le conoce como Punto Común, o Punto Neutro.

-La conexión a tierra presenta un valor de resistencia, que no puede ser medida con un tester normal. Los electricistas utilizan un aparato llamado Telurómetro.

-La resistencia de tierra interesa sea lo más baja posible, a fin de que no puedan formarse voltajes elevados. La naturaleza del terreno determina la conductividad de la toma de tierra. La conductividad es lo contrario a la resistencia.

-De entrada, el terreno es mal conductor de la electricidad. Lo que se hace es acceder a capas más profundas, que tengan humedad y minerales. Para conseguir esto, se emplea una barra de tierra o jabalina de tierra.

-La toma de tierra es importante y útil a la vez. Protege a las personas de descargas, y sirve de retorno y punto común a otro tipo de circuitos.

-La toma a masa y la toma de tierra suelen confundirse entre sí. La masa es el conjunto de conductores o estructuras que sirven de soporte a otras estructuras. Por ejemplo, la masa de un coche es su carrocería o chasis.

-La tierra de antena, o contraantena, sirve para equilibrar los sistemas radiantes, y también para dar protección contra las descargas atmosféricas.

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 10ª:

PRELIMINAR: PRINCIPIO DE MÁXIMA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA.

El Principio de Máxima Transferencia de Energía dice, que ésta se consigue cuando la resistencia interna del elemento generador, coincide con la resistencia de carga del elemento receptor. Este principio se cumple siempre, dado que es una aplicación práctica de la Ley de Ohm.

La resistencia interna se abrevia con las siglas R_i , y el concepto de transferencia de energía lo hemos de entender como TRANSFERENCIA EN WATTS, que recordemos son Julios por segundo.

Con un par de ejemplos lo entenderemos fácilmente.

-Ejemplo 1: Supongamos tener un generador cuyas características dadas por el fabricante sean de 100 V, y resistencia interna de 2 ohmios. En principio, y aplicando la Ley de Ohm, tenemos que el valor de la corriente máxima va a ser de 50 A, (100:2)

Para conseguir la máxima transferencia de potencia, la resistencia de carga debe ser también de 2 Ohms, y de esta forma conseguimos que la resistencia total sean 4 Ohms, por tanto, la intensidad que circula ahora es de 25 A, y también el voltaje del generador habrá de repartirse entre el propio generador y la carga. Podremos conseguir extraer una potencia de $25 \times 50 = 1250$ W.

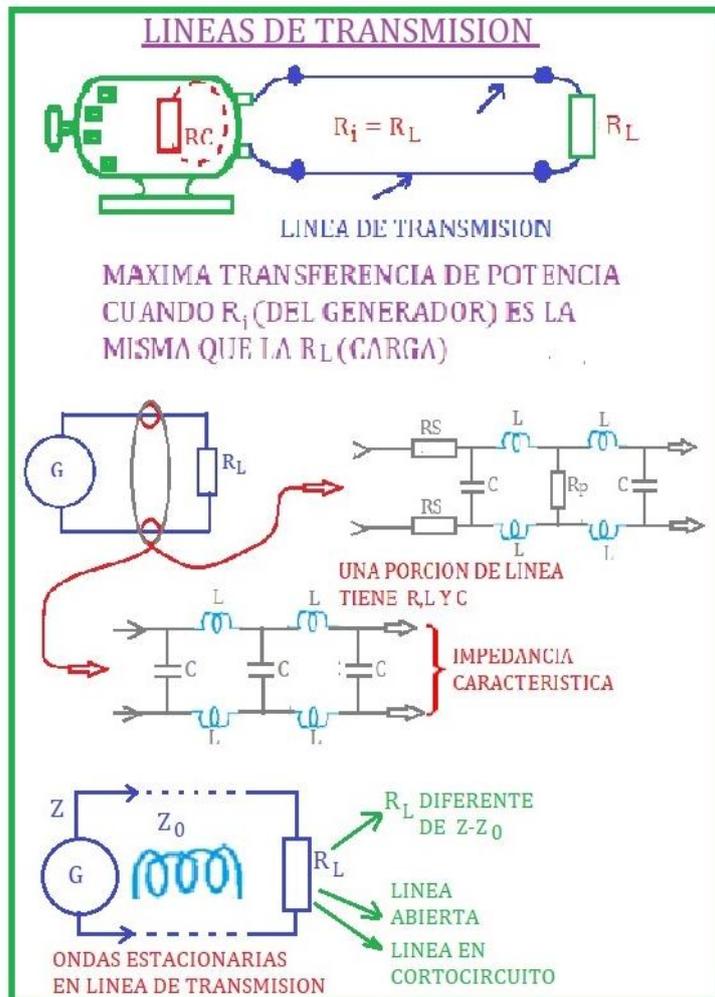
Si cambiamos la resistencia de carga al doble o a la mitad, las magnitudes eléctricas variarán en la misma proporción, pero es imposible conseguir más potencia en el exterior del generador que la que venga impuesta por la resistencia R_i .

Esto lo vemos en las baterías de automoción, diseñadas para suministrar corrientes muy elevadas a los motores de arranque, que consumen centenares de Amperios, con lo cual la R_i de la batería está en el orden de mOhms, (mili Ohmios). Un valor típico son 10 mOhms, o menor.

-Ejemplo 2: En la vida práctica, y para no tener que hacer cálculos, el fabricante del equipo en cuestión, nos da los datos en forma de otra unidad eléctrica equivalente, tal como amplificador de sonido de 100 W sobre 8 ohmios, o transmisor de radio de 100 W sobre 50 ohmios, o alternador de 230 V y 5 KW. En los tres casos se entiende perfectamente que si la resistencia de carga, bien sea un conjunto de altavoces o una antena transmisora, son de impedancia diferente de la especificada, no vamos a poder obtener la máxima transferencia de energía. Lo mismo con el alternador; no vamos a poder obtener más KW para lo cual está diseñado. La consecuencia es que caerá la tensión y podemos dañar la máquina.

Así pues, es evidente que debemos compaginar las resistencias de carga con la R_i del generador en cuestión, o bien la potencia consumida con la que puede entregar la fuente de energía.

Como se da el hecho que rara vez consumiremos la energía en el mismo lugar que se produce, nos vemos en la necesidad de encauzarla de alguna forma, a través de un medio conductor, hasta su destino final. Nace aquí el concepto de LÍNEA DE TRANSMISIÓN, que no es



sino el soporte físico que enlaza el generador con la resistencia consumidora de energía, ya sea un altavoz, una antena transmisora, o una simple bombilla.

Ejemplos de líneas de transmisión:

-El cable paralelo que une el amplificador de sonido con cada uno de los altavoces. No vale cualquier cable; debe ser el adecuado para transferir potencia de audio sobre impedancias bajas de altavoz.

-El cable blindado que conecta el micrófono con el amplificador de sonido; tampoco sirve cualquiera,

debe ser adecuado a la impedancia de la cápsula microfónica con la impedancia de entrada de señal. Valores típicos son 500 ohmios, y 1000 ohmios. A veces 10 K.

-El cable coaxial que conecta el transmisor con la antena; no vale cualquier coaxial, debe estar acorde con la potencia e impedancia, (Z), de ambas partes.

-La línea de teléfonos analógicos; una línea paralela de 600 Ohms de impedancia.

-El humilde carrete alargador, que nos permite alargar una toma de enchufe al punto que necesitemos. Dependiendo de la potencia y distancia, tendremos que emplear un grueso de cable u otro.

Para poder llegar a explicar y comprender cómo funciona una antena, vamos a centrarnos en el funcionamiento de una línea de transmisión de energía de radiofrecuencia, que por sencillez explicativa, la vamos a suponer de conductores paralelos. En esencia, es lo mismo que la línea coaxial, con alguna variante. Esta línea de conductores paralelos, se supone uniforme en toda su longitud. Asimismo, el aislamiento entre los hilos también lo vamos a obviar, por ser altísimo; lo mismo que su resistencia óhmica, que vamos a despreciar por ser muy baja. No nos quedan otros factores que la capacidad que tiene la línea y la pequeña autoinducción de los propios conductores, que al funcionar en frecuencias elevadas, no podemos ignorar. Hemos de tener presente que estos dos conductores que forman la línea, separados por un aislante, no son otra cosa que un pequeño condensador. Lo mismo para la autoinducción, que es una minúscula bobina en la cual hemos estirado las espiras.

La conclusión es que por cada centímetro o metro de longitud, esa línea de transmisión presenta unos valores de L y C , que al ser aplicados a un generador de RF, presentan una IMPEDANCIA, que vamos a llamar Z_0 . Una línea de transmisión viene definida por varios parámetros, uno de ellos es la IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA, (Z_0), que está formada, repito, por los valores de L y C de la propia construcción de la línea, y que no dependen de la frecuencia de uso de la línea. Coloquialmente, se le llama LINEA DE X OHMIOS DE IMPEDANCIA.

Otra forma de entender la Z_0 de la línea, sería con el retardo. Los componentes L y C de la línea, con los respectivos adelantos y retrasos de corriente y tensión, (reparar el desfase de bobinas y condensadores), traen como consecuencia que una línea de transmisión de LONGITUD INFINITA, conectada a un generador de RF, absorbiera toda la energía sin corriente de retorno. En este caso ficticio, la Z_0 de la línea sería igual a la R_i del generador.

Por si todo esto todavía resultase algo confuso, podemos entender que la IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA de la línea, es aquel valor que adapta la energía suministrada por el generador a la resistencia de carga, (o Z de carga), para la cual está previsto el sistema. Por ejemplo:

-Transmisor con Z de salida de 50 Ohms, a antena con Z de 50 Ohms= LÍNEA DE TRANSMISION de Z_0 de 50 Ohms.

-Antena de TV de $Z = 75$ Ohms, a aparato de TV con entrada de $Z = 75$ Ohms; LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE $Z_0 = 75$ Ohms.

ONDAS ESTACIONARIAS y ONDAS PROGRESIVAS

Como aclaración previa y aportación por parte de nuestro querido y apreciado Jorge Dornier EA4EO, cabe añadir con respecto a las ondas progresivas, que la razón es

que, según el tipo de antena en su bajada puede haber ondas estacionarias o progresivas. Cosa que desconocen la mayoría de los radioaficionados.

En gran parte de nuestras antenas, por sus bajadas hay ondas estacionarias debido a que son reflejadas desde el punto de unión entre la propia antena y su bajada. Pero en antenas profesionales, que también usan algunos radioaficionados, como al final de la antena hay una carga no inductiva, la onda no se refleja y es absorbida por esa carga. Véanse la Rómbica, Beverage y la T2FD.

En el caso ideal, de que tengamos un generador de energía RF, que bien puede ser un transmisor, conectado a una línea de transmisión adecuada, y a su vez, esta línea está conectada a una carga correcta, despreciando las pérdidas que pueda tener la línea, (veremos después), conseguiremos que toda la potencia disponible en el generador, pueda llegar a la carga. En este caso, hablamos de SISTEMA ADAPTADO, basándonos en que el eslabón intermedio, que es la línea de transmisión, también está adaptada. El ejemplo típico, entrando en materia, sería el del emisor, cuya Z de salida son 50 Ohms, conectado a una línea de $Z_0 = 50$ Ohms, y a su vez, terminada en una antena de $Z = 50$ Ohms, también. Tenemos un conjunto CORRECTAMENTE ADAPTADO, en el cual, según el Principio de Máxima Transferencia de Energía, la totalidad de la potencia suministrada por el transmisor, es absorbida por la carga.

Ahora bien, se puede presentar el caso, bastante frecuente, de que uno de los tres elementos no esté en el rango del principio anterior, por ejemplo, que la Z de la carga no sea la adecuada, por ser de valor diferente, pongamos 100 Ohms en lugar de 50. Enseguida vemos que el generador de RF no va a poder dar el rendimiento máximo adecuado, por la disparidad de que su R_i , ya no es igual a la Z de la carga. No se puede aprovechar ya la totalidad de la potencia disponible. Va a haber un retroceso de energía desde la carga hacia el generador.

Como resulta que estamos tratando de corrientes alternas, las cuales cambian de polaridad en cada semiciclo, cuando vuelva a circular corriente desde el generador hacia la carga, que es lo normal, la energía de retroceso se va a encontrar con la energía directa, y se van a crear unas ondas de corriente y tensión complejas a causa de sumas y restas, que van a permanecer como si estuviesen estancadas en la línea de transmisión, que es el elemento intermedio de enlace. Precisamente por ese motivo se les llama ONDAS ESTACIONARIAS, porque permanecen estacionadas en la línea, ya que hay energía directa y reflejada de forma constante. Las ondas estacionarias son SIEMPRE UNA RELACIÓN entre dos factores, normalmente impedancias o voltajes. En castellano se abrevian ROE, (Relación Ondas Estacionarias), en inglés son SWR, (Standing Wave Ratio),

Aunque a veces lo podemos encontrar como VSVR. En resumen, que las Ondas Estacionarias, se forman en la línea de transmisión, por desadaptación de impedancias,

o por desfase de voltajes en el caso de que la carga sea reactiva, por tener asociadas bobinas y /o condensadores. Por eso, siempre es más adecuado hablar de Z de carga, más que de resistencia, R, de carga. Como se trata de una relación matemática la expresión correcta es de ROE 2:1, cuando el valor es 2, por ejemplo, aunque a nivel coloquial se suele suprimir la cifra 1.

En el ejemplo de que Z sea 100 Ohms, y la Zo de la línea sea 50, la ROE sería de $100:50=2$. Por tanto, ROE = 2.

Lo mismo es válido para Z de 25 Ohms y línea de Zo de 50 Ohms; $50:25$ daría como resultado una ROE de 2.

Visto desde el punto de vista de la Z de carga, la Zo de la línea es lo mismo que la Z del generador.

Otro ejemplo: Transmisor de Z = 50 Ohms conectado a línea de Zo de 75 Ohms. La ROE en la línea vale $75:50 = 1,5$. ROE= 1,5.

La ROE en la línea interesa que sea la menor posible, puesto que son pérdidas de energía, normalmente en forma de calor, y de radiación indeseada. Un valor de ROE de 1,5 es perfectamente tolerable en la mayoría de los casos; no así una ROE de 3, que es el valor límite en la práctica radioeléctrica. Los aparatos que miden el valor de ROE se les llama REFLECTÓMETROS, o vulgarmente conocidos MEDIDORES DE ESTACIONARIAS. Se les inserta en la línea a medir, por medio de los conectores adecuados. Los mejores medidores nos proporcionan los tres parámetros fundamentales, que son POTENCIA DIRECTA, POTENCIA REFLEJADA Y VALOR DE ROE. Los más sencillos, tan sólo valor de ROE, y no pueden medir potencia a la vez.

Las pérdidas de energía, que ocasiona la ROE debido a la desadaptación, son aproximadamente:

-ROE de 1,5: 1= 4%

-ROE de 2,0: 1 = 11%

-ROE de 3,0: 1= 25%

La ROE superior a 3:1 se considera inadmisibles, pero de todas formas:

-ROE 4,0:1= 37% y ROE 5,0:1= 45%.

Ya sabemos que la energía, realmente no se pierde, sino que se transforma, en calor las más de las veces. A estas pérdidas de ROE, que normalmente las sufre el transmisor, hay que añadir las pérdidas en la propia línea, que veremos a continuación.

Para no dar lugar a malentendidos, veremos que la longitud de la línea no afecta al valor de ROE, siempre y cuando ese valor esté muy próximo a $ROE = 1$. En efecto, una línea de transmisión correctamente adaptada, tiene los valores de tensión y corriente dando como resultado la Z_0 propia de la línea. En cualquier tramo de esa línea, podríamos insertar el medidor de ondas estacionarias, y nos daría idéntica lectura, puesto que $V/I = Z_0$. Lo mismo ocurre con una carga resistiva diferente de Z_0 , por ejemplo, que nos generase una $ROE = 2$; en cualquier punto de la línea, la ROE seguiría siendo 2. Por lo tanto, la longitud de la línea NO ALTERA el valor de la ROE. Lo correcto es colocar el medidor al lado más próximo al generador de RF, o transmisor de radio, por ejemplo. El latiguillo de conexión (que no deja de ser un tramo de línea), entre medidor y transmisor, deberá ser lo más corto posible. Recordemos que el reflectómetro, hace la medición entre la entrada de RF hacia la carga, que suele ser una antena.

La cosa cambia radicalmente cuando la carga es de naturaleza REACTIVA, es decir, cuando se comporta como si hubiera un condensador, o una bobina, o ambos, en serie con una resistencia. Por eso, en entornos donde hay RF, o simplemente, corrientes alternas de alta frecuencia, es imprescindible hablar de Z de carga, o sea, IMPEDANCIA DE CARGA. Cuando la línea de transmisión "VE" una Z de carga, o de terminación, diferente de su Z_0 , (impedancia característica), la Z en conjunto está afectada por los comportamientos reactivos de la inductancia y capacidad incorporadas. No dejaré de insistir sobre esto, para recordar de nuevo que la corriente y el voltaje YA NO ESTÁN EN FASE; ya no coinciden en el tiempo, ya no podemos ver las cosas como si fueran de corriente continua. La conclusión, adonde quiero ir a parar, es que en esa línea cargada con una Z cuyos componentes reactivos nos provocan una $ROE = 2$, por ejemplo, la división de V entre I, ya no da el valor de la Z adecuada a la Z_0 de la línea. Dependiendo en cual tramo de la línea hagamos la medición, se dará un adelanto o atraso de las magnitudes eléctricas, y la ROE variará. La longitud de la línea afecta al valor de ROE, puesto que depende de la distancia, tanto del generador como de la carga. Así pues, se puede dar el hecho de ver una ROE mucho más favorable de cara a la desadaptación. Este tema es polémico, puesto que da lugar a dudas, pero lo retomaremos más adelante.

Como suelo hacer, ofrezco otra forma de ver el fenómeno de la ROE, y es desde el punto de vista eléctrico: Cuando la carga es de tipo REACTIVO, la POTENCIA APARENTE que nos da el generador de RF, es siempre mayor que la POTENCIA ACTIVA que llega a la Z de carga, al final de la línea, puesto que la POTENCIA REACTIVA está en contra. Esta potencia reactiva, o valor de ROE, depende del ángulo de desfase entre V e I. Con un ejemplo lo veremos mejor:

$Z = 75 \text{ Ohms}$; $ROE = 1,5:1$; Potencia activa= (potencia efectiva)= 96% ; Potencia reactiva= (pérdidas)= 4%. Potencia aparente= $96+4= 100$.

Realmente podemos ver que ROE= 1,5 es muy poca pérdida en cuanto a rendimiento.

Es una práctica errónea de algunos radioaficionados el acortar las líneas de transmisión que presentan una ROE elevada, (por ejemplo ROE=2), para conseguir una lectura de medidor próxima a 1:1. Esto sólo sirve para un margen muy estrecho de frecuencias, y además, cuenta la dimensión del medidor y su latiguillo. La ROE real sigue siendo la misma, puesto que la desadaptación la provoca la Z de carga, que suele ser una antena, y no hemos hecho ninguna modificación a ese respecto. Es el truco del avestruz, pero tranquiliza la conciencia del operador de radio.

OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN:

Aparte de la impedancia característica, Z_0 , que hemos visto ampliamente, tenemos el FACTOR DE VELOCIDAD, (Fv), la ATENUACIÓN, (pérdidas en Db), y la POTENCIA ADMISIBLE, en W. Todos estos datos los proporciona el fabricante de la línea, aunque también hay genéricos.

FACTOR DE VELOCIDAD, (Fv), o velocidad de propagación, es un porcentaje que nos indica cuán lenta es la línea de transmisión en comparación con el espacio libre, a efectos de velocidad de transporte de energía.

El factor de velocidad de la energía en el espacio libre es del 100%, que es nuestra referencia, pero en cuanto se da el hecho que tener que circular la corriente por un medio diferente, como puede ser de un hilo de cobre, la velocidad se ralentiza. En concreto, por un hilo de cobre, puede ser un 95%, y en una línea de transmisión, desde 66% , o menor, hasta un 90% o poco más. Esto es así debido a la estructura de la línea en sí, que está formada por componentes de R, L, y C. Ya hemos visto muchas veces que los componentes reactivos, que son L y C, introducen un retardo entre Voltaje y Corriente. El valor reactivo de la propia línea puede ser muy pequeño, sí, pero la velocidad de propagación de la energía es altísimo, (velocidad de la luz), y el resultado final es significativo. Por ejemplo.

-Un conductor de hilo, (puede ser una antena), $Fv= 95\%$;... $300.000 \times 0,95= 285.000$ Km/seg., en el interior del conductor. O lo que se desprende de esto: debemos acortar el conductor un 5%, para no alterar la velocidad de propagación.

- Una línea de transmisión RG-58, con un Fv de 66%... $300.000 \times 0,66= 198.000$ Km/seg., por el interior de la línea; conclusión, hay que acortar la línea un 34% para no alterar el cálculo de velocidad de propagación de RF entre entrada y salida de línea.

Estos cálculos son imprescindibles para cuando tengamos que ver el comportamiento de las líneas en casos especiales, que veremos después.

ATENUACIÓN, o pérdidas, es un dato no menos importante que nos dice cuánta energía se pierde en la línea, midiendo la potencia de entrada con respecto a la de

salida. Suele ser en decibelios, que es una medida de por sí comparativa. Este valor depende siempre de la frecuencia de trabajo, y del tipo de línea. Las líneas coaxiales suelen tener más atenuación que las no coaxiales. La atenuación suele indicarse en dB/m., o alguna fracción de 100 m. Hay que tener referencia de la frecuencia. Por ejemplo:

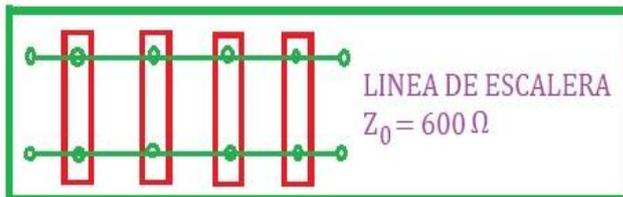
- Línea coaxial RG-58, (genérica): Atenuación de 1 dB a 7 Mhz., 2,2 dB a 28 Mhz y 5,7 dB a 144 Mhz. Tramo de 30 metros.
- Línea coaxial RG-213, (genérica): Atenuación de 0,6 db a 7 Mhz, 1,30 db a 28 Mhz y 2,74 dB a 144 Mhz. Tramos de 30 metros.
- Línea coaxial RG-6, (genérica de uso en TV): atenuación de 18 dB a 800 Mhz. Rollo de 100 metros.

POTENCIA ADMISIBLE: Va a depender de la frecuencia de operación, y la tiene que proporcionar el fabricante de la línea. Por norma general, a nivel de aficionados se suele emplear la línea RG-58 hasta 100 W , en frecuencias por debajo de 30 Mhz, y longitudes de hasta 30 metros. Hasta 1000 W se suele emplear la línea RG-213.

TIPOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

Vamos a comentar brevemente algunos de los tipos más usuales de líneas para el transporte de energía en R.F.

-LÍNEA DE ESCALERILLA, su forma recuerda a la escalera de los alpinistas. Es una línea de alta impedancia, de Z_0 típica de 600 Ohms, está construida con dos alambres



paralelos, soportados por espaciadores aislantes. Se caracteriza por un factor de velocidad muy alto, del 90% o mayor, y unas pérdidas bajísimas,

hasta los 50 Mhz. El gran inconveniente es que es muy engorrosa de instalar, pues ha de estar separada de cualquier objeto circundante. Aun así en bajadas que se acerquen a la vertical, y terminando en pilares aisladores, daba muy buenos resultados. Necesita un mantenimiento constante, pues los agentes atmosféricos, alteran la Z_0 en gran medida. Actualmente está en desuso.

-LÍNEA DE CINTA DE VENTANILLA, también de alta impedancia, es una transición entre

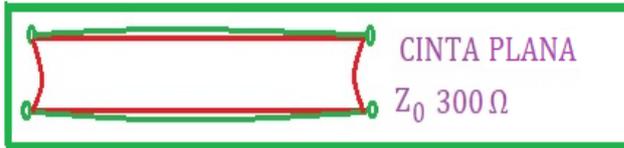


la línea de escalerilla y la cinta plana sólida. Como es de suponer, tiene las ventajas e inconvenientes de los dos tipos. Su Z_0 típica es de

450 Ohms, con un Fv cercano al 90%. Permite instalarla con curvas y ángulos de doblez no muy pronunciados, y pueden hacerse bajadas junto a paredes, soportando la línea con espaciadores aislantes. Tiene una atenuación moderada, con un límite mayor en

frecuencia. Actualmente se utiliza poco, aunque es muy recomendable para bajadas de antenas multibanda especiales, como la dipolo G5RV. También se usa para construir antenas como la J y la Slim Jim, haciendo el papel de línea radiante. Popularmente se le conoce como AMPHENOL de 450 OHMS, que es una marca de fabricante. Como va recubierta de PVC, aguanta mejor la intemperie que la línea abierta.

-LÍNEA DE CINTA PLANA, conocida popularmente como LÍNEA AMPHENOL de 300



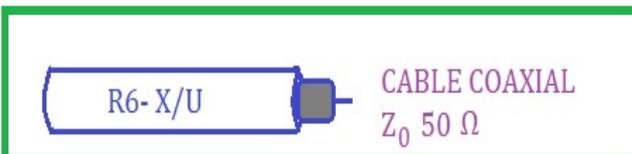
OHMS, es una línea de Z_0 media, 300 Ohms en concreto, formada igualmente que la anterior por dos conductores de PVC o espuma de

poliuretano. Tiene un Fv entre 85 y 90%, dependiendo del fabricante. Se ha utilizado abundantemente en épocas pasadas, sobre todo para bajadas de TV, y es apta hasta llegar a UHF, sobre 500 Mhz.

La forma correcta de instalarla es con separadores y aisladores, lo cual no deja de ser un engorro, aunque en bajadas casi verticales, es muy ligera de peso, y bastante manejable. Se usó mucho en el campo de la radio afición, cuando los transmisores iban con salida de paso final a válvulas. Necesita un mantenimiento moderado, pero una vez la intemperie la ha cuarteado, las pérdidas aumentan mucho, y es necesario sustituirla.

Actualmente se usa poco, como la de 450 Ohms, pero al ser más barata de coste, se le instala como alternativa en bajadas de G5RV y en las antenas J y Slim Jim, lo mismo que el caso anterior.

-LÍNEA COAXIAL FLEXIBLE, tipo RG, con sus variantes de calidad "U " y "MIL C-17". Se



trata de dos conductores en los cuales uno de ellos es una malla, con lo cual se puede poner a tierra, (en principio, en la parte del

emisor de R.F), con lo cual, tiene efecto de blindaje, y las pérdidas por irradiación con ROE elevada, son mínimas. La gran ventaja de la línea coaxial es su facilidad de instalación; como es una línea blindada, no hay problema de sujetarla a cualquier superficie, y además admite curvas y dobleces muy cerradas, típico hasta 5 veces su diámetro. Se fabrican sobre todo en Z_0 de 75 y 50 Ohms, con dieléctrico de PVC, espuma, y en caso de frecuencias muy elevadas, teflón e incluso aire, con centradores o espirales. El Fv típico va entre 66% y 85%. El gran inconveniente de la línea coaxial, es su gran atenuación, mucho mayor que cualquiera de las anteriores, y mucho peso, este último factor, muy a tener en cuenta en caso de bajadas verticales sin soporte.

Las líneas coaxiales se utilizan de forma masiva para la transmisión de R.F, aunque también las hay específicas para las señales de vídeo. Las líneas coaxiales deben llevar

su conector adecuado, de forma tal que la cubierta exterior quede estanca. Cualquier pellizco o rotura de la funda debe repararse inmediatamente, pues la humedad altera las características de Zo, y las pérdidas arruinan la línea en poco tiempo.

LÍNEA DE PAR TRENZADO, o línea balanceada, está formada por dos conductores



retorcidos, de forma que la inducción, tanto la propia como la de origen exterior, tenga polaridades opuestas y se cancelen

entre ellas. Se les llama LÍNEAS UTP, y se utilizan mayoritariamente para la transmisión de datos, donde la emisión va separada de la recepción, y de esta forma hay un diálogo continuo de información. Las más comunes parten de una frecuencia de 100 Mhz, y se clasifican por categorías, partiendo de CAT 5e, llegando a 250Mhz en el CAT6. Para aplicaciones especiales, las hay blindadas, siendo lo normal partir de un mínimo de dos pares, pero se han universalizado la de 4 pares, hasta llegar a la categoría 6 +.

BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

El acontecimiento del conflicto de la Segunda Guerra Mundial, dio un gran empuje al desarrollo de la línea coaxial y los accesorios para sacarle el máximo partido. Hasta antes de 1940, este tipo de línea era prácticamente desconocido, pero las necesidades de una línea flexible, y que fuera apta para frecuencias elevadas, junto con el desarrollo de la industria del plástico, dieron un gran impulso y posterior utilización. Al principio se utilizó la línea coaxial de baja impedancia y el conector UHF PL259, popularmente conocido como AMPHENOL, que lo mismo era válido para 50 que para 75 Ohms de impedancia. Llegando hasta los principios de la región de UHF, y pudiendo transportar energía mayor del KW, se utilizaba profusamente en el ámbito militar. Pero pronto surgieron los inconvenientes, uno de ellos es que tendía a aflojarse, y no era apto para frecuencias ultra-elevadas, aunque en principio se le bautizó así. Así que la Armada aliada, concretamente la americana, inventó un nuevo conector, en principio apto para líneas coaxiales de 50 y 75 Ohms, igual que el PL259, al cual bautizó como CONECTOR B.N.C, (Bayonet Navy Connector), el cual evitaba los dos inconvenientes principales del conector PL; el de soltarse se solucionó con un cierre a bayoneta, con lo cual aunque con holgura, el conector no se salía, y el del límite de frecuencia, con una prolongación del blindaje de la malla. De esta forma, se superó el límite de la transmisión de energía más allá de los 1000 Mhz, contribuyendo al desarrollo del radar y del fin de la guerra.

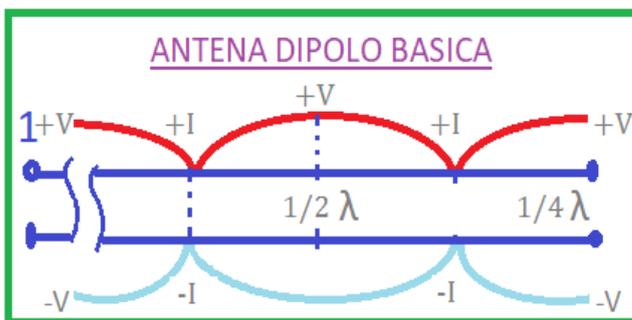
Aunque se inventó en principio para el uso de la marina, rápidamente se extendió a todos los cuerpos del ejército, siendo habitual encontrar conectores BNC en las radios de mochila, en los carros blindados, en aeronaves, helicópteros, etc. Actualmente el conector BNC está en pleno uso, no solamente en el campo de radiocomunicación, sino también como conexión de señales de vídeo. El gran inconveniente del conector

BNC es el límite de potencia; no más allá de 25 W, lo que conllevó al desarrollo posterior del CONECTOR N.

LA ANTENA DIPOLO. EMISIÓN.

Por fin vamos a llegar a la antena elemental, el dipolo, y la explicación va a ser más gráfica que de texto, por lo que necesitaremos fijarnos en los dibujos, e iremos paso a paso. Vamos a considerar el dipolo como una prolongación de la línea de transmisión, y para sencillez explicativa, la línea es paralela, aunque ya sabemos que a los efectos, da lo mismo del tipo que sea.

En el dibujo número 1, vemos una línea de transmisión, en la que vamos a suponer que el extremo de la carga es el derecho, y el del generador, el izquierdo. En adelante ya no

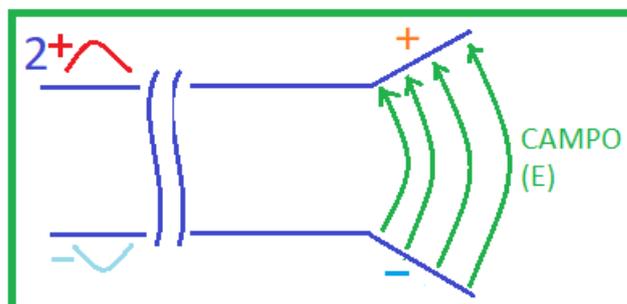


hablaremos de frecuencias, salvo algún ejemplo específico; hablaremos de longitudes de onda, y sus múltiplos radioeléctricos, en especial 1/4 y 1/2 onda.

Como se ve claramente, es una línea abierta, sin carga de terminación, por lo que se van a formar ondas estacionarias de alto nivel, aunque esto, en principio, no debe confundirnos. El caso es, que como está abierta la línea, el voltaje es máximo, (el mismo que el del generador), y la intensidad, mínima o cero, puesto que los electrones no tienen dónde ir. Si consideramos un extremo como positivo, durante el primer semiciclo, el otro extremo debe ser negativo, obviamente. En la segunda mitad del ciclo, la polaridad de la corriente ya sabemos que va a invertirse. Como la forma de onda de la corriente es senoidal, vista desde la terminación, a 1/4 de onda las condiciones se invierten, y a 1/2 onda, se repiten. Esta es una cualidad de las líneas de transmisión, de mucha importancia, y de la cual

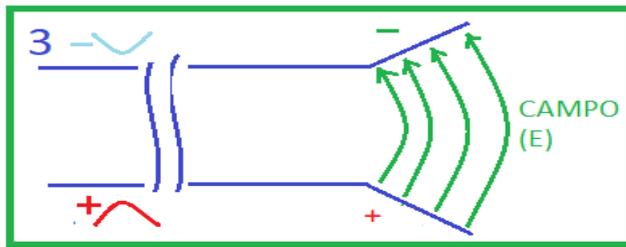
hablaremos en otro capítulo. Si

hemos entendido el dibujo 1, podemos pasar al número 2.



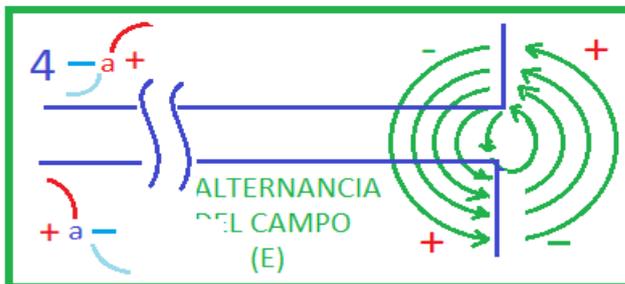
En el dibujo 2, si separamos los extremos de la línea un ángulo cualquiera, el campo eléctrico de los electrones que no tienen dónde ir al final del hilo conductor, se establecerá según las flechas verdes, durante el semiciclo positivo.

En el dibujo 3, se ha invertido el sentido de la corriente, y por tanto, el campo eléctrico también ha invertido su polaridad.



Resulta obvio esto último, lo mismo que su valor no es constante, sino que sigue la variación del voltaje en el tiempo. Recordatorio de las primeras lecciones, el campo eléctrico, es la electricidad estática, se representa por "E". A las cargas eléctricas, que son los electrones, les acompaña un campo eléctrico. Es el principio de Coulomb.

En el dibujo 4, la línea de transmisión está doblada en ángulo recto, y además, se ha representado la alternancia el campo E en un ciclo senoidal completo.

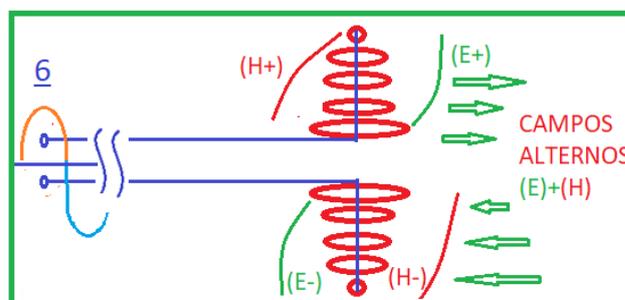


El campo E variará de positivo a negativo, pasará por cero, o se extinguirá, y cambiará de polaridad, volviendo a extinguirse, y así mientras el generador esté en funcionamiento. Naturalmente, para que esto ocurra, la corriente circula, o lo que es lo mismo, los electrones han debido de moverse, aunque la línea esté abierta. La alternancia sincrónica de la corriente senoidal y de los campos eléctricos acumulados en los extremos del conductor, dan lugar a este proceso.

En el punto 5 ocurre que los electrones en movimiento, forzados a ello debido a las alternancias de la corriente senoidal, generan a su vez campos magnéticos, representados por la letra "H".

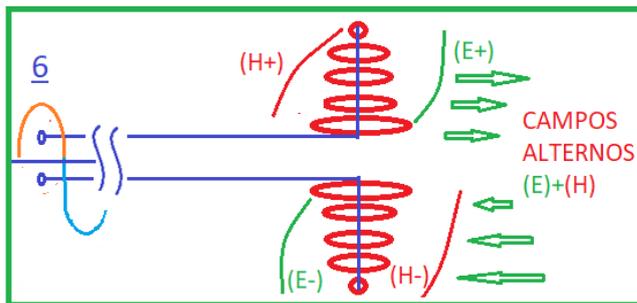


Estos campos H, también varían en polaridad y magnitud, debido a la naturaleza de la corriente del generador que los produce. En el dibujo están representados por anillos concéntricos de color rojo. Esto es ni más ni menos, que la manifestación de las Leyes de Maxwell y Faraday, que vimos en las primeras lecciones, y ahora vuelven a estar en la explicación. Si



hasta aquí vamos entendiendo, no hay inconveniente en pasar al punto número 6.

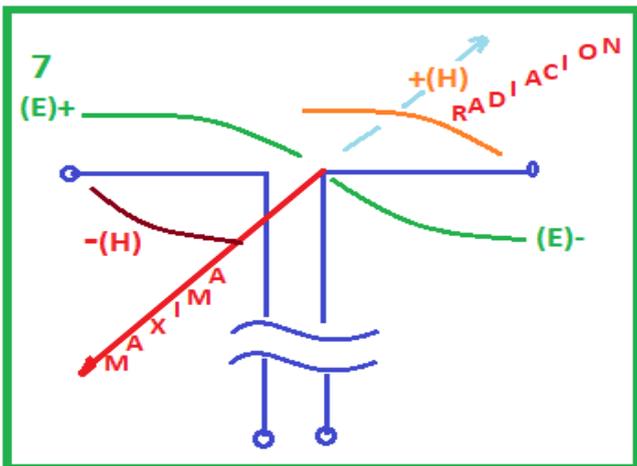
En el dibujo 6, están representados los campos E y H al mismo tiempo. En la antena así



formada, que no es sino una extensión de la línea de transmisión, estos campos E y H son perpendiculares entre sí, o forman ángulo recto, como queramos. El conjunto de ambas magnitudes, se llama CAMPO

ELECTROMAGNÉTICO, o campo EH. Apelando al PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA, que dice que Ni se crea ni destruye, sólo se transforma, el flujo de energía del campo EH, abandona la antena a la velocidad de la luz, EN FORMA DE RADIACIÓN, u onda electromagnética. Mientras el generador, o transmisor, siga funcionando, la radiación tendrá efecto, variando de magnitud y polaridad.

En el dibujo 7 está representada de forma simple, la antena dipolo elemental, con los campos E y H. LA POLARIZACIÓN DE LA ANTENA, se refiere siempre al campo eléctrico; si el campo es vertical sobre tierra, la polarización es vertical. Si el campo E es horizontal, la polarización es del mismo tipo. Del mismo modo, la máxima energía de la radiación corresponde al punto de la antena donde más corriente circula, o sea, en el centro del dipolo.



LA POLARIZACIÓN DE LA ANTENA, se refiere siempre al campo eléctrico; si el campo es vertical sobre tierra, la polarización es vertical. Si el campo E es horizontal, la polarización es del mismo tipo. Del mismo modo, la máxima energía de la radiación corresponde al punto de la antena donde más corriente circula, o sea, en el centro del dipolo.

RESUMEN DE LA LECCIÓN NUM. 10

-El Principio de Máxima Transferencia de Energía dice que ésta, se da lugar cuando la resistencia interna del generador, (R_i), es la misma que la resistencia o impedancia de carga, Z .

-La Línea de Transmisión, es el medio físico por el cual llevamos la energía procedente del generador hacia la carga.

-La línea de transmisión posee una impedancia característica, (Z_0), formada por los valores L y C implícitos en su construcción física.

-El sistema se considera adaptado cuando las resistencias o impedancias, son todas iguales, es decir, $Z_{gen} = Z_0 = Z_{carga}$.

-Cuando no hay adaptación, se da lugar a un retroceso de energía, u Onda Reflejada, que va a chocar con la Onda Directa. El resultado es la formación de Ondas Estacionarias.

-Estas ondas son una Relación, abreviada R.O.E, y se miden con aparatos llamados Reflectómetros.

-Otros parámetros de las líneas de transmisión son la Atenuación, (en Db/m); el Factor de velocidad, o velocidad de propagación, (Fv), y la Máxima Potencia Admisible, en Watts.

-Hay varios tipos de líneas, como la Línea de Cinta, de alta Z; el Cable Coaxial, y la línea de Par Trenzado. La más empleada en RF es la línea coaxial.

-Si doblamos uno de los extremos de la línea de transmisión, formamos una Antena Dipolo básica. En la antena se forman campos eléctricos, (E), y magnéticos, (H), que se mueven hacia el espacio circundante.

-Los campos E y H, son perpendiculares entre sí, y viajan a la velocidad de la luz. El resultado se le conoce como Radiación Electromagnética, procedente de los campos electromagnéticos E-H.

Como funciona una antena.

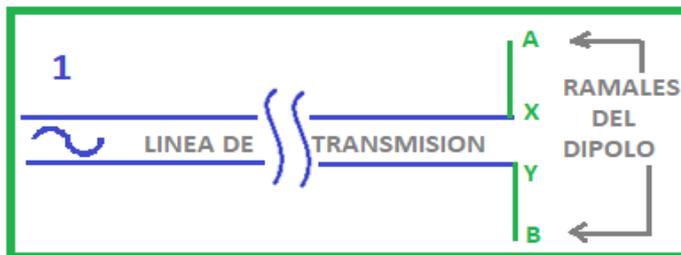
Toni Polit

LECCIÓN 11ª:

ANTENA DIPOLO Y RESONANCIA.

Continuando con el análisis del funcionamiento de la antena dipolo básica, es fácil intuir que la antena propiamente dicha, ha de tener unas medidas físicas, y así es. Por facilidad explicativa, vamos a seguir considerando que la línea de transmisión es de hilos paralelos, y la antena la entendemos como una prolongación de la línea de transmisión, la cual hemos doblado en ángulo recto.

-En el dibujo 1, está simplificado de forma gráfica; la línea termina en los puntos X e Y,



y a partir de ahí se forman los ramales A y B de la antena. Los puntos X e Y los vamos a llamar Terminales de Conexión, o PUNTOS DE ALIMENTACIÓN de la antena.

Como hemos doblado la línea de forma arbitraria, es de suponer que se han creado ondas estacionarias, debido a la desadaptación de la carga terminal, que es la antena. Recordemos que aunque la antena aparentemente es un circuito abierto, no es así, pues hay un flujo de corriente constante, ya que una parte de la energía que le hacemos llegar, se transforma en radiación electromagnética, que la antena cede al espacio de alrededor. Así pues, ya que la antena consume energía, la podemos ver desde los puntos de conexión, como una resistencia aparente, que vamos a llamar RESISTENCIA DE RADIACIÓN. Como no es posible medir la radiación desde el punto de vista de los terminales de antena, puesto que todavía jugamos con corriente y voltaje, vamos a emplear una medida comparativa, y damos entrada a un nuevo concepto, por demás muy importante. Así pues:

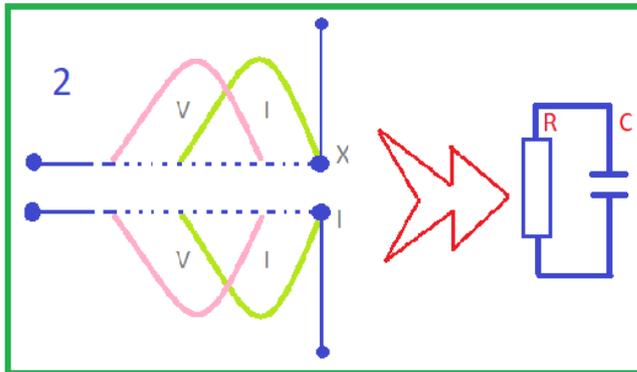
-LA RESISTENCIA DE RADIACIÓN, (R_r), de una antena, es una resistencia aparente y equivalente a convertir la corriente de R.F. en forma de calor.

Obviamente, cuando más se aproxime la R_r a la impedancia característica de la línea de transmisión, Z_0 , y a la R_i del generador, por añadidura, mejor rendimiento va a tener el conjunto. El caso es que la antena no va a utilizar la energía para formar calor, sino radiación, pero es una forma sencilla de ver cómo aprovecha la energía que le inyectamos, comparándola con una resistencia de absorción.

Esta resistencia aparente, no la podemos medir con un tester corriente, pero sí con un aparato llamado ANALIZADOR DE ANTENAS, que nos da una medición aproximada de

R_r y la reactancia que la acompaña. La RESISTENCIA DE RADIACIÓN, nos da una idea de la EFICIENCIA de la antena. Pasamos al dibujo número 2.

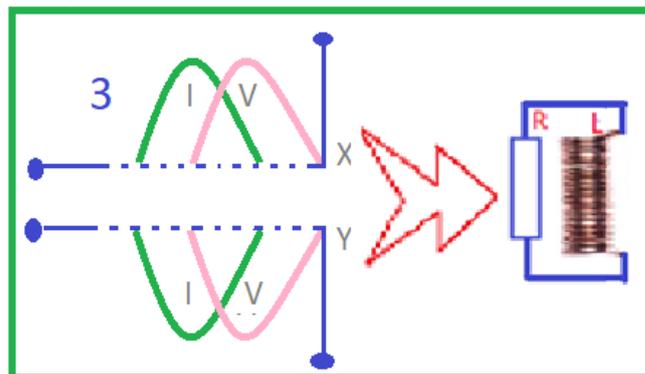
-Dibujo 2: Dado que consideramos la presencia de ROE en la línea de transmisión, se



nos puede dar el caso, haciendo mediciones en los puntos X e Y, de que la corriente I esté adelantada con respecto a la tensión V, o sea, desfasada, (90 grados en el dibujo). Visto desde el extremo de la línea, o sea, desde X e Y, a la R_r de la antena le acompaña un condensador, ya que la

circunstancia del desfase entre V e I equivale a una reactancia capacitiva X_C . Total, que la carga de antena se convierte en una carga reactiva. Pasamos al dibujo número 3.

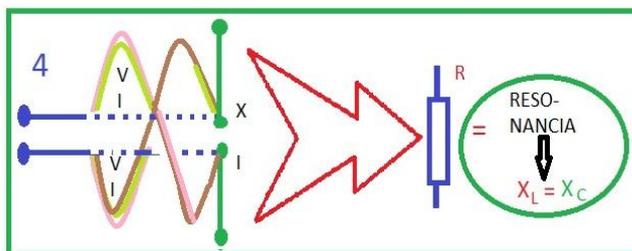
-Dibujo 3: Con la misma consideración de que la línea lleva ROE, se nos puede dar el



caso contrario, es decir, que haciendo mediciones en los puntos X e Y, tengamos la tensión adelantada con respecto a la corriente, o sea, I desfasada respecto a V, (90 grados en el dibujo), y visto desde el extremo de terminación de la línea, a la resistencia R_r de antena le

acompaña una bobina. Recordemos que una bobina en A.C, produce un desfase de igual característica. De nuevo, la carga de antena se convierte en una carga reactiva. Pasamos al dibujo 4.

-Dibujo 4: Aquí la cosa cambia. Se puede dar el feliz acontecimiento de que la medición



que hagamos en los puntos de alimentación de la antena, X e Y, tenga como resultado de que V e I estén en fase, o muy próxima a ello. En este caso es como si todo aparenta a que la línea esté

cargada con una resistencia pura, R_r , ya que la reactancia inductiva X_L se ha visto cancelada por la reactancia capacitiva X_C , que es de signo opuesto. Se dice que la antena en este caso, ha entrado en RESONANCIA, que recordemos, es lo mismo que ocurría en un circuito sintonizado de L y C, cuando las respectivas reactancias se anulaban entre sí. La conclusión es que LA ANTENA SE COMPORTA IGUAL QUE UN

CIRCUITO RESONANTE. El hecho de que la resonancia se dé lugar variando la frecuencia (o longitud de onda) del generador, o las dimensiones de la antena, da lo mismo. LA ANTENA ENTRA EN RESONANCIA CUANDO SU DIMENSIÓN FÍSICA COINCIDE CON LA DIMENSIÓN ELÉCTRICA, teniendo en cuenta el factor de velocidad de la propia antena, que se estima en un 95%. Es decir, que la longitud medida de la antena, por el F_v , nos da la longitud de media onda eléctrica. Media onda es la medida mínima necesaria para conseguir la resonancia. Con un par de ejemplos lo veremos mejor.

-Ejemplo 1; calcular la dimensión de un dipolo para la banda FM comercial.

Frecuencia de referencia: de 87 a 108 Mhz= 97,5 Mhz.

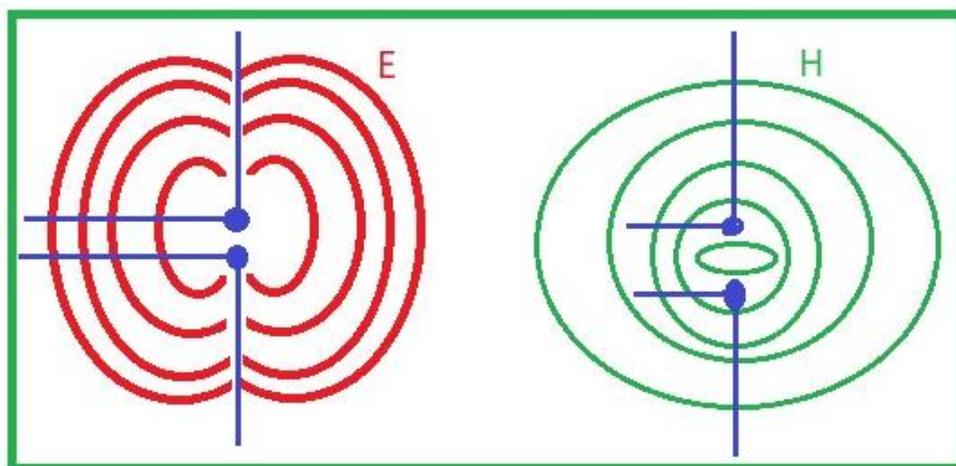
Longitud de onda: $300:97,5 = 3\text{m}$; $1/2$ onda= 1,5 metros. Factor de velocidad 0.95 sobre 1,5 m.= 1,425 m. de punta a punta.

-Ejemplo 2: Una antena dipolo tiene 2 metros de punta a punta. ¿ a qué frecuencia resuena?

2 metros por el factor de velocidad= $2 \times 95\% = 1,9$ metros. Esto es $1/2$ onda. La onda completa es 3,80 m.

$F_r = 300:3,80 \text{ m} = 78,95 \text{ Mhz}$.

ESQUEMA DE RADIACION



NOTA ACLARATORIA:

La explicación inicial de la presencia de componentes reactivos en la antena cuando está fuera de su resonancia natural, no es necesario memorizarla. Tan sólo, siguiendo con la tendencia adoptada a razonar el porqué de los fenómenos radioeléctricos, he creído conveniente darla a conocer. Lo importante es tener en

cuenta que la antena se comporta exactamente igual que un circuito resonante, es decir:

-En la frecuencia de resonancia, $Z = R_r$, siendo la componente reactiva prácticamente despreciable.

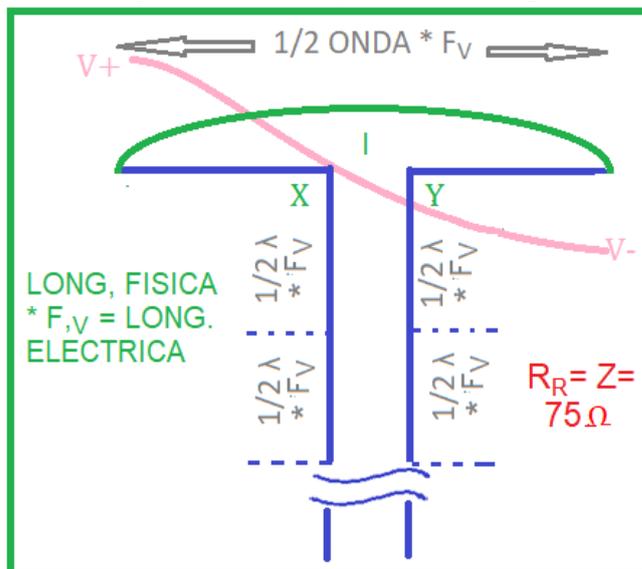
-Por debajo de la frecuencia de resonancia, la antena es CORTA. Habría que compensarla con una bobina, para cancelar la reactancia capacitiva, X_c .

-por encima de la frecuencia de resonancia, la antena es LARGA. Habría que compensarla con un condensador, para cancelar la reactancia inductiva, X_L .

O lo que es lo mismo, si bajamos la frecuencia, hay que alargar la antena, y si subimos, hay que acortarla.

EL DIPOLO EN RESONANCIA:

En el dibujo vemos la representación gráfica de algunos parámetros del dipolo en resonancia. Por una parte, la onda de corriente, que es máxima en el punto de alimentación, (X e Y), y es donde la componente magnética H es más grande, pues es donde más corriente circula.



Por otra parte, la onda que representa el voltaje, con la polaridad cambiante en según qué punta del dipolo, y que es donde mayor campo eléctrico (E), se manifiesta. Ya sabemos que el conjunto de E más H se llama

CAMPO ELECTROMAGNÉTICO, y es el que origina que la antena transforme la corriente de radiofrecuencia en campo de radiación.

CAMPO ELECTROMAGNÉTICO, y es el que origina que la antena transforme la corriente de radiofrecuencia en campo de radiación.

IMPEDANCIA DEL DIPOLO:

En el espacio libre, la impedancia del dipolo en resonancia está calculada entre 73 y 75 ohmios. No acaban de ponerse de acuerdo los sabios en la materia en este valor, pero a efectos prácticos, da lo mismo. Entendemos espacio libre, aquel hueco que dejan varias longitudes de onda alrededor del dipolo. O sea, que para tener ese valor de Z, la antena no tiene que tener objetos a su alrededor, en varias longitudes de onda. Siempre que no se cumpla esta condición, la impedancia resultante se verá seriamente afectada, por las absorciones de energía, y reflexiones de los campos radiados, que además, alteran la sintonía inicial, (o teórica), de la antena. En la práctica, no siempre

puede conseguirse esta premisa, con lo cual hemos de contar con que la Z va a disminuir entre un 30 a un 50 %, es decir, que de 75 Ohmios vamos a bajar a 50 Ohmios, o menos. Tengamos esto en cuenta, puesto que entonces vamos a tener que conectar la antena dipolo a una línea de transmisión de 50-52 Ohms, en vez de línea de 75 Ohms.

CONSIDERACIONES PRÁCTICAS: En frecuencias relativamente bajas, como HF, inferiores a 30 Mhz, es muy difícil que podamos instalar una antena dipolo suficientemente despejada, y alejada de tierra varias longitudes de onda. En muchos casos, y a nivel de trabajos de aficionado, ya va a ser difícil siquiera elevarse 1/2 onda. Planteémonos, directamente, que la antena va a tener que conectarse a una línea de 50 Ohms. Es el caso típico de la banda de 40 metros, en la que elevarse 20 metros del suelo, ya es muy difícil. No hablemos ya de operar en banda de 80 metros, o inferior.

Cuando utilizamos ondas métricas, (VHF), o decimétricas, (UHF), la cosa cambia radicalmente, a nuestro favor. Las distancias son pequeñas, y podemos tener antenas despejadas, y si nos es favorable, podemos considerar la Z a 75 Ohms. Es el caso típico de las antenas receptoras de radio FM y TV, que están fabricadas para $Z = 75$ Ohms, en consonancia con las líneas y aparatos receptores. Sin embargo, es muy frecuente que diversas antenas instaladas compartan líneas de transmisión de bajada en común, con lo cual deberemos diseñar el dipolo para $Z = 50$ Ohms.

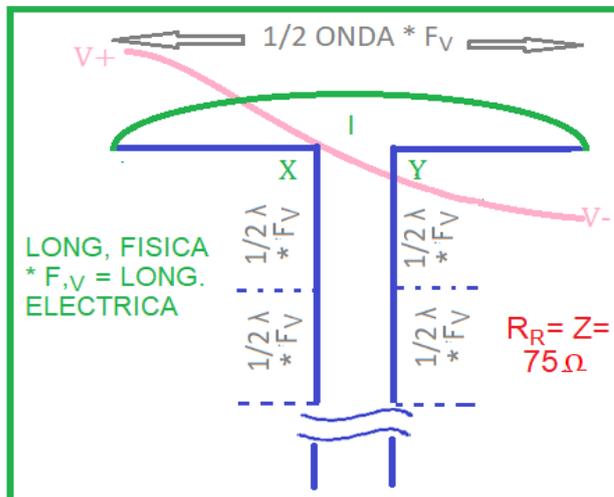
OTROS PUNTOS DE CONEXIÓN DEL DIPOLO:

Casi siempre se alimenta el dipolo en un punto de baja Z, es decir, entre 50 y 75 ohmios. Este punto se encuentra hacia el centro del dipolo, en el cual la corriente es máxima y la tensión mínima, y según la Ley de Ohm, esto significa BAJA IMPEDANCIA. El centro estricto del dipolo, se considera CERO Ohmios, ya que I máxima dividido entre cero Voltios, es un cortocircuito, o sea, cero ohmios. No podemos utilizar este punto de conexión por razones obvias, puesto que no hay líneas de $Z_0 =$ cero Ohms. Sin embargo, puede sernos útil, como veremos más adelante, en el dipolo plegado y monopolo plegado. En la práctica, se encuentra una baja Z favorable, separándose de 3 a 5 cm. del centro de la antena, y a veces, algo más. Una cajita de antena de TV, puede tener 4 o 5 cm. de separación, apta para bandas de VHF y UHF, y líneas de Z_0 de 75 Ohms. Conforme nos vamos separando del centro, aumenta la Z de la antena; podemos encontrar una Z media de 300 Ohms a 1/3 de la longitud total, (dipolo descentrado Windom), o irnos al extremo del todo, como es el caso de la antena Zeppelín. En este caso, tenemos altísima Z, del orden de 2500 a 3000 Ohmios. Estos valores de 50-75 Ohms, o 300, o 2500 Ohms, se ENTIENDEN SIEMPRE EN RESONANCIA. La particularidad de la antena Windom, y también la Zeppelín, es que pueden funcionar en frecuencias armónicas, pares o impares, de la fundamental, con poca variación de Z de origen. Lo normal hoy día, es recurrir a transformadores -

simetrizadores cuando la antena tiene una Z media o alta. A estos dispositivos de RF se les llama BALUNS.

DIPOLO EN RESONANCIA Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN.

Para finalizar este capítulo, retomamos un momento a la conocida línea de



transmisión, que tiene unas características peculiares de comportamiento, en especial cuando el dipolo funciona en resonancia. Mirando desde el dipolo, (puntos X e Y), hacia la línea, y el generador, teniendo presente el F_v de la línea:

-A 1/2 onda de distancia, tenemos la misma Z de la antena, que además coincide con la Z_0 de la línea.

-A 1 onda de distancia, se repite lo mismo.

-A onda y media, vuelve a repetirse lo mismo, vemos la Z de la antena...

Y así sucesivamente, cada múltiplo de 1/2 onda.

Ya sabemos que en una línea adaptada, es decir sin ROE, podemos colocar el medidor de ondas estacionarias en cualquier punto de la línea, ya que la corriente y el voltaje están en fase, es decir, que coinciden en el tiempo, y la medición no se altera. Sólo se ve afectada por las pérdidas de energía, pero si en resonancia tenemos algo de ROE, por ejemplo, 1,5, la ROE variará en según qué punto de la línea hagamos la medición, y no tenemos un conocimiento real de las condiciones de funcionamiento, podemos tener una baja lectura de ROE, grandes pérdidas en el sistema, incluso tener la antena fuera de resonancia, y no saberlo. La manera correcta de comprobar la ROE, tanto en resonancia como fuera de ella, es en puntos de 1/2 onda. Con un ejemplo lo veremos más claro:

Antena comercial fabricada para 30 Mhz .Longitud de onda= $300/30 = 10$ metros. ROE en resonancia= 1,3. $Z = 50$ Ohms.

Línea de transmisión RG-213/U. $Z_0 = 50$ Ohms; $F_v = 66\%$. O lo que es igual= 0,66.

Media onda en la línea= $5(\text{metros})$ por $0,66 = 3,30$ metros. Cada 3,30 metros tenemos que se repiten las condiciones de la antena.

Bajada estimada, sobre 40 metros. Sin embargo, lo correcto para saber la ROE real, es buscar múltiplos de 3,30 metros, o sea, 39,6 metros, o 42,9 metros.

Obviamente, esto sólo sirve para un margen muy estrecho de frecuencias. Si cortamos la línea a 41 m. por ejemplo, tendremos una ROE elevada, que no es real, pues coincide con una Z aparente fuera de fase, donde V e I no coinciden.

CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN A LAS ANTENAS.

Tanto si construimos nosotros mismos las antenas, o proceden de una marca comercial, hay una serie de especificaciones importantes que debemos tener en cuenta; son especificaciones físicas y eléctricas.

Dentro de las especificaciones físicas, tenemos entre otras, la LONGITUD, el MATERIAL empleado para su construcción, la CARGA AL VIENTO, que nos da idea del freno que opone, y la RESISTENCIA AL VIENTO, que nos informa de la máxima velocidad de viento que soporta sin romperse. En menor importancia, el PESO de la antena. En ocasiones, si va la antena acompañada de línea de transmisión, y su longitud.

Dentro de las especificaciones eléctricas, haremos hincapié una a una, por su importancia; las principales son:

-TIPO: Normalmente en formato constructivo y/o fracciones de longitud de onda.

Ej.: Dipolo de 1/2 onda.

-FRECUENCIA de uso, o de resonancia. Normalmente, en frecuencia única, entre dos frecuencias, (llamado segmento), o entre dos extremos de banda, si es antena de banda ancha.

-ANCHO DE BANDA: Son los límites de uso de la antena, sin que se alteren algunas de sus características. Relación directa con la frecuencia de uso. Normalmente, se indica para una ROE máxima de 2:1.

-IMPEDANCIA, que ya sabemos que está formada por la parte resistiva, llamada Resistencia de Radiación, (R_r), más la parte reactiva, abreviada X.

-GANANCIA, que es el aprovechamiento de la energía de R.F con respecto a la referencia del ángulo de radiación, o la directividad. Siempre se toma la referencia dBd o dBi. Lo veremos en capítulo aparte.

-ROE: Siempre se da el valor máximo, medido en el punto de alimentación de la antena. En caso de tener varias frecuencias de utilización, se entiende una ROE promedio.

-POTENCIA MÁXIMA: La que puede admitir la antena transmisora, en Watts.

-ÁNGULO DE RADIACIÓN: No suele indicarse este parámetro, pero debemos conocerlo. Se trata del ángulo en el cual se concentra la mayor parte de la energía

radiada, en las proximidades de la antena, y sobre superficie horizontal. Se mide en grados de circunferencia. Como resulta que se ve influenciado por la altura de instalación y los elementos circundantes, del cálculo teórico al real, pueden haber grandes diferencias. Actualmente, hay programas de simulación por ordenador, (Eztec), que nos lo dan a conocer. Ejemplo para un dipolo= 30 grados.

-POLARIZACIÓN: Ya sabemos que se refiere a la del campo eléctrico, (E). Puede ser horizontal, o vertical, o ambas, (polarización cruzada), polarización circular, a derechas o a izquierdas.

Aparte de todo esto, y en el caso de antenas directivas, suele añadirse:

-ÁNGULO DE APERTURA, o de captación, horizontal y/o vertical, en grados, se refiere al ángulo a un lado y a otro del eje de la antena, en la cual se pierde el 70% de la energía, aproximadamente.

-RELACIÓN F/B: Relación Front /Back, en inglés, frente contra espalda, se indica en dB, y nos da una idea de la directividad, junto al parámetro anterior.

Ejemplos tipo, sin referir a ninguna antena comercial:

ANTENA X:

TIPO: Ground Plane, (G.P), 5/8 de onda.

FRECUENCIA: 144 a 146 Mhz.

ANCHO DE BANDA: 10 Mhz, para ROE= 2.

IMPEDANCIA: 50 Ohmios.

GANANCIA: 2dBd.

ROE: 1,3 máxima, en 145 Mhz.

POTENCIA MÁX. : 250 W.

POLARIZACIÓN: Vertical.

LONGITUD: 135 cm. radiante, y 4 x 50 cm. radiales.

MATERIAL: Aluminio anodizado.

RESISTENCIA AL VIENTO: 120 Km/h.

LA ANTENA EN RECEPCIÓN:

La antena es un dispositivo reversible, por tanto, lo mismo puede convertir en radiación energía RF que le llegue a su punto de alimentación, como puede

proporcionar energía RF cuando se halla inmersa en un campo de radiación electromagnético.

Esto ocurre basándonos en las Leyes de Maxwell y Faraday, las cuales vimos en las primeras lecciones, y no son otra cosa que los conductores que forman la antena, cuando se encuentran influenciados por un campo electromagnético, convierten en energía RF las variaciones de este campo EH. Esta energía, de pequeño valor casi siempre, lo vamos a llamar SEÑAL, y va a estar disponible en los terminales de conexión de la antena.

En el 99% de los casos, y especialmente en el servicio de aficionados, la antena se va a utilizar en transmisión y en recepción, de forma secuencial, es decir, que si estamos en transmisión, no estamos en recepción al mismo tiempo. Pero nada impide que esto sea de forma combinada, con la única condición de que las frecuencias no sean las mismas, ni armónicas entre sí. Esta clase de operación se le llama DUPLEX, en la que la antena, (y el equipo), transmiten y reciben a la vez, y son necesarias dos frecuencias diferentes. El otro tipo de operación se le llama SIMPLEX, y pueden ser frecuencias iguales o diferentes, pero no se puede emitir y recibir a la vez.

Aunque la antena se entienda que puede ser reversible, pues tan sólo cambia la magnitud de la energía puesta en juego, hay antenas diseñadas específicamente para transmisión sin que tengan que recibir, o para recepción, sin que tengan que transmitir. Sirva como ejemplo de transmisión las antenas empleadas en las emisoras de radio y TV, y como ejemplo de recepción las antenas de TV destinadas en los hogares a la captación de las señales de los programas televisivos.

Como ejemplo de operación en dúplex tenemos las comunicaciones navales, tanto en HF como en VHF, en las que incluso hay antenas separadas para emisión y recepción, para comunicaciones entre barcos y estaciones costeras. En operación en simplex tenemos por ejemplo, el tráfico de aeropuertos entre aeronaves, en los que se emplea una sola frecuencia de emisión y recepción, pero las antenas y los equipos están separados por razones de seguridad y operatividad. En el tráfico entre aficionados, lo normal es el sistema simplex, aunque cuando se utilizan los reemisores, se podría interpretar un SEMIDUPLEX, puesto que se utilizan dos frecuencias diferentes, pero no se puede emitir y recibir a la vez.

A la antena receptora en exclusiva, se le permiten unas tolerancias imposibles en modo transmisión. Las pérdidas de energía por una ROE elevada no suelen ser relevantes, y causan unos efectos mínimos en la señal recibida. Se prefiere ganancia, ancho de banda y directividad antes que una buena adaptación. Tengamos siempre en mente, que los parámetros que definen una antena se entienden SIEMPRE EN EL PUNTO DE RESONANCIA, tanto si es antena emisora, como si es antena receptora. Es totalmente normal funcionar con una ROE=2 en una antena receptora de TV, por

ejemplo; la Z típica de 75 Ohms se entiende como nominal, el ancho de banda puede ser mayor de 100 Mhz, y la ganancia suele aumentar hacia la parte alta de la banda de uso.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La historia de la Radiotecnica comenzó a finales del siglo XIX y principios del XX. No podemos atribuir a una sola persona el genial invento de las comunicaciones usando las ondas de radio, puesto que son muchos los personajes, todos sabios y con gran relevancia.

-Maxwell estableció la teoría de que las ondas electromagnéticas se desplazan por el éter.

-Heinrich Hertz demostró, por medio de su RESONADOR, la teoría de Maxwell, y además, a la velocidad de la luz. Basándose en esto último, estableció la posibilidad de REFLEXIÓN y REFRACCIÓN. Año 1886.

- Nicola Tesla patentó la BOBINA que lleva su nombre, como medio para producir una corriente da Alta Tensión a una frecuencia muy elevada. Año 1891.

-Guillermo Marconi empezó sus primeros experimentos cerca de Bolonia, Italia. Comprobó que conectando un extremo de la bobina de Tesla a una placa de tierra y el otro extremo a una antena elevada, (un tubo de metal), aumentó la POTENCIA Y ALCANCE de las señales radioeléctricas. Año 1895.

-Alexander Popoff, científico ruso, le dio un gran empuje al desarrollo de la ANTENA, a base de suspender un hilo de alambre entre dos mástiles de madera, a mucha altura. Año 1895.

-Marconi continuó perfeccionando sus aparatos, basados en Tesla y Hertz, aumentando el alcance de las transmisiones a 1800 metros, en Inglaterra. Año 1896.

-Marconi continuó con sus experiencias, viendo futuro comercial en las COMUNICACIONES MARÍTIMAS. Estableció el récord en 17,5 Km. Año 1897.

-En 1899, Marconi cruzó por radio, el Canal de la Mancha.

-Nicola Tesla estableció la teoría de la transmisión y reflexión de las ondas de radio, que podían determinar la posición de un objeto en movimiento. Era el año 1900. Principios del RADAR.

-Reginald Fessenden, de Estados Unidos, por primera vez TRANSMITIÓ PALABRAS POR RADIO, empleando un transmisor de chispa. Había nacido la MODULACIÓN.

-En 1901, Marconi recibió las primeras señales telegráficas cruzando el Océano Atlántico, desde Poldhu, Inglaterra.

-La compañía General Electric construyó el ALTERNADOR DE ALTA FRECUENCIA, basándose en las especificaciones de Fessenden, para transmitir música y palabra, a 80 KHz. Año 1903.

-Lee de Forest inventó y patentó la primera VÁLVULA ELECTRÓNICA. Año 1906.

-Guillermo Marconi fué galardonado con el Premio Nobel de Física. Año 1909.

-Se inaugura en 1910 el SERVICIO TRANSATLÁNTICO entre América y Europa, explotado por la Compañía Marconi.

Esto es una breve reseña. El lector interesado encontrará abundante información si siente curiosidad histórica.

El decibelio como unidad en Radiotecnica (breves apuntes)

De uso frecuente en Radiotecnica, los decibelios, (abreviado dB), es una unidad que sirve para establecer una comparación entre otras dos unidades del mismo tipo. En nuestro campo de utilización, lo normal es comparar potencias, en Watts, o tensiones, en Voltios.

Los decibelios son una fracción del Belio, que no se utiliza; o sea, no diremos 1 Belio, sino 10 dB, que es lo mismo y está universalmente aceptado. Viene en honor de Alexander Graham Bell, a quien se le concedió la patente del teléfono. También están relacionados con los logaritmos de matemáticas.

Hablar de una cantidad de dB, tanto en aumento, (signo +), o atenuación, (signo -), no significa nada, si no tenemos en cuenta el nivel de referencia. Lo que ocurre, es que moviéndonos en un contexto determinado, se da por entendido.

Por ejemplo:

-En contexto de sonido, o audiometría, 0 dB es el silencio total, y +90 dB es el umbral de dolor.

-En Radiotecnica, 0 dB significa multiplicar x 1, aumentar 3 dB es multiplicar x 2, 10 dB es multiplicar la potencia por 10.

-En Radiotecnica, referido a recepción, se emplea el dBm; se lee "decibelios milivoltio", y se entiende sobre Z de 50 ohmios.

Por ejemplo:

Unidad de S=9, equivale a -70 dBm, y 70,7 microvoltios sobre 50 ohmios.

-En TV, también se emplea el dBm, pero sobre Z de 75 ohmios. 60 dBm es 1mV sobre 75 ohms.

Aplicaciones prácticas, por ejemplo:

-Antena vertical modelo X, ganancia=3dB. Se entiende sobre la referencia DIPOLO, Hay que multiplicar la potencia x 2, con respecto a ese dipolo.

-Línea de transmisión X, Longitud = 50 m. Atenuación a 500 Mhz= 10 dB. Significa que hay que dividir entre 10 la potencia de entrada a la línea. O sea, que si partimos de 10 W, al final sólo nos llegará 1 W. Es mucha atenuación, pero puede ser real.

-Antena de TV multicanal. Relación frente-espalda= 20 dB, Significa que si le damos la vuelta totalmente a esa antena, la señal caerá 100 veces.

La utilidad de los dB (*) consiste en que se simplifican las operaciones; sólo hay que sumar y restar.

TABLA COMPARATIVA:

1 dB multiplicar x 1	9 dB, multiplica x 8
2 dB, " x 1,6	10 dB, " x 10
3 dB, " x 2	20 dB " x 100
4 dB, " x 2,51	30 dB, " x 1000
5 dB, " x 3,16	40 dB, " x 10.000
6 dB, " x 4	50 dB, " x 100.000
7 dB, " x 5	60 dB, " x 1.000.000
8 dB, " x 6,3	

(*) No por antiguo, menos interesante el artículo del cálculo manual del db, publicado en la revista URE de Mayo de 1960 por Arsenio Fuster

LAS ANTENAS QUE NO SON ANTENAS.

Sí, no se trata de un error de texto. Hay dos tipos de antenas que debemos conocer, pues son de uso y referencia habitual. Son la ANTENA FICTICIA y la ANTENA ISOTRÓPICA.

LA ANTENA FICTICIA, no es tal antena, puesto que entendemos como antena el dispositivo radioeléctrico que convierte energía RF en radiación electromagnética.

Pues bien, la antena ficticia no está construida para ese menester, sino para convertir energía RF en calor. También se le conoce como CARGA FANTASMA, o DUMMY LOAD, en inglés. ¿Y cuál es su utilidad? Pues tiene varias aplicaciones, teniendo siempre presente que va a absorber toda la energía aplicada, sin generar ROE y sin tampoco radiar campos electromagnéticos.

La antena ficticia está construida con una resistencia, de igual valor que su impedancia, puesto que no resuena en ninguna frecuencia. Sirve para probar transmisores en una amplia gama de utilización, probar medidores de ROE, probar líneas de transmisión de dudosa impedancia característica, comprobar conectores coaxiales, comprobar acopladores de antenas, detectar averías, etc.

En la práctica, la antena ficticia tiene un límite de frecuencia, puesto que es inevitable en su construcción no tener un poco de inductancia, y un poco de capacidad. Estos componentes reactivos, limitan el uso de la carga, y también hacen inevitable una radiación mínima. Las cargas de tipo comercial indican la máxima frecuencia de uso, (para ROE máxima de 1,15), y el límite de potencia admisible. La radiación puede ser tan pequeña como -30 dB sobre un dipolo, es decir, que si le aplicamos 10 W, la carga radiará 10 mW, lo que hace que se nos pueda escuchar a un centenar de metros de distancia.

LA ANTENA ISOTRÓPICA, (o isótropa), es una antena que físicamente no existe, no la podemos comprar ni construir, pero se utiliza como unidad de referencia, muchas veces como referencia comercial, y otras veces como referencia oficial, o de normativa. La antena isotrópica cuenta con la inestimable característica de RADIAR EN TODAS DIRECCIONES POR IGUAL, como si de una bombilla aislada se tratase. Bajo este punto de vista, vamos a conocer la referencia dBi, que son "decibelios isotrópicos", o sea, CERO dB. La antena dipolo es una antena real, y se estima que tiene una ganancia de 2,1 dBi sobre la antena isotrópica, o sea, que si consideramos al dipolo como referencia REAL, (dBd), obviamente, la antena iso está -2,1 db por debajo del dipolo.

La ganancia del dipolo real está explicada en base a que radia más por el centro que es su punto de alimentación, que por los extremos, que la radiación es mínima. La forma no es circular, sino elíptica. En la antena iso, es supuestamente esférica. Vamos a ver un ejemplo aclaratorio:

Antena directiva: Ganancia: 6dB.

Pero...6dBd ó 6dBi? Porque no es lo mismo. Debemos saber la referencia; Comercialmente, se suele omitir este dato, y da lugar a confusión, y además, no es correcto. Por prudencia, y siendo conocedores del tema, supondremos dB sobre antena iso, o sea, que hay que restar 2,1 db para situarnos sobre la ganancia real. Pero vende mejor la cifra mayor.

A veces, los textos sobre normativa de Telecomunicaciones, hablan de "Potencia Radiada Aparente sobre antena Isótropa", que es una forma de limitar la ganancia del elemento radiante. O sea, que si hablamos de 10 W, hay que descontar la ganancia de la antena, con referencia a la antena iso. Los 10 W ya son contando la ganancia de nuestra antena real.

RESUMEN DE LA LECCION 11

-Si el final de una línea de transmisión la doblamos en ángulo recto, habremos formado una ANTENA DIPOLO. Como la antena consume energía, podemos entender que hay una resistencia aparente que llamaremos RESISTENCIA DE RADIACIÓN.(R_r).

-Cuanto más se aproxime la R_r de la antena a la Z_0 de la línea, más eficiente será la antena.

-Cuando la longitud física de la antena coincide con $1/2$ de la longitud de onda que estemos utilizando, la antena ENTRA EN RESONANCIA, y los componentes reactivos, (X), se anulan entre sí.

-Si variamos la frecuencia HACIA ARRIBA, la antena queda CORTA. Y al contrario, si BAJAMOS la frecuencia, la antena queda LARGA. Obviamente, la longitud física no la hemos variado.

-L a Z de un dipolo en el ESPACIO LIBRE ES DE 75 Ohmios, aproximadamente, pero en condiciones reales DISMINUYE a 50 Ohmios o menos, sobre todo si la frecuencia es baja, dentro de la HF.

-Cuando la antena está en RESONANCIA, y su Z coincide con la Z_0 de la línea, la ROE es $1=1$, y NO IMPORTA LA LONGITUD de la línea de transmisión.

-La antena se define por CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS. Las físicas son, entre otras, la longitud, el material, la resistencia al viento, etc. Las eléctricas son, entre otras, el tipo, la frecuencia de trabajo, ancho de banda, Z, ganancia, ROE, potencia máxima, polarización...

-La antena cuando funciona como RECEPTORA, siendo un dispositivo REVERSIBLE, cuenta con las mismas características de las antenas transmisoras, solo que ahora nos PROPORCIONA UNA SEÑAL, cuando capta energía electromagnética.

-Las antenas específicas para recepción, como pueden ser las de TV y RADIO, están OPTIMIZADAS para conseguir GANANCIA, ANCHO DE BANDA Y DIRECTIVIDAD, a costa, en principio, de una ROE más elevada. Tampoco tienen la misma robustez mecánica, dado los niveles de energía que manejan.

-Los parámetros eléctricos que definen una antena, se entienden SIEMPRE EN EL PUNTO DE RESONANCIA.

-Hay antenas que no son tales, propiamente dichas; se trata de la ANTENA ISOTRÓPICA , que se usa como referencia de la escala de ganancias, y la ANTENA FICTICIA, que es una resistencia de absorción, y que CONVIERTE LA ENERGÍA RF EN CALOR, y se usa para ENSAYOS Y MEDIDAS. Su valor de Z debe coincidir con la Z_0 de la línea de transmisión.

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 12ª:

VARIANTES DE LAS ANTENAS DIPOLO. DIPOLO HORIZONTAL Y DIPOLO VERTICAL.

En la lección anterior, ya vimos cómo se crea una antena dipolo a partir de una línea de transmisión. Hay otra forma de entender el dipolo a partir de un circuito resonante; lo vemos en anexo aparte, (*) y queda a gusto del lector elegir una u otra forma explicativa para el origen de la antena.

El dipolo es la antena básica real, y a partir de ella se construyen otros tipos de antena más complejos. Recordemos que la POLARIZACIÓN se refiere a la del campo eléctrico (E), siendo las más significativas la polarización horizontal, y la polarización vertical.

DIPOLO HORIZONTAL:

Es la antena dipolo básica en la cual la posición física coincide con la polarización del campo eléctrico. Es decir, que en una antena dipolo horizontal, la polarización SIEMPRE es horizontal. El nombre viene del primitivo RESONADOR DE HERTZ, que era una espira abierta y terminada en dos pequeñas esferas. Estirando la espira formamos los dos brazos del dipolo. En honor a este gran físico alemán, a la antena dipolo horizontal también se le conoce como ANTENA HERTZ, o antena Hertziana. Lo veremos en muchos libros de Radiotecnica.

La antena Hertz, tiene un rendimiento muy aceptable, teniendo en cuenta su simplicidad, a condición de que se instale alta y despejada, al menos a $1/2$ onda de su frecuencia fundamental de resonancia, y los brazos estén lo más horizontal posible. Ya sabemos que en frecuencias bajas, (HF), esto no suele cumplirse por razones prácticas, teniendo que conformarnos con rendimientos más humildes, que no por ello suficientes. En principio, recordemos que la dimensión física mínima, es $1/2$ onda, pero esto podemos alterarlo por cuestiones de necesidad. El diagrama de radiación de esta antena es LIGERAMENTE DIRECCIONAL; mínimo en las puntas y máximo en el centro.

DIPOLO VERTICAL:

Ya podemos ver que en este caso, la polarización del campo eléctrico E, también va a coincidir con la posición física de la antena, o sea que los brazos del dipolo son verticales. Al igual que la antena horizontal, necesita estar instalada alta y despejada, solo que en este caso, la altura, o distancia al suelo, hay que considerarla desde la punta del brazo inferior. La antena se ve afectada por la altura y los elementos circundantes lo mismo que si la ponemos horizontal, jugando con ventaja en la forma del diagrama de radiación, que es TOTALMENTE OMNIDIRECCIONAL, al instalarla vertical, radiando un mínimo hacia arriba y hacia abajo; ambos casos no son de utilidad

práctica. Ambas polarizaciones comparten el mismo ángulo de radiación, estimado en unos 30 grados.

Puesto que la antena dipolo vertical tiene el punto de alimentación hacia el centro de la antena, y además, la línea de transmisión debe ser PERPENDICULAR a la antena al menos en $1/4$ de onda, (ideal $1/2$ onda), este requisito convierte a la antena vertical en una antena muy engorrosa y problemática de instalar si la frecuencia de trabajo es baja, de 30 Mhz hacia abajo. En cuanto la frecuencia suba a VHF, los brazos pueden ser autosoportados, y las dimensiones para instalar, mucho más manejables.

ANTENA MARCONI, ANTECEDENTES HISTORICOS:

Al principio del siglo pasado, este gran experimentador considerado el padre de la radio, vio posibilidad de negocio en el campo de las comunicaciones radio marítimas. Dado que Guillermo Marconi siempre estaba experimentando la transmisión entre dos buques, o entre un buque y la costa, un buen día se le ocurrió, conectar una mitad de la antena a tierra, que por añadidura, siempre la tenía disponible y de buenas cualidades conductoras, pues la proximidad al agua salada era un hecho. Este comportamiento peculiar de LA MITAD DE UNA ANTENA, que a efectos prácticos era como si la antena estuviera completa, ya lo había comprobado en su juventud, utilizando un tubo como elemento radiante, y tierra. En los primeros años del siglo XX, las antenas en los buques consistían en un hilo aislado suspendido entre dos mástiles lo más altos posible, siendo la línea de transmisión el mismo hilo de antena, bajando en forma vertical. Se le conocía como ANTENA EN L, o ANTENA EN T. El otro extremo del transmisor iba directamente al casco del buque, y a su vez, al mar.

En tierra se solían instalar esas mismas antenas, pero preferían la forma de ANTENA DE CORTINA, o ANTENA DE CONO, cuya forma geométrica recordaba estas figuras. El otro extremo del transmisor, conectado a la mejor toma de tierra disponible. Marconi siempre apostó por una estación de radio sobre la misma playa, que sobre una colina. El agua salada es buen conductor de electricidad, y el mar es un excelente reflector de las ondas de radio.

ANTENA MARCONI = MONOPOLO SOBRE TIERRA.

La explicación de la antena Marconi es la siguiente: si aproximamos entre sí los puntos de alimentación de la antena dipolo, la impedancia irá disminuyendo progresivamente hasta llegar a una Z muy baja, pues en el centro exacto del dipolo ya sabemos que el voltaje es mínimo y la corriente máxima, y esto, aplicando la Ley de Ohm, es prácticamente un cortocircuito, o sea, cero ohmios. Pero hay que alimentar la antena con una línea de transmisión real, con una Z_0 en concreto, por tanto hay que conectar la antena a la línea en un punto adecuado, de baja Z , y esto se consigue separando unos centímetros los puntos de conexión. Si por ejemplo estamos utilizando una línea

de transmisión de 50 ohmios, no coaxial, sino paralela, es comprensible que en mitad del dipolo se encuentre una $Z=0$ ohmios, que viene de la suma de +25 y -25.

Admitiendo pues, que en el centro del dipolo tenemos cero voltios y cero ohmios, nada impide que en ese punto conectemos un punto que también se encuentre a cero voltios, puesto que no va tener ningún efecto. Cuando vimos la lección de la toma de tierra, recordaremos que la tierra ideal tiene una resistencia prácticamente nula, pues admite todas las cargas eléctricas que le podamos enviar. La conclusión final es que el dipolo en su centro exacto, se puede conectar perfectamente a tierra; es más, si empleamos una línea de transmisión no balanceada, como es la coaxial, podemos prescindir de la otra mitad del dipolo, ya que la tierra ideal formará un semi dipolo virtual, como si de una imagen de espejo se tratara. Total, que un DIPOLO PARTIDO POR LA MITAD, FORMA DOS MONOPOLOS, uno real, y el otro virtual, teniendo en común la tierra. Una antena Marconi es un MONOPOLO SOBRE TIERRA, por consideración a este inventor, que fue quien sacó partido a su simplicidad y ventajas.

Un dipolo vertical no se puede conectar a tierra en una de las puntas de sus brazos, puesto que las condiciones eléctricas son totalmente adversas, es decir, tenemos alto voltaje y alta Z , lo contrario que la tierra, que es muy baja Z y prácticamente nulo el voltaje. La antena Marconi es un semi dipolo vertical, puesto a tierra en su punto de alimentación.

Ejemplos de tomas de tierra ideales en la vida real son los tejados metálicos de los edificios, sus estructuras, el chasis metálico de los vehículos, los cascos de los buques y el agua de ríos, lagos y mejor aún, del mar. A veces, es imposible conseguir una tierra adecuada para el funcionamiento del monopolo, y hay que recurrir al CONTRAPESO DE ANTENA, o CONTRA-ANTENA, con resultados aceptables. Siempre que hacemos referencia a la antena Marconi, entendemos una ANTENA VERTICAL, referenciada a $1/4$ de onda, CONECTADA A TIERRA.

FUNCIONAMIENTO DE LA ANTENA MARCONI:

Cuando la antena Marconi está construida en base a un monopolo de $1/4$ de onda sobre tierra, se conserva el ángulo de radiación, y la forma de radiación omnidireccional, pero no así su Z , que pasa a ser la mitad del dipolo vertical. Es lógico que sea así, pues estamos alimentando la mitad de la antena, o mejor dicho, el dipolo por su punto medio. Así pues, considerando el dipolo vertical con una Z de 75 ohmios, convirtiéndolo a monopolo sobre tierra, tendremos una Z de la mitad, o sea, de 37,5 ohmios, en resonancia. En la práctica, se utiliza una línea de transmisión de $Z_0= 50$ ohmios, en concordancia con la Z del transmisor. En estas condiciones, el monopolo va a radiar más energía RF, en comparación con el dipolo vertical, puesto que una Z un poco más baja supone una corriente de RF un poco superior, a condición de que el transmisor nos proporcione la misma energía con esa Z de carga. Como contrapartida,

esa Z de 37,5 ohmios va a provocar una ROE sobre la línea de transmisión de 50: $37,5 = 1,33$, con unas pérdidas inferiores al 3%.

Si aplicamos a la línea 10 W para alimentar a la antena, (despreciando la atenuación en la línea), 0,3 W se van a quedar en la línea, y se convertirán mayormente en calor, y posiblemente, no le demos importancia. Pero la cosa cambia si aplicamos 100 W; en la misma proporción perderemos 3 W, y es una pena. Lo que se hace en la práctica, es alargar ligeramente la varilla del monopolo, de forma tal que la resistencia de radiación, R_r , sumada a la componente reactiva que ahora inevitablemente aparecerá, puesto que hemos sacado a la antena de la resonancia, nos dará una Z igual o muy próxima a 50 ohmios, con lo cual la ROE ya es $1=1$, y no hay pérdidas por desadaptación. A pie de antena ya tenemos toda la energía disponible, pero nada es gratis, puesto que aunque la Z es de 50 ohmios, la R_r sigue siendo de 37,5, y la antena seguirá con el mismo rendimiento del 97%, el otro 3% es de energía reactiva, que ya sabemos que no aprovecha la energía para radiación, pero no nos preocupa, puesto que la línea no se calienta, ya que la ROE es 1.

Este procedimiento es factible para frecuencias relativamente altas, digamos de 27 Mhz hacia arriba, en los que los monopolos tienen dimensiones manejables, pero en bajas frecuencias, donde los montajes de antenas Marconi rara vez siquiera llegan al cuarto de onda de monopolo, se hace imprescindible un SINTONIZADOR A PIE DE ANTENA, que consiga acoplar el monopolo a la Z_o de la línea, y a su vez a la Z del transmisor. Pero de nuevo nada es gratis, el Principio de Conservación de la Energía se cumple siempre, y las pérdidas las va a tener que asumir el sintonizador, o la antena, o ambos. Ejemplos prácticos:

-Calcular un monopolo para recepción de FM comercial sobre un vehículo:

Frecuencia: 99 Mhz. Longitud de onda: $300: 99 = 3$ metros. Longitud del monopolo: $3: 4 \times 0,95 = 71,25$ cm. Este monopolo, conectado sobre una línea típica de 75 ohmios, va a dar una $ROE=2$, que en recepción no se le da importancia, pues las señales son fuertes.

- Calcular un monopolo móvil, para la banda de aficionados de 145 Mhz:

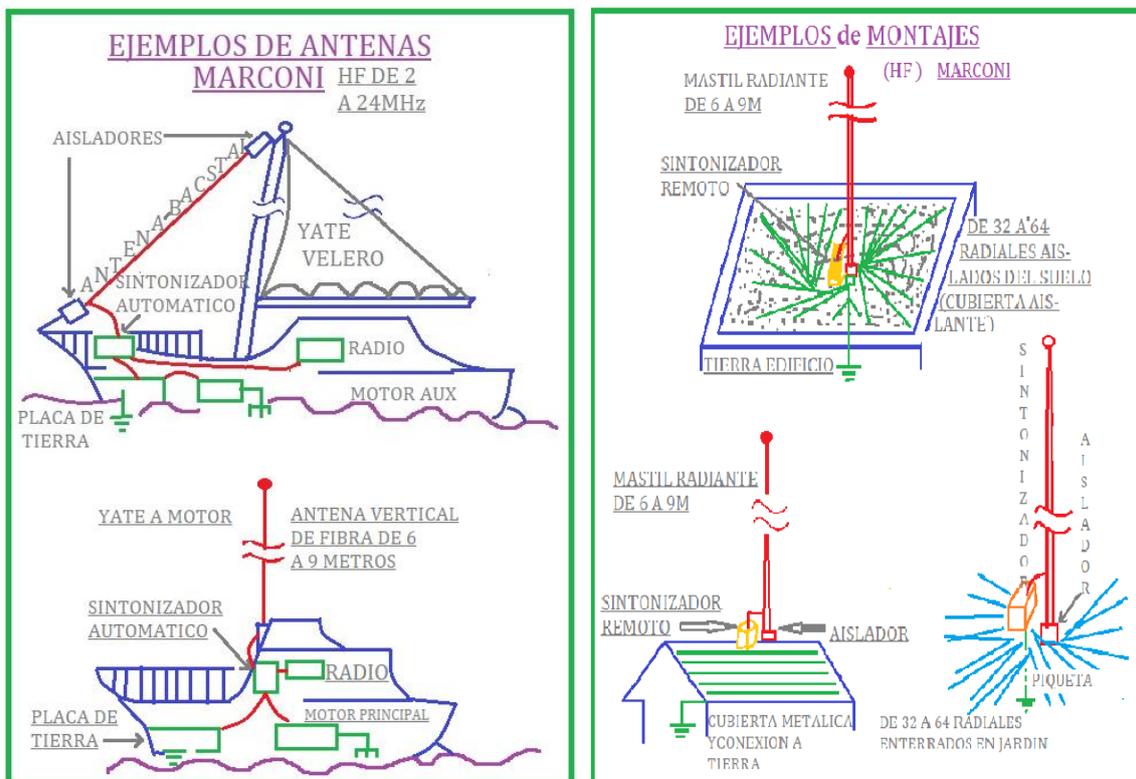
Frec.= 145 Mhz. Longitud de onda: $300: 145 = 2$ metros. Longitud del monopolo: $2:4 \times 0,95 = 47,5$ cm. En la práctica, se le dan 49 cm, para conseguir una ROE de $1=1$ sobre una línea coaxial de $Z_o = 50$ ohmios.

LA TOMA DE TIERRA Y LA CONTRA-ANTENA.

Aunque ya hablamos en su momento de la toma de tierra, dada la importancia que tiene para el buen funcionamiento de las instalaciones tipo Marconi, vamos a tocar el tema de nuevo, pero esta vez haciendo mención a un sistema asociado con la tierra,

que es la CONTRA-ANTENA. También se le llama CONTRAPESO de antena, y como el nombre indica, sirve para compensar el trozo de antena que nos falta físicamente, tanto si es un monopolo de 1/4 de onda, como si es otro tipo de configuración, como veremos más adelante.

Sucede que en la vida real, muchísimas veces no podemos disponer de una toma de tierra efectiva para el buen funcionamiento de las antenas verticales, y entonces no queda más remedio que acudir a la contra-antena, que funciona de forma parecida a la toma de tierra, solo que si la tierra es conductora, en principio, la contra-antena NO LO ES, y funciona por su alta capacidad con respecto al suelo. Para entenderlo de otra forma, funciona como un CONDENSADOR, del cual nosotros construimos tan sólo una de sus placas, a base de muchos HILOS RADIALES, de lo más largos que podamos, y



(Distintas posibilidades de tomas de tierra, marítimos y en edificios)

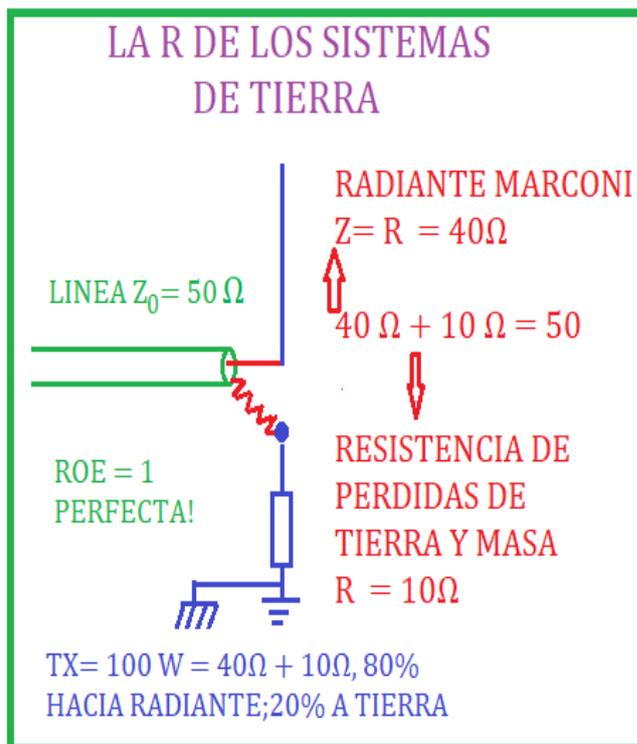
aislados del terreno que pisamos. El punto de unión de todos los hilos radiales, (en adelante los llamaremos simplemente radiales), se le conoce como PLACA DE TIERRA, y no hay inconveniente en unirlo a la toma de tierra de que dispongamos, que aunque no sea muy buena conductora, queda en paralelo con la tierra artificial de los radiales, y puede contribuir a mejorar su funcionamiento. El número de radiales, en la práctica se ha comprobado que es de 32, y más allá de 64 no contribuye a mejorar la eficacia del sistema de tierra. En el dibujo de la antena sobre terraza aislante, se indica que los radiales quedan levantados de la cubierta, que es aislante. En el dibujo de la antena vertical sobre el jardín, al ser tierra de labor, y que tiene humedad a pocos centímetros de profundidad, los radiales FUNCIONAN MEJOR ENTERRADOS, con lo cual podemos

disminuir su número, para la misma efectividad. En el centro de la estrella formada, que es el punto común, podemos clavar una piqueta de tierra, cuanta más larga mejor; entre 1 y 2 metros, es lo normal en la práctica.

El caso más favorable, cuando no se trata de instalaciones marinas, es la cubierta metálica de una construcción, ya sea plana o a dos aguas. Esta es una contra-antena excelente, y más aún si hay posibilidad de conectarla a una buena toma de tierra. Por pequeña que sea, en un radio de 1/4 de onda desde la base del mástil radiante, nos dará una idea aproximada de la frecuencia más baja que podemos utilizar.

Tanto la contra-antena como la toma de tierra, NO INFLUYEN EN LA RESONANCIA DE LA ANTENA, si están correctamente instaladas; recordemos que los montajes Marconi, tanto si son monopolos como si son radiantes multibanda sintonizables con acoplador, deben tener conexión al sistema de tierra INMEDIATAMENTE DEBAJO DEL RADIANTE, cuanto más baja resistencia y más corta la conexión, tanto mejor. Todo lo contrario del dipolo, que cuanto más alejado de tierra, más efectivo es en radiación.

En esta configuración de antena, medir la resistencia que presenta la tierra, no



puede hacerse con un tester corriente, pues además de la resistencia de la tierra en sí, influye la longitud de la conexión desde la malla de la línea de transmisión hasta la tierra o contra-antena. Es decir, que puede quedar bien el montaje para frecuencias bajas, y no tanto para las más altas. La importancia de la resistencia de tierra, lo mismo que la eficacia de un sistema de contra-antena en los montajes Marconi es tal, que hemos de considerar esa resistencia como que está en serie con el radiante; es fácil de ver que es una resistencia agregada y

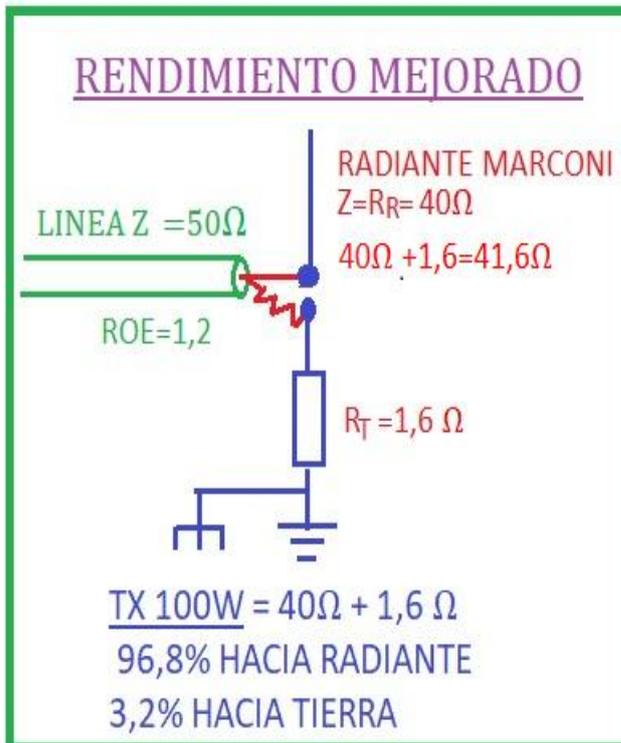
perjudicial, que nos malgasta la energía R_f convirtiéndola en calor, y por tanto, nos interesa que sea la menor posible. Con un ejemplo gráfico, lo veremos más claro.

LA ROE Y LOS SISTEMAS MARCONI.

-Vamos a vueltas con las Ondas Estacionarias, que son una pesadilla para los más puristas. No está de más retroceder un momento al principio de la lección número 10, donde se vio el tema de la transferencia de energía y las ondas estacionarias. La ROE es

una RELACIÓN DE IMPEDANCIAS, o de voltajes y corrientes, entre la carga, (antena), línea de transmisión, y generador, que suele ser un transmisor. La ROE NOS INFORMA DE UNA ADAPTACIÓN, que nada tiene que ver con la eficacia de la radiación de la antena, pero lo que sí es cierto, que con una ROE favorable, el transmisor nos entregará la máxima potencia hacia la antena. Otra cosa es, cómo aproveche la antena la energía, que ya sabemos que depende de su Z en resonancia. El caso es, que teniendo delante el dibujo del ejemplo anterior, podemos tener una ROE perfecta, pero un rendimiento nefasto. Insisto en la importancia de saber diferenciar conceptos.

Si disponemos de un medidor de ROE con la posibilidad de tener dos indicadores, uno de potencia directa, y el otro de potencia reflejada, hemos de hacer lo posible por



conseguir la mayor energía directa posible, aunque no sea la mínima ROE, que será lo normal. El tema está en conseguir la MÁXIMA CORRIENTE HACIA LA ANTENA, que corresponderá con la MÍNIMA RESISTENCIA DE TIERRA, o mejor contra-antena, poniendo en paralelo e interconexionando entre sí, todos los elementos metálicos que podamos conseguir a pie de antena. Si nuestro medidor es de agujas cruzadas, también sirve, y en el caso más desfavorable, que es el medidor de ROE con un solo reloj, pues podemos hacerlo útil, fijándonos en la indicación de aguja

en cada prueba. Tengamos en cuenta de que estamos usando antenas de baja Z , y por lo tanto, cuanto más corriente podamos enviar hacia la antena, más intenso será el campo electromagnético radiado.

En las primeras décadas del siglo pasado, no existían los medidores de ROE, tal como los conocemos hoy en día. Se hicieron populares estos aparatos después de la Segunda Guerra Mundial, por el gran auge que tomaron las líneas coaxiales de baja Z , de 75 y 50 Ohms. Anteriormente a esto, los transmisores incorporaban en el panel frontal un AMPERÍMETRO DE RF, y se trataba de cargar al paso final con el mando LOAD, de forma que se enviara hacia la antena la máxima intensidad posible.

Actualmente estos aparatos están en desuso, por ser lentos y frágiles, pero aún se encuentran en mercadillos, y la firma MFJ comercializa un modelo moderno. (*)

Otra forma de sacarle partido a las antenas Marconi, y a las antenas en general, es conseguir un MEDIDOR DE CAMPO DE RF, que lo podemos construir de forma casera, o comprarlo hecho, o bien usar el medidor de ROE conectando una antena de varilla en el conector de TX, o DIR, o FWD, o incluso otra antena auxiliar. Cuanta más cantidad indique el medidor, más está radiando la antena, obviamente, e independientemente de las ondas estacionarias.

En los dibujos de ejemplo, se entiende que el transmisor nos va a entregar la misma potencia con una ROE de 1, que con ROE= 1,2. Si no fuese así, la esencia de la idea es la misma, aunque la potencia baje ligeramente, el rendimiento total, (de radiante más tierra), siempre mejora si la toma de tierra tiene BAJA RESISTENCIA.

()Para medir impedancia, hace falta una fuente de RF, y un voltímetro apto, u osciloscopio, o puente de inductancias. La resistencia sólo es en corriente continua.*

Por lo tanto, como lo que se trata es de conseguir la máxima transferencia de energía, la R en serie que es la tierra, ha de ser lo más baja posible.

Para la corriente de 220 V, una tierra de 10 Ohms, ya es muy buena, pues en serie con nuestro cuerpo, desarrolla muy poco voltaje. Pero para un radiante de 30 o 40 Ohms de Z, ya es mucho.

COMPARACIÓN ENTRE EL DIPOLO Y LA ANTENA MARCONI.

Los dipolos, ya sabemos que son antenas básicas en cuanto a su construcción, y que de ellas derivan estructuras de antenas más complejas, y también más eficientes. En principio vamos a considerar que el dipolo está alimentado por su centro, da igual que esté en polarización horizontal o vertical, y además, está conectado a una línea de transmisión de baja impedancia, típica $Z_0 = 50$ ohmios. Para poder funcionar con un rendimiento aceptable en cuanto a radiación, necesitan estar instalados altos y despejados, partiendo de la base de la " 1/2 onda", es decir, a media onda del suelo, y media onda despejada de objetos a su alrededor.

Esta condición no suele cumplirse por razones prácticas, sobre todo en frecuencias por debajo de 30 Mhz; a partir de 50 Mhz, las dimensiones son más razonables, y es posible construir dipolos auto-soportados, alimentados cerca del punto central.

A veces se busca construir antenas alimentadas fuera de su centro, aun a costa de emplear baluns y otros elementos adaptadores; la razón es encontrar un punto de conexión favorable cuando la antena funciona en modo multibanda.

Salvo en la región de frecuencias muy elevadas, VHF, no es habitual ver dipolos verticales con conexión central, pero sí que los utilizan en modo enfasado las emisoras de radio en FM comercial, por ejemplo. Sin embargo, sí que es muy común ver dipolos

de alambre en las bandas de aficionados, en polarización horizontal o mixta, típica de las antenas en V invertida.

Los inconvenientes anteriores se vuelven en ciertas ventajas cuando la antena se construye en configuración Marconi, sea o no monopolo sobre tierra. En efecto, un monopolo típico de $1/4$ de onda, DEBE INSTALARSE RASO AL SUELO, a fin de que la conexión a tierra sea lo más corta y menos resistencia posible. Si no podemos tener la seguridad de disponer de una toma de tierra eficaz, cuya resistencia total no supere los 10 ohmios, por ejemplo, hemos de pensar en un SISTEMA DE CONTRA-ANTENA. La contra-antena funciona en base a su alta capacidad con respecto a tierra.

RESUMEN DE LA LECCION 12ª

-El Dipolo es la antena básica. En el dipolo horizontal, la polarización del campo eléctrico (E), coincide con la posición física de sus brazos.

-Al dipolo horizontal también se le conoce como Antena de Hertz, o antena hertziana. Deriva del primitivo resonador, inventado por Heinrich Hertz.

-El tamaño físico del dipolo coincide con mucha aproximación a la $1/2$ onda de su frecuencia de resonancia. Es decir, que el doble de su longitud física nos determina la longitud de onda en resonancia.

-La antena dipolo horizontal, dentro de su simplicidad, proporciona un rendimiento muy aceptable. Para lo cual ha de situarse al menos $1/2$ onda del suelo y de los objetos próximos.

-El diagrama de radiación del dipolo es ligeramente direccional, comparado con la antena Isotrópica.

-El Dipolo Vertical también relaciona la polarización del campo E con la posición física de los brazos de la antena. Es decir, que si al dipolo horizontal lo rotamos 90 grados, ya tenemos el dipolo vertical.

-La antena dipolo vertical es totalmente omnidireccional; en este caso tenemos la mínima radiación en las puntas del dipolo, que en principio, no nos son de interés.

-El ángulo de radiación de esta antena es el mismo que para el dipolo horizontal, es decir, unos 30 grados sobre la línea del horizonte.

-En antenas dipolo alimentadas por su centro, la línea de transmisión ha de separarse al menos $1/2$ onda en sentido transversal, y en ningún caso menos de $1/4$ de onda, so pena de alterar mucho el diagrama de radiación.

-La antena Marconi es una variante de la antena vertical. Utiliza la tierra para suprimir la parte inferior de la antena, creando una imagen de espejo. Realmente, esta antena se llama Monopolo sobre tierra, al ser la mitad de un dipolo.

-La antena monopolo, tiene una Z en resonancia mitad de la antena dipolo equivalente.

-Guillermo Marconi experimentó esta antena en sus comunicaciones, radio marítimas, aprovechando las buenas cualidades reflectoras del agua del mar.

-La efectividad de un monopolo tipo Marconi, depende de que la conexión a tierra presente una baja resistencia. Un valor inadecuado de la resistencia de tierra tiene como consecuencia aumentar la Z del conjunto, aumentando las pérdidas.

-En condiciones ideales, la antena Marconi es más efectiva que su equivalente dipolo, pues la corriente en la base de antena es mayor; a condición de que el transmisor acepte una Z de carga más baja.

-La Contraantena, o contrapeso de antena, es un dispositivo que se emplea en las antenas verticales, cuando no es posible, o no es conveniente, la conexión directa a tierra. Como se entiende que la parte inferior de la antena está a potencial de cero voltios, no es incompatible tener contraantena y a su vez, conexión a tierra.

-En principio, este contrapeso eléctrico está formado por una cantidad de hilos eléctricos instalados y conectados de forma radial, en número mínimo de 32, y pueden estar enterrados o bien sobre la superficie del terreno. En este último caso, funcionan por capacidad a tierra.

- La longitud de estos radiales no está sintonizada con la frecuencia de la antena.

-En otras ocasiones, el montaje de antenas en sistema Marconi emplea la conexión a estructuras metálicas que aporten un contrapeso suficiente; es el ejemplo de una carrocería de automóvil.

-Las antenas verticales con baja Z en resonancia, deben tener la conexión a contraantena, y/o tierra, inmediatamente debajo del radiante de antena.

-La importancia del punto anterior reside en que cualquier longitud de conductor añadido hacia la contraantena, supone una impedancia añadida a la propia que puede tener la del sistema de tierra; y las pérdidas aumentan.

Como funciona una antena.

Toni Polit

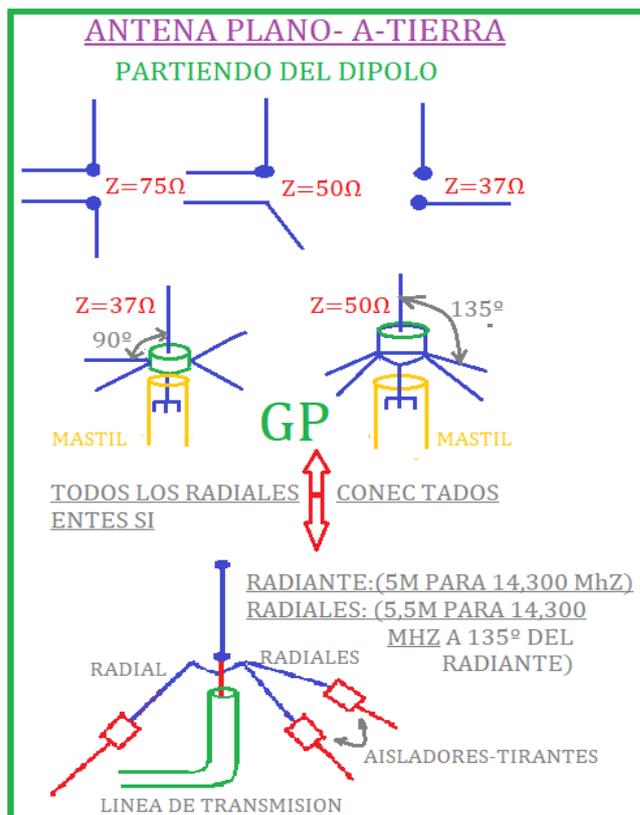
LECCIÓN 13ª:

INCONVENIENTE DEL MONOPOLO.

El principal inconveniente del monopolo sobre tierra, y de los montajes tipo Marconi, en general, no es la parte radiante de la antena en sí, sino la conexión a la tierra o contraantena, la cual si no está correctamente hecha, o si la tierra no tiene una resistencia lo más baja posible, penalizan la eficacia de la instalación en conjunto. Para evitar este inconveniente, se inventó la Antena de Plano a Tierra.

ANTENA PLANO A TIERRA. ANTENA G.P.

La denominación ANTENA G.P., viene de Ground Plane, (plano a Tierra, en inglés). Este tipo de antena nace del dipolo vertical, cuya Z estimada es de unos 75 Ohmios. Si el



radiante inferior lo colocamos a 90 grados, simulamos un monopolo, que ya vimos que tiene una Z en resonancia de la mitad del dipolo, es decir, 37 ohmios. También vimos que la conexión inferior del radiante, en su punto de alimentación, se podría conectar a tierra, puesto que es un punto de baja Z. Esta es la esencia de la antena G.P., el radiante inferior se considera una tierra virtual, y podemos escoger la Z más adecuada a nuestra línea de transmisión, por el simple método de variar el ángulo que forma un radiante con respecto a otro.

Como resulta que hasta ahora esta nueva versión de antena no deja de ser un dipolo vertical modificado, le sigue influyendo la distancia al suelo para su resonancia y ángulo de radiación, y entonces optamos por AUMENTAR EL NÚMERO de radiantes inferiores, también llamados RADIALES, según vimos en las configuraciones Marconi. Obviamente, el número mínimo de radiales es 1, pero para considerar una antena G.P, está universalmente exigido que al menos sean 3, si es 4, mejor. De esta forma tenemos construida la ANTENA PLANO A TIERRA, es decir, un radiante, (en principio de 1/4 de onda), y al menos 3 o 4 radiales, también de 1/4 de onda.

El radiante se ve dimensionado por el típico factor de acortamiento del 5%; pero es práctica habitual que a los radiales se le aplique lo contrario; un 5% más largos del cálculo teórico. El punto de conexión de los radiales a la línea de transmisión, SIEMPRE va puesto a tierra, lo cual, cuando la antena se construye de forma auto soportada, es una buena ayuda.

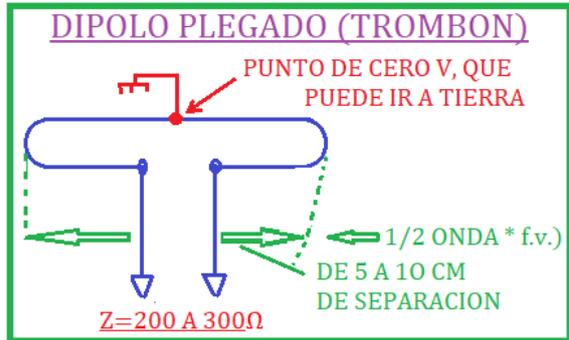
En la antena G.P, el RADIANTE Y LOS RADIALES FORMAN UN CONJUNTO RESONANTE, y se comportan de forma mucho más estable que su equivalente en dipolo vertical, viéndose mucho menos influidos en su distancia al suelo. De todas formas, es buena práctica constructiva, levantar la antena al menos 1/2 onda, contando desde la punta de los radiales, siempre que sea posible.

Podemos ver a la antena G.P, como un monopolo al cual le acompaña en todo momento una tierra virtual efectiva, formada por los radiales resonantes. Lo mismo que cualquier dipolo, la antena G.P PUEDE FUNCIONAR EN FRECUENCIAS ARMÓNICAS IMPARES, que de hecho se aprovecha en sistemas multibanda, teniendo que tolerar por nuestra parte una ROE algo más elevada debido al aumento de la Resistencia de Radiación, (Rr). Así y todo, la antena G.P es una antena con ángulo de radiación menor, y por tanto más favorable, que su equivalente en dipolo vertical, haciéndola atractiva para el DX, si tenemos en cuenta su sencillez. Por supuesto, en su configuración de 1/4 de onda, la ganancia es cero Dbd, pues insisto en que no deja de ser un monopolo con la "Tierra a cuestas". En ocasiones, los radiales no se hacen exactamente iguales entre sí, sino cada uno de ellos a una medida ligeramente diferente, a fin de poder cubrir un margen amplio de frecuencias en transmisión, aún con altibajos en la ROE. Este caso es típico de las antenas destinadas a la Banda II de Radiodifusión comercial en FM, de 88 a 108 Mhz.

Las antenas G.P, las podemos ver en casi todas las frecuencias, tanto de transmisiones profesionales como de aficionados, aunque es más fácil encontrarlas en frecuencias donde el radiante pueda auto soportarse, o al menos atirantarse. Muchos aficionados disponen de ella en frecuencias desde 14 Mhz hacia arriba, y con fines profesionales se la puede ver desde VHF en su parte baja, (66 Mhz), hasta llegar al límite de UHF alta, sobre 470 Mhz. Este tipo de antena abre la puerta a montajes más complejos, como ANTENAS VERTICALES COLINEALES, que veremos más adelante. Tampoco el radiante es siempre un monopolo simple, puede ser un MONOPOLO PLEGADO, que también veremos próximamente. En frecuencias bajas, tal como 14 Mhz, los radiales no suelen ser varillas, debido a la dificultad constructiva que supone, sino que son RIOSTRAS AISLADAS, o alambres tirantes aislados, lo cual no deja de ser una solución elegante por lo práctico. El mismo radial actúa como elemento de soporte de la antena.

BREVE EXPLICACIÓN DEL DIPOLO PLEGADO.

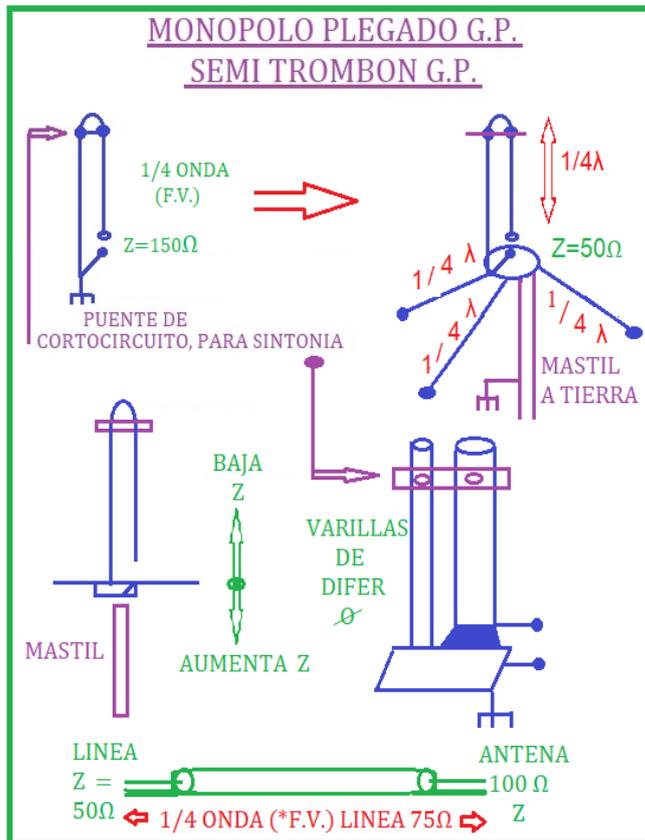
Si a un dipolo de 1/2 onda le conectamos por el exterior otra varilla de 1/2 onda,



formamos un DIPOLO PLEGADO de 1/2 onda. Al dipolo plegado también se le conoce popularmente como Antena Trombón, pues su forma recuerda el artilugio del mismo nombre que llevan las trompetas. Del mismo modo que modificamos la resonancia del instrumento musical, podemos hacer lo

mismo en la resonancia de la antena.

Los dipolos plegados tienen ventajas e inconvenientes, como todo en la vida, pero es

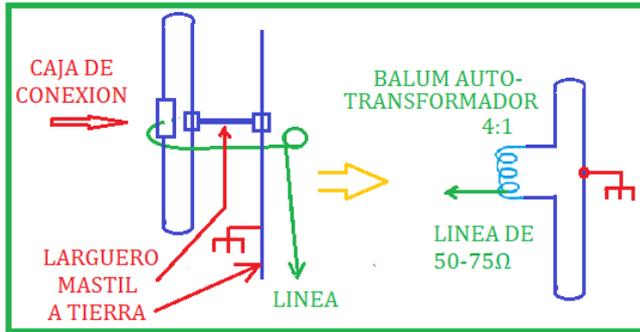


una antena interesante que vale la pena conocer. A su favor tiene la facilidad de construcción, pues es una estructura más rígida; y más aún si conectamos el punto central a tierra. Efectivamente, tal y como vimos en la explicación del monopolo, en el centro exacto del dipolo plegado tenemos un punto equivalente a cero Voltios, (en resonancia, se entiende), y no hay ningún inconveniente, y de hecho se hace en la práctica, de conectarlo a tierra, que ya sabemos que también es un punto a cero Voltios. Esta cualidad permite auto-soportar de forma más efectiva el elemento radiante, lo cual facilita la construcción de la

antena. Este punto " a tierra", lo podemos ver en las antenas de TV y FM, que está hecho de forma que el centro del dipolo está cortocircuitado al larguero, o estructura soporte. A su vez, a través del mástil, hace contacto al suelo. Esto es útil para las descargas atmosféricas, aunque en la práctica restringe ligeramente el paso de banda del conjunto de antena, al hacerla más selectiva, puesto que al igual que el dipolo abierto, el dipolo plegado resuena en las frecuencias armónicas impares, con el añadido que las frecuencias fuera del rango "ven" un camino fácil a tierra, lo que contribuye a la selectividad en su comportamiento. En transmisión, el paso de banda

es ligeramente mayor que su equivalente al dipolo simple, dado que el Factor de Calidad, Q, es más bajo.

Como inconveniente, el principal es que la Z en los puntos de alimentación es 4 VECES



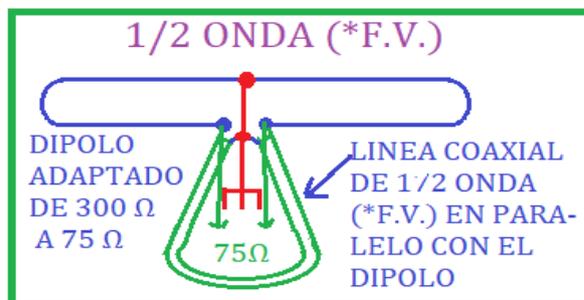
MAYOR que el dipolo simple, puesto que la corriente de RF ha de dividirse en dos. Entonces, por la Ley de Ohm, tenemos que la impedancia es cuádruple, lo que obliga a emplear dispositivos de adaptación, a fin de acercar la Z lo más posible a la Z_0 de la línea de

transmisión.

Este dispositivo puede ser un BALUN adaptador, muy utilizado en antenas receptoras, o una LÍNEA ADAPTADORA DE 1/2 onda. A veces, en el caso de antenas directivas con varios elementos, la Z total del conjunto desciende tanto, que es posible conectar la propia línea directamente a los terminales del dipolo plegado, aunque técnicamente, lo correcto es emplear algún dispositivo de adaptación.

Una vez tenemos la antena en resonancia, podemos conseguir variar la Z dentro de unos márgenes, en base a variar la separación del trombón, y también la relación entre los diámetros. El espaciado varía entre 5 y 10 cm. Por cuestiones prácticas, el campo de aplicación de los dipolos plegados se encuentra principalmente en la parte baja de VHF, y en la zona de UHF. Estas longitudes de onda métricas y centimétricas, permiten auto soportar los dipolos con facilidad. En la región de HF, es decir, de 1.8 a 30 Mhz, no es habitual ver dipolos plegados, debido a sus grandes dimensiones, aunque la firma Diamond comercializa el modelo WD-30 y 30S, que ha dado buenos resultados en el servicio de aficionados.

Si al dipolo plegado lo cortamos por la mitad, lo mismo que hicimos al crear el



monopolo, y lo dotamos de una estructura de radiales, tenemos ahora un MONOPOLO PLEGADO G.P, o SEMITROMBÓN G.P., que al igual que el monopolo simple con plano a tierra, es una antena de radiación omnidireccional en la cual el elemento

radiante está EN CORTOCIRCUITO para las frecuencias en las cuales no está sintonizado. Según vemos en el dibujo, un extremo del monopolo, (o semi-trombón), se conecta a la línea de transmisión, y el otro extremo VA A TIERRA, en el punto común de conexión de los radiales, es decir, un punto de baja Z, prácticamente cero Ohmios. Tenemos así una estructura fácil de auto-soportar, sobre todo en bandas de VHF,

donde se la utiliza abundantemente. En su forma G.P, ya no es factible construirla para HF, y en UHF se prefieren antenas más eficientes, que tengan mayor tamaño físico en relación a la longitud de onda. Sin embargo, desde 50 a 175 Mhz se han instalado muchísimas, aun sabiendo que tanto la ganancia como el ancho de banda y el ángulo de radiación son similares a la antena G.P de varilla radiante. Pero a su favor está la robustez mecánica basada en la rigidez del monopolo plegado, y de seguro que al leer esta lección recordamos haber visto este tipo peculiar de antena G.P en las Casas-Cuartel de la Guardia Civil, en los retenes de Parques de Bomberos, antiguos retenes de Policía Local, empresas de transporte, repetidores de comunicaciones, etc.

El pequeño inconveniente en su contra sigue siendo el mismo, es decir, que su Z en resonancia es casi siempre mayor que la de Z_0 de la línea de transmisión, lo cual no es insalvable, pues podemos modificar bien la separación del semi-trombón, bien el diámetro de las varillas, y también en este caso, la inclinación de las varillas del plano a tierra.

El plano a tierra actúa igual que se explicó al principio, es decir, son VARILLAS RESONANTES que forman un CONJUNTO SINTONIZADO con el semi-trombón. En el caso de que las varillas sean de diferente diámetro, los fabricantes de este tipo de antenas en general, solían colocar ESPACIADORES AISLANTES, para poder mantener la separación adecuada entre las varillas radiantes.

Y para finalizar esta lección, vamos a tener en cuenta que debido a la naturaleza de construcción del monopolo plegado G.P, cuando tengamos en resonancia el conjunto de radiante más radiales, la ROE no va a ser tan próxima a 1:1 como si se tratara de un monopolo simple; vamos a tener que aceptar una ROE de 1,4 o 1,5 como cosa normal, ya que los componentes reactivos en el semi-trombón son de mayor efecto que en antenas más simples. Como ya hemos dicho y visto en otras ocasiones, esto no supone problema, ya que la ROE es síntoma de adaptación, no de efectividad en la radiación.

Antenas de este tipo se instalaron muchas en la década de los años 80, siendo representantes de la industria nacional las firmas TELEVÉS y GIRO, entre otras varias. En especial, los usuarios de la banda baja de VHF (66 a 88 Mhz) , se nutrían de este tipo de radiadores en configuración G.P, tanto para uso directo como vía repetidor.

RESUMEN DE LA LECCION 13ª

-La antena de Plano a Tierra, o antena G.P, evita el principal inconveniente de las antenas tipo Marconi, o monopolos, que no es otro que las pérdidas en la radiación que suponen tener un sistema de tierra incorrecto.

-Para conseguir este propósito, al monopolo se le acompaña de un número de radiales sintonizados, que forman parte de la propia antena, y están conectados a la malla de la línea de transmisión.

-Estos radiales sintonizados, se les llama sí porque son resonantes. Su dimensión es aproximadamente un 5% más largo de $1/4$ de onda, al contrario que el monopolo, que es un 5% más corto.

-Como resonantes que son, forman un conjunto con el monopolo que les acompaña, y en este caso la antena hay que separarla del suelo al menos $1/2$ onda.

-La Z total del conjunto viene determinada entre otros factores, por la inclinación que forman los radiales con el monopolo; usualmente 135 grados para una Z_0 de línea de transmisión de 50 Ohms.

-Al igual que los dipolos de $1/2$ onda, la antena G.P puede resonar en frecuencias armónicas triples que la fundamental.

-Se utilizan este tipo de antenas en todas las gamas de ondas.

-El Dipolo Plegado, es una variante del dipolo clásico. Se forma conectando un conductor de $1/2$ onda por el exterior de un dipolo normal. Como la corriente de antena se divide por la mitad, por alimentar ambos dipolos, la Z resultante es 4 veces mayor, por la Ley de Ohm.

-La Z en resonancia de un dipolo plegado se sitúa en torno a los 200 a 400 Ohms, según el caso.

-Al dipolo plegado también se le conoce como Antena Trombón, por similitud al instrumento musical.

-La ventaja principal del dipolo plegado es un mayor ancho de banda que su equivalente en dipolo abierto, debido a un factor "Q" más bajo.

-Otra ventaja es la rigidez estructural, pues el centro exacto del dipolo está a cero Voltios, con lo que se puede conectar al soporte de antena, y a su vez, a tierra.

-La relativamente alta Z de esta antena, nos obliga a utilizar un dispositivo de adaptación, si la línea de transmisión es de baja Z_0 .

-El dipolo plegado se puede configurar en modo antena G.P, y en ese caso, se le llama también Semi-trombón G.P.

-El semi-trombón tiene una Z que es la mitad que si fuera un trombón, pero podemos modificar esto, a base de la inclinación de los radiales o bien haciendo que las varillas del monopolo tengan diámetros diferentes.

-Este tipo de antenas suelen ser autosoportadas, pues se emplean mayoritariamente en frecuencias muy elevadas.

-La ventaja principal del semi trombón G.P, es que todo el conjunto está puesto a tierra en D.C.

Como funciona una antena.

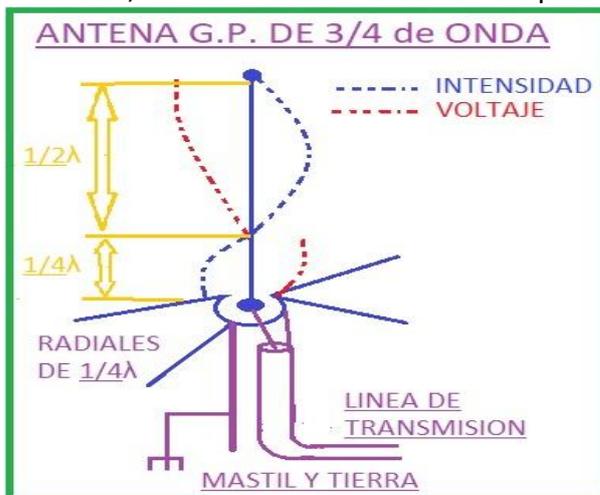
Toni Polit

LECCIÓN 14ª:

ANTENA G.P. DE 3/4 de ONDA.

Cuando vimos el tema de las líneas de transmisión, al añadir tramos de $1/2$ onda de línea a la que ya teníamos, no se alteraba para nada la Z_0 de la línea, ni la medida de la ROE de la antena. Esto era así, porque ese tramo añadido no altera la forma de onda de la corriente ni la del voltaje, haya o no desfase entre ellas.

Pues bien, si a una antena vertical monopolo de $1/4$ de onda le añadimos una sección



de $1/2$ onda, tenemos una antena G.P. de $3/4$ de onda, ($2/4 = 1/2$; $2/4 + 1/4 = 3/4$). En principio no hemos alterado para nada la resonancia del conjunto, del radiante más los radiales, ya que la porción añadida se comporta igual que si de una línea de transmisión se tratase, es decir, LOS TRAMOS DE $1/2$ ONDA NO ALTERAN LAS IMPEDANCIAS, ni a su entrada ni a su salida. Por supuesto, no

olvidemos el factor de velocidad, F_v .

¿Cuál es la ventaja? En teoría no la hay, puesto que no hemos alterado ningún parámetro eléctrico de la antena, pero físicamente, la antena es bastante más grande. En la práctica, la cosa cambia un poco, ya que aumenta ligeramente la resistencia de radiación R_r , y un poco también los componentes reactivos del radiante. En total es que la antena recibe un poco mejor, y en transmisión llega un poco más lejos, ya que también se ve alterado el ángulo de radiación. La ganancia no va más allá de 1 dBd estimado, pero es un recurso para mejorar alguna característica que nos sea difícil, como por ejemplo, la ROE.

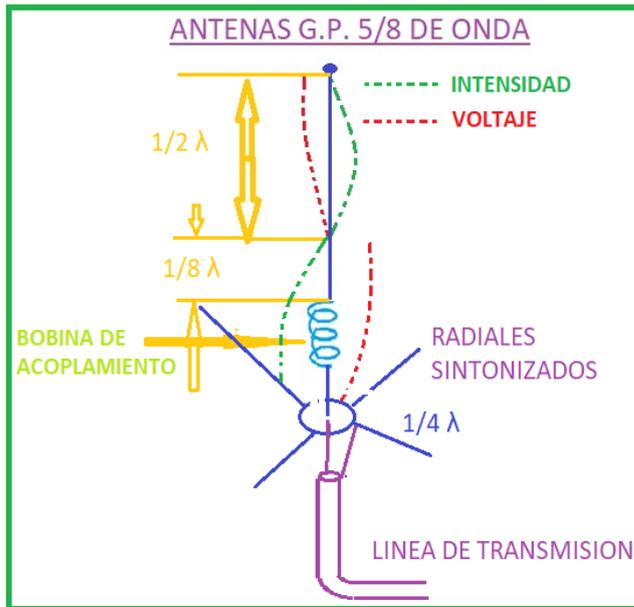
La antena $3/4$ sigue siendo de baja Z en el punto de alimentación, por lo que sigue también necesitando un conjunto de radiales sintonizados de $1/4$ de onda. Ahora tenemos más juego en la sintonía del conjunto, (radiante + radiales), con lo que los radiales pueden estar perpendiculares al mástil, y retocaremos la longitud total del radiante para conseguir una Z adecuada en resonancia.

Este tipo de antena se utiliza poquísimos; prácticamente nada, pero sirve de preámbulo explicativo del capítulo que viene a continuación.

ANTENA G.P. $5/8 =$ ANTENA $0,625$ Lambda.

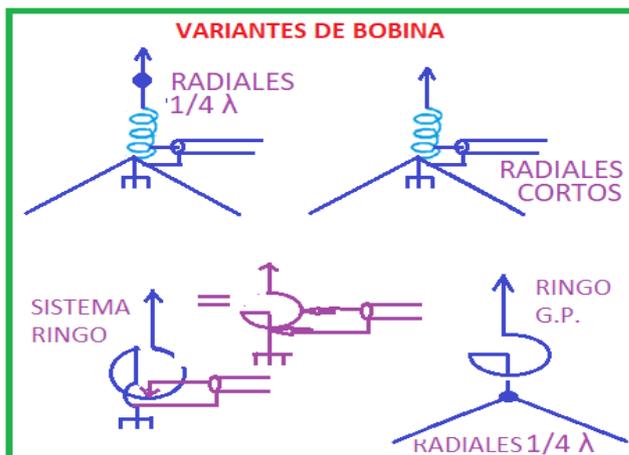
La súper conocida ANTENA 5/8, en su modo Plano a Tierra, es una versión de la anterior antena de 3/4 de onda, pero con mucha más eficiencia. También se le conoce técnicamente como ANTENA 0,625 Lambda. Fácil de construir, es ligeramente más corta que su predecesora de 3/4, tiene una ganancia interesante, y además, se comporta muy bien en comunicaciones locales, tanto en montaje de base como en servicio móvil. Vamos a por ella.

La antena 5/8 es una antena de 1/2 onda a la cual se le ha añadido una porción de 1/8



de onda en su parte inferior. La práctica de su construcción ha demostrado que supera con creces a la antena de 3/4, pero ahora nos encontramos con el pequeño inconveniente de que esa pequeña porción de radiante presenta una Z en resonancia muy baja, (añadiendo la porción de 1/2 onda), del orden de los 10 Ohms, con componente capacitiva, por lo que vamos a necesitar un dispositivo de acople, que nos permita acercarnos lo más posible

a la Z_0 de la línea, típica de 50 Ohms. Este dispositivo es simplemente una bobina, que añadirá carga a la resistencia de radiación y compensará la reactancia capacitiva anterior. Dependiendo del fabricante de la antena, y de la estructura física que opte, podemos encontrarnos con bobinas desde una sola espira, a 3, o 5, incluso un poco más,



más, aunque la tendencia es que tenga las menos vueltas posibles, por minimizar las inevitables pérdidas. En principio, y salvo que el fabricante opte por otra forma de alimentarla, LA ANTENA 5/8 SIGUE SIENDO DE BAJA Z, con lo cual sigue utilizando los radiales sintonizados. Existe alguna versión que se comercializa como 5/8 SIN RADIALES, (¿?), e incluso con

radiales opcionales, como la SOLARCON I-Max 2000, pero por facilidad explicativa, vamos a seguir con lo que es más habitual, que es la modalidad G.P.

Podemos encontrarnos con antenas 5/8 en muchas bandas del espectro radioeléctrico, aunque debido a sus dimensiones, predominan más a partir de la CB, pasando por toda

la VHF y la UHF. En frecuencias bajas, como 27 Mhz, es normal acortar algo los radiales, hasta la mitad del tamaño natural de $1/4$ de onda, utilizando el recurso de que la parte inferior de la bobina de acoplamiento tenga una espira destinada a este menester. Se gana en facilidad de montaje, pero a costa de una pequeña pérdida en el rendimiento general. En la banda de VHF los radiales miden unos 50 cm., y se les deja tal cual. Lo mismo en UHF. En la banda de 70Mhz, en uso móvil, la antena de $5/8$ sigue siendo demasiado grande, pero en VHF, en torno a 2 metros de longitud de onda, la varilla ronda los 130 cm, y se utiliza abundantemente. En la banda de UHF, como es de longitud centimétrica, se prefiere la configuración $2 \times 5/8$, llamada también COLINEAL, que veremos más adelante.

La antena $5/8$ es la antena base por excelencia; la comercializan muchos fabricantes, y es la reina en la banda de 27 Mhz y la banda de aficionados de 10 metros, (28 a 29,7 Mhz), cuando se usa en polarización vertical. No es tan habitual hoy día verla en montaje fijo en VHF de 144 Mhz, pues se prefiere en configuración colineal, dado que sus dimensiones son discretas. Es de destacar que un porcentaje muy alto de antenas construidas en $5/8$ para base, tiene la bobina de acoplamiento en forma de autotransformador, para así poder tener el radiante permanentemente conectado a tierra a través del mástil, lo que es bueno para las descargas de estática. Por supuesto, añaden algo de pérdidas, pero es práctica habitual. Una excepción es la antena $5/8$ de CB SIRIO TORNADO, en la cual la bobina de acoplamiento NO está derivada. También es práctica habitual en esta banda de CB, que los planos a tierra cuenten con 8, 10 e incluso 12 o más radiales, que no están sintonizados individualmente, pero sí en conjunto con el resto de la antena. Aunque en este caso sería más correcto hablar de contra-antena, que de plano a tierra.

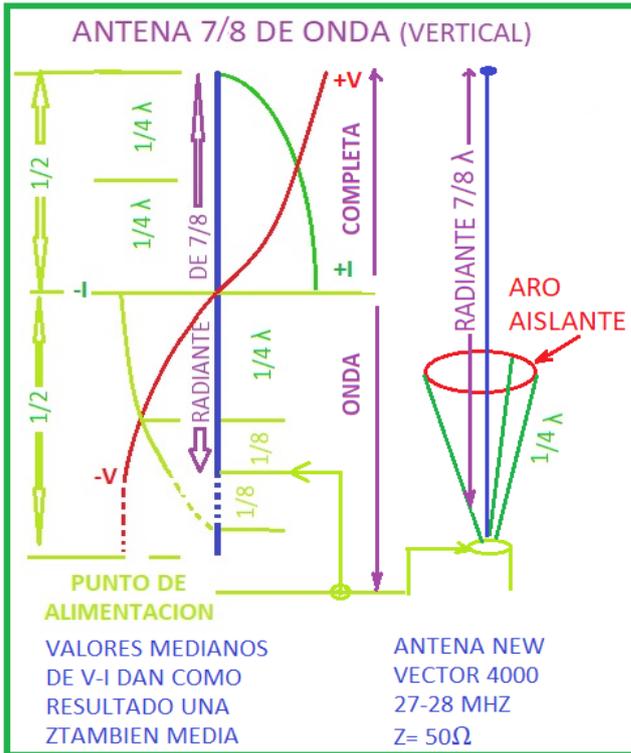
Una antena $5/8$ G.P, si está bien construida, tiene una ganancia real de 3dBd, independientemente de la banda en la cual funcione. La ganancia la consigue en base a un ángulo de radiación mejor que su originaria de $3/4$, que ya era mejor que la antena simple de monopolo.

Por supuesto, la ganancia se entiende SIEMPRE EN RESONANCIA, aunque el ancho de banda operativo sea mayor. La ROE típica es de 1,3, o menor, aunque los fabricantes siempre anuncian inferior a 1,5. En la vida real nos encontramos con antenas de $5/8$ con ganancias sobre el papel de 5 dB o más, no especificando la referencia iso o dipolo. Pero luego ocurre que antenas con ganancia baja dan mejor resultado que otras con más dB. La diferencia está ÚNICAMENTE en la construcción de la bobina, en cuanto al esmero que haya puesto el fabricante en disminuir las pérdidas al máximo. Como ejemplo tenemos al fabricante SIRIO, con su modelo GPE-27, y su otro modelo 827. También comercializa la TORNADO. Todas son $5/8$ G.P, pero no son comparativas, ni en eficacia, ni en precio. En la década de los años 80 y 90, el fabricante español TELEVÉS comercializó la $5/8$ RINGO, que se hizo muy popular, sobre todo en la banda

de CB. Había Ringo G.P. y su variante SIN RADIALES, ambas muy apreciadas por sus excelentes prestaciones. TELEVÉS también fabricó Ringos G.P., para VHF y UHF, ambas en configuración colineal.

Si a una antena $5/8$ de onda, le añadimos $1/4$ de onda más, tenemos una antena de $7/8$, ya que $1/4$ es lo mismo que $2/8$. Tenemos así un radiante muy próximo a Onda Completa, ($8/8, = 1$), y como tal, vamos a encontrar una impedancia media-alta, en el punto de alimentación.

La antena de $7/8$ no es tan popular como la $5/8$, pero se ven en algunas ocasiones en



el mundo de la CB, en estaciones base, aunque realmente no hay acuerdo entre los fabricantes, pues también se comercializan como JPole de $3/4$ de onda. Concretamente en 27 Mhz, el radiante tiene una longitud próxima a los 9 metros, y la única forma de garantizar su supervivencia ante vientos fuertes es arriostrarla con material aislante. El fabricante SIRIO comercializa el modelo NEW VECTOR 4000, que tiene posibilidad de sintonizarla desde 26 a 30 Mhz, como ventaja apreciable frente a su competidora SIRIO 827, de probada eficacia. Las ganancias anunciadas

son muy similares, pero la VECTOR es al menos, 2 metros más larga. Tiene la particularidad de tener el plano de tierra en forma de cono invertido, (lo que la hace fácilmente identificable), y así poder conseguir una adaptación conveniente, y próxima a 50 Ohms.

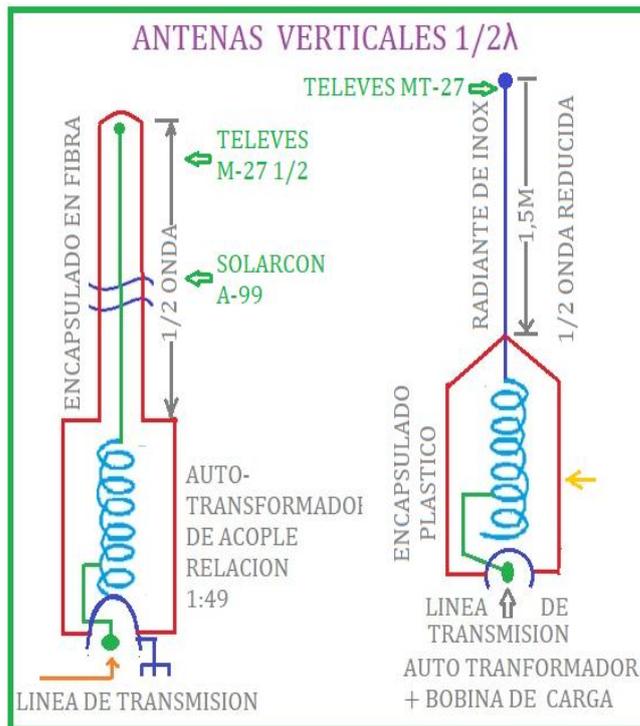
En la banda de VHF, el fabricante Diamond comercializa la antena base colineal F22, que da excelentes resultados en el segmento de aficionados de 144 Mhz. Para uso móvil, la antena modelo SG-2000, consta de dos secciones de $7/8$ acopladas por capacidad, también mono-banda en 144 y también fabricada por Diamond.

FINAL DE LA LECCIÓN 14. OTRAS ANTENAS VERTICALES.

LA ANTENA DE $1/2$ ONDA.

Esta configuración radiante es muy popular en CB y 10 metros de aficionados, aunque

mucho menos en VHF y superiores, se puede construir sin grandes dificultades para la



VHF baja de 50 y 70 Mhz. La antena de media onda es un dipolo vertical alimentado en un extremo, no en el centro como sería lo habitual. La impedancia en resonancia en el extremo de la media onda es altísima, del orden de 2500 a 3000 Ohms. Lógicamente vamos a necesitar un sistema de adaptación a la línea de baja Z ; lo más habitual en frecuencias bajas como 27 y 28 Mhz es una bobina, construida como AUTOTRANSFORMADOR, de relación 49:1 ó 50:1, es decir, que de una bobina de 21 espiras tomaremos 7 para la conexión a la

línea de transmisión, y las otras 14 espiras formarán parte del radiante. Es un ejemplo aclaratorio, obviamente va a depender de otros factores, como el diámetro, la separación, el calibre, etc.

La ventaja principal de la antena de $1/2$ onda, es que NO NECESITA CONEXIÓN A TIERRA, ni radiales, ni contra-antena alguna. La distancia al suelo sí le afecta, y en mayor medida que su competidora directa que ya conocemos, la antena $5/8$ G.P. Lo recomendable es separarse del suelo, al menos otra media onda de la frecuencia de operación, siempre que sea posible. La mayoría de estas antenas de base, poseen un sistema de sintonía y/o ajuste de ROE, previsto por el fabricante para poderlas adaptar a su entorno. Lo normal en frecuencias de 27 y 28 Mhz es que la antena se instale sobre un par de mástiles tipo TV, es decir, entre 5 y 6 metros sobre el suelo. Aunque la conexión a tierra no es necesaria para el correcto funcionamiento de este tipo de antena, sí que es deseable, en cuanto dar un camino fácil a la estática y a las descargas atmosféricas. En un gran número de casos, veremos conexión eléctrica entre la malla de la línea de transmisión y la estructura metálica que soporta la antena. También de esta forma, la bobina adaptadora pone a tierra el radiante, que no es problema para la R.F.

Hay en el mercado antenas de base de media onda que llevan unas pequeñas varillas en su parte inferior, que sin ser radiales propiamente dichos, (miden unos 50 cm. en las antenas CB), actúan de CARGA CAPACITIVA, que permiten que la antena sea instalable más próxima a tierra. La firma TELEVÉS comercializaba uno de estos modelos, décadas atrás. En otras antenas de base, procedentes del ámbito náutico y

adaptado a tierra firme, el radiante está totalmente cubierto de fibra de vidrio, que es transparente para la radiofrecuencia, que evita la corrosión y le garantiza la supervivencia al viento. En este caso, el ajuste se hace a base de anillos capacitivos exteriores, (SOLARCON A-99), o interiores, (TAGRA MARINA), ambas de media onda, y de reconocida eficacia. Otras antenas más económicas, construidas en aluminio, llevan la bobina fija y el ajuste se consigue variando la longitud del radiante, como por ejemplo, SIRIO y SIRTEL, ambas de CB. Las antenas para estas bandas, vienen a tener entre 5 y 5,5 metros de largas. La ganancia real son 2 dBd, con un ángulo de radiación próximo a los 30 grados.

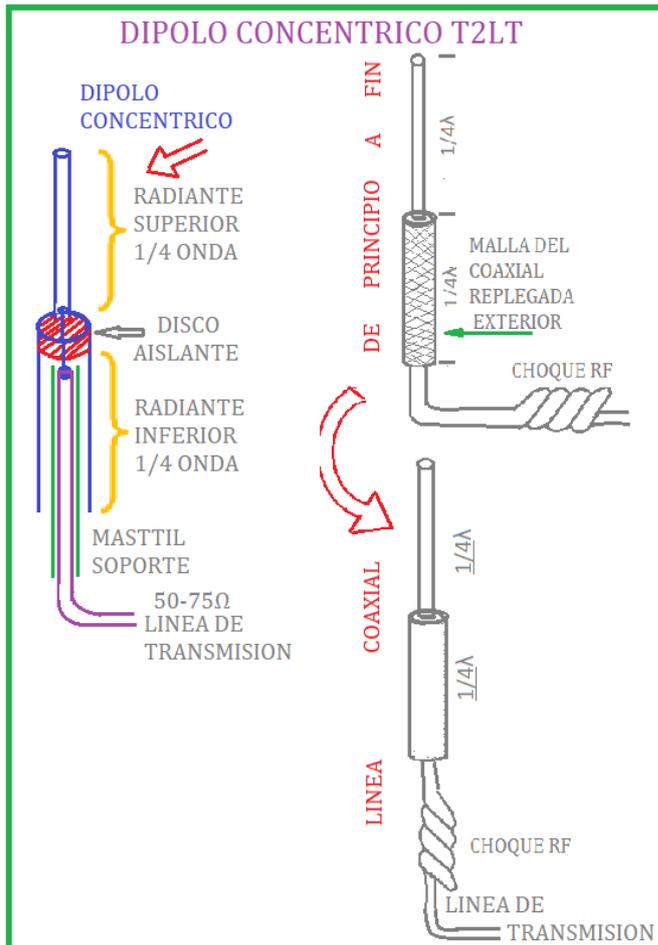
Son muy populares también las antenas móviles de 1/2 onda, en versión reducida y construidas en forma helicoidal, distribuida en toda su longitud, normalmente inferior a 1,5 metros. Se instalan en cabinas de camión, auto-caravanas y embarcaciones deportivas en las cuales no hay posibilidad de hacer un montaje tipo Marconi, al ser de material aislante tipo fibra de vidrio e incluso poliéster, el material donde debe soportarse la antena. Al no necesitar conexión a tierra, la antena de media onda resuelve el problema. Las antenas de este tipo que se comercializan para uso náutico, suelen venir ajustadas e incluso con la línea de transmisión insertada de por vida en la base del radiante, por evitar problemas de corrosión. En la mayoría de los casos, estas antenas móviles vienen ya ajustadas, con una ROE discreta inferior a 1,5.

Continuando con las antenas de 1/2 onda, hemos de saber que hay una forma de alimentarlas en forma de baja Z, es decir, sin autotransformador de acoplamiento, o sea, directamente a la línea de transmisión. Es en el centro de la antena, pero en este caso, ya no podemos hablar de radiante de 1/2 onda, pues realmente es un dipolo vertical, y como consecuencia, ya no tenemos la ganancia ni el ángulo de radiación más favorable que nos brinda la alimentación en un extremo. Pero bueno, hemos de conocer su existencia, y también sus particularidades. Se trata del DIPOLO VERTICAL CONCÉNTRICO, o dipolo coaxial, y su derivada, la ANTENA T2LT.

El Dipolo Vertical Concéntrico es un dipolo vertical en el cual la línea de transmisión que la alimenta no discurre en forma perpendicular al centro, sino en modo coaxial. Queda de esta forma una antena esbelta, fácilmente auto-soportable, siempre y cuando la frecuencia de trabajo no sea demasiado baja, 27 y 28 Mhz, por ejemplo, que siendo inferior nos obligaría a arriostrarla con vientos aislantes. El tramo inferior de la antena concéntrica, que corresponde a la conexión de masa de la línea coaxial, es un tubo de diámetro mucho mayor que el radiante superior, al menos 5 veces el diámetro, y si puede ser mayor, mucho mejor. De esta forma, se evita que la corriente que circula en este tramo inferior quede anulada en la mitad del ciclo de funcionamiento, cosa que ocurre por la contraposición o contrasentido de circulación de la corriente sobre la malla del cable coaxial. Si la frecuencia es baja, la antena puede resultar demasiado voluminosa y pesada, si no se eligen los materiales correctamente.

Es conveniente que la línea de transmisión quede blindada instalándose por el interior del mástil que soporta la antena; por lo demás, aplicaremos los criterios habituales, que son la típica separación de 1/2 onda siempre que sea posible, y al menos, que el extremo inferior del elemento más bajo esté como mínimo a 1/4 de onda separado del suelo.

La Antena T2LT es una antena que nace del problema y posterior solución del



inconveniente del dipolo concéntrico, que evita que la corriente por la malla sea anulada. En efecto, en principio podemos dejar ceñido el tramo inferior del dipolo sobre la misma línea de transmisión, pero si no buscamos una variación, la antena NO VA A FUNCIONAR, pues realmente tenemos sólo media antena, vista desde el punto de alimentación. La impedancia total va a ser muy baja, y por tanto, la ROE elevada, y el rendimiento, malo. La solución consiste en colocar UN CHOQUE DE RF, justamente donde acaba el tramo final del radiante inferior del dipolo, que va a actuar como un freno que evita el retroceso de las corrientes inducidas en la malla.

Este choque está formado en principio, por unas cuantas espiras hechas con la misma línea de transmisión, cuando nos manejamos en VHF y UHF, pero si la frecuencia es más baja, es conveniente que este choque sea bobinado sobre un núcleo magnético, tipo ferrita o toroide, de mucha mayor eficacia. De esta forma elegante suprimimos el problema del retroceso, la antena funciona igual que un dipolo convencional.

Podemos incluso ir un poco más allá; se puede suprimir del todo el tramo inferior del dipolo, la única condición es seguir colocando el choque a la medida correcta, sin olvidar el factor de velocidad.

La antena T2LT hecha con línea de transmisión ya no es auto-soportable, pero se presta muy bien a introducirla en un tubo PVC o caña de pescar de fibra de vidrio. Es una antena que si la hacemos desmontable no ocupa prácticamente nada, y es ideal

para uso portable, y en emergencias. Tanto esta antena como su antecesora el dipolo concéntrico, se prestan muy bien para ensamblar estructuras colineales en frecuencias de VHF y UHF, consiguiendo ganancias y anchos de banda interesantes.

RESUMEN DE LA LECCION 14ª

-La antena vertical de $3/4$ de onda se forma añadiendo un tramo de $1/2$ onda a un monopolo de $1/4$ de onda.

-La antena así formada continúa en resonancia en la misma frecuencia. Se consigue un pequeño aumento en el rendimiento de la antena, pues ha aumentado la resistencia de radiación. También sirve para tener más margen en el ajuste de la ROE.

-Como el tramo de $1/2$ onda añadido no está en fase con el monopolo de origen, el ángulo de radiación resultante no es más favorable que en el monopolo original.

-Esta configuración de antena sigue siendo de baja Z en resonancia, por lo que necesita de un plano a tierra eficaz para funcionar correctamente.

-Partiendo de la antena vertical de $3/4$, se llega a la antena de $5/8$ de onda, que es mucho más eficiente, puesto que consigue un ángulo de radiación más favorable, de 15 grados, o menor.

-Técnicamente, la antena de $5/8$ se le conoce como $0,625 \lambda$, y nace de añadir un pequeño tramo de $1/8$ de onda a una antena de $1/2$ onda. Resulta una configuración vertical de muy baja Z en resonancia, y necesita un dispositivo adaptador para igualarse a la Z_0 de la línea.

-Usualmente, a este tipo de antenas de baja impedancia, le acompaña un juego de radiales sintonizados; al menos tres de $1/4$ de onda.

-La antena vertical de $5/8$ es la antena de base por excelencia, y la podemos encontrar en prácticamente todas las bandas. Se usa abundantemente en CB, aunque a partir de VHF se prefiere la configuración colineal.

-Una antena $5/8$ tiene una ganancia real próxima a los 3 dBd.

-La antena $7/8$ viene de añadir un tramo de $1/4$ de onda a la ya conocida antena de $5/8$. Resulta así una antena de grandes dimensiones, próxima a la onda completa, que serían $8/8$.

-Esta configuración resulta ser de alta Z en resonancia, por lo que necesitará algún medio de adaptación. La ganancia supera ligeramente a su predecesora de $5/8$ de onda, ya que el ángulo de radiación es un poco más bajo.

-La antena de $1/2$ onda es una antena de base muy popular, sobre todo en la gama HF, y más en concreto en las bandas de CB y 10 metros de aficionado.

-La antena de base de $1/2$ onda, es un dipolo de la misma dimensión, el cual viene alimentado en un extremo, en vez de en el centro. De esta forma, se consigue un ángulo de radiación como en la antena de $5/8$, aunque la ganancia es un poco inferior, 2 dBd efectivos.

-Como alimentamos el dipolo en un punto de alta Z, entre 2500 y 3000 Ohms, es necesario un dispositivo de adaptación a la baja Z_0 de la línea de transmisión. Usualmente una bobina en modo autotransformador.

-La ventaja de la antena de alta Z, es que no necesita radiales ni toma de tierra; aunque es conveniente darle conexión a tierra para las descargas de electricidad estática.

-La antena dipolo vertical concéntrico es un dipolo vertical en el cual la línea de alimentación discurre por el interior de la propia antena. También se le conoce por las siglas TL2T.

-Esta antena funciona igual que un dipolo vertical con la línea transversal a la antena; para evitar esa condición engorrosa, la línea de transmisión también es coaxial a la propia antena.

-En algunos diseños, la envoltura correspondiente a la malla se suprime, con lo cual la antena T2LT puede estar realizada enteramente con cable coaxial.

-Es condición imprescindible para que esta antena funcione, que lleve incorporado un choque RF en donde correspondería el final inferior de la antena; el choque sirve de anti retorno de las corrientes de la malla.

-Este tipo de antena se puede construir para cualquier banda de frecuencias, si bien en la gama de HF debe ir arriostrada o enfundada para poderla hacer manejable, debido a su tamaño de $1/2$ onda.

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 15ª:

ANTENA J POLE Y SLIM JIM... A VUELTAS CON LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.

INTRODUCCIÓN: La antena en J y su derivada, la Slim Jim, son antenas sencillas y eficaces, pero para entender su funcionamiento bajo la filosofía de conceptos sencillos, no queda más remedio que hacer un breve retroceso al funcionamiento de las líneas de transmisión de RF, en cuanto a su funcionamiento peculiar de transformación de impedancias, (Z). Vamos a ello.

LA LÍNEA DE 1/2 ONDA:

Lo correcto es decir "tramo de línea de 1/2 onda", pero bueno, se da por entendido. Se trata de que la línea de transmisión de 1/2 onda, además de transportar energía de RF, también puede actuar como TRANSFORMADOR DE IMPEDANCIAS, cuando está configurada como BALUN DE 1/2 ONDA, como veremos más adelante. Recordemos lo que vimos en la lección de las Líneas de Transmisión; un tramo de media onda de línea, tiene la particularidad de MANTENER LA Z de la carga, tanto en entrada como en salida. Esto es así por el motivo de que ese tramo de media onda de la frecuencia que estemos utilizando no altera los valores de voltaje, (V), ni de intensidad, (I), debido a la longitud eléctrica de la propia línea. (Recordemos aplicar el Fv). Puesto que admitimos este concepto, no queda sino admitir también que el valor de impedancia de terminación, (Zl), tampoco varía, ya que aplicando la Ley de Ohm, $Z=V:I$. Enseguida vemos consecuencias prácticas:

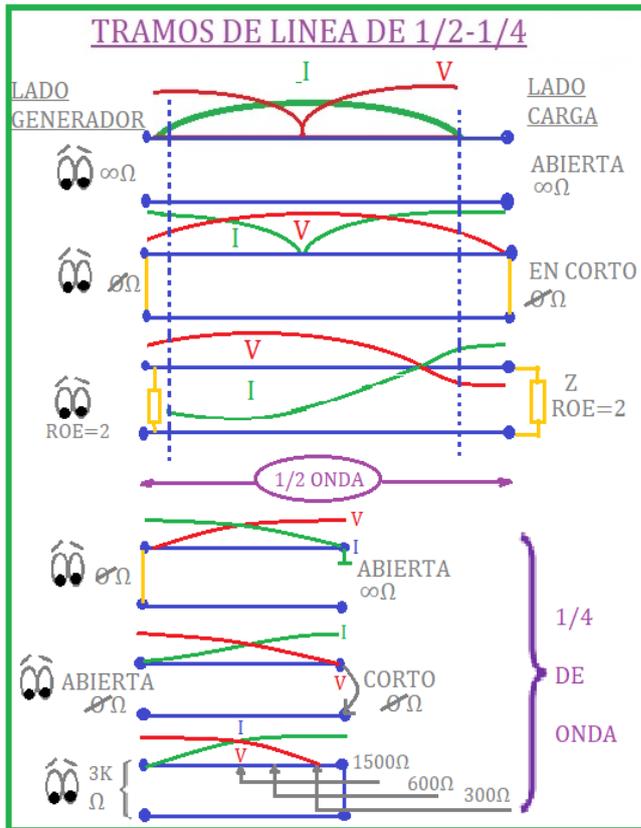
-La ROE de una línea de transmisión no varía siempre y cuando sumemos o restemos tramos de 1/2 onda. Recordemos aplicar SIEMPRE el Factor de Velocidad, (Fv), que depende de la línea en cuestión. Lo que sí va a variar son las PÉRDIDAS, por la atenuación de la línea.

-La impedancia característica (Z_0), de la línea no tiene importancia, puesto que no se alteran los valores eléctricos de la energía que transporta la línea. Podemos añadir un tramo de línea de 1/2 onda de $Z_0=75$ Ohms, en una línea que sea de $Z_0= 50$ Ohms. De nuevo, atención al Fv y a la atenuación del tramo añadido.

-Y por último, ya que el tramo de 1/2 onda no altera la Z de la frecuencia en uso, podemos hacer cortocircuitos en los puntos de cero voltios de la propia línea, sin que se viera alterado su funcionamiento. Esto es crítico, desde luego, pues hay que saber el Fv con la máxima exactitud, y empezar a contar 1/2 ondas DESDE LA ANTENA hacia el generador. ¿Utilidad? Pues por ejemplo en frecuencias de longitud centimétrica, como RADAR, es posible auto-soportar la línea de transmisión poniéndola a tierra en tramos múltiplos de 1/2 onda.

LA LÍNEA DE 1/4 ONDA:

En el "Tramo de línea de 1/4 de Onda", ya se deja entrever que el funcionamiento va a ser totalmente contrario al anterior tramo de 1/2 onda. En efecto, si en la línea de 1/2 tenemos el caso extremo de voltaje máximo y corriente mínima, o cero, que esto según la Ley de Ohm es una R infinita, o circuito abierto, quiere decir que a mitad de 1/2 onda, o sea, 1/4 de onda, tenemos las condiciones contrarias, o sea, V mínimo, e I máxima, prácticamente cero Ohms, o sea, un cortocircuito.



En resumen, que un tramo de 1/4 de onda de la frecuencia en cuestión, (y contando el Fv, como siempre), REFLEJA CONDICIONES DE Z INVERSAS en su entrada-salida, o sea, que un CORTOCIRCUITO EQUIVALE A UN

CIRCUITO ABIERTO, Y VICEVERSA. Esto es importantísimo en las antenas tipo J y Slim Jim, como vamos a ver, e igualmente importante en los montajes colineales. Aplicaciones prácticas:

- La línea de 1/4 de onda actúa como transformador de Z, con pérdidas bajísimas, inalcanzables con transformadores bobinados.
- La Z_0 propia de la línea, no importa, lo mismo que ocurría en la línea de 1/2 onda. Al fin y al cabo, 1/2 es la suma de dos de 1/4.
- Podemos elegir una gama muy amplia de adaptación de Z. Desde cero, a infinito, en teoría. En la práctica, hasta 3000 Ohms.

Tanto las líneas de 1/2 y de 1/4 de onda se prestan para construir filtros selectivos de Paso-Banda, y Eliminador de Banda. Lógicamente, lo mismo es válido para las frecuencias armónicas pares e impares, respectivamente. En la práctica, estas líneas lo mismo pueden ser tramos de cable coaxial, como líneas paralelas de alta Z, como varillas paralelas o concéntricas.

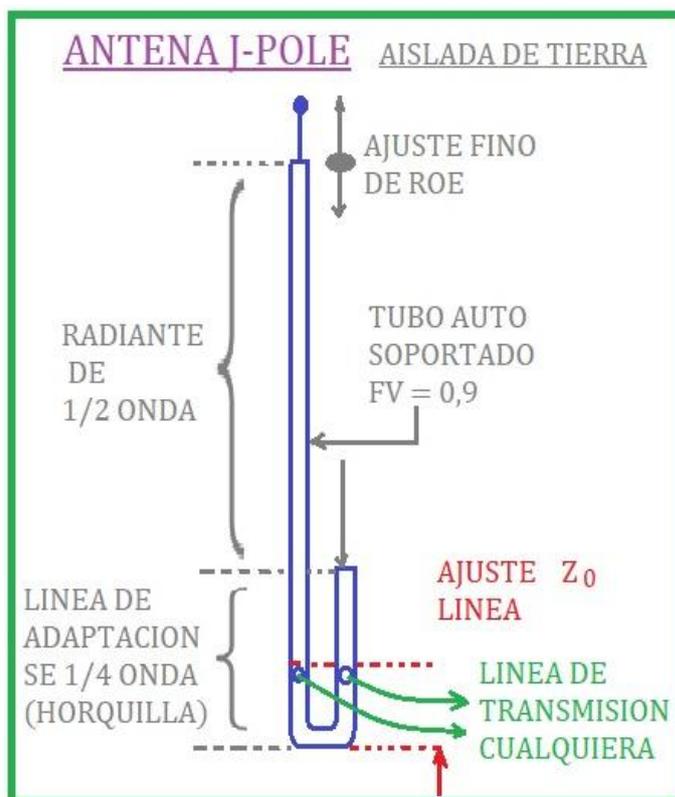
DENOMINACIONES:

-La línea de $1/2$ onda no suele cambiar el nombre, salvo cuando funciona en modo BALUN, en cuyo caso, se llama Balun de Media Onda, que es prácticamente cuando más se utiliza. Por no crear confusión, desarrollaremos este concepto en otro momento.

-La línea de $1/4$ de onda sí que tiene varios nombres. En castellano se le conoce como ADAPTADOR HORQUILLA o LÍNEA DE BUCLE, por similitud a la forma. En inglés está muy extendido HAIRPIN, (Horquilla), y STUB $1/4$, (Talón), aunque STUB con el uso, se ha convertido en adaptador genérico.

ANTENA J POLE.

La antena J POLE, (poste J, en inglés), o simplemente ANTENA "J" en castellano, se ha



hecho popular en los últimos tiempos, en las bandas de VHF y UHF, dado su buen rendimiento y facilidad de construcción. Desde la parte baja de VHF, digamos banda de 50-52 Mhz, ya es posible construir una antena J, pues las dimensiones son manejables. En frecuencias más bajas, por ejemplo CB o 28 Mhz de radioaficionados, resultan engorrosas y no gozan de popularidad.

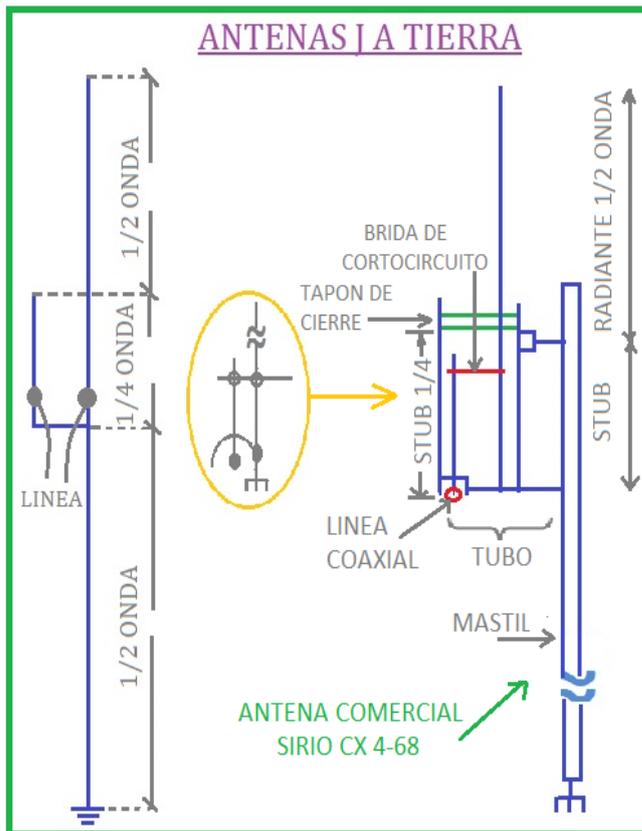
La antena J POLE consta, ni más ni menos, de un radiador vertical de $1/2$ onda, al cual se le ha añadido una línea de $1/4$ de onda que actúa de STUB

transformador de impedancias. En principio, la antena ocupa $3/4$ de onda, pero a efectos de funcionamiento, la antena se considera de $1/2$ onda. Ya sabemos que el radiante de $1/2$ onda tiene una Z en resonancia muy alta, del orden de 2500 a 3000 Ohms, cuando va alimentada en un extremo, que es la forma de conseguir ganancia, a base de tener un bajo ángulo de radiación. La horquilla formada por la línea de $1/4$ de onda, nos adapta la alta Z del monopolo de $1/2$ onda, a prácticamente la impedancia de línea que necesitamos, con tan sólo elegir el punto adecuado de la conexión. Da lo mismo que la línea de transmisión sea de $Z_0=50$, o $Z_0=75$, incluso $Z_0=300$ Ohms, aunque esta última no se utiliza apenas hoy día. Para formar la horquilla, lo normal es emplear dos varillas de cobre o latón, o un tramo de línea de transmisión de 300 o 450 Ohms, e incluso un tramo de línea coaxial, pero tiene mayores pérdidas. En el terreno

profesional se emplean mucho las varillas, pues facilitan mucho el ajuste de la antena a la línea, sobre todo cuando es montaje COLINEAL, ya que la antena J se presta mucho a ello. Las dimensiones de anchura de la horquilla no son críticas, lo mismo va a funcionar con 10 cm. de separación en 50 Mhz, que tan sólo con 1 cm. en UHF. La longitud de la horquilla sí es crítica, pues debe ser 1/4 de onda,(sin olvidar el Fv), pero en caso de ser tubo tendremos más margen que las varillas o la línea plana (cinta).

En principio, la antena J es balanceada y de alta Z, con lo que FUNCIONA SIN CONEXIÓN A TIERRA, aunque hay variantes comerciales que sí que contemplan esa posibilidad. Lo mismo para la línea de transmisión, la línea coaxial es asimétrica y desbalanceada; pese a eso se le conecta directamente a la horquilla, con buenos resultados. Una buena mejora para evitar retornos indeseados que pueden alterar las condiciones de ROE, es colocar un choque de RF, lo mismo que en la antena T2LT. Lo más práctico es alejarse 1/2 onda del punto de alimentación de la antena, y colocar el choque ahí.

La antena J cuenta con la adaptación con pocas pérdidas que proporciona la Horquilla



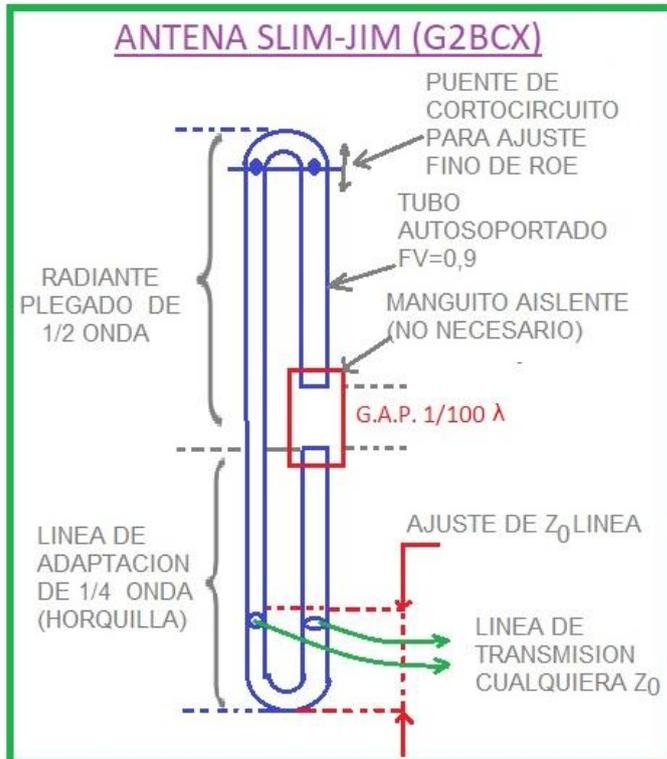
de 1/4 de onda, y esto es decisivo para frecuencias muy elevadas. En bandas de HF, hasta 30 Mhz, la horquilla es un engorro, máxime si ha de auto soportarse, y se prefiere la bobina adaptadora tipo auto transformador, asumiendo mayores pérdidas. Por otra parte, de cara a las descargas estáticas, la bobina proporciona cortocircuito y puesta a tierra, y la horquilla sólo cortocircuito, aunque esto no es insalvable. Las antenas J que resuenan en bandas de VHF y superiores, anuncian ganancias reales de 3 dBd, gracias al bajo ángulo de radiación, típico de 15 grados. Esto es gracias a la horquilla, que con muchas menos

pérdidas mejora el rendimiento general de la antena.

Por añadidura, la antena J puede funcionar en su frecuencia armónica triple, lo mismo que otras antenas verticales, pero el ángulo de radiación empeora. También se aplica de igual forma, el instalarla al menos a media onda del suelo, y libre de obstáculos.

ANTENA VERTICAL SLIM JIM.

La antena Slim Jim, fue inventada y patentada por el aficionado británico G2BCX, y vio la luz en el año 1978. Se trata pues, de una antena de reciente aparición.



El nombre viene de la traducción "delgada, con acoplamiento en J", y realmente procede de la antena "J," pero con la variante que el elemento radiante de 1/2 onda no es una varilla de esa medida, sino un dipolo plegado alimentado igualmente por un extremo. Para que la antena pueda funcionar, no está totalmente cerrada, sino que cuenta con una separación, (GAP), que viene a ser 1/100 de la longitud de onda de

funcionamiento. El resto de medidas son exactamente iguales que su antecesora la antena "J"; no son críticas la anchura de la horquilla ni del semi-dipolo plegado. Igual que la "J", para sacarle el máximo partido, debe estar aislada en su totalidad, aunque hay diseños en los cuales la parte inferior de la horquilla, que corresponde a cero ohmios de Z, está puesto a tierra por facilidad de instalación.

Siendo realistas, el dipolo plegado aventaja al dipolo normal en la anchura de banda, el resto de prestaciones deben ser las mismas. Si buscamos información sobre la Slim Jim, veremos que se anuncian ganancias doble que la antena "J", y ángulos de radiación muy bajos, próximos a cero grados. Se anuncian sobre el papel 6dBd en VHF y 5dBd en UHF, con ángulos de radiación menores de 8 grados, que ya es mucho. Al igual que otras muchas antenas verticales, pueden funcionar en su tercer armónico, con una ROE favorable, pero el ángulo de radiación se resiente al aumentar, lo cual es una desventaja en UHF. Es decir, que funcionando en VHF, 145Mhz, podemos pasar a UHF en 435 Mhz, y la antena sigue funcionando con una ROE baja, con peor ángulo de radiación y mayores pérdidas en la línea de transmisión.

Con respecto a la polaridad de la línea de transmisión, los fabricantes y aficionados no se ponen de acuerdo; en la horquilla de 1/4 de onda, siendo simétrica no debe importar dónde pongamos el vivo y la malla, pero donde se opta por poner a tierra el centro de la horquilla, lo normal es poner la malla cerca de ese punto. Para los más puristas, la antena "J" y la antena Slim Jim, deben ir soportadas por material aislante.

De una forma u otra, es muy conveniente colocar un choque de RF en la línea de transmisión.

La antena Slim Jim de VHF puede tener un ancho de banda de + y - 5 Mhz a partir de su frecuencia de resonancia, con una ROE típica de 1,5, perdiendo poca ganancia, lo cual es una ventaja frente a la antena "J". Sin embargo, esta última, se presta muy bien a la configuración colineal, imposible de conseguir con la Slim Jim.

Es igual de fácil construir una antena "J" que una antena Slim Jim, empleando cinta plana de 300 Ohms, o mejor aún, cinta " de ventanillas" de 450 Ohms. Tanto el tramo adaptador de 1/4 de onda, más el elemento radiante de 1/2 onda, se construyen con el mismo material, sin discontinuidad. Son más fáciles de ajustar para VHF y UHF las antenas hechas con cinta de 300 Ohms, y destinar la de 450 a las bandas de 50 y 70 Mhz. Pero no son nada críticas, y prácticamente se dejan hacer con lo que tengamos a mano.

La Slim Jim es la típica antena hecha para ser enfundada en tubería de PVC o caña de pescar de fibra de vidrio, que, además, puede plegarse, haciéndola fácilmente transportable. Lo mismo vale para la antena "J", por supuesto. No emplear nunca FIBRA DE CARBONO, que es conductor eléctrico. Estos materiales, tanto PVC como fibra, hacen la antena auto-soportable, y además, no hemos de preocuparnos del aislamiento de la línea de transmisión con respecto a tierra. Incluso podemos albergar el choque RF dentro del tubo. Como pequeño inconveniente, hemos de tener en cuenta que cualquier funda, pese a ser aislante, tiene el efecto de DESINTONIZAR ligeramente el conjunto de la antena, es decir, que siempre aparentará ELECTRICAMENTE UN POCO MÁS LARGA que en el espacio libre. Atención a esta circunstancia.

Por último, los aficionados a la escucha de frecuencias elevadas, encuentran a la antena "J" y Slim Jim, antenas muy aptas, baratas de construir, y con buenos resultados. Se les puede adaptar a línea de transmisión de 75 Ohms, RG-6 tipo TV, muy barata y fácil de conseguir.

Una "J" o Slim Jim diseñada para 150 Mhz, por ejemplo, receptiona de manera muy aceptable desde 50 hasta 450 Mhz, incluso más.

Todos estos conceptos acerca de este tipo de antena que se pretende que se entiendan de la manera más amena posible, quedan claros a través de los conceptos que se incluyen sobre el funcionamiento y construcción de la misma

Así mismo y como para todo tipo de temas acerca de esta y otras antenas, hay mucha literatura y videos acerca de su funcionamiento y construcción en la red.

Hay sobre todo una página que nos ofrece la posibilidad en función de la frecuencia que deseemos utilizar, averiguar los datos de los diferentes elementos que deben utilizarse y que la componen, a través de una calculadora de datos de esta antena.

Esta se debe al radioaficionado inglés, "John" de Essex en el reino unido "M3UKD", y se puede acceder a ella, en el siguiente enlace:

<https://m0ukd.com/calculators/slim-jim-and-j-pole-calculator/>

RESUMEN DE LA LECCION 15ª

-Un tramo de línea de transmisión de longitud de $1/2$ onda tiene la particularidad de no alterar la Z de un extremo con respecto del otro extremo, puesto que la onda de tensión y la de corriente están en fase.

-Un caso particular de la línea de $1/2$ onda, es cuando está configurado como Balun; en ese caso, actúa como transformador de relación 4:1, para una sola frecuencia y su armónico triple.

-Un tramo de línea de $1/4$ de onda actúa al contrario que si fuera de $1/2$ onda; puede funcionar como transformador de Impedancias, de entrada con respecto a la salida, en una relación de raíces cuadradas.

-Una aplicación típica de las líneas de $1/4$ de onda, es la de convertir bajos valores de Z a altos valores, y viceversa. Dicho de otra manera, la línea pasa de cortocircuitos a circuitos abiertos, y al revés. Siempre para una sola frecuencia y sus armónicos impares.

-No olvidar aplicar el Factor de Velocidad de la línea en cuestión.

-Al tramo de línea de cuarto de onda se le conoce como Horquilla o Stub de $1/4$.

-La antena "J" o J Pole, es una antena vertical de $1/2$ onda a la cual se le ha añadido una línea adaptadora en forma de horquilla. De esta forma resulta una antena cuya forma física recuerda la letra J.

-La dimensión física de esta antena corresponde a una antena de $3/4$; pero se considera que la horquilla no radia, con lo cual no afecta al tramo de $1/2$ onda.

-Gracias a la horquilla, que es un sistema adaptador eficaz y con pocas pérdidas, resulta una configuración de antena muy eficiente, con lo cual esta antena es popular en las gamas de V y UHF, donde sus dimensiones son manejables.

-La función de la horquilla, es adaptar la alta Z del radiante de $1/2$ onda, a la baja Z de la línea de transmisión, dentro de un margen muy amplio.

-En principio, la antena funciona sin conexión a tierra, pero hay versiones diseñadas para poder dar tierra en el centro exacto de la parte inferior de la J, por cuestiones de robustez mecánica y descarga de electricidad estática.

-La antena Slim Jim es de relativa reciente aparición, y consta de un dipolo plegado en el cual el punto de alimentación está en un extremo, lo mismo que una antena J.

-Para que esta antena funcione, tiene que llevar una abertura de aproximadamente $1/100$ de onda. Se le conoce como "gap".

-La ventaja de la antena Slim Jim con respecto a la antena J Pole, es su mayor ancho de banda. El resto de características no son de gran relevancia frente a la antena J.

-La parte inferior de la antena Slim es una horquilla adaptadora al igual que la antena J, con lo cual sirve la misma explicación de su funcionamiento.

-La ventaja de la antena J frente a la antena Slim, es que la primera se presta fácilmente a convertirla en colineal.

-Ambas configuraciones de antena son fáciles de construir de forma doméstica, a base de emplear líneas de transmisión en formato de cinta, preferiblemente la de 450 Ohm. Para hacerlas manejables suelen ir enfundadas en tubos de PVC o fibra de vidrio. En ambos casos, se puede adaptar la antena a cualquier Z_0 de línea coaxial, gracias al uso de la horquilla adaptadora.

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 16ª:

ANTENAS COLINEALES.

INTRODUCCIÓN.

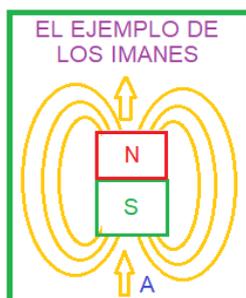
La Antena Colineal es la reina de las antenas en cuanto entramos en la región de las frecuencias muy elevadas. Tienen campo de aplicación en VHF, UHF e incluso SHF. Es la evolución lógica de todo lo que hemos visto hasta ahora en Radiotecnica, en especial las antenas de $1/2$ onda y $5/8$, y la adaptación de impedancias.

La palabra COLINEAL tiene un halo misterioso. Si vamos paseando con otro colega de la radio, y mirando los tejados y terrazas, (que es lo normal), tarde o temprano va a surgir aquello de " mira, el colega fulanito se ha quitado la antena G.P $5/8$ y se ha puesto una COLINEAL...", y como las personas somos así, pues se da el hecho de que la persona que lo cuenta da por sentado que el otro está metido en materia, y el que escucha , también da por entendido que quien lo dice controla el tema. Pues bien, aunque la construcción y puesta en marcha de este tipo de antena puede ser bastante compleja, vamos a quitar hierro al asunto, recurriendo a la filosofía de estas lecciones que son "de ir por casa", y con conceptos sencillos, pero claros, desaparecerá el misterio.

LA ANTENA COLINEAL (vertical), correctamente hablando debería llamarse ANTENA (vertical) DE ELEMENTOS COLINEALES ENFASADOS. Que nadie se asuste; el ponerlo así es porque en muchos catálogos de fabricantes está expresado de esta manera. Nosotros nos vamos a referir en su modo sencillo, para facilitar el entendimiento. El poner la palabra (vertical) entre paréntesis, es porque por extensión, y coloquialmente, se le conoce así, pero nada impide que una antena de hilo de las bandas HF sea colineal en modo horizontal, aunque a nivel de aficionado se emplea poquísimos, debido a sus dimensiones, y ha quedado su uso restringido a emisoras comerciales de Onda Corta, emisoras del Gobierno, militares y utilitarias, mayormente. Así que, de momento, vamos a por nuestra COLINEAL VERTICAL.

EL EJEMPLO DE LOS IMANES:

De niños y de estudiantes, el que más o el que menos, ha jugado con imanes.

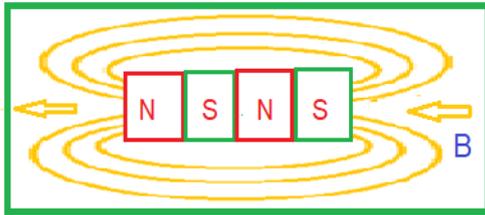


Recordemos que la barrita de imán tiene DOS POLOS, llamados NORTE Y SUR, y que por acuerdos internacionales, las líneas del campo magnético, van de norte a sur por fuera del imán, y por dentro de él, pues de sur a norte, lógicamente. En el dibujo, está marcado como "A", y las líneas magnéticas en color naranja. Estas líneas de campo magnético, que son invisibles, son las que atraen a algunos objetos metálicos, hasta que se pegan al imán.

Esto está claro y comprobado. De la misma forma, todo el mundo asume la Primera

Ley del Magnetismo, que dice que "los polos de igual nombre se repelen, y los de distinto nombre se atraen". Esto también está claro, y comprobado.

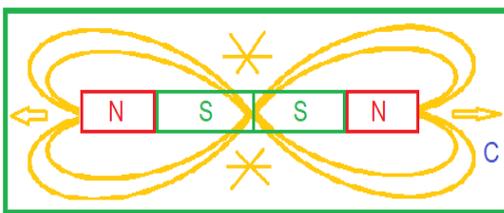
Pasamos al dibujo "B", donde vemos dos imanes de barra unidos por sus polos opuestos.



No hay que hacer ningún esfuerzo; a poco que aproximemos las barras, ellas solas se alinearán y pegarán entre sí. Tenemos ahora un imán el doble de potente, (pues se han sumado los campos magnéticos

individuales), pero también el imán resultante es el doble de largo. Esto se llama POLARIZAR correctamente.

Pasamos ahora al dibujo "C", en donde a base de fuerza, hemos conseguido unir de



forma temporal las barras de imán por sus polos opuestos. El resultado es que no sólo el imán ahora funciona mucho peor que cualquiera de los dos individuales, sino que con el paso del tiempo, ambos imanes

perderán sus propiedades magnéticas. Un desastre. Hemos colocado los polos MAL; o sea MAL POLARIZADOS.

Ahora hemos de poner un poco de imaginación, y asemejar los imanes individuales con los elementos verticales de una antena. Si nos remontamos al principio de la explicación del funcionamiento de las antenas dipolo, recordaremos que la corriente que recorre la antena es la responsable de la creación de la Radiación Electromagnética. En los primeros instantes, LA ANTENA ES COMO UN IMÁN. O sea, que si conseguimos colocar los elementos verticales de la antena con la polaridad correcta, podemos conseguir MÁS GANANCIA, mejores resultados que de forma individual. Como se da el hecho que nos las tenemos que ver con corrientes de R.F. , que además son del tipo A.C, es decir de naturaleza de corriente alterna, además de la polaridad, tenemos que conseguir que COINCIDAN EN EL TIEMPO. Esto, ya vimos que en electrotecnia se llama ENFASAR.

En resumen, si queremos hacer que la antena colineal funcione, hemos de conseguir que los elementos que la componen estén correctamente instalados y ENFASADOS. De ahí la denominación de la antena. Ah! y lo más importante; la palabra COLINEAL significa "QUE COMPARTEN LA MISMA ESTRUCTURA DE MONTAJE", vertical, las más de las veces, y por añadidura COMPARTEN LA MISMA LÍNEA DE TRANSMISIÓN. Atención, porque hay estructuras verticales que no son colineales, las antenas "J" bibanda, por ejemplo, y además, pueden ser bibanda con líneas de transmisión separadas.

La efectividad de la antena colineal, en cuanto a radiación, la consigue en base a aumentar la energía enviada hacia el horizonte, que es donde nos interesa, para llegar más lejos. O sea, **CONSIGUE GANANCIA EN BASE A DISMINUIR EL ÁNGULO DE RADIACIÓN**, que obviamente siempre va a ser menor que el que tendría uno de los elementos que la forman. Como consecuencia, el **ANCHO DE BANDA VA A DISMINUIR PROPORCIONALMENTE**. Ambos factores siempre van a estar opuestos. Si cuesta esto un poco de entender, pensemos de nuevo en imanes. Hemos conseguido más campo magnético en la base del imán, o base de la antena, al haber polarizado y enfatizado correctamente los elementos individuales. Dicho de otra forma, hemos mejorado el ángulo de radiación, achatándolo, en base a aunar fuerzas magnéticas. Ya sabemos que nada es gratis, y el Principio de Conservación de la Energía se cumple siempre. Nuestra antena colineal no radia más, puesto que le estamos proporcionando la misma energía R.F, lo que ocurre es que **ENVÍA MÁS ENERGÍA HACIA EL HORIZONTE**, que es lo que nos interesa para llegar más lejos. Esto es a costa del tamaño y de reducir el ancho de banda.

DENOMINACIÓN:

Hay varios tipos de caracterizar una antena colineal:

- Si los elementos son idénticos, se emplea la letra X, por ejemplo; 2 X 1/2 onda, 3 X 5/8 de onda. Se lee 2 por 1/2 onda, 3 por 5/8.
- Si los elementos son diferentes, se emplea el símbolo +, por ejemplo, 1/4 + 1/2 onda; 1/4 + 5/8 de onda. Se ve claro.

Los fabricantes suelen aportar más datos, como argumentos de venta:

- Antena "J" colineal de 2 x 1/2 onda...
- Colineal G.P. 2 X 5/8...

GANANCIA:

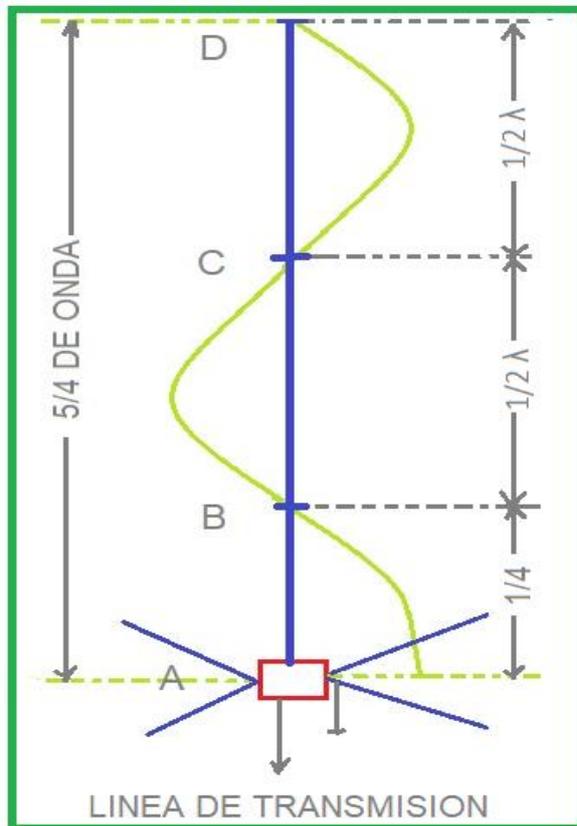
Es el punto fuerte, pero hay que ser realista, pues se suman las ganancias individuales, pero no olvidemos las pérdidas. Por ejemplo, una antena colineal de 2 X 5/8 no tiene 3 dBd más otros 3dbd; esperemos 5dBd. Otra antena de UHF que pueda ser 3 X 5/8 , no tiene 3 + 3 + 3 dBd, contentémonos con 7,5 u 8 dBd, que ya es mucho. Se entiende **SIEMPRE EN RESONANCIA**, lo mismo que el ancho de banda; si no queremos perder mucho rendimiento, esperemos +- 2 ó 2,5 Mhz sobre una referencia de 150 Mhz. Lógicamente, en UHF es algo más.

EXPLICACIÓN DE LA ANTENA COLINEAL.

Según vemos en el dibujo, en la letra D mayúscula, hay representada una antena de longitud 5/4, o sea, 4/4 + 1/4. Es como si a una antena G.P sencilla de 1/4 de onda, se

le hubiese añadido un tramo de onda completa. El tramo A-B es la antena G.P, y el tramo B-C-D es la onda completa, representado por dos medias ondas. (B-C más C-D). El trazo en color verde, (I mayúscula), es la onda de corriente.

Bien, como resulta que el tramo B-C-D es mucho más largo que el tramo A-B, la energía

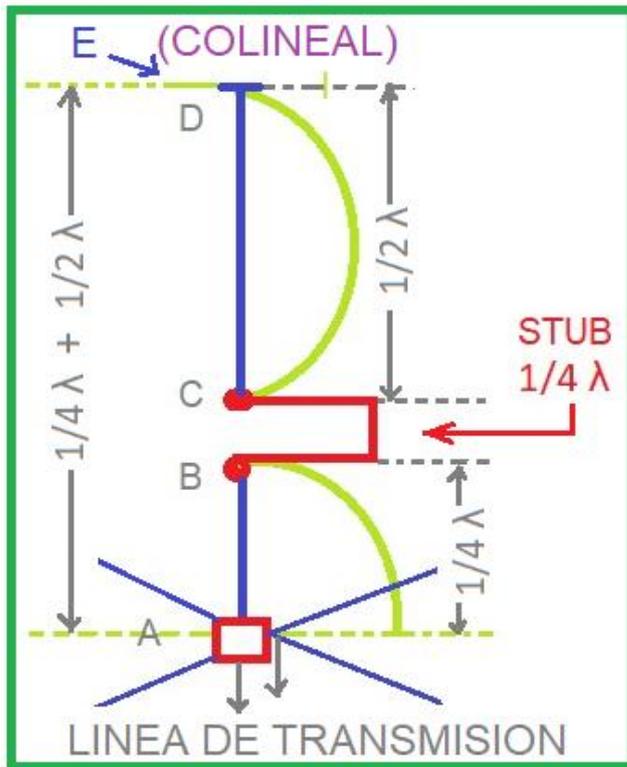


desarrollada por este tipo de antena, se va a dirigir mayoritariamente hacia el sentido vertical, hacia las nubes, que es justamente lo contrario que nos interesa, es decir, queremos enviar energía de radiación lo más al horizonte posible, para incrementar el alcance. Esto ya lo habíamos comentado antes, y es que LA FORMA DE CONSEGUIR GANANCIA EN UNA ANTENA VERTICAL ES HACER EL ÁNGULO DE RADIACIÓN LO MÁS BAJO POSIBLE. Esta antena de 5/4, siendo una antena colineal, a raíz del montaje, es totalmente ineficaz para el propósito buscado, puesto que el ángulo de radiación resultante ha aumentado mucho, hacia el cielo. Al igual que ocurría con los imanes

contrapuestos, (C), el resultado conseguido es peor que si no hacemos nada. Siendo objetivos, veremos que si el ángulo de radiación de la antena sencilla G.P es de 30 grados, con este montaje "colineal" resultante superaremos los 60 grados, o sea, que el alcance de la comunicación ha empeorado considerablemente. Sin embargo, seguiremos teniendo una ROE muy favorable, no muy diferente de la que tendría la antena en su forma simple. Y es que, una cosa es adaptación de Z y otra diferente el rendimiento de la antena.

Otra forma diferente de ver este engendro de antena de 5/4, a un nivel un poco más técnico, sería que el tramo B-C está con la polaridad opuesta o EN CONTRAFASE, con los tramos A-B y C-D. El resultado a nivel de rendimiento, que es malo, es el mismo; cada uno que tome la explicación más comprensible. Se trata, en resumen, de REALINEAR LAS PARTES, como hicimos con los imanes, polarizando correctamente los elementos colineales. Total; LA RADIACIÓN DEL TRAMO A-B HA DE SUMARSE CON LA RADIACIÓN DEL TRAMO C-D, suprimiendo el tramo B-C. No podemos quitarlo sin más, porque la corriente ha de pasar hasta el final de la antena.

La solución la tenemos en el dibujo E. Se trata de plegar el tramo de media onda en



forma de horquilla, nuestro conocido STUB de $1/4$, que ya vimos en la antena "J". En este caso, hemos colocado la horquilla como TRANSFORMADOR DE ALTA Z-ALTA Z, sirviéndonos de los dos extremos del STUB. Con eso conseguimos adaptar los 2500-3000 Ohms que tenemos en la punta de la varilla de la antena G.P, al mismo valor de impedancia de la varilla de $1/2$ onda en su base, y además, hay continuidad eléctrica, con lo cual LA CORRIENTE DE R.F PUEDE LLEGAR HASTA EL FINAL DE LA ANTENA. También decimos que el tramo A-B ESTÁ ENFASADO con el tramo C-D.

Tenemos ahora una verdadera antena colineal, muy sencilla, pero efectiva. Habremos conseguido bajar el ángulo de radiación algunos grados, quizá sobre 20, y la ganancia resultante rondará los 2,5 dBd. Obviamente, el ancho de banda se verá un poco más restringido, y la ROE es fácil de ajustar en conjunto. Esta antena es meramente a efecto explicativo, y de comprensión, pues en la práctica el STUB C-B es un engorro de construir si hay que auto soportarlo, a menos que la frecuencia sea UHF, por razón del tamaño. Realmente, una vertical simple de $5/8$, funciona igual, y es más fácil de construir.

Hemos hecho una ANTENA VERTICAL COLINEAL DE $1/4 + 1/2$ ONDA. Se considera que el STUB no radia, sólo adapta.

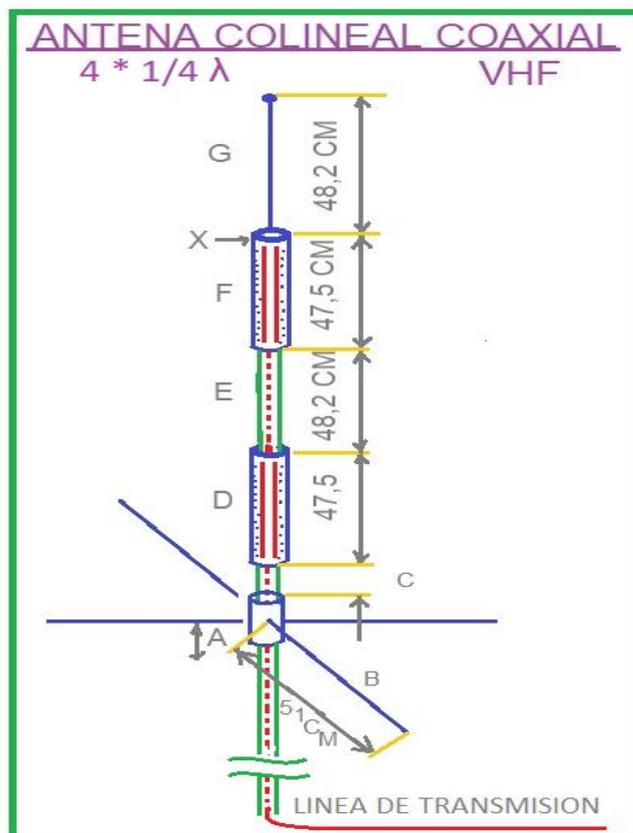
A continuación, veremos unos ejemplos de antenas colineales reales, sencillas de comprender y por motivos puramente didácticos.

ANTENA COLINEAL COAXIAL 4 X $1/4$ de onda:

A poco que hayamos visto el principio de funcionamiento colineal, nos hacemos una idea de esta sencilla antena. Procede de la 22 edición del RADIO HANDBOOK, año 1986, y es una antena vertical con plano a tierra con las medidas para la banda de aficionados de VHF, que en U.S.A va de 144 a 148 Mhz. Está construida con secciones coaxiales o concéntricas de $1/4$ de onda, teniendo la particularidad de que EL PUNTO DE ALIMENTACIÓN DONDE SE CONECTA LA LÍNEA COAXIAL, está situado en "X", que es un disco aislante, donde el vivo de la línea se conecta al radiante "G", y la malla, al

tubo "F", que tiene un diámetro de 50 mm, lo mismo que el tubo "D". El mástil-soporte es el tubo "E", que llega hasta el disco aislante "X" sin hacer contacto con él. Las medidas están en cm, y las separaciones son de $1/4$ de onda; las pequeñas diferencias son debidas a los diámetros de los tubos. Los radiales "B", en número de 4, son ligeramente más largos, y se conectan al MANGUITO DESLIZANTE, "A", que es otra particularidad de esta antena, y es donde se hace el ajuste fino de ROE, variando la distancia "C", que viene a ser unas 3 pulgadas. El plano a tierra NO DEBE LLEGAR A TOCAR el extremo inferior del tubo "D".

-FUNCIONAMIENTO: Los elementos excitados son F y G, que no dejan de ser



una antena coaxial (o concéntrica), según vimos en la lección anterior. A una distancia de $1/4$ de onda, se encuentra el tubo D que es un elemento colineal, aunque podemos considerarlo alimentado de forma pasiva. El conjunto de collarín más varillas, forman el plano a tierra resonante, y le dan estabilidad eléctrica al conjunto de la antena, a costa de deformar ligeramente el lóbulo de radiación. Se le puede suprimir, si equipamos a la antena con un CHOQUE en la línea de transmisión, lo mismo que si fuera una antena T2LT. El tubo D sólo tiene contacto por su parte superior.

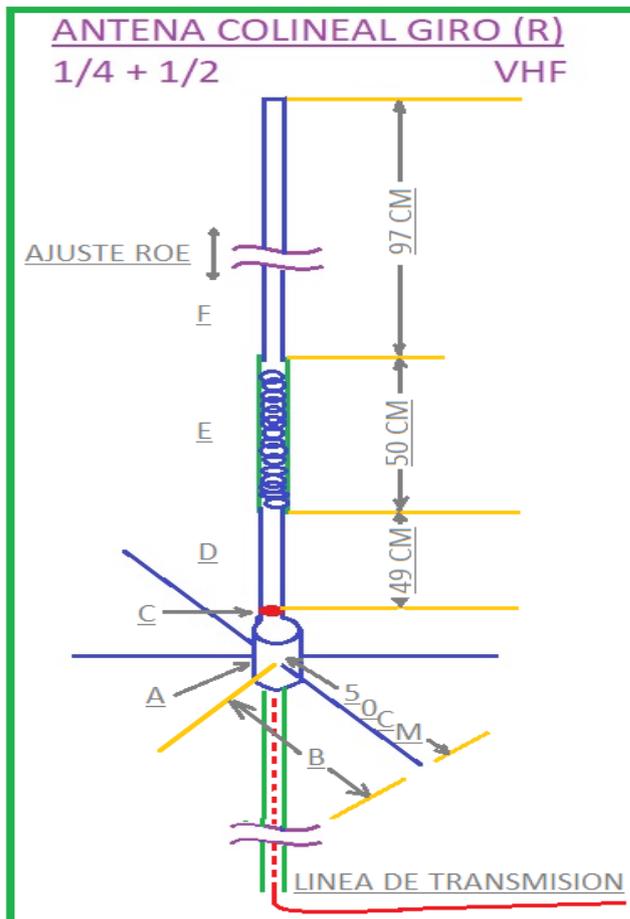
La ganancia es muy discreta, tan sólo 3 dBd, y la ROE en resonancia inferior a 1,5, llegando a ROE=2 en los límites de la banda. El libro no habla de ángulo de radiación, aunque se podría modelar con las técnicas actuales. También se puede construir esta antena ENFUNDADA, haciendo los elementos con línea coaxial, pero en este caso hay que tener en cuenta el Fv de la línea, y el efecto capacitivo de la funda.

Para el lector que considere que esta antena colineal no es interesante y por tanto está en desuso, diremos que nada de eso, pues se encuentra desapercibida en la mayoría de los hogares actuales. Efectivamente; de dimensiones milimétricas, está escondida en una funda plástica del tamaño de un bolígrafo, ni más ni menos que en los dispositivos ROUTER-WIFI, para las frecuencias de 2,4 GHz y superiores. Suelen ir

emparejadas, para la transmisión y recepción de datos de Internet. Obviamente, no disponen de plano a tierra, pero sí de un choque minúsculo en cada una de ellas.

ANTENA VERTICAL COLINEAL "GIRO" (R).

Vamos a ver ahora una antena colineal de base que fue muy popular desde la mitad de



los años 70 y hasta bien entrados los años 80. En esa época, tuvo un gran auge a nivel de aficionados la banda de VHF de 144 Mhz, y multitud de empresas privadas y públicas tenían necesidad de comunicación para sus servicios. La empresa española GIRO, actualmente desaparecida, comercializó esta antena, en sus variantes normal y reforzada. Se la podía ver en muchas azoteas de radioaficionados, empresas varias, incluso en Clubs Náuticos y alguna embarcación de pesca. El aficionado con habilidades manuales la podía replicar sin demasiadas dificultades para su uso personal, a base de material de ferretería, y un par de tubos de escoba. Algunas de estas antenas

han sobrevivido hasta nuestros días. En el dibujo, las medidas corresponden a la banda de aficionados de VHF.

La antena tiene la particularidad de contar con una gran bobina que es la encargada de conseguir el desfase adecuado entre los elementos colineales superior e inferior. Consta de un conjunto sintonizado de varillas de $1/4$ de onda en forma de radiales horizontales, sujetos a un collarín fijo y puesto a tierra, que es donde se conecta la malla de la línea coaxial. El vivo del cable se conecta al punto rojo "C", bien por dentro o exterior a la antena. A veces, los aficionados constructores sustituían el collarín por una escuadra metálica, con idéntico funcionamiento.

El punto crítico de esta antena, ya se ve que es la bobina "E", hecha con hilo de unos 2 mm de diámetro, bobinada en forma de ocupar $1/4$ de onda sobre un soporte aislante. El desarrollo de la bobina es una onda completa, que debe de ir protegida con otro tubo aislante; de fábrica era así, la versión reforzada tenía cubierta la antena y el

tramo inferior. El tramo superior de 1/2 onda, ("F") se hacía ajustable a base de tubos telescópicos, para llevar la antena a resonancia.

FUNCIONAMIENTO: Considerando que la bobina "E" no radia, tan solo consigue el desfase y la adaptación de impedancias, se ve claramente en el dibujo que se trata de DOS ELEMENTOS COLINEALES ENFASADOS, el superior de 1/2 onda, y el inferior, de 1/4 de onda, ("D"). La ganancia es discreta, siendo realistas podemos esperar 4 dBd. La ROE se dejaba ajustar bien y era inferior a 1,5 en el centro de banda a 145 Mhz, aumentando ligeramente en los límites de banda. Esta antena era fácil de auto soportar, siendo el punto débil la bobina, que debía tener garantizada la estanqueidad, para la supervivencia de la antena.

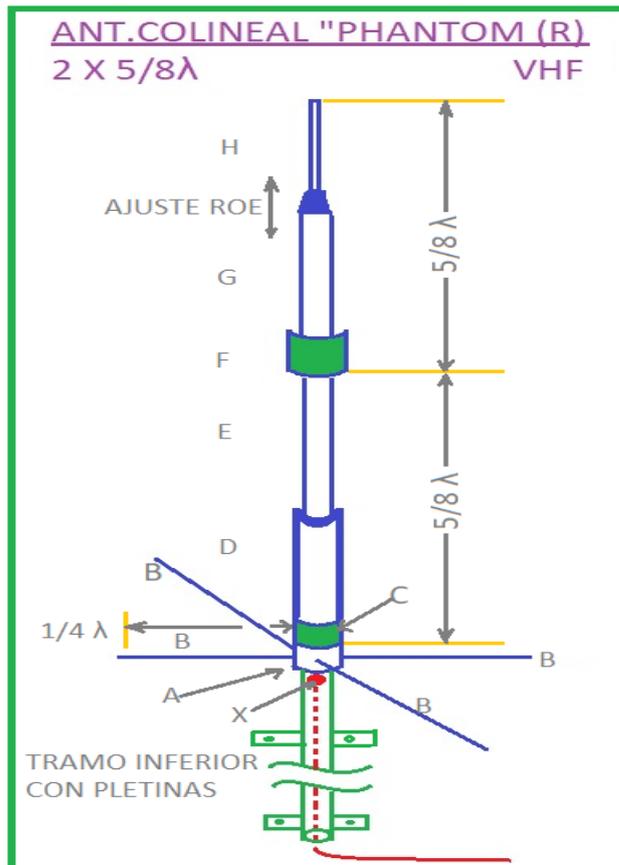
En la versión comercial, la antena estaba "a tierra" para la estática, cosa que conseguía el fabricante colocando un choque en paralelo con el conector de alimentación. Sin hacer referencia a la marca, que registró el producto, podemos encontrar abundantes réplicas de esta antena, a nivel de aficionado, todos los montajes con buenos resultados. Se la hace funcionar también en UHF, con una ROE aceptable, ya que resuena también en su tercer armónico, (435 Mhz). NO es una antena concebida bibanda, como otros ejemplos vistos, aunque funcione, pero con un ángulo de radiación desfavorable.

LA ANTENA PHANTOM (R).

Esta antena colineal, aunque empezó siendo de manufactura artesanal, se puede considerar la "Antena de Luxe" en las colineales de base. De la misma época que las BRITEL, se le podía conseguir hasta entrada la década de los años 2000, y han sobrevivido muchas en base a su robustez a toda prueba. Era, (y sigue siendo, pues todavía están en pie), la favorita para instalar en reemisores, tanto de aficionados como comerciales, en Clubs Náuticos, empresas consignatarias marítimas, y cómo no, los radioaficionados con recursos económicos. Los aficionados y profesionales reticentes a la colineal BRITEL se encontraban identificados con la colineal PHANTOM. Estaba construida a conciencia, a base de material inoxidable en cuanto a soportes, tornillería y remaches, incluso los radiales, en número de 4, eran varillas de Inox de 5 mm. Las bobinas, de hilo plateado, estaban enfundadas en manguitos de teflón, resistente a los rayos UV y cambios térmicos. Los tubos radiantes eran de aluminio anodizado reforzado, a doble espesor, con casquillos de ajuste de acero inoxidable. Todo esto daba como resultado una antena de base que no era ni ligera ni barata, pero de gran calidad. Al igual que su competidora BRITEL, existía una colineal mono banda en UHF, con las medidas proporcionales a la longitud de onda.

FUNCIONAMIENTO: Es una ANTENA COLINEAL DE 2 X 5/8, de dos elementos enfasados con sus bobinas correspondientes. A la vista del dibujo, no es difícil entender el funcionamiento. Consta de un elemento superior, con los tubos "G" mas "H", y su

bobina adaptadora "F", y un elemento inferior, de tubos "E" mas "D", con su bobina



"C". En la parte inferior de esta última bobina se encuentra el punto de alimentación de la línea de transmisión, (punto X), a base de conector PL hembra, solidario al plano a tierra "A", que es fijo, con sus radiales "B", de $1/4$ de onda. Ambos elementos colineales están excitados, consiguiéndose la adaptación y puesta en fase, con las bobinas correspondientes, y el sentido de giro adecuado. Los tubos radiantes son de sistema telescópico, sin abrazadera, sino con collarín de bloqueo. El fabricante adjuntaba una hoja de instrucciones con cada antena, en la cual constaban las medidas adecuadas para la frecuencia de operación; en concreto el modelo

3655 de la banda de aficionados de VHF, tenía una ganancia de 7,2 dBi, ROE en resonancia menor de 1,5, y potencia máxima de 225 W. Podía tener un ancho de banda operativo de $\pm 2,5$ Mhz sin que se vieran demasiado alteradas sus características. La bobina inferior estaba derivada a masa, para protección contra la electricidad estática.

Para climas extremos, era imprescindible sellar con cinta vulcanizable los collarines de ajuste, único punto débil de la antena.

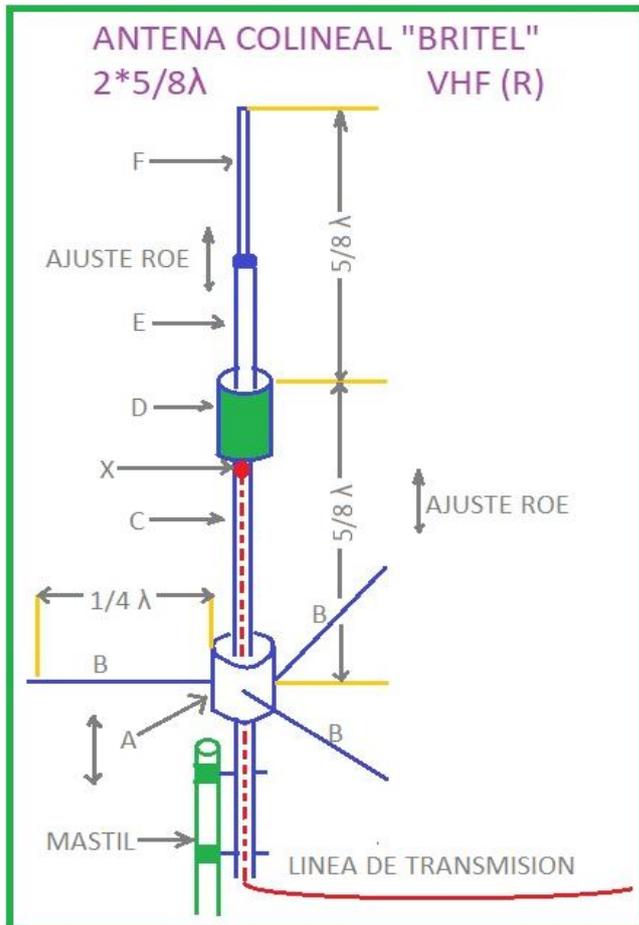
LA ANTENA COLINEAL BRITEL (R).

Esta antena salió al mercado en la década de los años 80, y gozó de mucha popularidad, pues era ligera de montaje, sencilla de construcción y de precio asequible. Lo mismo se veía en azoteas de aficionados, que en instalaciones comerciales, para la comunicación profesional. Construida totalmente en aluminio, tenía la particularidad de constar de UNA UNICA BOBINA, la cual la caracterizaba, estando enfundada en una cápsula de PVC. El plano a tierra constaba de tres radiales de $1/4$ de onda, de tubo de aluminio.

Los aficionados y profesionales más puristas no la consideraban una genuina antena colineal, por el hecho de tener una única bobina de adaptación. No vamos a entrar en este detalle polémico; sin embargo, la antena funcionaba bien, se fabricaron

muchísimas, aunque de forma artesanal, y existía un modelo exactamente igual para la banda de UHF, el modelo BE 3100, pero con las medidas proporcionales a su tamaño, claro está. Muy pocas unidades han sobrevivido hasta nuestros días, pues el punto débil se encontraba en la estanqueidad del manguito de la bobina adaptadora, más aún si tenía que estar en climas fríos con posibilidad de heladas.

FUNCIONAMIENTO: Esta antena consta de dos elementos colineales de $5/8$ de onda,



que son los tubos "E" más "F" por un lado, y el tubo "C", por otro. La bobina, que es única, se encuentra dentro del manguito "D". El punto de alimentación, con conector PL hembra, está en la parte inferior de la bobina, (punto X), con lo cual la línea de transmisión discurre por el interior del tubo-soporte "C", que hace contacto con el casquillo de terminación de la línea. Un manguito metálico deslizante "A", que soporta los tres radiales, hace las veces de plano a tierra. El ajuste de ROE se consigue con dos maniobras; por una parte, la variación de la longitud del radiante superior (E + F), y por otra parte, la distancia desde la bobina hasta el collarín deslizante "A". El fabricante proporcionaba una hoja

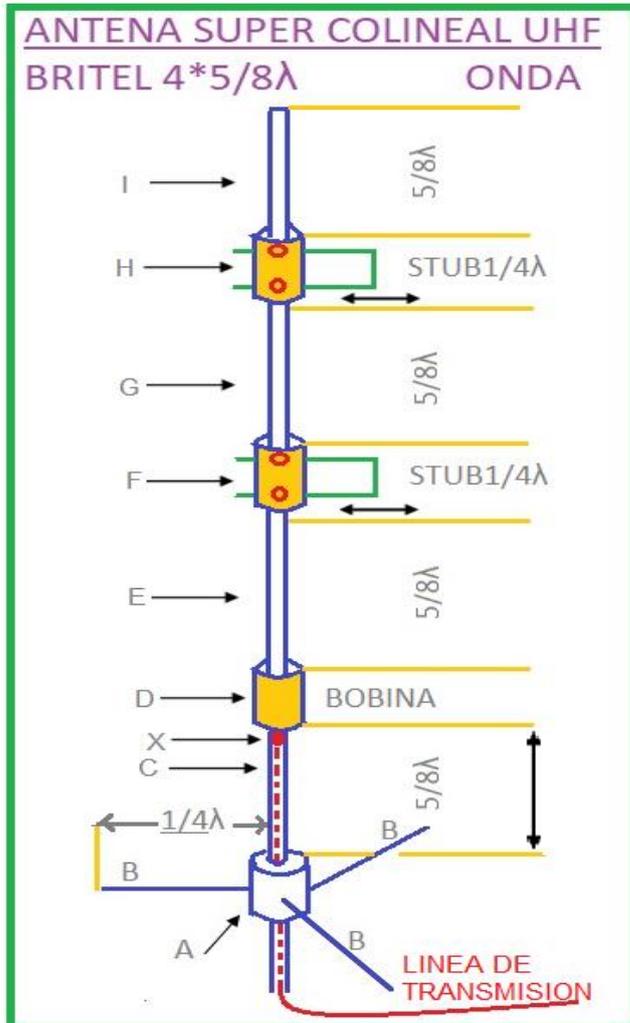
de instrucciones con cada antena, en la que constaban las medidas aproximadas a la frecuencia de operación, además de otros datos técnicos, como la ganancia, de 6,2 dBi, ROE en resonancia, que era menor de 1,5, y potencia máxima de 250 W. Un diagrama del ángulo de radiación daba una idea de un valor próximo a 5 grados, que no estaba nada mal.

La gran ventaja de esta antena, única en su género, es que permitía pasar de un montaje convencional de $5/8$ G.P, a COLINEAL DE $2 \times 5/8$, con la única maniobra de aflojar el collarín deslizante de los radiales, y llevarlo a la parte superior del tubo "C", o lo que es lo mismo, a pie de bobina, siempre y cuando la antena estuviera accesible, por supuesto. Esto permitía hacer pruebas comparativas de su funcionamiento, y más de un instalador se ha llevado una sorpresa en este aspecto. Los aficionados con habilidades manuales solían replicarla para su uso personal, el elemento superior de $5/8$, bobina incluida, podría muy bien proceder de una antena móvil también de $5/8$.

El ajuste de ROE, en plan doméstico, era sencillo, pues primero se lleva a resonancia la antena simple de $5/8$, suprimiendo el tramo inferior, y a continuación, se vuelve a llevar a resonancia el conjunto, ajustando el collarín deslizante.

ANTENA SUPER-COLINEAL UHF:

De la antena del dibujo se vieron muy escasos ejemplares para el uso de aficionados,



aunque algo más en el terreno profesional. Como tiene interés didáctico, vamos a comentarla brevemente.

Se trata de una antena de 4 elementos colineales enfasados de $5/8$ de onda cada uno; 3 de ellos en la parte superior (según el punto de alimentación), y otro en la parte inferior, con el sistema BRITEL. El tramo inferior termina en el collarín de plano a tierra, con el consabido COLLARÍN DESLIZANTE, que ya hemos visto, y en principio, es el encargado de llevar el sistema colineal a resonancia.

Los tramos "C" - "E" - "G" - "I" son los elementos radiantes, "F" y "H" son las horquillas de adaptación de impedancias, (STUB de $1/4$ de onda), montadas sobre manguitos aislantes que, además

de auto soportar los tramos verticales, permiten hacer conexión eléctrica con las horquillas mediante tornillos, y hasta cierto punto, ajustar su longitud efectiva, permitiendo un ajuste fino de ROE. En el manguito "D", se encuentra la bobina adaptadora de la sección "E", que a su vez dispone del conector de la línea de transmisión. Como casi siempre, esta bobina es auto-transformador con toma, por lo que a efectos de estática está puesta a tierra. Los radiales, en número de 3, son de $1/4$ de onda.

FUNCIONAMIENTO: No será necesario añadir mucha más explicación. Esta antena colineal mide unos 180 cm para la frecuencia de aficionado de 435 Mhz, el funcionamiento conjunto de los elementos colineales permite una ganancia total de 12 dBi, con un ángulo de radiación muy bajo, próximo a los cero grados. Aunque se podía

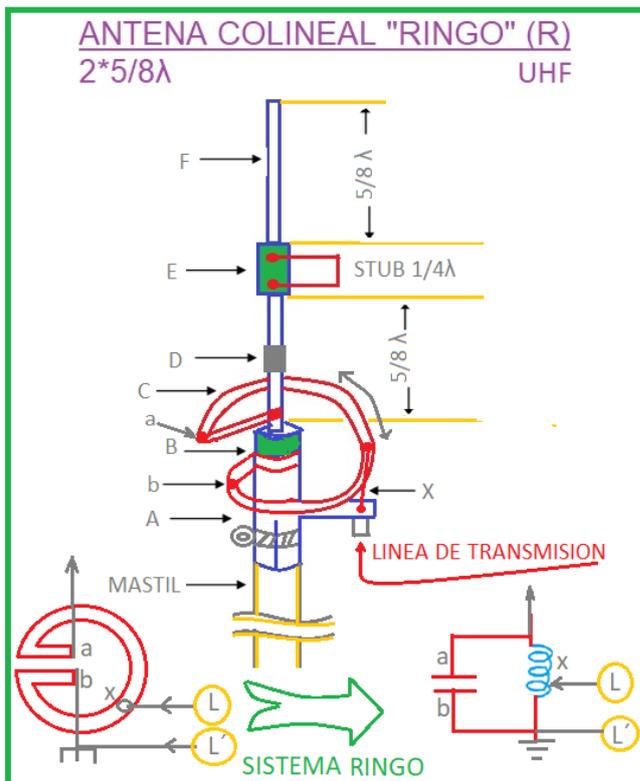
construir robusta, a base de tubos gruesos de aluminio de 12 mm, sufría del mismo inconveniente de su antecesora BRITEL de VHF, es decir, la estanquidad de la bobina "D", causa de que hayan sobrevivido escasos ejemplares a día de hoy. Bien alta y acompañada de línea de transmisión adecuada, rendía excelentes resultados.

Finalmente, como se trata del sistema de collarín deslizante, recordar que se podía configurar como COLINEAL de 3 x 5/8, tan sólo acercando el plano a tierra hasta la parte inferior de la bobina "D".

ANTENA COLINEAL "RINGO":

Esta peculiar antena, en configuración colineal, utiliza una espira adaptadora de impedancias asociada a un condensador, con lo cual ya no es necesario el plano a tierra. El nombre de RINGO le viene de la palabra inglesa "Ring", (anillo), y salió al mercado sobre los años 90; concretamente la firma TELEVÉS, fabricaba el modelo 6540, colineal UHF de 2 x 5/8 de onda, sintonizable entre 420 y 470 Mhz, apta para aficionados y servicios comerciales. Siendo una antena sencilla, no gozaba de una ganancia espectacular, pero estaba bien terminada y era muy robusta.

FUNCIONAMIENTO: Desde la espira Ringo hacia arriba, son dos elementos de 5/8, "D"



y "F", acoplados mediante el manguito aislante "E", que a su vez, alojaba el STUB de 1/4 de onda, al modo habitual. El radiante "D", era ajustable, para aproximar la sintonía de la antena a la frecuencia de uso. El tubo inferior "A", junto al casquillo aislante "B", soportaba el conjunto de elementos radiantes, anillo Ringo y conexión de la línea de transmisión, en el punto "X", hasta cierto punto ajustable. Además, daba tierra a través del mástil. El mástil se montaba concéntrico a la antena, haciéndose firme por medio de abrazadera.

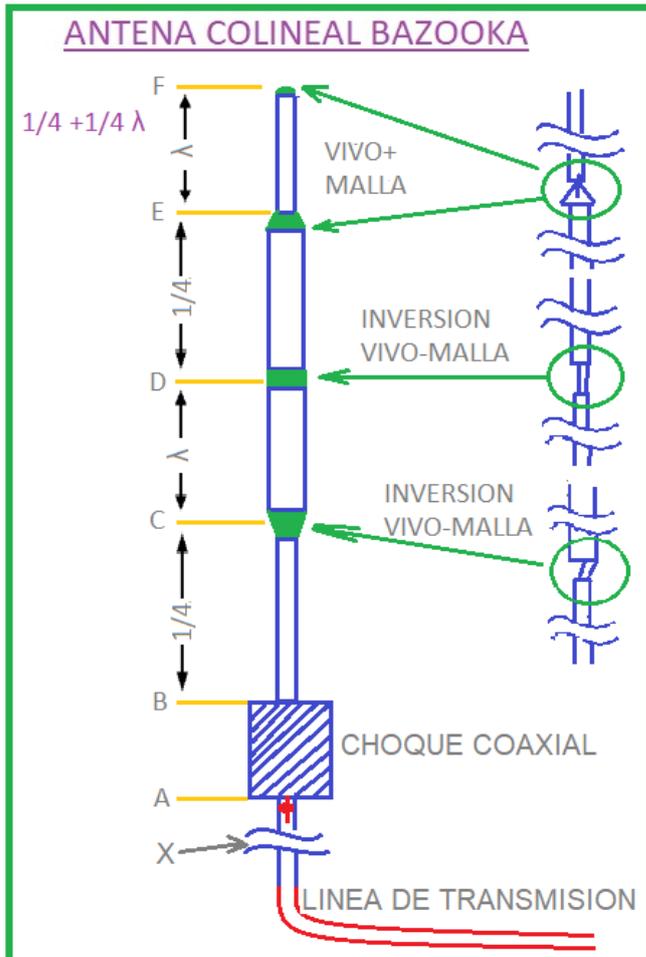
En la parte inferior del dibujo se explica la similitud del anillo RINGO con el circuito resonante equivalente, para facilitar la comprensión del funcionamiento. Las pletinas "a" y "b", forman el condensador asociado, y la línea de transmisión (L y L') se conecta a un punto "X" de baja Z, lo más próxima a la Zo de la línea. El ajuste fino de ROE se hacía en ese punto X, que era

deslizante, y en caso de querer afinar más aún, tocaba variar el ajuste de la longitud de la horquilla STUB.

TELEVÉS anunciaba una ganancia de 6 dBi, para una ROE en resonancia de tan solo 1,1. Soportaba una potencia de 500 W. Estando construida en aluminio casi en su totalidad, el fabricante recomendaba que se barnizase toda ella, una vez ajustada.

ANTENAS BAZOOKA.

Se entiende por ANTENAS BAZOOKA, las que están construidas a base de tramos de



cable coaxial, de los cuales se aprovecha la característica del FACTOR DE VELOCIDAD, (F_v). Vamos a ver cómo el cable coaxial, además de utilizarse como línea de transmisión para el transporte de energía de R.F, y poder adaptar impedancias, sirve para construir elementos radiantes, al mismo tiempo que puede cambiar la fase de la corriente, por la transposición del vivo por la malla.

La cosa es, que si cogemos un cable coaxial de los más conocidos, como el RG-58, o el RG-213, o la versión mini, RG-174, cuyo F_v ya sabemos que está próximo a 0,66, (66%) y lo utilizamos como elemento radiante, vamos a aprovechar este factor como acortamiento del

elemento, y además, podemos conseguir que actúe como DESFASADOR, si la medida eléctrica es $1/4$ de onda e invertimos a tramos el vivo por la malla. En resumen, que un tramo de coaxial de $1/4$ de onda, es 66% más corto que su equivalente en conductor rectilíneo, como puede ser una varilla o un tubo. Si usamos el tramo coaxial uniendo el vivo y la malla en los dos extremos, entonces la cosa cambia, y se comporta como un conductor de grosor equivalente. Esta característica del Factor de Velocidad, que acompaña a cada cable coaxial, tiene ventajas e inconvenientes, como todo en la vida, y vamos a verlo. En principio, la antena bazooka más simple es la Antena Coaxial, o Antena T2LT, que vimos en la lección anterior, y que estaba construida enteramente con la misma línea de transmisión. Podemos mejorar la T2LT y convertirla en COLINEAL BAZOOKA, a base de superponer elementos enfasados. Hay que añadir, que en la

práctica, el comportamiento de la energía de R.F por el interior del tramo bazooka, da como resultado un acortamiento algo mayor que el simple F_v , por lo que para llevar el elemento bazooka a resonancia, hay que alargarlo ligeramente, con el añadido de un segmento que YA NO ES BAZOOKA. En el dibujo adjunto, lo veremos más claro, aunque no está proporcionado por cuestión explicativa.

El punto rojo "X", es la conexión de la línea de transmisión. Este es el punto adecuado para colocar el conector desmontable. En caso de no ser conveniente, PODEMOS ALEJARNOS 1/2 ONDA, sin ningún inconveniente.

Desde el punto "B" hasta el punto "D", tenemos la conocida antena T2LT, y de "A" a "B" se encuentra bobinado el choque coaxial, imprescindible para que el sistema funcione, pues la antena carece de plano a tierra. Las vueltas que tiene este choque, va a depender si la antena funciona en 50, 70, 145 o 435 Mhz, o frecuencias superiores. No hay una regla fija, y depende del núcleo del choque. En frecuencias de UHF y superiores, el choque se puede sustituir por anillos de ferrita. Por razones prácticas, este tramo inferior de la antena se suele construir con línea RG-58 o RG-174.

Los bazookas "C" -"D" y "D"- "E", pueden ser de cualquier tipo de cable coaxial, siempre que conozcamos el F_v . Lo más lógico es que se emplee el mismo cable para toda la antena, aunque puede mezclarse si es necesario.

El tramo "E"- "F", ya no es bazooka; puede ser un tramo de coaxial cortocircuitado, o una varilla, o el vivo del cable coaxial. El resultado final, es que a efectos radioeléctricos, o de resonancia, esta estructura colineal tiene 2 cuartos de onda. Se pueden añadir los bazookas necesarios en número par; irá aumentando la ganancia total a base de disminuir el ángulo de radiación. En el modelo del dibujo, podemos esperar una ganancia discreta entre 3 y 4 dBi, y el ángulo estará próximo a los 10 grados sobre el horizonte.

VENTAJAS DE LA COLINEAL BAZOOKA:

Tan sólo el GRAN ANCHO DE BANDA, mejor que cualquier colineal convencional. Debido a los elementos bazooka, este tipo de antenas tiene varios puntos de resonancia, con sus altibajos de ROE, que nunca puede ser 1:1 por ejemplo, una colineal bazooka para la banda aérea, (108-136 Mhz), funcionará bien, calculándola sobre 120 Mhz. lo mismo para la banda marina, que es más estrecha, de 156 a 162 Mhz. En UHF más todavía, se fabrican para 420 a 470 Mhz. No hay que ajustar nada, porque no se puede.

Otra ventaja es la ROBUSTEZ ESTRUCTURAL, ya que siempre se construyen enfundadas en tubo de fibra de vidrio a nivel profesional. Es la típica antena de reemisores profesionales, bajo condiciones climáticas extremas. Esperanza de vida mayor de 20 años.

INCONVENIENTES:

Por razones constructivas, no puede auto soportarse. TIENE QUE IR ENFUNDADA, normalmente en tubo de fibra de vidrio relleno de poliuretano expandido. Por esta razón, ES IRREPARABLE, en caso de rotura del tubo, por ejemplo. Es CARA de construcción, debido al tubo de fibra. POCA GANANCIA, debe ser al menos un 50% más larga que una colineal convencional para ser equiparable.

CONSTRUCCIÓN DOMÉSTICA: A nivel de aficionados, es la menos aconsejable, debido al engorro que supone el ajuste, si no se tiene experiencia previa. La antena como tal, no es cara, el mayor inconveniente es la funda. Si se recurre al PVC, resulta inevitable la afectación de la resonancia, que tiende a disminuir en frecuencia. Si se recurre al tubo de fibra, resulta caro, y se complica el soporte de fijación al mástil. El ajuste de los bazookas supone conocer con exactitud el factor de velocidad, que puede variar de un cable a otro. El choque anti-retorno, también es importante. Si no es el adecuado, tendremos mucha ROE y la antena no funcionará bien. Quien tenga interés en construir esta antena, que supone una valiosa experiencia, encontrará abundante información en Internet, poniendo ANTENA BAZOOKA VERTICAL (*), y el maestro Javier Fitera, EA1 HBX, tiene en su página web un par de modelos probados de esta antena.

()-Sobre esta antena Bazooka y otras, hay abundante literatura en la red y una visita que sobre ésta antena bazooka, se puede ver en internet, es la pagina del radioaficionado EA7AHG en la que también se describen, características de la misma y además, proporciona una cantidad de enlaces de diferentes antenas de este tipo, para distintas bandas, así como una calculadora para esta antena.*
<https://sites.google.com/site/ea7ahg/antena/tipos-de-antenas/antenas-verticales/bazooka>

También y a título de curiosidad se pueden consultar estas otras:

<https://sites.google.com/site/ea7ahg/antena/tipos-de-antenas/antenas-verticales/bazooka>

<http://despegacomopuedas.blogspot.com/p/fabricar-una-bazooka.html>

-También en algún foro de URE, se habla de esta antena y se proporciona alguna dirección interesante sobre la misma:

<https://www.ure.es/foros/tecnico/antena-vertical-bazooka-sencilla/>

-Para el resto de antenas es evidente que sería infinito poner aquí la cantidad de páginas que puede haber, por eso se adjuntan las más asequibles y fáciles de encontrar de estos dos tipos de antena, dejando a discreción del lector, buscar la documentación que mas crea pueda interesarle.

ANTENAS COLINEALES MÓVILES.

Existen en el mercado este tipo de antenas, sobre todo para VHF y UHF, siendo la teoría de funcionamiento la misma que para las antenas de uso fijo, con las variantes de que no necesitan radiales de plano a tierra, pues utilizan el chasis del vehículo, y también, no utilizan las "J" de adaptación de impedancia, ni los STUB de horquilla, por razones constructivas. Se utilizan bobinas y condensadores, o la combinación de ambas. Las colineales móviles de VHF son necesariamente de gran tamaño, empleándose en ocasiones especiales, tales como concursos y ensayos de cobertura. Las de UHF son más manejables, aunque habitualmente se encuentran en formato bibanda. Hay abundantes modelos donde elegir en el catálogo de Diamond Antenna Corporation, por ejemplo.

ANTENAS COMERCIALES ENFUNDADAS.

Bajo esta forma constructiva, podemos encontrar una gran variedad de antenas, y de muchas bandas diferentes, tanto a nivel profesional como de aficionado. La gran mayoría están entubadas en fibra de vidrio, con un pequeño porcentaje en PVC, destinadas a pequeñas antenas de UHF y SHF. Dentro de la funda podemos encontrar casi de todo, (en la medida que pueda desmontarse), partiendo de antenas "J", con radiante de media onda, pasando por coaxiales tipo bazooka, y estructuras colineales monobanda y bibanda, incluso tribanda. Podemos encontrarlas ajustables, o directamente ajustadas, a condición de indicar al fabricante la porción de banda que necesitamos.

Todos los grandes fabricantes de antenas tienen versiones de este tipo, incluso desmontables, más habituales en el uso de aficionados, como Diamond, Maldol, Falcon, etc. También a nivel profesional destacan las firmas Televés, Inisa, Kathrein, Bantam, etc. Accediendo a Internet encontraremos abundante surtido, con la descripción del producto, que nos permitirá elegir la más adecuada.

RESUMEN LECCIÓN NUM.16

Las antenas COLINEALES, son antenas compuestas de elementos superpuestos enfasados, de forma que se sumen los efectos de radiación de cada uno de ellos, consiguiendo que el ángulo de radiación sobre el horizonte sea lo más bajo posible.

El efecto de GANANCIA de una antena vertical está basado en el ÁNGULO DE RADIACIÓN, que es a costa de estrechar el ANCHO DE BANDA, y las dimensiones de la antena. Hay que considerar también las PÉRDIDAS por adaptación, que son cada vez mayores cuando más elementos colineales tiene la antena.

La denominación de la antena colineal se hace partiendo de los elementos resonantes que la componen; si son iguales se emplea la letra X, (por), y si son diferentes, el más

(+), aunque de todas formas, siempre se puede usar esto último. Por ejemplo: COLINEAL DE $2 \times 5/8$, o antena COLINEAL DE $1/4 + 1/2$ onda.

El funcionamiento de la antena colineal se consigue si se han enfatado correctamente los elementos superpuestos, respetando al mismo tiempo la ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS. Se pueden emplear varios sistemas, siendo el más sencillo la HORQUILLA DE $1/4$ de onda, o STUB. Los extremos de la Horquilla son de alta Z, lo mismo que una línea de $1/4$ cortocircuitada. Hay otros sistemas para desfasar y adaptar impedancias, como son BOBINAS, TRAMOS DE LÍNEA COAXIAL y CONDENSADORES.

La parte inferior de la antena depende del diseño, y en cierta medida, de la banda de frecuencias operativas. En antenas de base es muy frecuente UN PLANO A TIERRA, de 3 o 4 elementos resonante de $1/4$ de onda. Aunque también puede carecer de él, recurriendo a un CHOQUE ANTI-RETORNO, o a un elemento de ANILLO, (antena RINGO). La parte superior de la antena la mayoría de veces termina de forma clásica, es decir, varilla, o tubo o tramo de cable coaxial.

ANTENAS BAZOOKA son aquellas que están construidas a base de TRAMOS DE LÍNEA COAXIAL de $1/4$ de onda. La básica es la antena T2LT. Con este punto de partida, se pueden construir ANTENAS BAZOOKA COLINEALES, utilizando secciones de $1/4$ de onda los cuales se ven favorecidos en su longitud al tener en cuenta el FACTOR DE VELOCIDAD. De esta forma, los elementos bazooka son un tanto por ciento más cortos que su equivalente en varilla o tubo. El CAMBIO DE FASE, o puesta en fase, se consigue por la TRASPOSICIÓN del vivo con la malla del tramo coaxial, en secciones de $1/4$ de onda. Las ANTENAS BAZOOKA tienen un ANCHO DE BANDA MAYOR que su equivalente colineal tradicional, a costa de mayor tamaño y menor ganancia.

LAS ANTENAS ENFUNDADAS, o entubadas, pueden contener en su interior diversos tipos de configuración de antena, desde antenas "J", pasando por colineales de varios elementos, y también antenas bazooka. Se caracterizan por su robustez y resistencia a condiciones climáticas adversas.

Como es lógico imaginar en la red hay multitud de páginas en las que encontrar información, acerca de todo tipo de antenas y como no podía ser menos de algunas de las que aquí se tratan, como la Ringo, se pueden encontrar entre otros y a título de información, en:

<http://radioaficion.com/mods/antena-ringo-para-vhf-y-cb-27mhz/>

<https://www.todoantenas.cl/Antena-Ringo-2-mts.html>

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 17ª:

ANTENAS DE HILO.

INTRODUCCIÓN:

Según vimos en la lección número 11, en el apartado " El dipolo en resonancia", la forma más elemental de antena, es el dipolo simple de $1/2$ onda, que no es sino una prolongación de la línea de transmisión, en principio, de forma angular, con esta referencia. Como vamos a ver unas cuantas formas constructivas de antenas de hilo o alambre que se pueden tener a partir del dipolo simple, de entrada no vamos a volver a los monopolos, suficientemente explicados en lecciones, anteriores. Quien tenga claros los principios de funcionamiento del dipolo simple, no va a tener dificultad en entender formas de antena más complejas, pues en gran medida, vienen derivadas del dipolo elemental.

EL DIPOLO; BREVE REPASO.

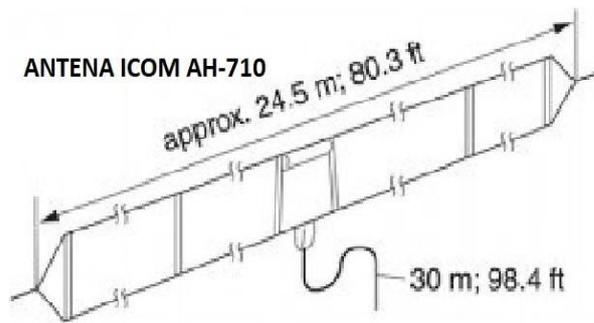
Un hilo de longitud $1/2$ onda, cortado por su mitad, son por lógica, dos tramos de $1/4$. Estos dos tramos, en su punto más próximo, presentan una impedancia (Z), de unos 75 Ohms aproximadamente, a su frecuencia de resonancia. Esta Z se cumplirá, en la mayoría de los casos, siempre y cuando la antena así formada, esté separada al menos $1/2$ onda del suelo y demás objetos de alrededor. Es lo mismo que si a una línea de transmisión la desgarramos y formamos dos brazos de $1/4$ de onda cada uno. Si esta línea de transmisión es de Impedancia característica Z_0 , también de 75 Ohms, la Z de antena es la misma que la Z_0 de la línea, con lo cual la ROE es igual a 1:1.

Salvo que estemos operando en la región de VHF o mayor, en muchas ocasiones, no pueden darse las condiciones de separación de la antena con respecto a su entorno, con lo cual habremos de conformarnos con impedancias del dipolo bastante más bajas, próximas a 50 Ohms, con lo cual, nos toca conectar una línea de transmisión también de esa Z_0 , para conseguir una ROE adecuada. Lo mismo ocurre si la línea de transmisión abandona la antena en forma paralela; la interacción de la línea y antena trae como resultado una desadaptación de impedancias. Al menos debe estar colocada en forma PERPENDICULAR un tramo de $1/2$ onda, sería lo deseable, aunque a veces esto es imposible por razones prácticas, y hemos de conformarnos con $1/4$ de onda. En resumen, la impedancia de un dipolo en resonancia se ve afectada por múltiples factores, que SIEMPRE TIENDEN A DESINTONIZARLA, BAJANDO SU Z .

Pero no todo es malo; tenemos recursos para aumentar la Z en resonancia, aunque esto traerá otros pequeños inconvenientes.

EL DIPOLO PLEGADO.

Si a un dipolo normal le conectamos otro dipolo de 1/2 onda en paralelo, formaremos un dipolo plegado, o dipolo cerrado. Como la corriente R.F que viene por la línea de

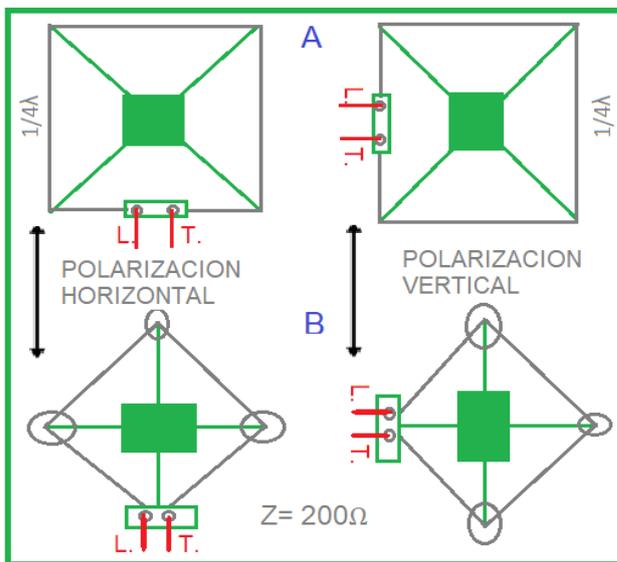


transmisión ha de dividirse entre dos, tenemos ahora una Z resultante cuatro veces mayor, aplicando la Ley de Ohm. Esto significa 300 Ohms en las condiciones que ya sabemos, que en la banda HF, de 3 a 30 Mhz, pueden resultar 200 Ohms.

Lógicamente, ya no podemos alimentar a esta antena con la línea de 75 ni de 50 Ohms, pues la desadaptación es muy grande, y las pérdidas, también. Va a ser necesario un dispositivo que nos permita adaptar la nueva Z de la antena a la Zo de la línea que necesitemos. Se puede hacer de varias formas. A partir del dipolo cerrado nacerán otras antenas, y por eso lo hemos vuelto a nombrar. El dipolo plegado tiene las mismas características de radiación que el dipolo normal, es decir, máximo rendimiento en sentido transversal y mínimo en las puntas. Cambia la Z, y el ancho de banda, que es un poco mayor. También es menos ruidosa, sobre todo en polarización horizontal.

ANTENAS DE BUCLE CERRADO.

A continuación de lo anterior, vienen las ANTENAS DE CUADRO, (A), ANTENAS



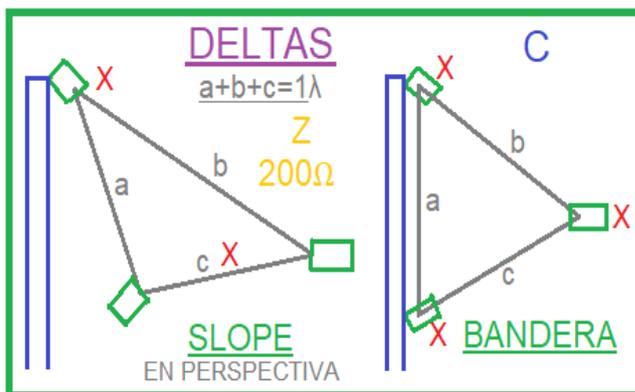
RÓMBICAS,(B), y ANTENAS DELTA,(C). Las antenas de cuadro y las rómbicas, funcionan igual, tan sólo cambia su forma constructiva. Están formadas por secciones iguales de 1/4 de onda, con lo que tenemos UNA ONDA COMPLETA EN TOTAL. La Z en resonancia es menor que la del dipolo plegado, pues los hilos que forman la antena están muy separados entre sí, con lo que se forma radiación electromagnética con mejor

rendimiento. Estas antenas tienen ganancia respecto al dipolo simple, a costa de una directividad más marcada, y una Z más elevada, que en principio sería de 200 Ohms, lo que obliga a utilizar un adaptador 4: 1, que en la práctica se ve disminuido, siendo normal el BALUN 3:1. Si un lado de estas antenas está muy próximo a tierra, (caso bastante habitual), no es de extrañar encontrar en resonancia valores de Z en torno a

los 100 Ohms. En todas ellas tenemos la ventaja de poder elegir la POLARIZACIÓN ADECUADA, sin variar la posición de la antena. Es decir, podemos utilizar la polarización horizontal para DX, y la vertical para tráfico local. Lo normal en HF es la polarización horizontal, pero como sólo varía el punto donde coloquemos la línea de transmisión, ya sea el vértice lateral o vértice superior o inferior, así tendremos la polarización resultante. En el caso de la antena de cuadro, no es vértice, sino lados, pero es lo mismo. Hay aficionados mañosos que a base de sistemas de conmutación caseros, varían la polarización con la maniobra de un selector.

<https://ea7eer.com/2017/08/30/antena-skywire-o-loop-horizontal/>

LAS ANTENAS EN DELTA también son de onda completa, y cuentan con la ventaja



añadida de que pueden instalarse en forma SLOPE, (inclinado), desde un mástil, torre, o lateral de un edificio, siendo el vértice superior o uno de los inferiores el PUNTO DE ALIMENTACIÓN de la línea de transmisión indistintamente, puesto que la posición de la antena nos da una POLARIZACIÓN MIXTA,

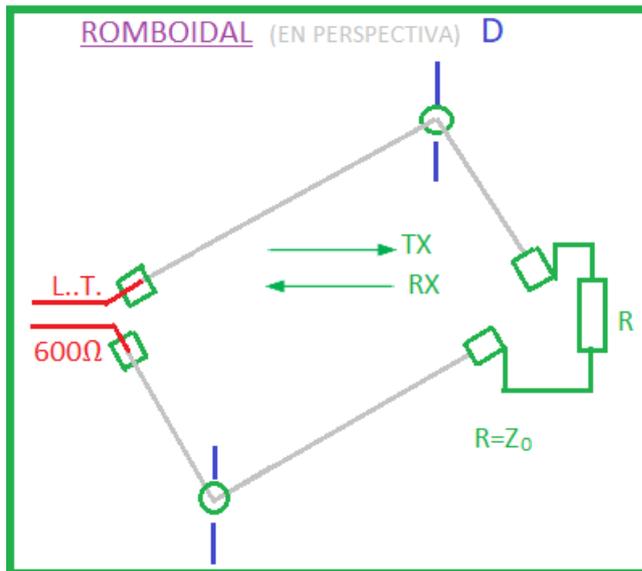
es decir una mezcla de ambas. Esta antena es muy popular en las bandas altas de HF; en 14-21-28 Mhz da muy buenos resultados, y es fácil y barata de construir. Los aficionados en banda CB de la otra parte" del charco" la utilizan mucho por sus buenos resultados, lo mismo que en la banda de 6 metros, (50 a 52 Mhz), en modo de transmisión SSB para DX. La parte inferior de cualquiera de estas antenas no debe estar a menos de 3 metros de la superficie pisable, para obtener resultados aceptables.

Las antenas de cuadro y rómbicas tiene razón de ser si se dispone de dispositivos que puedan hacerlas rotativas, para aprovechar al máximo sus características direccionales, para lo cual los hilos que forman la antena están montados en estructuras en forma de cruceta eléctricamente aislada. Esto es innecesario en la antena Delta. Sin embargo, en VHF, podemos encontrar conjuntos directivos a base de cuadros o rombos, fáciles de auto soportar en base a su tamaño. Hay abundante información de estos tres tipos de antena, tanto en textos como en Internet...y el aficionado experimentador encontrará diversas soluciones para cada instalación en cuestión.

<https://www.qsl.net/xe3rlr/antenas.htm>

ANTENA ROMBOIDAL: (D)

Tal y como su nombre indica, la Antena Romboidal se asemeja en forma a la rómbica,



pero su funcionamiento y dimensiones son algo diferentes. La antena rómbica suele verse en el plano vertical, es decir, que vemos un rombo frente a nosotros, y la antena rombooidal funciona en posición horizontal, paralela al suelo. La antena rómbica está cerrada excepto el punto de alimentación, y su Z es de valor medio. La antena rombooidal, para que funcione de FORMA UNIDIRECCIONAL, (que es una de

sus cualidades), ha de verse terminada en la parte opuesta al punto de alimentación por una RESISTENCIA TERMINAL, igual a la impedancia de la línea de transmisión, que suele ser alta, del orden de 600 Ohms. Esta resistencia debe ser del TIPO ANTI-INDUCTIVO, y capaz de soportar al menos un tercio de la potencia del transmisor. Este modelo de antena es de grandes dimensiones, ya que cada uno de sus lados debe tener al menos 2 longitudes de onda, para obtener una ganancia apreciable. La resistencia de terminación tiene por efecto que la máxima energía de radiación se desplace en esa dirección, a costa de que una parte de esa energía se transforme en calor. Como su valor corresponde a la Z de la línea, prácticamente no aparecen ondas estacionarias, en un margen amplio de frecuencias, tanto como 2 a 1.

El eje longitudinal, que corresponde a la diagonal mayor, debe tener un ángulo próximo a los 60 grados, visto desde la conexión a la línea, o desde la resistencia terminal, que es lo mismo. A efectos de recepción, el efecto conseguido es el mismo, pero en sentido contrario; es decir, que se favorecen las señales entrantes desde la resistencia terminal.

Si interesase un EFECTO BIDIRECCIONAL, es tan fácil como eliminar la resistencia terminal y formar una ANTENA ROMBOIDAL ABIERTA; en este caso la radiación es en ambos sentidos del eje longitudinal. Se mantiene la impedancia de la antena, pero hay que afinar mejor en las longitudes totales, altura al suelo y ángulo.

Dadas las dimensiones de esta antena, es muy poco frecuente verla en instalaciones de aficionado, a no ser que se disponga de mucho terreno; como ejemplo para la banda de 80 metros, (de 3,5 a 3,8 Mhz), se necesitan al menos 300 metros para el montaje.

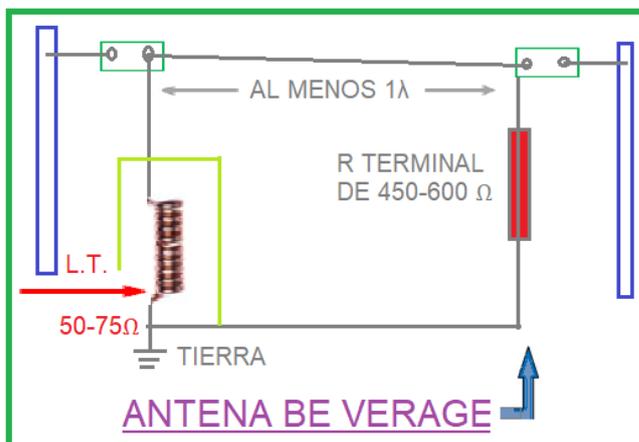
Para finalizar, este tipo de antena es particularmente apta para las transmisiones transoceánicas, y ha sido muy utilizada en el campo de comunicaciones radio marítimas y aeronáuticas en HF. Lo mismo para las emisoras comerciales en Onda Corta que dirigen sus programas a un lugar de escucha específico, o zona de audiencia. En todos los casos se puede telemandar la maniobra de conexión -desconexión de la resistencia terminal, haciendo la transmisión unidireccional o bidireccional, según convenga. Los lectores interesados en saber más sobre el tema, encontrarán información en... <http://www.ipellejero.es/hf/antenas/rombica/index.php>

[http://es.swewe.net/word_show.htm/?38509_1&Antena r%C3%B3mbica](http://es.swewe.net/word_show.htm/?38509_1&Antena+r%C3%B3mbica)

<https://neac.info/antena-rombica-20/>

LA ANTENA BEVERAGE.

La antena Beverage guarda mucha semejanza con la antena romboidal antes explicada,



si bien la romboidal se instala en posición horizontal, la Beverage lo hace en vertical. Es un tipo de antena principalmente dedicada a la recepción, con excelentes resultados ya que es poco ruidosa y permite captar señales muy débiles. Dispone igualmente de una resistencia de terminación aproximadamente igual a la Z de la

antena en resonancia, que es de valor elevado, entre 450 y 600 Ohms. En el extremo opuesto a la resistencia, se le coloca un balun de relación 1:9, que permite una buena adaptación sobre líneas de 50 o 75 Ohms.

Esta antena se instala a baja altura del suelo, no más de 5 metros si se diseña para una onda de 160 metros, (1,8 Mhz). Esta circunstancia, junto a la terminación resistiva, es lo que la hacen poco ruidosa. El inconveniente principal es su dimensionado, ya que debe medir como mínimo una longitud de onda de la frecuencia más baja que nos interese recibir, siendo un valor normal las 4 longitudes de onda. Dado su carácter marcadamente direccional, los aficionados con recursos que operan en la TOP BAND de 160 metros, suelen disponerlas en forma de cruz, un brazo a cada punto cardinal. Este montaje implica una conmutación remota, que puede ser con la línea coaxial, y disponer de 4 baluns, o bien sobre el hilo de antena, modo alta impedancia. Si se instala sobre una tierra de buenas cualidades conductoras, se puede suprimir el hilo inferior de retorno, con el consiguiente ahorro de material; más aún si hablamos de tener 4 Beverages. Para no tener excesivas pérdidas de señal, no es conveniente que la resistencia de la toma de tierra sea superior a 1/10 la impedancia de la antena. Es

decir, entre 45 y 60 Ohmios. Si se va a utilizar la antena en transmisión y recepción, en este caso es conveniente hacer el sacrificio de construir la antena con hilo de cobre en todo su perímetro, y dar tierra por seguridad en un único punto, donde esté instalado el balun.

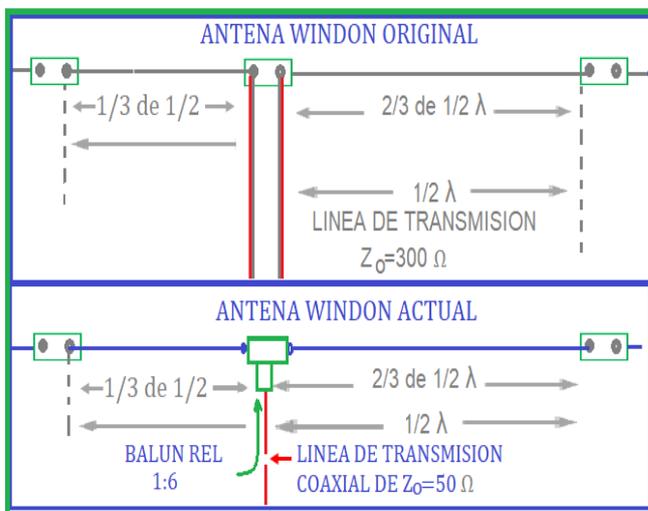
Encontraremos más información en la página del maestro José Carlos de Tera, EA7 EER.

<https://ea7eer.com/2018/01/21/antena-beverage/>

LA ANTENA DIPOLO DESCENTRADO. ANTENA WINDOM. ANTENA O-C-F.

Esta antena se ha hecho popular en las últimas décadas debido a su buen rendimiento, bajo coste y facilidad constructiva. Otro motivo es su forma, ya que en la vida real el radioaficionado no siempre dispone de una terraza u azotea que permita situar la antena en el centro de la superficie, y en este caso, la antena Windom cobra protagonismo. El nombre de DIPOLO DESCENTRADO es genérico, y pocos aficionados en principio, no la relacionan con la Windom. Antena O-C-F es la abreviatura de las palabras inglesas Off-Center-Dipole. Es lo mismo. Como todo el mundo ha oído lo de antena Windom, seguiremos con ese nombre.

La antena Windom es un dipolo multibanda, que funciona en frecuencias armónicas



pares. Se construye el dipolo para la frecuencia más baja que tengamos pensado utilizar, y para que se cumpla el requisito de funcionar en armónicos con la misma impedancia en resonancia, (aproximadamente), se le busca un punto de conexión que sirva para todas las longitudes de onda. Esto se consigue ni más ni menos, haciendo que un ramal del dipolo sea 1/3 de la antena, y el otro ramal, 2/3 restantes.

En total, suman 1/2 onda. Por si esto suena un poco confuso, ponemos un ejemplo: Longitud de onda: 20 metros, o si preferimos en Mhz, son 14... La media onda es la mitad, obviamente, luego tenemos 10 metros de largo. A la tercera parte, cortamos el hilo, a 3,30 m, y ahí es el punto de alimentación, quedando un trozo de 6,60 m, que es el tercio restante. Como ya sabemos que nada es gratis, y en Radiotecnía no es una excepción, este punto de alimentación de la línea de transmisión ya no tiene los 50 ohmios, sino un valor que ronda los 300 Ohmios, y además apenas varía para la banda armónica que usemos, es decir, que si diseñamos la antena para la banda de los 80 metros, nos va a resonar en sus armónicos pares, o

sea, en 40, 20 y 10 metros. También podría funcionar en onda de 5 metros, pero no está destinada a uso de aficionados.

En resumen, es que, si escogemos un punto de conexión fuera del centro del dipolo, ya no tenemos los 75 o 50 ohmios de uso habitual, tenemos una Z bastante mayor, del orden de 300. Hete aquí que ese punto de 300 Ohmios lo encontramos a $1/3$ de un extremo del dipolo, o $2/3$ del otro extremo, y además, con poca variación de una banda a otra.

Antes de popularizarse y hacerse asequibles las líneas de transmisión coaxiales, los aficionados construían las Windom con líneas planas de 300 Ohmios, pues los pasos finales de sus transmisores no tenían ninguna dificultad en adaptarse a esa impedancia. Actualmente, prácticamente todos los equipos de transmisiones vienen estandarizados a salida coaxial de 50 Ohms, por lo que la Windom actual dispone de un balun instalado en el punto de unión de los brazos asimétricos, de relación 6:1. Además de adaptar las impedancias de 300 a 50 Ohms, el balun actúa de SIMETRIZADOR, impidiendo hasta cierto punto, que la línea de transmisión forme parte del sistema radiante. Tenemos pues, dos ventajas en un mismo dispositivo. Lo malo es que el balun tiene un margen de frecuencias operativas, desde 1,8 Mhz hasta 30 Mhz, ya está más que bien; lo mismo que el límite de potencia, lo normal hasta 1 KW. Esto ocurre en función de su construcción, que es un transformador con núcleo toroidal, con sus limitaciones. De todas formas, multitud de aficionados hacen servir sus antenas Windom hasta los 6 metros, (50-52 Mhz), con ROE discreta y resultados aceptables.

La antena Windom, como dipolo que es, ya sabemos lo que le es característico: altura mínima sobre suelo de $1/2$ onda de la frecuencia más baja, se puede instalar en forma de V invertida, puede ser V invertida y además, Slope, se pueden doblar las puntas, etc. También toca recordar que todo lo que no sea posición horizontal ni altura adecuada va a repercutir en la resonancia e impedancia del conjunto, y no es de extrañar que la ROE se dispare, y en ese caso nos va a tocar cambiar el balun por otro de más baja relación, tal como 4:1, con lo que conseguiremos una ROE más favorable. Los aficionados que no dispongan de suficiente espacio pueden diseñar su antena Windom para la banda de 40 metros, y dispondrán de 40-20 y 10, ocupando la mitad de la de 80. No es conveniente que el ángulo de la V invertida sea menor de 90 grados, lo ideal son 120, y el ángulo Slope sea menor de 45 grados, so pena de perder bastante rendimiento.

La antena Windom no funciona de por sí con los armónicos impares, cosa que no ocurre con los armónicos pares, que no requieren el uso del acoplador externo. Es decir, que una Windom para banda de 80 metros e inferiores pares, no dará buen rendimiento en 60 metros, ni 30 ni 15, por estar fuera de su resonancia natural, y

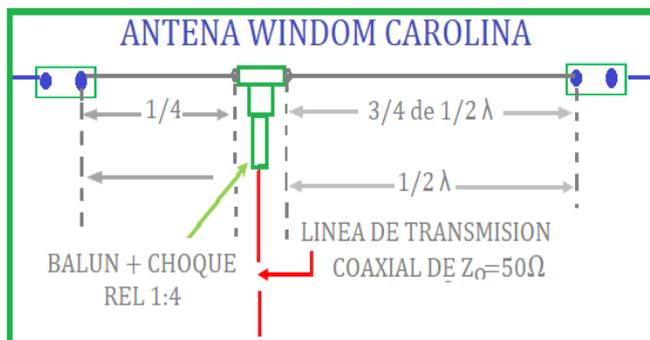
presentar una ROE exagerada. Por lo demás, es una antena interesante que merece la pena conocer y experimentar.

<https://ea7eer.com/2017/08/02/antena-windom-para-hf/>

ANTENA WINDOM CAROLINA:

Parece ser que unos radioaficionados estadounidenses, del estado de Carolina del Norte, modificaron la antena Windom original adaptándola a un uso más multibanda. Casualidad o no, la Windom Carolina se popularizó tanto como su predecesora.

Esta antena tiene dos variantes fundamentales, que son que los ramales que la forman



están cortados a $1/4$ de distancia y $3/4$ restantes, y entonces, la impedancia ya no es de 300 Ohms, sino de 200. La consecuencia es que necesitamos un balun de relación 4:1, en lugar del 6:1 original. Esta es la segunda variante. Po lo demás, en cuanto a

criterios de instalación, podemos aplicar los mismos que con la Windom original.

El comportamiento de esta antena se ve afectado por estas variaciones, de forma que ya no tenemos una resonancia tan buena como en la antena Windom; cosa lógica pues se han alterado las dimensiones de la conexión a la línea de transmisión, y nos aparecen componentes reactivas significativas que antes no teníamos. Como contrapartida, la Windom Carolina puede funcionar razonablemente en frecuencias armónicas pares e impares, que se pueden retocar mediante un acoplador externo. La ROE en principio, va a ser bastante más elevada que en el caso anterior, y además en todas las bandas, pero la antena va a estar operativa en un margen amplio de frecuencias. Siempre queda el recurso del avestruz, (que esconde la cabeza para no ver el peligro), y no es otro que aprovechar las pérdidas que tiene toda línea de transmisión en nuestro beneficio. En el espectro de HF las pérdidas en la línea no son excesivamente prohibitivas, lo que significa que la atenuación de la línea también suavizará la ROE. Es cosa de valorar, si nos merece la pena estar retocando la ROE continuamente por medio de un sintonizador, o bien usar una línea de transmisión bastante larga. Depende de cada caso en particular. El exceso de cable se puede arrollar en forma de bobina, que actuará de choque anti-retorno de R.F, y será de ayuda en el cuarto de radio.

Estas componentes reactivas típicas del funcionamiento de la Windom Carolina, van a provocar una ROE incómoda, y posiblemente la línea de transmisión tenga radiación por donde pase. Es muy aconsejable tener un choque anti-retorno en el mismo balun de antena, y otro más junto al equipo de radio.

CONCLUSIÓN PARA LOS DIPOLOS DESCENTRADOS:

Es muy posible que cueste de entender el porqué de su funcionamiento. Bien, lo haremos más fácil. Recordemos que una antena de media onda, en su centro, tiene un Z en resonancia próxima a 75 Ohms. Si nos vamos al extremo, entonces nos encontramos con 2500 a 3000 Ohms aproximadamente. No es difícil imaginar que tenemos toda una gama de impedancias intermedias entre estos valores. Pues si desde el centro hacia el extremo, desplazamos el punto de alimentación, encontraremos un punto cercano a los 300 Ohms, y el dipolo seguirá funcionando exactamente igual, pero su Z ahora es de 300 Ohms. Esta condición se cumple cuando los brazos o ramales del dipolo guardan una relación de $1/3$ y $2/3$, y se cumplirá también para las frecuencias armónicas pares. La impedancia la podemos adaptar a la línea de transmisión por medio del balun adecuado, que en principio será de relación 1:6.

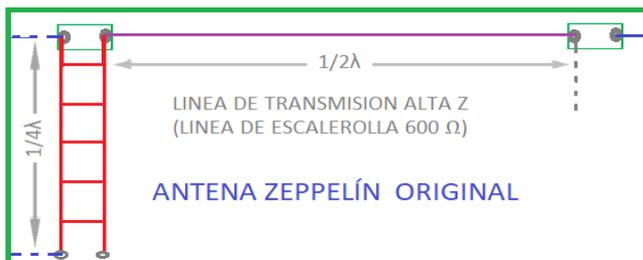
Una antena Windom bien construida para banda de 80 metros, resonará perfectamente en 80, 40, 20 y 10 metros, sin necesidad de acoplador, ya que la ROE será inferior a 2 en todos los casos, incluso por debajo de $ROE = 1,5$ en alguna de sus bandas. Sin embargo, tendremos una ROE superior a 5 en la banda de 15 metros, (21,300 Mhz), ya que es armónico impar.

Es muy recomendable visitar la página de Sergio, XQ2CG, radioaficionado mexicano y maestro de la simulación de todo tipo de antenas.

<https://sites.google.com/view/xq2cg/p%C3%A1gina-principal>

ANTENA ZEPPELÍN (END-FED).

Esta antena vuelve a ser popular en nuestros tiempos, en su versión END-FED, sobre



todo en actividades portables, tal como activaciones de Radio Clubs y concursos SOTA, Field Day, etc., ya que tan sólo es necesario un hilo de la frecuencia más baja que queramos utilizar, más un único

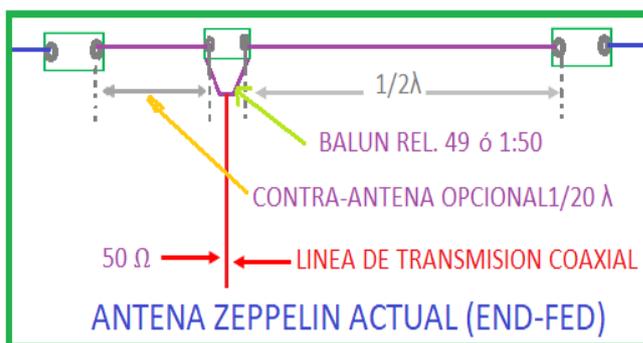
soporte, si se instala en modo Slope. Viene acompañada de un balun de alta Z , de relación 1:49 o 1:50, y admite línea de transmisión de 50 o 75 Ohmios.

Orígenes y funcionamiento: El nombre le viene porque era la antena que equipaban las aeronaves dirigibles tipo Zeppelin, y constaba de un simple hilo de $1/2$ onda junto a su línea de transmisión, que usualmente era de $1/4$ de onda. Si hacemos memoria de lo aprendido anteriormente, ya se sabe que un radiante monopolo de media onda presenta en resonancia una Z muy alta, del orden de 2500 a 3000 Ohms. Ya lo volvimos a ver en el tema del monopolo vertical alimentado en su parte inferior, y de nuevo cuando vimos el funcionamiento de las antenas "J", que no es otra cosa que el mismo

radiante vertical alimentado (y adaptado) por una línea de 1/4 de onda, en forma de horquilla, llamado también STUB de 1/4. La horquilla nos permite adaptar la alta impedancia de la parte radiante a la baja impedancia de la línea de transmisión coaxial. En resumen, la antena Zeppelin es lo mismo que la antena "J", con la única diferencia de que la Zeppelin tiene la línea adaptadora en forma de ángulo de 90 grados. Si tenemos claro el ejemplo del monopolo vertical o de la "J", la Zeppelin es lo mismo.

La antena Zeppelin se inventó a principio del siglo pasado, y entonces no había línea coaxial, (que nació en la Segunda Guerra Mundial), y lo que se hacía era conectar el radiante de 1/2 onda a una línea de alta impedancia, tipo escalerilla, de Z_0 próxima a los 600 Ohms, que probablemente era lo más alto que se podía construir siendo manejable. Esta línea tenía una longitud de 1/4 de onda de la frecuencia más baja a utilizar. La tasa de ROE resultante era necesariamente muy elevada, ya que la desadaptación del radiante sobre la línea era importante; la división de 3000 entre 600 da una ROE de 5:1. Esto no suponía inconveniente ninguno para los radio operadores de la época, pues todos los transmisores eran con el paso final a válvulas, y necesariamente incorporaban un acoplador para adaptar impedancias, lo que posibilitaba a la antena Zeppelin el poder trabajar en frecuencias armónicas pares e impares. De todas formas, este tipo de líneas de escalerilla de alta Z y alto Fv ,tienen muy pocas pérdidas en cuanto a transmisión de energía, pero por el contrario, radian energía con valores elevados de ROE. Total, que como antena y línea formaban un todo, de una forma u otra la energía se radiaba, que es de lo que se trataba. Tampoco se le daba a la ROE la importancia que tiene ahora.

Actualmente a la antena Zeppelin se le ha rebautizado con las abreviaturas inglesas END-FED, que significan ALIMENTACIÓN POR EL FINAL, lo cual no deja de ser un



genérico, pues se puede aplicar a otros dispositivos radiantes, sin ser una Zeppelin. Comercialmente, parece dar un significado más interesante bajo el punto de vista de las ventas. La Zeppelin actual se ha adaptado a los tiempos modernos, en los que los

transmisores tienen una salida de impedancia de carga fija a 50 Ohms, con muy poquito margen, so pena de perder bastante potencia. Así que a la vetusta Zeppelin se le ha suprimido la bajada de escalerilla, y en su lugar hay un balun toroidal que actúa de autotransformador de impedancias. Realmente es un UNUN, pues la Zeppelin es una antena DESBALANCEADA.

La solución es elegante y práctica; ya no es necesario sintonizar la longitud de la línea, y puede tenderse de cualquier manera, sin miramientos de longitud ni estar cerca de objetos metálicos. La antena y el balun caben en un bolsillo, y es ideal para las salidas al campo.

La antena sigue pudiendo funcionar en frecuencias armónicas, pero la impedancia va cambiando, y entonces el balun no funciona del todo bien. Y nos vemos obligados a utilizar un acoplador externo en determinadas circunstancias. Hay una forma de minimizar este inconveniente, y es adaptando una pequeña contra antena en la parte opuesta al radiante, de longitud aproximada $1/20$ de onda. O sea, un pequeño ramal de 4 metros en una Zeppelín de $1/2$ onda en banda de 80 metros. De esta forma, se desplaza ligeramente el punto de alimentación, y se consigue una ROE en conjunto más favorable. De todas formas, y como siempre, el entorno de la antena y su forma de montaje determinan la impedancia total resultante. También es conveniente que la línea de transmisión se aleje del balun de forma transversal al menos $1/2$ onda.

Nada impide tener una Zeppelín instalada de forma fija, pues es muy discreta y fácil de poner a punto. En este caso, valdría la pena suprimir el balun y adaptar una línea de tipo "ventanillas" de 450 Ohms, que tiene muy pocas pérdidas, y utilizándola como "J", no hay ninguna dificultad en adaptar la línea coaxial. En este caso, la Zeppelín sólo sería operativa en armónicos impares.

Observación: Todos los enlaces que se publican tanto en esta lección, así como en cualquier otra, son abiertos y se pueden consultar por cualquier persona que efectúe la búsqueda correspondiente y la intención de adjuntarlos es con la única finalidad de que el lector, pueda si lo cree oportuno, profundizar en los distintos conceptos y teorías de las antenas, su construcción y funcionamiento, o complementarlo con lo que en estas lecciones se publica.

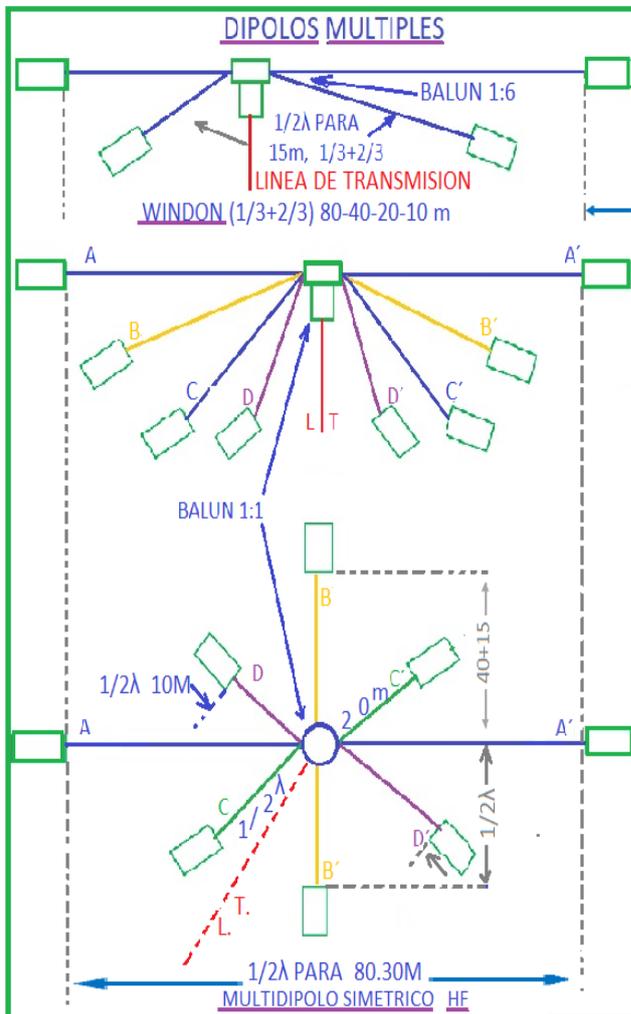
DIPOLOS MÚLTIPLES.

Como ya hemos visto recientemente, las antenas dipolo y sus variantes, pueden resonar en su frecuencia fundamental, (que podríamos decir que es a la que ha sido calculada) y al menos en una armónica, a veces par, y otras impar, que siempre es superior a su frecuencia fundamental. Como la premisa que deberíamos tener en cuenta es hacer funcionar la antena SIN ACOPLADOR, vamos a ver de qué forma podemos conseguir resonancia en frecuencias que nos interesen, sin que afecte grandemente al dipolo original.

Se sobreentiende que la línea de transmisión va a ser la misma para los dipolos múltiples, con lo cual no queda más remedio que los dipolos queden conectados todos entre sí, en forma paralela, sobre la propia línea. No son dipolos coaxiales ni dipolos colineales; los vamos a llamar DIPOLOS MÚLTIPLES. Popularmente se les conoce como

BIGOTES DE GATO, por su forma radial que recuerda los de un felino, y también DIPOLO CON BIGOTES.

En una antena Windom diseñada para la banda de 80 metros, ya sabemos que vamos a



encontrar resonancias en las bandas de 40, 20 y 10 metros, pero no así en 15 metros, (21,350 Mhz), que tendremos una ROE muy elevada. Lo mismo para las bandas de 60 metros, (5,5 Mhz), y las bandas WARC de 17 y 12 metros, 18,100 y 24,900 Mhz. La solución más sencilla es conectar sobre la misma línea dipolos monobanda de las frecuencias que nos interesen, en este caso concreto, la antena Windom llevará sobre el mismo BALUN 1:6 uno, o más dipolos de la banda que queramos utilizar. Por ejemplo, ponemos un dipolo calculado para la banda de 15 metros sobre el balun 1:6 de la antena Windom original; obviamente, la nueva antena adosada también ha de ser tipo Windom, por aprovechar el balun existente. Es decir, que vamos a

necesitar un brazo de 5 metros, y el otro de 2,5 metros, aproximadamente. Todo esto se resume en que hemos acoplado un "bigote " de la banda de 15 metros sobre una Windom de 80. Pero esto no es llegar y besar al santo, ya nos vamos a imaginar lo que va a ocurrir, que no es otra cosa que el nuevo bigote va a afectar la resonancia de la Windom en general; se va a notar más en las bandas más próximas al bigote y menos en las más alejadas, 80 metros en este caso se va a ver menos influenciada en su resonancia que la banda de 10. Esto es así por el comportamiento de las componentes reactivas de la antena en resonancia, que al estar en paralelo, es imposible que se puedan cancelar entre sí, con lo cual vamos a tener que aceptar una ROE más elevada en el comportamiento general de la antena, con lo cual necesitaremos retocar la longitud tanto de la antena Windom de origen, como la del bigote añadido, teniendo que buscar una solución de compromiso. O bien no retocar nada, y recurrir al uso del acoplador, que de seguro compensará sin dificultad el bigote, (o los bigotes) añadidos. Naturalmente, cuando más bigotes añadamos, más dificultades vamos a encontrar para sintonizar el conjunto. A fin de no deformar en exceso tanto los lóbulos de

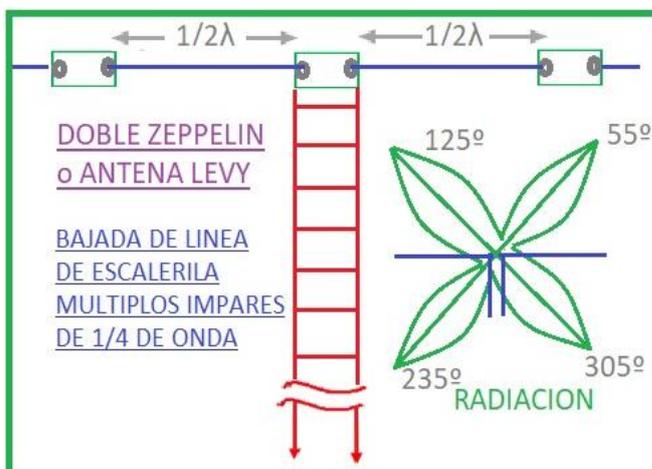
radiación de la Windom como del bigote, es conveniente que estén lo más desacopladas en el montaje como sea posible, en el modo de que formen ángulos opuestos, tanto en horizontal como en vertical. En el dibujo lo vemos mejor; a poder ser, 90 grados entre sí, o uves invertidas contrapuestas.

En el caso de un dipolo simétrico, con balun 1:1, pues lo mismo. Un dipolo para banda de 40 metros ya nos resuena también en banda de 15, sin hacer nada más, pero nada impide añadir bigotes para 20 y 10 metros, sobre el mismo balun. Nos vamos a encontrar con lo mismo, es decir, que las resonancias independientes interaccionan entre sí, y vamos a tener que retocar todas las longitudes de los dipolos respectivos. Un buen punto de partida es hacer los ramales de los dipolos ligeramente más largos de lo que sería correcto, y luego cortar para llegar a la resonancia. Vale la misma consideración en el montaje que si de Windom se tratase, es decir, ángulos inversos, y si un dipolo es horizontal, el otro que forme una V invertida, o uves contrapuestas. Por supuesto, si decidimos recurrir al acoplador, la cosa se simplifica mucho, porque no necesitamos retocar los dipolos respectivos.

DIPOLO DE ONDA COMPLETA. DOBLE ZEPPELÍN, ANTENA LEVY

A veces puede resultar interesante disponer de una antena de onda completa, si queremos favorecer determinadas direcciones de radiación. El ejemplo lo tenemos en la antena Windom; por ejemplo, partiendo de 1/2 onda en banda de 80 metros, tenemos una onda completa en banda de 40 metros. La dirección de radiación preferente es en el eje del hilo más largo. El efecto se acentúa, si volvemos a bajar la frecuencia de transmisión a la mitad; en banda de 20 metros tenemos 2 ondas completas. Sin embargo, hay una antena que nos permite un comportamiento ligeramente diferente, se llama DOBLE ZEPPELÍN, o ANTENA LEVY.

Este tipo de antena se encuentra prácticamente en desuso en las bandas de



aficionado, debido en parte a su tamaño, y también en parte el pequeño engorro que supone la bajada en alta impedancia, y el uso casi obligado del acoplador o sintonizador de antenas. Vamos a verla.

Consiste la LEVY en dos antenas Zeppelin que comparten la misma línea de transmisión. Siendo dos

ramales iguales de 1/2 onda de la frecuencia más baja a utilizar, la antena se vuelve SIMÉTRICA, y por tanto, BALANCEADA, aunque en alta impedancia, pues ya sabemos que los radiantes de 1/2 onda alimentados en un extremo, tienen una Z en resonancia

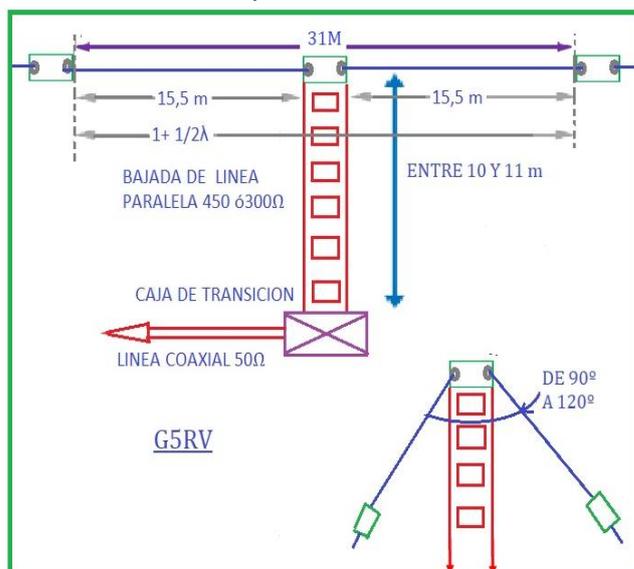
cercana a los 3000 Ohmios. En origen está pensada para ser conectada a una bajada de escalerilla de 600 Ohms de Z_0 , y a menos que construyamos esta línea en concreto, a base de alambres paralelos y separadores, habremos de contentarnos con emplear línea paralela de bajada del tipo 450 Ohms, (de ventanillas), y estar preparados para enfrentarnos a una ROE entre 5:1 y 6:1. Es conveniente que la longitud de la bajada sean múltiplos impares de $1/4$ de onda, sin olvidar el Fv. A partir de aquí, nos podemos plantear los mismos recursos explicados para la antena Zeppelín, que son el balun, la línea de horquilla en cuarto de onda, el acoplador...siendo la última opción la más utilizada, sobre todo si vamos a hacer trabajar a la antena en armónicos pares e impares, incluso en frecuencias diferentes. Aparte de que la antena Levy es más estable desde el punto de vista eléctrico, y por tanto más dócil para ser acoplada, la otra ventaja significativa son SUS LÓBULOS DE RADIACIÓN, en forma de trébol, (el de cuatro hojas),de marcación conocida, y que permiten dirigir la energía a los cuatro puntos cardinales si se tiene un poco de cuidado en la posición del dipolo. Los ángulos están situados en las marcas de 55-125-235 y 305 grados, tomando como referencia el eje del dipolo.

Esta antena ha tenido aplicación en emisoras comerciales de radiodifusión de Onda Corta, (Broadcasting), y en emisoras comerciales utilitarias. También se ha sacado partido para radiobalizas y radiofaros, tanto marítimos como aeronáuticos.

<http://10sd156.blogspot.com/2014/03/antena-doble-zeppelin-extendido-para.html>

LA ANTENA G5RV DE LOUIS BARNEY.(C.F.D)

La G5RV es una muy conocida antena multibanda usada por los aficionados, y debe su



nombre al también radioaficionado británico que le puso su indicativo. Es una antena que suele levantar polémicas, pues son tantos los admiradores de ella como los detractores, y quien la tiene y ha acertado en dimensiones, suele hablar muy bien de ella. Abordar la comprensión de su funcionamiento sin incurrir a errores es arriesgado, pues son varias las posibilidades y es fácil

entrar en controversia. En principio la antena se diseñó para operar en la banda de aficionados de 20 metros, (14 Mhz), y en esto parece haber acuerdo, aunque también se ha comprobado su buen rendimiento en otras bandas. Para que no nos falten las

siglas inglesas, también se le llama ANTENA C.F.D, que es Center Feed Dipole, o sea, Dipolo Alimentado en su Centro.

La G5RV consta de un radiante de 31 metros de longitud, en principio horizontal, aunque también se consiguen buenos resultados en montaje V invertida. Este radiante supone una longitud eléctrica de $3/4 + 3/4$ de onda, o sea, 1 onda y $1/2$ en total para la banda de 20 m. Este dipolo alargado, se le supone una impedancia en resonancia próxima a los 300 Ohmios, y como tal, deberá ir acompañada de esta línea de transmisión en forma de cinta, y en múltiplos de $1/2$ onda, con el consabido Fv, facilitado por el fabricante. Como hoy día hemos de finalizar en una línea de transmisión coaxial del orden de 50 Ohms, por estandarización de los equipos emisores, no queda más remedio que esa línea de bajada SINTONIZADA, (se refiere a lo de múltiplos de $1/2$ onda), termine en un dispositivo de acoplamiento, normalmente en un sintonizador de antenas. Es de suponer que esta disposición de radiante más línea, también va a resonar en la banda de 5 metros, que no está asignada al servicio de aficionados, pero es próxima a la de 6m, que sí está. Esta sería una posible explicación de su funcionamiento.

La G5RV es una antena simétrica, de un semi-radiante de 15,50 m, más una bajada de línea de transmisión de alta impedancia, de 450 Ohms, del tipo de ventanillas, Esta línea de bajada forma parte del sistema radiante, con lo cual no cuenta el Fv de la línea. Si sumamos la longitud de cada brazo, más la longitud de bajada, deberíamos estar sobre la $1/2$ onda de la frecuencia más baja de operación, pero debido a la capacidad de la línea, (formada por los dos hilos separados), no queda más remedio que alargarla alrededor de un 10%. También hay polémica en este aspecto, pues no se ponen de acuerdo los textos ni los aficionados. La bajada paralela viene a estar entre 10 y 11 metros de línea de 450 Ohmios. Esta sería la segunda explicación de la antena G5RV; la bajada es parte de la antena, con lo cual radia. Hay que tener esto en cuenta, pues es otro tema polémico. La bajada NO PUEDE JUNTARSE con la estructura del soporte, pues el conjunto se resentirá o no funcionará. Lo mismo para la explicación anterior; la línea de 300 Ohms debe bajar libre de sujeciones, o al menos separarse con aisladores. Tampoco hay acuerdo en este aspecto, pero entre 25 y 50 cm es una distancia admitida. Lógicamente, cuando más baja es la frecuencia operativa, o más cargada de ROE está la línea, la separación debería ser mayor.

La terminación de la línea de transmisión, y su transición al consabido cable coaxial de 50 Ohms, es otro punto de desacuerdo. Hay versiones de acoplo directo de bajada de 300-450 Ohms a cable coaxial, sin más, (antenas Watson, G5RV). Hay quien recomienda un BALUN 1:4 o incluso un BALUN 1:6 entre una línea y otra, a modo de paso intermedio. Hay quien recomienda un choque anti-retorno a base de ferritas. Otra versión es un BALUN de CORRIENTE, a base de vueltas de cable coaxial formando bobina...etc. Lo más ortodoxo, técnicamente hablando, sería un ACOPLADOR REMOTO,

a pié de línea de bajada, sean 300 o 450 Ohms, y de ahí a la línea coaxial y al equipo. Esto está muy poco visto, en parte por la mentalidad del aficionado, que prefiere que el acoplador /sintonizador esté a su lado, en el cuarto de radio.

El engorro que lleva la instalación de la antena G5RV es siempre el tema del tendido vertical de la línea de bajada, exactamente lo mismo que la primera versión de la antena Zeppelin o la antena LEVY. Si suprimimos la bajada paralela y en el centro del dipolo colocamos un balun de relación 1:6 o 1:9, suprimimos el inconveniente de la separación de la línea de cinta, pero entonces ya no se puede llamar Antena G5RV. Pasa a ser totalmente una antena C.F.D. Viene al caso un artículo del maestro Jorge Dorvier, EA4EO, que en una revista de URE habla del COMUDIPOLO, que es una opción a tener en cuenta. Artículo* por lo demás interesante.

****(Se puede consultar en la revista URE del mes de septiembre de 1998 en su apartado técnica y divulgación a partir de la página 28)***

Par finalizar con esta antena, diremos que hay una VERSIÓN CORTA, para quien disponga de poco espacio, en la cual se reduce a LA MITAD, tanto radiante como línea de bajada. Obviamente, no podremos llegar a la banda baja de 80 metros, so pena de tener una ROE muy alta, debiendo conformarnos con la banda de 40 metros. Tanto en una versión como en otra, se hace necesario el uso de un acoplador si pensamos utilizar la G5RV en modo multibanda.

<https://www.qsl.net/xe3rlr/g5rv.htm>

Manual de la antena G5RV en:

<http://manuals.repeater-builder.com/MFJ/MFJ-1778/MFJ-1778.pdf>

Esta antena también es bastante popular hoy en día, y tiene un hueco en el mercado de las antenas para radioaficionados. Se le considera una alternativa a las antenas Zeppelin, y entra en la familia numerosa de las END FED.

ANTENAS DE HILO LARGO, (LONGWIRE). ANTENAS RANDOM.

Lo primero que hay que tener en cuenta es el término genérico. Antena de "Hilo Largo", es un concepto totalmente relativo, puesto que depende de la longitud de onda. Así, una antena con 40 metros de hilo es una antena muy larga para la banda de 10 metros; sin embargo, es 1/2 onda para 80 metros, y 1/4 de onda para 160 metros. Por otra parte, se busca una longitud de hilo que resulte estratégica para todas las bandas de aficionado, en este caso, y esa longitud del radiante hace que tengamos una antena que no tiene resonancia propia, o al menos eso se pretende. Por eso es el término inglés RANDOM, con significado "aleatorio". Lo mismo se le podría llamar AVERAGE, que significa "promedio". En resumen, lo que se pretende es buscar una antena que es totalmente de compromiso, como para ocasiones especiales o

puntuales, y en caso de instalación fija, como antena de "último recurso", bien por problemas de espacio, o de convivencia vecinal, pues puede pasar desapercibida. La forma de acoplar esa longitud de hilo aleatoria a nuestra línea de transmisión, es a base de un balun, que en este caso se debe llamar UNUN, (UNbalanced-UNbalanced), puesto que la antena está desbalanceada, o desequilibrada.

Este tipo especial de antenas, en las cuales no se busca una resonancia específica, se les acompaña casi siempre, del UNUN de relación 1:9, y de ahí se conecta la línea coaxial, de 50 o 75 Ohmios. En la mayoría de los casos, se hace imprescindible la ayuda de un Acoplador, junto al equipo transmisor.

Lo mismo que en otros casos que hemos visto, esta antena da lugar a controversias en cuanto a su funcionamiento y rendimiento, y como también se ha dicho en otras ocasiones, en modo alguno hay que despreciarla, pues bien instalada puede rendir buenos servicios. En concreto, esta antena es muy apreciada en Radioescucha, pues es de "anda ancha", o BROADBAND, y posiblemente sea la versión moderna de la antigua "L invertida", con bajada unifilar. Con los tiempos modernos, con el uso de la línea coaxial estandarizada, se le ha acompañado del UNUN. La firma RF SYSTEMS, de prestigio internacional, fabrica baluns exclusivamente para recepción, tipo UNUN, que ellos llaman MLB de transferencia magnética, de relación 1:16, que dan magníficos resultados, tanto en uso fijo, como portable, como marino. Otra firma, WIMO, muy conocida también, fabrica dispositivos UNUN para uso exterior, diseñados para transmisión, de relación 1:9, para instalar en mástil. Ambas empresas tienen productos de calidad, pero a precio un tanto elevado. Para el aficionado con habilidades, no hay dificultad en construir estos dispositivos para su uso personal. Hay amplia información en textos e Internet para escoger toroides y construir baluns (*).

(*) https://www.qsl.net/dk7zb/Wire-Antennas/feeding_zepp.htm

Volviendo a la controversia, y a poco que investiguemos sobre las antenas de hilo largo, veremos que en la práctica esa longitud no tiene nada de aleatoria, sino que a base de práctica, se ha llegado a una longitud óptima del hilo, que está rondando los 16 metros. Con esta mágica medida, se logran valores de ROE muy favorables (menor de ROE 2), en todas las bandas de aficionado, que hacen innecesario el uso de acoplador. Es nuestro sueño dorado, la antena que nos vale para todo, da lo mismo en la banda que estemos, el valor de ROE es casi perfecto, es conectar y transmitir. Desgraciadamente, no se dice nada de la longitud de la línea de transmisión, ni de la altura adecuada de montaje, ni de rendimiento de la antena; solo se habla de ROE. Una vez más, se convierte en protagonista, obviando otros factores importantes. En concreto, WIMO sí que aconseja que el UNUN lleve conexión a tierra, que como mínimo la tome a través del mástil. Otros fabricantes de UNUN de relación 1:9, los cuales abundan en la plataforma EBay, aconsejan el uso de CONTRAANTENA, lo mismo que vimos en la Zeppelin End-Fed, además de la conveniencia del choque anti retorno

de Rf, anillos de ferrita, etc. De no utilizar algún sistema que equilibre en parte la antena, va a ser decisiva la longitud de la línea de transmisión, puesto que va a actuar de contraantena, a falta de tierra, con lo que va a ser inevitable la presencia de R.F junto al transmisor.

A estas alturas de todo lo que llevamos visto en Radiotecnia, conseguir que una frecuencia determinada con un radiante de longitud aleatoria nos presente una impedancia de 450 Ohms que repercuta en una ROE perfecta sobre la línea de transmisión, es toda una audacia. Sin embargo, ahí están las tablas de ROE y Frecuencia en cada banda con los 16 metros concretos, y no es necesaria la intervención de Don Acoplador. Es una buena práctica experimentar con esta antena.

Aparte de hacer servir a la antena de hilo largo como portable y fija discreta, también encuentra aplicación como uso de antena secundaria o auxiliar. Puede servir como antena de escucha de una banda al mismo tiempo que otra, o como comparativa en transmisión, o simplemente como segunda antena, pero hay que tener presente que el rendimiento nunca será el mismo que una antena resonante correctamente sintonizada, tipo Zeppelin simple o doble, y las End-Fed.

<https://sites.google.com/site/ea7ahg/antena/tipos-de-antenas/antenas/hilo-largo>

<https://radioaficion.biz/topicos-de-la-radioaficion-5-un-trozo-de-cable-como-hilo-largo-necesita-un-balun-91/>

<https://angelsnz.net/ZL3SV/misc/Magnetic%20Long%20Wire%20UnUn%209.htm>

<http://www.hamuniverse.com/randomwireantennalengths.html>

<http://ipellejero.es/hf/antenas/longwire/hilolargo2.php>

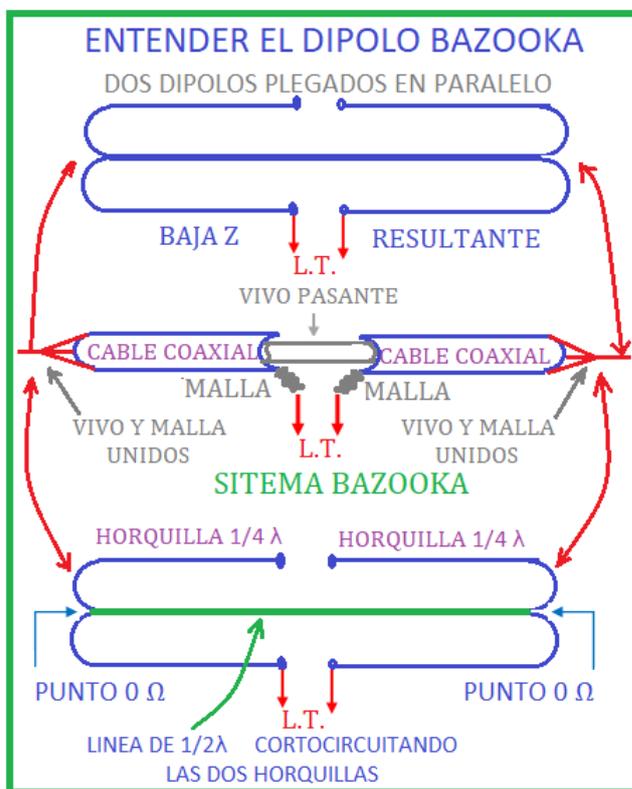
DIPOLO BAZOOKA.

Repasando lo que ya vimos en antenas verticales colineales, las antenas Bazooka están construidas con ELEMENTOS BAZOOKA, que son tramos de cable coaxial conectados de forma que se hacen servir como parte del sistema radiante. En la antena vertical colineal bazooka, si bien se consigue una ganancia inferior a otras estructuras de antenas, era de destacar un mayor ancho de banda, debido al factor "Q" de los elementos bazooka.

El DIPOLO BAZOOKA está de plena actualidad. En principio parece ser procedente del mundo de la radioescucha, (SWL) pero se adapta bien en condiciones de transmisión, y se ha hecho un hueco en el mundo de la radio afición, por supuesto con sus partidarios y detractores. En principio se entiende que el dipolo bazooka es por extensión un DOBLE BAZOOKA, ya que como mínimo tiene dos de esos elementos, uno en cada rama del dipolo. La antena dipolo Bazooka parte del mismo principio que la

antena vertical, y es que utiliza el FACTOR DE VELOCIDAD (F_v), de los cables coaxiales, en beneficio de acortar su longitud física, de forma tal que un dipolo bazooka va a ser claramente más corto que su equivalente en dipolo convencional. Sin embargo, a la hora de poner esto en práctica, el dipolo resulta corto, debido a la capacidad que encontramos entre el conductor interior (vivo), y el exterior, (malla), pues al fin y al cabo, dos conductores separados por un aislante forman un condensador. Así que en el momento de meter en resonancia el dipolo bazooka, veremos que resulta claramente corto, y vamos a tener que añadir unos rabos o EXTENSIONES, una en cada rama, en prolongación de los elementos bazooka. Así y todo, nos quedará un dipolo que en conjunto, es un poco más corto que su equivalente dipolo clásico. El dipolo bazooka se conecta a la línea de transmisión por su centro, por el lado de las mallas, con lo cual, siendo de $1/2$ onda, resulta de BAJA IMPEDANCIA, con lo que se adapta bien a una línea coaxial entre 50 y 75 Ohmios.

Análisis: Esta antena resulta peculiar, tanto en construcción como en funcionamiento,



y vale la pena detenerse un momento en entender el porqué de las cosas, que es el objetivo de esta obra. Partiendo del dipolo plegado, los elementos bazooka podemos verlos como dos dipolos plegados y unidos por su centro, conectados en paralelo. La Z en el punto de alimentación disminuye bastante debido a la capacidad parásita de los tramos coaxiales. Aunque también esto juega a nuestro favor, pues la antena es más silenciosa al ruido de banda que su equivalente en dipolo convencional. Por desgracia, esto penaliza también a la señal útil, siendo la antena bazooka un poco

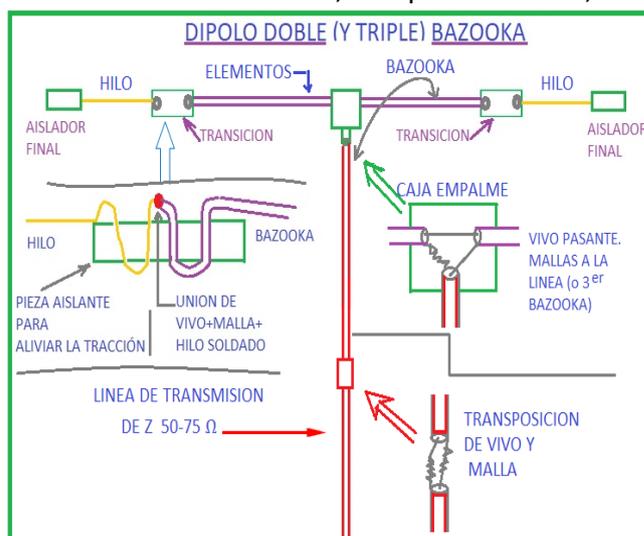
más sorda con respecto al dipolo, aunque esto se prefiere, pues el resultado final es más favorable.

Otra forma de entender la antena dipolo bazooka, es ver a los elementos coaxiales como si se trataran de horquillas de $1/4$ de onda, las cuales están unidas por su centro por un hilo de $1/2$ onda. Aparenta ser más complejo de entender. Y posiblemente, si investigamos las antenas bazooka por Internet, encontremos una tercera explicación.

En principio, para construir una antena dipolo bazooka podemos emplear CUALQUIER CABLE COAXIAL, no importando su impedancia característica, pues lo único que debemos tener claro es su FACTOR DE VELOCIDAD, que por supuesto, varía de un cable a otro, incluso con la misma Z_0 . Podemos utilizar cable RG-58, RG-59, RG-213... incluso RG-6 de TV, barato y que se consigue en cualquier lado. El problema que tendremos con cables gruesos como el RG-213, RG-8 y RG-11, es el PESO, nada despreciable si el dipolo bazooka se construye para la banda de 80 metros, incluso la de 40. A su favor la robustez mecánica, siempre y cuando se suelden todas las conexiones. Pese a eso, hay aficionados constructores de antenas que fabrican las bazookas de forma desmontable: los ramales por un lado, la caja de conexión por otro, y la línea de transmisión por otro. Lo más habitual es construir la antena con cable coaxial RG-58 en su totalidad, incluyendo la línea de transmisión. El punto débil de la bazooka, visto desde la forma constructiva, es la transición de los elementos bazooka a las extensiones, que debe estar siempre soldada y protegida contra la intemperie, y además, si queremos duración, no debería haber tracción mecánica en este punto de unión. Esto es fácilmente evitable con un aislador, o bien un tubo de PVC que alivie la tensión. Por supuesto, si pensamos en una antena bazooka portable, esto se puede pasar por alto. Para finalizar, la antena dipolo bazooka se construye monobanda, aunque los aficionados que disponen de acoplador hacen servir la antena en otras bandas, con buenos resultados. Para la forma de montaje sirven los criterios del dipolo convencional; en V invertida, en forma Slope, etc. Si la frecuencia de trabajo es suficientemente alta, de 50 Mhz hacia arriba, se puede enfundar y auto-soportar, funcionando como dipolo vertical.

ANTENA TRIPLE BAZOOKA:

La antena doble bazooka, o dipolo bazooka, es una BALANCEADA y SIMÉTRICA, y ya



sabemos que la línea de transmisión coaxial no lo es. La antena triple bazooka es la misma antena doble bazooka a la cual TIENE AÑADIDA una sección de línea de $1/2$ onda del mismo tipo que los elementos bazooka de las ramas del dipolo, pero esta vez en el PUNTO DE ALIMENTACIÓN. Como ahora tenemos tres elementos, pues de ahí el nombre. Por supuesto, no hay que olvidarse

del famoso Factor de Velocidad, que tenemos que aplicar a este nuevo tramo, y en el caso de línea RG-58 es de 0,66, como ya sabemos. En los diseños se hace hincapié en la TRASPOSICIÓN del vivo por la malla, antes de pasar a conectar la línea de transmisión

propriadamente dicha, como un intento de desacoplar la línea con la antena, pues la dipolo bazooka carece de BALUN, aunque sería aconsejable un balun de corriente o un choque anti-retorno de RF, o ambos.

POST DATA A LA LECCIÓN 17

Lo más fácil es hacer las extensiones del dipolo bazooka, con cablecillo de instalaciones eléctricas, de sección 1,5 o 2,5 mm. Pero hay otras opciones igualmente válidas, que son:

-Extensión de cinta plana de 300 Ohmios (de Z_0), uniendo los dos conductores al principio y al fin de este tramo de línea.

-Extensión de cinta tipo ventanillas de 450 Ohmios de Z_0 , igualmente uniendo los dos conductores al principio y fin del tramo.

-Extensión de cable coaxial tipo RG-58 de 50 Ohmios de Z_0 , uniendo el conductor vivo y la malla al principio y fin del tramo, lo mismo que en los casos anteriores.

En estos tres últimos casos, no se tiene en cuenta el F_v característico de cada línea, puesto que no actúan como línea de transmisión, sino como conductor de gran diámetro, teniendo que partir de aplicar un factor de acortamiento de 80 % o menor, en este tramo de extensión, comparado con respecto al cablecillo de 1,5 mm, que se estima un F_v del 95 %. En concreto, la línea de 450 Ohmios, que es la más ancha, es la que más corta debiera ser, y nos permite que el dipolo sea significativamente más corto que su equivalente NO BAZOOKA. Sin embargo, es la más engorrosa de manejar, y mucho más cara que un simple cablecillo. Cada usuario en particular es quien decide la opción más conveniente en cada caso.

“El colega Salvador Simón, es un reconocido constructor de antenas para radioaficionados y se ha especializado, en la confección de Antenas Bazooka, Antenas de cuadro y Antenas Morgain, con muy buenos resultados” (ea5adb@gmail.com)

RESUMEN DE LA LECCIÓN 17

En su forma más elemental, el dipolo en el espacio libre tiene una Z en resonancia sobre 75 Ohmios. Los objetos próximos, en especial si son metálicos, y situados a una distancia menor de $1/2$ onda, tienden a DESINTONIZARLO, y además bajando su Z . También la distancia al suelo afecta. Esto es así, por la absorción de energía de los objetos próximos al dipolo. La consecuencia, en la práctica, es que la impedancia está más próxima a los 50 Ohmios que a 75, sobre todo en el espectro de HF.

-Una forma de aumentar la Z del dipolo, es hacerlo en forma plegada. Va a ocurrir lo mismo que antes, pero tenemos mayor margen de variación. El dipolo plegado presenta una Z de 300 Ohmios, que en gran parte de los montajes pasa a ser de 200.

-Partiendo del dipolo plegado, llegamos a las ANTENAS DE BUCLE CERRADO. Estas antenas tienen una longitud de hilo de ONDA COMPLETA, con una Z en resonancia menor que el dipolo plegado. Se estima como punto de partida en $Z = 200$ Ohmios, que puede verse afectada a menor, por las variantes que ya conocemos. En este grupo de antenas tenemos a las ANTENAS DE CUADRO, RÓMBICAS Y DELTA. También está la ANTENA ROMBOIDAL, que es una róbica en montaje horizontal, y que puede ser directiva si termina en una resistencia. Una variante de la antena romboidal es la ANTENA BEVERAGE.

-Variantes de dipolo abierto hay muchas; una de ellas es el dipolo descentrado o WINDOM, que es un dipolo multibanda, de $1/2$ onda de la frecuencia más baja operativa. El funcionamiento multibanda en frecuencias armónicas se consigue desplazando el punto de conexión de la línea, a $1/3$ o $2/3$ de la longitud total. Tenemos así una Z en resonancia que varía poco de una banda a otra, y que en principio corresponde a 300 Ohmios. Esta antena requiere un balun $1:6$. Una variante de la antena Windom es la WINDOM CAROLINA, en la cual se ha variado el punto de conexión de la línea a $1/4$ o $3/4$, con lo cual la Z ahora está más próxima a 200 Ohms, con lo que requiere un balun $1/4$. Esta antena es más flexible que la anterior, en cuanto a bandas a utilizar, pero tiene una tasa de ROE mayor, con lo cual suele asociarse a un acoplador de antenas.

-La ANTENA ZEPPELÍN es un tipo de antena desequilibrada, en la cual sólo hay un radiante de $1/2$ onda, alimentado en un extremo, con una línea de alta impedancia. También se le llama END-FED, y puede funcionar con frecuencias armónicas. La versión actual de la antena Zeppelín ha sustituido la línea de transmisión de alta impedancia por un balun de relación 49 o 50 , con lo que es fácil adaptarla a líneas coaxiales de 50 o 75 Ohmios. Una variante de la antena Zeppelín es la DOBLE ZEPPELÍN, o antena LEVY.

-Similar a la doble Zeppelín es la ANTENA G5RV, la cual aunque se diseñó monobanda, ha dado buenos resultados en funcionamiento MULTIBANDA, pero requiere el uso de acoplador. Hay una versión de G5RV en versión corta, pero hay que renunciar a la banda más baja. El principal inconveniente de esta antena es la línea de transmisión, que es de alta impedancia, típicamente la cinta de ventanillas de 450 Ohmios, que debe bajar lo más perpendicular posible, y aislada de objetos próximos.

-ANTENAS DE HILO LARGO, RANDOM: Es un tipo de antena semejante a la Zeppelín en su versión con balun, solo que no es resonante, y utiliza una longitud de hilo aleatoria, que con la ayuda de un sintonizador o acoplador, la hace útil para funcionar en modo multibanda. Es una antena de compromiso, y dotada de un balun $1:9$ y un hilo de aproximadamente 16 metros, consigue un funcionamiento satisfactorio en varias bandas.

-DIPOLOS MÚLTIPLES, o antenas con bigote, son aquellas que tienen al menos un dipolo añadido sobre el principal, en paralelo, por aprovechar el mismo balun y línea de transmisión. Es el caso típico de la Windom multibanda, a la cual se le añade un "bigote" de la banda de 15 metros, que no es otra cosa que otra antena Windom monobanda sobre el mismo balun. En el caso de un dipolo simétrico, se le pueden añadir los dipolos que necesitemos, si bien la impedancia del conjunto se verá afectada, por lo que suele ser común el uso del acoplador.

-DIPOLO BAZOOKA, es un tipo de dipolo simétrico construido con elementos bazooka, que son tramos de línea coaxial, en los cuales se aprovecha la característica del Factor de Velocidad, para conseguir una reducción del tamaño de la antena , y aumentar el ancho de banda. Este montaje carece de balun adaptador, y existe también la versión TRIPLE BAZOOKA, la cual dispone de un elemento bazooka añadido en la conexión de la línea de transmisión.

Dado que es posible que algunos de los lectores de esta libro, no tengan acceso a la revista U.R.E. y sus artículos y como algo interesante acerca de las antenas, adjuntamos, previa consulta y autorización, tanto de U.R.E. como el autor del artículo, Jorge Dovier EA4EO este interesante artículo publicado en la citada revista en Agosto-Septiembre, acerca del Comudipolo de 1998, en las paginas siguientes, esperando sea de utilidad y desde otro punto de vista de las mismas.

<https://www.ure.es/descargas/?categoria=revista-ure-anos-completos&pagina=3>

Técnica y Divulgación

ANTENA MULTIBANDA COMUDIPOLO-4EO

Introducción

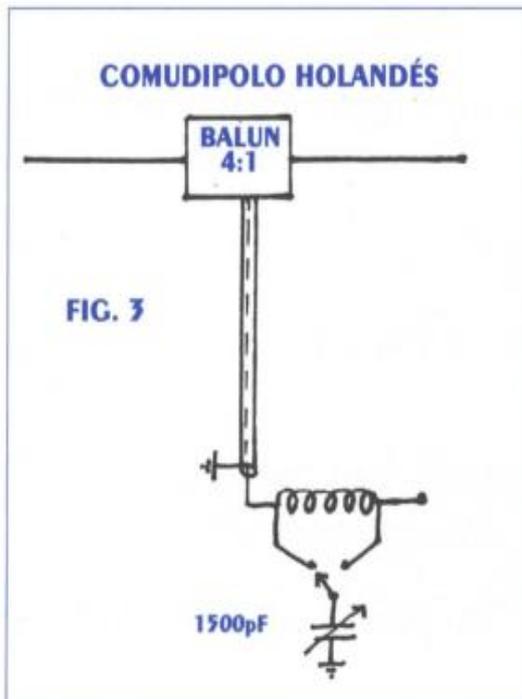
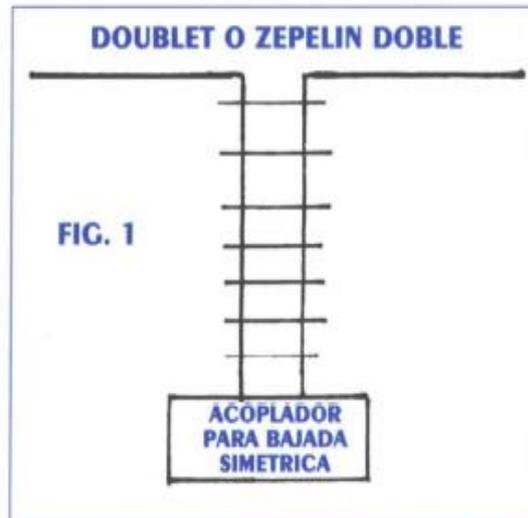
Como hay muchos que no han tenido acceso a la mítica sección *Technical Topics* de Pat Hawker en RadCom (RSGB), junio del 94, o por problemas de idioma, me he decidido a publicar este artículo. La antena COMUDIPOLO-4EO o DIPOLO COAXIAL MULTIBANDA es una versión mejorada del COMUDIPOLO PA0SE de Dick Rollema con unas ventajas que veremos más adelante.

Antecedentes

Se puede decir que el COMUDIPOLO es una antena DOUBLET o DOBLE ZEPELIN (Fig. 1) evolucionada. En su siguiente etapa la ZEPELIN se transformó en la ZEPELIN de DOBLE BAJADA COAXIAL (Fig. 2); esto supuso una mejora más de índole práctico que de rendimiento, pues éste baja un poco al ser sustituida la bajada en escalerilla por sendos cables coaxiales. La mejora desde el punto de vista práctico es notoria pues la bajada ya no tiene que buscar la verticalidad ni evitar la proximidad de objetos metálicos. Incluso cada coaxial puede seguir caminos diferentes siempre que ambos tengan la misma longitud. El siguiente paso ha sido el COMUDIPOLO HOLANDÉS (Fig. 3) que en *Technical Topics* (RadCom, mayo 93) consideraban muy superior a la anterior. En él se suprime uno de los cables coaxiales de bajada y en su conexión arriba con el radiante se inserta un BALUN relación 4:1. Finalmente el COMUDIPOLO español (Fig.4) usa un BALUN diferente, en este caso relación 6:1 y cuyo acoplador de impedancias de antena ya no es el algo especial que lleva el holandés.

Teoría

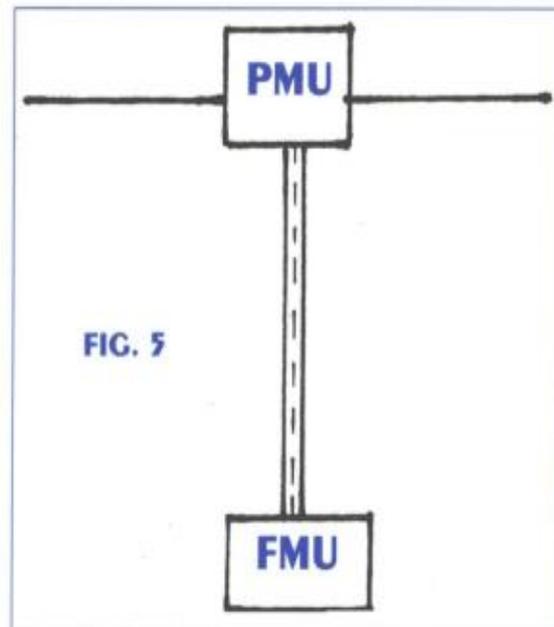
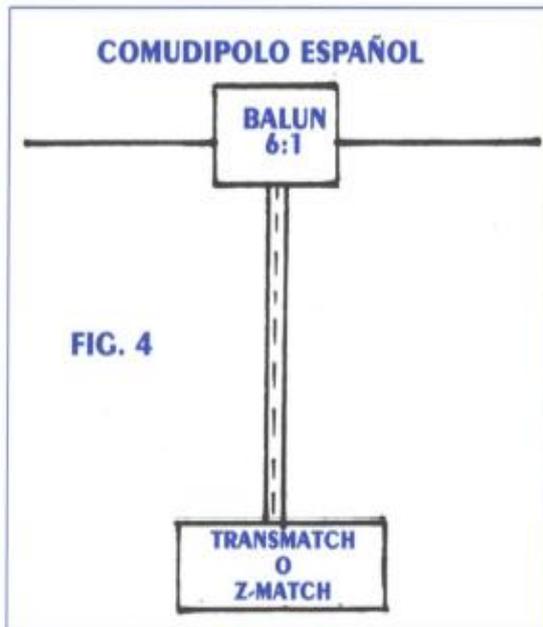
Si consideramos un dipolo de referencia, es decir, un dipolo con su bajada y el transmisor a la misma misma impedancia, que será 75 ohmios en el caso de uno abierto o aproximadamente 50 ohmios en la V invertida, en la frecuencia a la que lo hemos cortado la relación de estacionarias será la unidad. Pero si nos alejamos de esa frecuencia la relación de estacionarias aumenta. Es decir, un desequilibrio arriba va a repercutir abajo en el punto de transición del transmisor con la bajada, aunque por ejemplo ambos tengan 50 ohmios. El pro-



blema se solventa con un acoplador de impedancias de antena, la alta relación de estacionarias sigue existiendo pero el transmisor ya no las ve. Por supuesto que en la línea de bajada su impedancia característica variaría según la longitud pues actúa como un transformador de impedancias. Otra forma de corregir el desequilibrio sería cortando la bajada a un múltiplo exacto de media longitud de onda, pero como queremos trabajar en diferentes bandas y en distintas frecuencias esto es inviable.

Con el acoplador de impedancias estamos consiguiendo cancelar la reactancia de la línea más el radiante y al mismo tiempo hacer que el transmisor al ver la impedancia correcta pueda radiar la potencia real que genera menos las pequeñas pérdidas de la línea de transmisión y las pérdidas resistivas de la antena.

Como lo que vamos a pretender es hacer trabajar un solo dipolo en varias bandas, las impedancias que se van a barajar son muchas y pueden ser desde valores bajísimos a muy altos, por tanto debemos disponer de un acoplador de impedancias muy versátil. En consecuencia, en algunas bandas la relación de estacionarias podría ser altísima, pero por favor que los amantes de la obsesión por las ondas estacionarias (HI, HI!) no fijen su idea en esto, pues el problema real es de adaptación de impedancias y cómo resolverlo.



Algo de historia

A principio de los años 80, G3LHX introdujo el concepto del PMU o UNIDAD DE PREACOPLOAMIENTO y el FMU o UNIDAD DE ACOPLAMIENTO FINAL para conseguir el correcto acoplamiento de antenas multibanda. Con ellos la adaptación de impedancias se hace en dos etapas. En la Fig. 5 se ve instalado el PMU entre el radiante y la bajada, que es precisamente un BALUN relación 4:1, y el FMU, que

era un acoplador de impedancias muy complejo entre la bajada y el transmisor. La idea era mantener la relación de estacionarias entre un rango de 8:1 y 20:1 para con el acoplador poder hacer un ajuste correcto en todas las bandas de HF. G3LHX es pues el precursor del COMUDIPOLO y PA0SE simplifica el acoplador de impedancias según se ve en la Fig. 3.

Sé que muchos no van a poder digerir la idea de bajadas de antena

Técnica y Divulgación

con relaciones de estacionarias de 20:1 pero como muy bien se dice en *Technical Topics* (RadCom), las pérdidas debidas a tan alta relación de estacionarias en algunas bajadas sólo suponen unos pocos decibelios y éste es un pequeño precio que podemos pagar si con ello tenemos una antena multibanda muy simple, sin trampas y encima alimentada con un solo cable coaxial.

Detalles

Vamos a fijarnos en las figuras de las cuatro antenas. Como se ve, hay dos grupos, en las Fig. 1 y 2 las ZEPÉLINES, y en las Fig.3 y 4 los COMUDIPOLOS. Señalaremos las diferencias para más adelante aclararlas. En común todas ellas tienen en su radiante una longitud indeterminada y esto las hace muy atractivas. La idea es muy antigua y es lo que hoy se está llamando DIPOLO MCCOY.

Excepto la DOUBLET (Fig. 1), las demás tienen bajada coaxial en vez de escalerilla. En las dos primeras el acoplador de impedancias es más complejo debido a la bajada en línea paralela y aunque en el COMUDIPOLO holandés el acoplador es más simple, sin embargo no es el típico que encontramos en cualquier estación. En mi COMUDIPOLO puede ser un TRANSMATCH o un Z-MATCH que ya son más corrientes. Respecto a la transición entre radiante y bajada vemos que las dos primeras no tienen BALUN y los COMUDIPOLOS sí.

Balunes

En el BALUN relación 6:1 está la clave de la mejora del COMUDIPOLO-4E0 respecto al holandés pues con él conseguimos reducir aún más la relación de estacionarias entre el PMU y el FMU y por tanto ya podemos usar, como se ha dicho antes, un acoplador (FMU) nada especial. Así las impedancias que nos vamos a encontrar ya no son tan extremadas y entran en el rango de sintonía de nuestros acopladores habituales.

¿Dónde encontrar este tipo de BALUN relación 6:1? Pues es simplemente el usado en la antena asimétrica WINDOM CAROLINA y lo comercializan las casas TAGRA o FRITZEL, pueden disipar una potencia de 300 vatios en antena y probablemente lo fabriquen otras marcas.

Se define como DIPOLO MULTIBANDA DE LONGITUD INDETERMINADA a aquel que al menos tiene de punta a punta 1/4 de longitud de onda. En él su efectividad con respecto a un dipolo clásico de media onda sólo disminuye un 5% y esto es bastante poco si hemos conseguido una serie de ventajas prácticas. Pero más todavía, si en vez de 1/4 de longitud de onda lo aumentamos a 3/8, su eficiencia es sólo menor en un 2% con respecto al mismo dipolo de media onda clásico, es decir, prácticamente nada. Esto lo asevera alguien que sabe más que yo de antenas y se llama Walter Maxwell (W2DU), en su libro *Reflections (Transmission Lines and Antennas)*.

Y seguimos. Yo en mi caso tenía una G5RV en su versión corta, es decir, 7,77 + 7,77 mts que la transformé eliminando el molesto STUB de 300 ohmios hecho con línea Amphenol y que es precisamente el punto débil de esta antena y añadí el BALUN relación 6:1. Como se ve, sus medidas no corresponden a las de la tabla-1 y sin embargo la que para muchos podría ser una antena de compromiso yo la llevo usando desde hace 5 años sin ningún problema. Aunque si se me presenta la ocasión la alargaré todo lo que pueda para mejorar su rendimiento.

Al deshacer la G5RV aproveché la ocasión para hacer una serie de pruebas con varias antenas que me condujeron a la tabla-2.

TABLA-2

BANDAS	ZEPÉLIN	COMDPL-PA0SE	COMDPL-4E4E0
40	Salta arco	Salta arco	Fácil
20	Fácil	Fácil	Fácil
15	Fácil	Imposible	Fácil
10	Fácil	Fácil	Fácil

Longitud de antena

El COMUDIPOLO dijimos que tiene como atractivo que además puede ser de cualquier longitud, lo que le hace ideal para aquellos que tienen problemas de espacio. Pero para mayor rendimiento, aunque no obligatorio, su longitud será al menos un 40% o bien 3/8 de la longitud de onda de la frecuencia más baja a utilizar.

Lo podemos calcular por la sencilla fórmula :

$$Lr = \frac{57,6}{\text{MHz}}$$

donde Lr = longitud de cada rama del dipolo en metros.

MHZ = frecuencia de la banda más baja a trabajar.

En la tabla-1 se dan como ejemplo algunas longitudes para varias bandas como resultado de aplicar la fórmula anterior.

En este punto voy a hacer una precisión para asombrar más a los que se divierten sufriendo con la obsesión de las estacionarias (otra vez HI, HI).

BANDAS	LONGITUD DEL COMUDIPOLO	
de 80 a 10	16,46	+ 16,46 mts
de 40 a 10	8,23	+ 8,23 "
de 20 a 10	4,11	+ 4,11 "
de 15 a 10	2,74	+ 2,74 "
de 12 a 10	2,38	+ 2,38 "

Transformé primero la G5RV en una DOBLE ZEPELIN con bajada en escalerilla, a continuación en un COMUDIPOLO PA0SE y finalmente en lo que sería el COMUDIPOLO-4EO. Utilizando un acoplador TRANSMATCH que uso habitualmente procedí a ver con qué facilidad podía sintonizar las tres antenas. Esto demostraría que las impedancias a adaptar no serían disparatadas y entrarían en el rango de un acoplador de impedancias de uso común en el caso del COMUDIPOLO español.

Como se ve, el resultado de la tabla es convincente. Al no tener los 80 mts en mi transceptor casero no puedo opinar sobre esa banda teniendo esa longitud de antena, aunque por lo visto G3LHZ, con una antena de varilla de un tanque, hizo trabajar el COMUDIPOLO con BALUN relación 4:1 en todas las bandas de HF.

Conclusión

Si realmente quieres comunicados muy, pero que muy seguros, instala una direccional de más de 4 elementos para cada banda, pero si quieres sentirte libre y divertirse sin pensar en problemas de espacio, euros, mamotretos, corrosión, motores y las entrañables estacionarias (más HI, HI), monta un COMUDIPOLO-4EO que es una antena no tan buena, pero bonita y barata, que puede estar en horizontal, en V, en Z, o con los extremos colgando. Busca un BALUN 6:1 en tu proveedor habitual y puede que alguna vez te asombre en las bandas altas al ver que con ella te dan mejores controles que a otro con un dipolo monobanda perfectamente cortado y con una relación de estacionarias de valor unidad. Pues las antenas de hilo largo se comportan como COLINEALES y tienen más ganancia que el dipolo simple de media onda.

73 y DX.

EA4EO

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 18ª:

ANTENAS DIRECTIVAS O DIRECCIONALES

PRELIMINARES:

Como vimos en las antenas verticales colineales, se puede conseguir ganancia en una antena vertical, a base de hacer más pequeño el ángulo de radiación. Esta es una de las formas de conseguir que la energía de RF llegue más lejos; en este caso concentrar la radiación más cerca del horizonte. La premisa con otro tipo de antenas va a ser más o menos la misma. Como la cantidad de energía a radiar ya está determinada, si queremos tener GANANCIA en el plano horizontal, vamos a tener que ingeniárnoslas de forma que podamos enviar mayor radiación en una dirección determinada, a expensas, claro está, de perder prestaciones en otras direcciones. Así que modificaremos a nuestra conveniencia la forma del lóbulo de radiación, haciéndolo más estrecho, tomando como referencia la CASI OMNIDIRECCIONALIDAD del dipolo básico, siempre y cuando no se diga otra cosa.

EL EJEMPLO DEL GLOBITO:

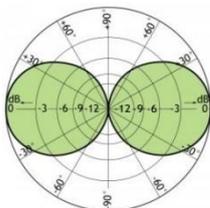
Una forma fácil de entender la direccionalidad y la ganancia es con el ejemplo del globito; de esos que podemos encontrar en cualquier fiesta infantil, y es una explicación "como de ir por casa".

Vamos a considerar la ANTENA ISOTRÓPICA como un globito totalmente esférico.



Recordemos que la antena isotrópica es una antena utópica, de pura teoría, y que sirve como referencia CERO dB para antenas más complejas. Esta antena radiaría EN TODAS DIRECCIONES POR IGUAL, y nos viene bien la semejanza con un globito esférico.

Si a este globito le ceñimos por fuera un trozo de alambre y lo retorremos por su centro, tendremos un ejemplo físico que muy bien recuerda la forma de radiación de



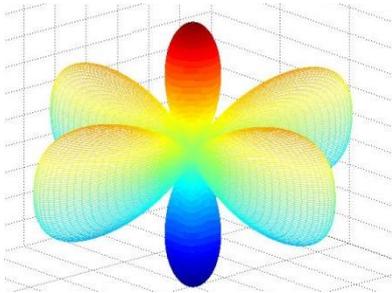
UN DIPOLO REAL. Tenemos ahora DOS FORMAS de globo pequeño a ambos lados del alambre; poniendo esta figura encima de la mesa en posición según miramos, tenemos DOS LÓBULOS, a derecha e izquierda, que van a representar la forma de radiación del alambre dipolo. Con la misma cantidad de aire dentro del

globo, tenemos ahora dos nuevos globos, más pequeños por supuesto, pero de un globo hemos sacado dos, a expensas de la forma esférica inicial. Esta nueva figura representa una ATENUACION de 2,1 dB con relación a la esfera. Total, que en

términos radioeléctricos, con la misma energía, el dipolo real en su forma más básica TIENE UNA ATENUACION de 2,1 dB con relación a la antena ISO.

Aunque esto ya lo vimos en anteriores lecciones, es necesario recalcarlo para recordar que con la misma cantidad de energía la ganancia se consigue al modificar al menos otro de los parámetros.

Volviendo al ejemplo, si a cada uno de estos semi-globitos le ceñimos otro alambre, volveremos a tener dos nuevas formas de reparto del aire existente, o para la comparación, DOS NUEVOS LÓBULOS DE RADIACIÓN

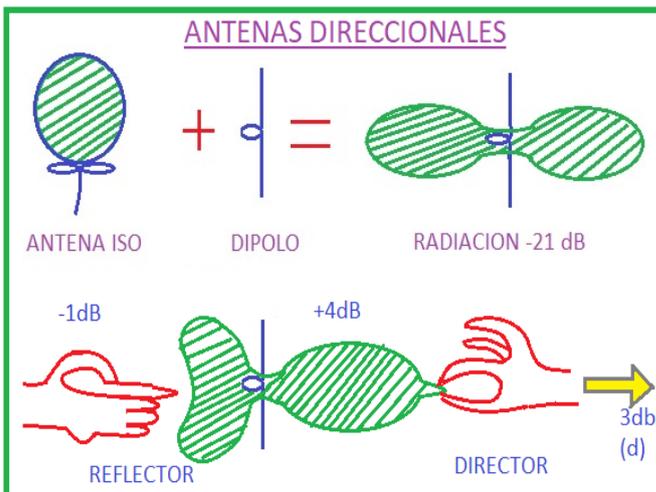


del dipolo de origen, más alargados hacia los lados, con la misma cantidad de energía de RF. Este sería el ejemplo de la antena direccional con dipolos añadidos. Pero podemos optar por otro caso, que sería empujando con un dedo índice uno de los semi-globitos; en este caso, veremos cómo se achata el globito por este lado, y se alarga ligeramente por el otro. Podemos decir que el dedo actúa como REFLECTOR por este lado. También tenemos la opción de pinzar y tirar por el globito opuesto; veremos ahora algo parecido, se estira por este lado, y se encoge un poco por el otro. Sirve decir que el dedo actúa como DIRECTOR. Por añadidura, podemos actuar de ambas formas a la vez, DIRECTOR más REFLECTOR, y entonces la forma se acentúa más aun, se dice vulgarmente que se "apepina". Este sería el ejemplo aplicado a las antenas llamadas parásitas.

Podemos decir que el dedo actúa como REFLECTOR por este lado. También tenemos la opción de pinzar y tirar por el globito opuesto; veremos ahora algo parecido, se estira por este lado, y se encoge un poco por el otro. Sirve decir que el dedo actúa como DIRECTOR. Por añadidura, podemos actuar de ambas formas a la vez, DIRECTOR más REFLECTOR, y entonces la forma se acentúa más aun, se dice vulgarmente que se "apepina". Este sería el ejemplo aplicado a las antenas llamadas parásitas.

ANTENAS DIRECCIONALES:

Hay dos grandes tipos: las antenas DIRECCIONALES A ELEMENTOS ACTIVOS, y las antenas DIRECCIONALES A ELEMENTOS PARÁSITOS. Las direccionales de elementos activos se llaman así porque todos los elementos que componen la antena están alimentados, bien por secciones independientes de línea de transmisión, o bien por línea única a uno de ellos, y de éste a los siguientes.



Las antenas direccionales de elementos activos se llaman así porque todos los elementos que componen la antena están alimentados, bien por secciones independientes de línea de transmisión, o bien por línea única a uno de ellos, y de éste a los siguientes.

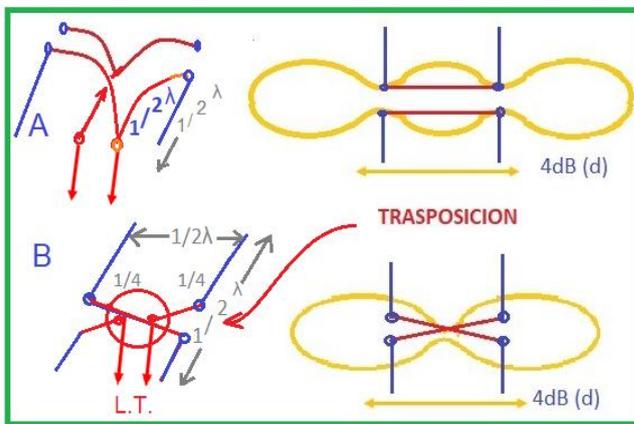
Las antenas con elementos parásitos se llaman así porque sólo hay un elemento alimentado, (o excitado), siendo los demás elementos pasivos o parásitos del principal. A nivel de aficionados, es más común encontrarnos este segundo tipo de antenas, quizá por su mayor facilidad constructiva, aunque también depende en cierta manera

de su frecuencia de utilización. Tanto en un tipo como en otro, podemos utilizar polarización horizontal, vertical, o mixta.

ANTENAS DIRECCIONALES DE ELEMENTOS ACTIVOS:

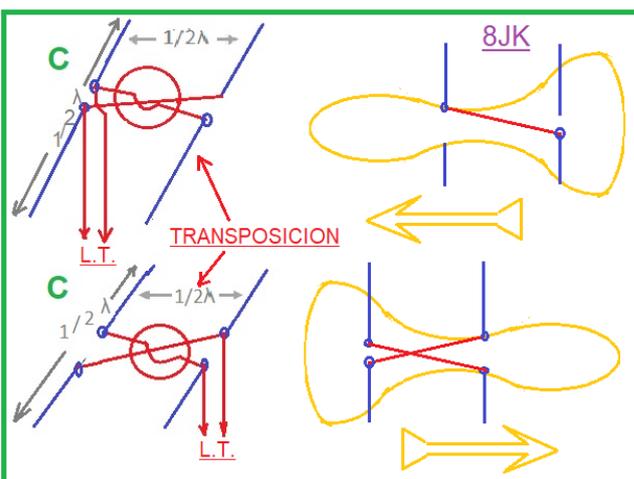
En su forma más sencilla, se trataría de alimentar dos dipolos con la misma línea de transmisión, y para conseguir esto, las dos antenas han de radiar la misma polaridad de la onda electromagnética en el MISMO MOMENTO, o sea, han de estar ENFASADAS, y por añadidura, con la DISTANCIA ADECUADA para sumar los campos de radiación. O sea, el principio de funcionamiento es el mismo que se vio recientemente con las antenas colineales, solo que en este caso, los dos dipolos están conectados a la línea, y en las antenas colineales verticales no siempre era así. De hecho, en muchos textos, se habla de antenas direccionales colineales fijas.

En el dibujo "A", se ve la idea inicial teórica. Dos antenas dipolo separadas $1/2$ onda, y



alimentadas por secciones de línea de $1/2$ onda. Nos faltaría el dispositivo de acoplamiento a la línea de transmisión, pues lógicamente dos antenas en paralelo, en principio reducen su Z total a la mitad. Este tipo de montaje es conocido como ANTENA H, y tiene algunas variantes.

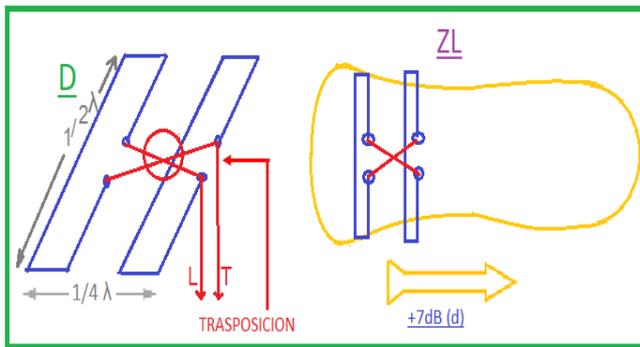
En el dibujo "B", tenemos otro montaje H donde



las líneas de acople se reducen a la mitad, y se consigue el desfase adecuado con la TRASPOSICIÓN de la polaridad de la línea, lo mismo que en la variante "C". Es de destacar, que si el punto de ataque de la línea de transmisión es en el centro, el lóbulo de radiación conseguido es BIDIRECCIONAL, pero si lo hacemos sobre uno de los dipolos, éste se convierte en radiante principal, y el otro dipolo

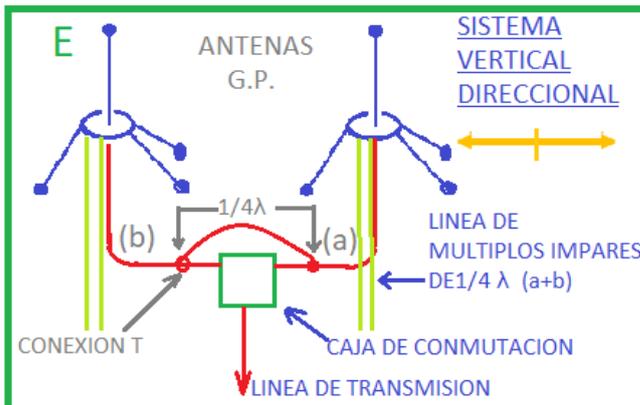
actuará de REFLECTOR. Con un sistema de conmutación remoto adecuado, podemos enviar la energía en el sentido mayoritario que nos interese. A este tipo de antenas también se las conoce como 8JK, en honor al aficionado W8JK.

En el dibujo "D" vemos la antena ZL especial, procedente de Nueva Zelanda, (ZL). Son



dos dipolos plegados CONEXIONADOS CON LÍNEA TRASPUESTA, y separados tan sólo $1/8$ de onda. Vale lo mismo que se ha dicho antes, según donde se conecte la línea de transmisión, un dipolo será reflector con respecto al otro.

En el dibujo "E", se ve el mismo principio de funcionamiento aplicado a dos antenas

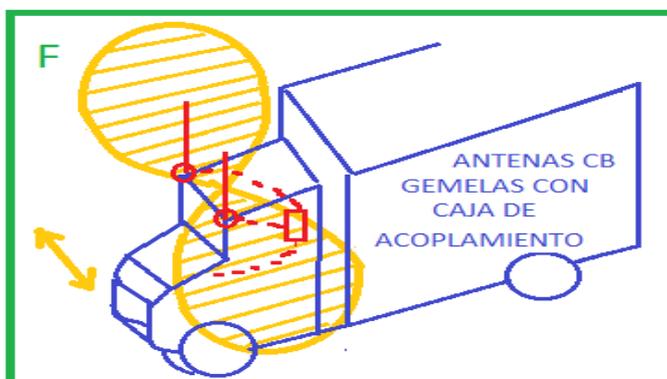


verticales, enfasadas con TRAMOS IMPARES de línea de $1/4$ de onda. Lo mismo para el punto de alimentación de la línea de transmisión; una antena será REFLECTORA con respecto a la otra.

Dependiendo de la separación entre las antenas, y el sistema de

enfamamiento adoptado, así tendremos la ganancia, que variará desde 3 dB hasta 4 o 5, con relación al dipolo simple. Esto es para el MODO BIDIRECCIONAL en el modo UNIDIRECCIONAL, en que una antena es reflectora, se estima al menos 7 dBd. Luego viene el tema de las impedancias resultantes, que siempre vienen ligadas a varios factores, entre ellos la altura al suelo. Los diseños se basan en una altura ideal de $1/2$ onda, y nunca menos por debajo de $1/4$ de onda, so pena de degradar en exceso el resultado final. De esto ya hemos hablado muchas veces, y no es excepción ahora.

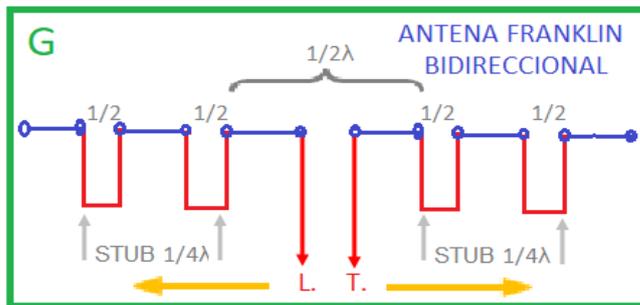
En el mundillo de la radio CB se pueden ver en ocasiones, antenas móviles enfasadas



instaladas en camiones que llevan un remolque de grandes dimensiones. Se les conoce por ser antenas EXACTAMENTE IGUALES instaladas a ambos lados de la cabina del vehículo. Este montaje proporciona un lóbulo de radiación LATERAL, por minimizar la gran sombra

que produce la caja del remolque. El fabricante de este sistema proporciona las antenas, las líneas de desfase y la cajita-balun de acoplamiento a la línea de transmisión, todo conjuntado y con ajuste de fábrica. Corresponde al dibujo "F".

En el dibujo con la letra "G", vemos un sistema colineal bidireccional, llamado ANTENA



FRANKLIN. Es sencillo de entender, pues se trata de un dipolo principal, de $1/2$ onda, al cual se le han ido acoplando elementos de $1/2$ onda, a cada rama del dipolo. Para conseguir un acoplamiento adecuado, al tratarse de alta Z sobre alta Z , recurrimos al STUB de $1/4$ de onda, la conocida "horquilla", (Hair pin).

En principio, esta antena se diseña monobanda, aunque debido a su naturaleza, podría muy bien funcionar en su tercer armónico. La Z en el punto de alimentación es muy difícil de determinar a priori, aunque necesariamente será más elevada que la común en una línea coaxial. Siempre queda el recurso de interponer un balun adecuado, o simplemente, otro STUB en el punto de alimentación, y buscar el punto correcto de impedancia.

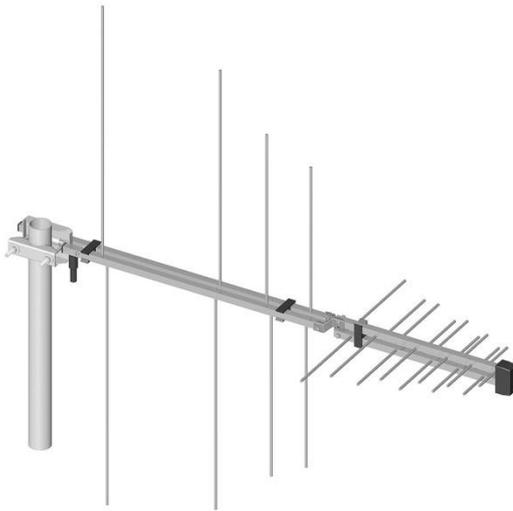
La ganancia se estima en 1 dBd sobre cada sección de $1/2$ onda que vayamos añadiendo, aunque dicen los textos que más allá de $3 + 3$ secciones sobre el dipolo principal, no producen una ganancia total significativa, y no vale la pena prolongar las dimensiones de la antena. El dibujo "G" no está real en proporciones, y se le estima una ganancia de 5 dBd. La ganancia direccional, en este caso, se produce LONGITUDINALMENTE A LA ANTENA, y no en forma transversal, como en casos anteriores. Esto es debido a que la antena Franklin, aunque colineal, es de elementos pasivos, pues la línea de transmisión alimenta únicamente al dipolo central. Debido a las grandes dimensiones necesarias para el montaje, su uso por aficionados se ve restringido a las bandas altas de H.F.

ANTENA LOGARÍTMICA:

También se le conoce como LOG-PERÍÓDICA, es una antena especialmente curiosa, de la familia de las antenas directivas a base de elementos activos. El nombre es debido a que los dipolos múltiples que lo forman, van aumentando de tamaño en progresión geométrica, desde el menor al mayor, lo mismo que la separación entre ellos. Los dipolos quedan alimentados en fase por una línea común la cual se traspone de un dipolo a otro, de principio a fin, y además, el punto de alimentación común a todos ellos es por el dipolo más pequeño. Una imagen valdrá más que mil palabras.

Esta antena puede funcionar bidireccional o unidireccional, dependiendo de la frecuencia de operación. Lo mismo ocurre con la ganancia y la relación frente-espalda, (F/B); la ganancia promedio se estima en 10 dBd.

Esta antena resulta funcionar en una gama muy amplia de frecuencias; tanto como relación 1:2, o lo que es lo mismo, hasta el segundo armónico de la frecuencia



fundamental. En el caso de la gama HF, por ejemplo, diseñada para 28 Mhz, llegará a resonar en 14 Mhz, pasando por todas las bandas intermedias. Como punto de partida de su cálculo, se empieza por el dipolo de la frecuencia más alta, o sea, el elemento más pequeño, y se le aplica la RAZÓN MATEMÁTICA de 0,944, o su inversa, 1,06. Es decir, que, si el primer dipolo midiese 1 metro, el

siguiente dipolo mediría 1,06 metros. La separación tomada como estándar es $1/3$ de la longitud del elemento. Se ve claramente que los elementos van aumentando de tamaño al mismo tiempo que aumenta la separación entre ellos.

FUNCIONAMIENTO: Empezando a excitar la antena por su frecuencia más alta, al menos un elemento será resonante, siendo el resto de los elementos activos REFLECTORES. Naturalmente, todos no van a ser reflectores efectivos, tan sólo los que puedan entrar en resonancia, pero el lóbulo de radiación se muestra claramente direccional desde la parte ancha de la antena hacia la estrecha.

Hacia la frecuencia central de funcionamiento, se da el hecho de haber tantos DIRECTORES como REFLECTORES, y el lóbulo es bidireccional.

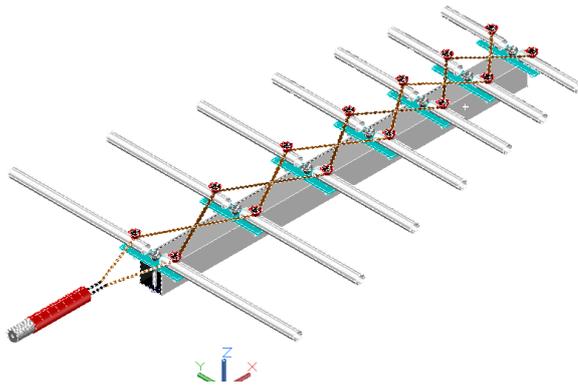
En la frecuencia más baja de la antena, el elemento excitado más efectivo es el más grande, y bajo el mismo punto de vista, el resto se comportan como DIRECTORES, sino todos, algunos de ellos, los que puedan entrar en resonancia.

Con varios elementos funcionando enfatizados, y sumando sus efectos, se entiende que la antena sea de BANDA ANCHA, y en relación a la ROE, lo mismo, aunque se estima inferior a $ROE=2$, nunca puede ser igual a $ROE=1$, pues hay varios dipolos funcionando a la vez. Comparándola con una antena equivalente de elementos parásitos, la antena logarítmica tiene MEJOR RELACIÓN F/B, por el hecho de contar con más elementos reflectores.

A nivel de radioaficionados en HF, este modelo de antena es muy raro de encontrar, debido a sus grandes dimensiones, a no ser que se disponga de un terreno de 20 x 30 metros. Aparte está el tema de hacerla giratoria. Su ámbito de utilización en frecuencias bajas, se ve restringido a las emisoras de tipo utilitario y profesional, tales como usos gubernamentales y militares. Sin embargo, a medida que aumenta la

frecuencia, disminuyen las dificultades para ponerla en práctica, por razones constructivas y de tamaño. Podemos empezar a pensar en antenas logarítmicas a partir de 50 Mhz, llegando sin problemas a 100 Mhz, con lo cual tenemos conseguida la banda de 70. O también, partiendo de 70 Mhz, podemos llegar a la banda de dos metros, 145 Mhz.

En cuanto a práctica constructiva, el pequeño inconveniente que puede hacer incómodo la continua trasposición de alimentación de dipolo a dipolo, se puede mejorar



en mucho con una solución elegante que consiste en disponer dos largueros metálicos, de principio a fin, e ir distribuyendo los elementos entre un larguero y otro superpuestos en forma vertical. Dicho de otra forma sería que la mitad de un dipolo está soportado en el larguero superior, y la otra

mitad en el larguero inferior, en sentido contrario. El punto de alimentación es en el punto más estrecho de la antena, y aunque el sistema es BALANCEADO, usualmente se conecta el vivo de la línea de transmisión a la parte superior, y la malla al larguero inferior, aunque lo correcto sería el uso de un balun simetrizador. Por supuesto, ambos largueros han de estar eléctricamente aislados del mástil que los soporta.

Esta antena se ha hecho popular en la recepción de TV, tanto analógica como digital. Cuenta con una ganancia discreta, pero está a su favor el ancho de banda, que le faculta para recibir de forma uniforme toda la banda de TV-UHF. Es pequeña comparada con las antenas convencionales de banda ancha de TV, y se le conoce popularmente como "antena de raspa", porque su forma recuerda a la espina de un pez, cuando tiene el diseño de múltiples dipolos en "V". También existe la versión de dipolos rectos. En ambos casos se conectan directamente a la línea coaxial de 75 Ohms, por la parte estrecha de la antena, discurriendo la línea por el interior del larguero inferior.

Años atrás, El "Antenna Handbook" de la ARRL y otros textos publicaron tablas de cálculo para este tipo de antenas. Hoy día podemos encontrar abundante información en Internet...

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282015000200005

<https://html.rincondelvago.com/antena-log-periodica-de-dipolos.html>

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/n16_2005/a01.pdf

<https://tech-story.net/es/antenna-theory-log-periodic-antenna/>

<http://antenasnathy.blogspot.com/2012/06/disenio-y-construccion-de-una-antena-log.html>

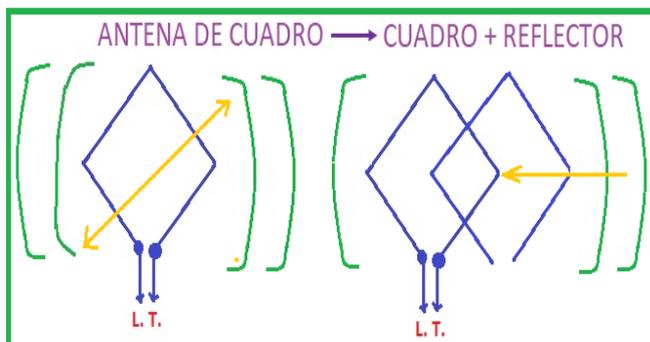
Para aquellos lectores, que quieran introducirse y profundizar más con formulas matemáticas y tecnicismos complejos,(que no son objeto de este libro), puede dirigirse a la dirección web:

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3108/T0001183.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANTENAS DIRECTIVAS A ELEMENTOS PARÁSITOS.

Como vimos al principio de esta lección, se llaman así este tipo de antenas aquellas que tienen un elemento principal, llamado ELEMENTO EXCITADO, (Driven element, en inglés), el cual es el único que va conectado a la línea de transmisión. Los demás elementos que componen la estructura de la antena, se les llama ELEMENTOS PARÁSITOS, o pasivos, pues funcionan a costa del elemento principal, que suele ser un dipolo en alguna de sus formas. Al elemento parásito posterior al dipolo excitado se le llama REFLECTOR, y al que está por delante, ELEMENTO DIRECTOR, o simplemente, director. Es ahora el momento oportuno de decir que el concepto de adelante y atrás es en relación al lóbulo de radiación que se forma en relación al dipolo excitado.

Antenas directivas a elementos pasivos hay de varias clases, desde Deltas, Rómbicas,



Cúbicas, y alguna más, en las cuales lo más normal es disponer de un elemento reflector añadido al elemento excitado; a veces un elemento director, y también ambos, es decir, director más reflector. En la gama de frecuencias de HF, estas

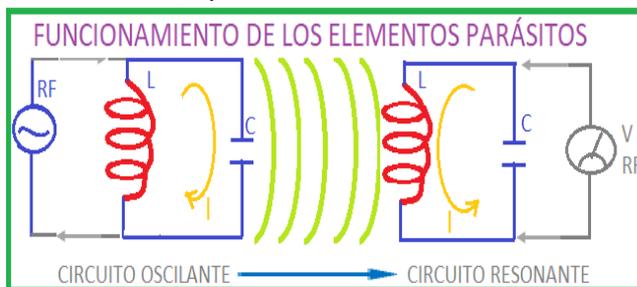
estructuras de antena necesariamente son de grandes dimensiones, pues el perímetro de cada elemento se acerca a una longitud de onda. Es por ese motivo que se usen estos montajes en las bandas altas de aficionado, en concreto a partir de 14 Mhz, y habitualmente, además funcionan en varias bandas, típicamente en 14-21 y 28 Mhz. Si además se las hace giratorias, la eficiencia conseguida es tal, que los usuarios logran comunicados a grandes distancias con potencias de transmisión relativamente modestas.

Sin ignorar la eficiencia indicada para este tipo de antenas, hay otro tipo de antenas con elementos parásitos, más sencilla de construir y de buenos resultados, aunque menos eficiente a igualdad de energía utilizada. Se trata de la ANTENA YAGI. Es la

antena directiva por excelencia, hasta el punto que se le sobreentiende. Si escuchamos que fulanito tiene una antena directiva, se refiere a una Yagi, si no se nos dice lo contrario.

FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS PARÁSITOS:

Da lo mismo que sean rombos, cuadros o deltas, estos elementos funcionan con la energía captada del elemento principal, y tienen la consecuencia de MODIFICAR EL LÓBULO DE RADIACIÓN del dipolo, consiguiendo así GANANCIA en la dirección que nos interesa. Como nada es gratis, obtendremos esto a costa de estrechar el ancho de banda y disminuir significativamente la impedancia del dipolo original. Una vez más, se va a cumplir el Principio de Conservación de la Energía, que es Ley, y no podemos obtener beneficios en parámetros si no es a costa de perjudicar otros. Vamos a referirnos, además, a las lecciones 7 y 8, donde se hablaba de CIRCUITOS RESONANTES, y CIRCUITOS OSCILANTES. En caso de dudas, incluso convendría



remontarse más atrás, a la lección 5, donde se vio el transformador.

Bien, pues si tenemos funcionando un circuito oscilante a una frecuencia de resonancia cualquiera, F_{rx} , y le acercamos otro

circuito que pueda resonar a la misma frecuencia, va a ocurrir que debido al movimiento de los electrones en el circuito principal, se va a formar una RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA, que a través del aire, va a alcanzar a los objetos de alrededor. Esa radiación electromagnética va a INDUCIR energía en el circuito resonante secundario, o parásito, y como que es resonante, la corriente inducida va a ser máxima. Obviamente, cuando más acoplados estén ambos circuitos, más energía transferirá el circuito oscilador excitado, al circuito resonante parásito, que ya se ha convertido en oscilador también. El acoplamiento citado se refiere a la proximidad entre sí. Cuando mayor sea, más energía se transferirá, pero también variarán los otros factores, como frecuencia de resonancia, impedancia, y el factor "Q" ligado al ancho de banda. O sea, que se verán afectados todos los parámetros ligados a F_{rx} . Este fenómeno de influencia mutua ligado a la transferencia de energía ligado a la distancia, lo vamos a emplear en conseguir la directividad o direccionalidad de la antena. Ahora cobra especial significado el porqué se insiste tanto en no tener objetos metálicos en las proximidades de las antenas, y más aún si las dimensiones de esos objetos pueden resonar de forma parásita con la antena.

EL REFLECTOR PARÁSITO:

Este elemento pasivo consigue desviar la energía de radiación hacia la parte opuesta del dipolo excitado; de ahí el nombre, puesto que REFLEJA una parte de la energía,

convirtiéndose en la parte posterior de la antena. El reflector es de dimensiones similares al elemento excitado, RESONANTE por tanto a la misma frecuencia aproximada, con lo cual absorbe energía convirtiéndola en corriente de R.F, y no teniendo línea de transmisión ni carga alguna conectada, se convierte de nuevo en ANTENA EMISORA de energía. Según vimos en la lección número 10, la antena se comporta exactamente igual que un CIRCUITO RESONANTE en serie, con Z mínima a la frecuencia de resonancia. En la práctica, se consigue que un elemento pasivo actúe de REFLECTOR, haciendo que su F_r sea ligeramente menor que la del dipolo excitado, con lo cual su tamaño va a ser entre un 5 y 6% más grande. La distancia al elemento excitado es importante, y puede variar entre 0,20 y 0,25 ($1/5$ y $1/4$) longitudes de onda. Esta medida pone EN FASE ambos elementos, para que se sumen las radiaciones respectivas. El espacio de separación determina la ganancia del conjunto, el ancho de banda, y la Z total. También la relación frente-espalda, (F/B). Casi siempre, hay que escoger una solución de compromiso. Dependiendo del tipo de antena, podemos obtener una ganancia directiva desde 3-4 dB, y F/B de 10 db, en una Yagi sencilla, hasta 10 db y F/B de 20 dB, que es el caso de una antena de cuadro con reflector, (llamada Cúbica).

EL DIRECTOR PARÁSITO:

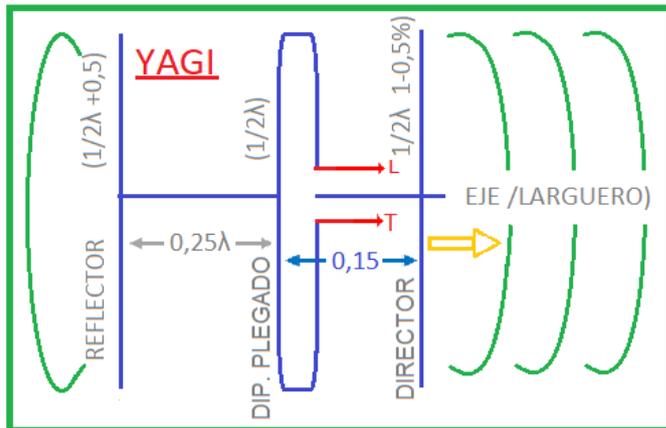
Una gran parte de lo dicho en las líneas anteriores se aplica al elemento director pasivo. Se llama así porque REDIRIGE una parte de la energía radiada por el dipolo excitado, convirtiéndose así en la parte delantera de la antena. El director es de dimensiones similares al dipolo, también RESONANTE a la misma frecuencia aproximada, y de igual manera que el elemento reflector, absorbe energía convirtiéndola en corriente de R.F, y otra vez lo mismo, como no tiene línea de transmisión ni carga conectada, se convierte de nuevo en ANTENA EMISORA de energía. Al contrario que el reflector, para que el elemento DIRECTOR actúe como tal, tiene que resonar, a una F_r ligeramente superior a la del dipolo excitado, con lo cual su tamaño viene a ser un 1% más pequeño que el dipolo. Aunque no es habitual en el espectro de HF, en ocasiones hay varios elementos directores, y en ese caso, cada uno ha de ser proporcionalmente menor que el que le precede. La distancia al elemento excitado, y a su vez al siguiente director si lo hay, varía entre 0,1 y 0,15 longitudes de onda, es decir, entre $1/10$ y $1/6$. El comportamiento reactivo de este elemento, en este caso, inductivo, sumado a la distancia de separación, pone EN FASE ambos elementos, de forma que se suman sus efectos de radiación, en SENTIDO OPUESTO al reflector.

Valen de nuevo las mismas consideraciones con respecto a los demás factores anteriores, como la ganancia, Z , F/B, factor "Q" y ancho de banda...si bien los sabios no se ponen de acuerdo a qué es mejor si reflector o director, lo cierto es que en la práctica se prefiere en caso de elegir una antena con DOS ELEMENTOS, la configuración EXCITADO + REFLECTOR.

LA ANTENA YAGI:

Esta antena debe su nombre (pronunciado yagui en castellano), a los profesores universitarios japoneses Yagi y Uda. Parece ser que el profesor Uda colaboró en menor medida, siendo el Sr. Yagi quien la patentara allá por 1926. Este nuevo diseño de antena, cobró protagonismo durante la Segunda Guerra Mundial, gracias al auge experimentado por las radiocomunicaciones en general, especialmente lo referente a VHF y UHF, y las transmisiones en modulación de frecuencia, FM.

Para que una antena Yagi sea digna de llamarse así, tiene que constar al menos de un



elemento excitado, que siempre es un dipolo, un director parásito y un reflector también parásito. En su origen, la antena Yagi estuvo formada por elementos de $1/2$ onda; este diseño ha perdurado hasta nuestros días, con pocas variantes significativas, y ha sido popularísima, tanto a nivel

doméstico como de comunicaciones en general. Prácticamente en todos los hogares donde hubiera TV, encontramos al menos una antena Yagi. A nivel de aficionados y comunicaciones profesionales, podemos contar con la antena Yagi, prácticamente en todas las bandas, desde el final de la HF, donde ya empieza a ser manejable, hasta los límites de la SHF de 12,5 cm de longitud de onda, 2,4GHz. En estas regiones de frecuencias súper elevadas, la antenita Yagi puede tener forma de veleta, y estar hecha de pistas de cobre sobre una PCB, o tener el aspecto de un tubo de PVC, conteniendo la antena directiva en su interior. Esta forma constructiva se ve frecuentemente en los enlaces de microondas.

En principio, la antena Yagi se diseña MONOBANDA, aunque puede tener un ancho de banda considerable, a expensas de perder ganancia de forma significativa.

LAS PARTES DE LA ANTENA YAGI:

Aunque ya se ha dicho que al menos consta de un dipolo excitado, un reflector y un director, daremos un repaso, profundizando un poco más:

EL ELEMENTO REFLECTOR DE LA YAGI:

Lo más sencillo, es que se trate de una varilla, entre un 5 y 6% más largo que el dipolo excitado. Diseños más elaborados incorporan doble reflector, en forma angular o perpendicular al larguero. La mejor relación F/B se consigue con un reflector angular de rejilla, pudiendo alcanzar fácilmente valores de 20 dB. Este diseño se ve

frecuentemente en recepción de TV actualmente ubicada en UHF. Sabiendo que la distancia del reflector al dipolo debe ser fija, en cualquier caso, vamos a obtener ganancias totales muy variables ligadas a la frecuencia. Para minimizar este inconveniente, junto a los inevitables altibajos de valor de ROE, se construye la rejilla con ventanillas de tamaño variable, y se diseña la antena de forma que tenga ganancia creciente conforme aumenta la frecuencia a recibir. Se hace así por nivelar las pérdidas que aporta la línea coaxial en los canales próximos a 700 Mhz.

En los últimos tiempos de la TV analógica, o tradicional, se veían en ocasiones antenas YAGI CON REFLECTOR PARABÓLICO, para instalaciones problemáticas en ciudades con múltiples ecos de reflexión debido a edificios próximos, que causaban dobles o triples imágenes en la pantalla del televisor. Estas antenas especiales tenían una relación F/B de 30 dB e incluso más, que hacían inmune la antena a las interferencias por vía trasera.

Antenas con REFLECTOR DE PANEL, eran unos diseños sencillos y baratos de construir, en los que el reflector es de rejilla, paralelo al dipolo. Como carecía de director alguno, no se podía considerar antena Yagi propiamente dicha. Con una ganancia muy discreta, era una antena para áreas de señales fuertes, y también se defendía muy bien frente a ecos fuertes de señales secundarias. Era la antítesis de la antena con reflector parabólico, no rechazaba la imagen interferente sino que la aprovechaba, consiguiendo resultados aceptables en los canales en los cuales se sumaran las fases de las señales.

La máxima ganancia que aporta el reflector sobre el dipolo excitado separado $0,2$ longitudes de onda, $(1/5)$, es de unos 5 dB hacia adelante, con una relación F/B entre 10 y 11 dB, pero por contra, la impedancia puede bajar hasta $1/3$. También se nota un efecto secundario en relación a la sintonía original, que ahora ha decrecido. O sea, que para la misma frecuencia de resonancia, hemos de hacer el dipolo un poco más corto.

Y, para terminar, no podemos olvidar los REFLECTORES PASIVOS CON TRAMPAS, que se ven mucho en las antenas directivas profesionales y de aficionados en las bandas de HF. Normalmente la Yagi en cuestión es de aplicación BIBANDA o TRIBANDA, en frecuencias de 14 Mhz y superiores.

EL DIPOLO EXCITADO EN LA ANTENA YAGI:

Dependiendo del diseño y frecuencia de utilización, podemos encontrar un dipolo convencional, de puntas abiertas, o en forma plegada. En gama HF casi obligado el dipolo simple de varillas, por aligerar (y abaratar) la antena. En caso de que la Yagi sea bibanda o tribanda, de las equipadas con trampas resonantes, necesariamente va a ser de esta forma. En cuanto el criterio sea de antena monobanda, y la frecuencia de uso sea de 50 Mhz o superior, podemos encontrar dipolos simples o plegados, incluso llegando a la región de las SHF. Cada sistema tiene sus pros y sus contras; el dipolo

simple es más sencillo de construir, pero más engorroso de adaptar, pues a poco que la Yagi tenga varios elementos directores la Z total se vuelve muy baja, incluso menor de 10 Ohms, que supone la quinta parte de la Z_0 de la línea de transmisión.

El dipolo plegado nos da mayor margen de maniobra; de entrada partimos de 300 Ohms, que es un valor real si la frecuencia es elevada y no hay objetos próximos. También es de apreciar la posibilidad de poner a tierra el punto central del dipolo, lo cual mecánicamente le da mucha robustez, pero restringe la antena a uso monobanda. Pero hete aquí que con varios directores parásitos podemos encontrarnos con una Z en resonancia muy próxima a la Z_0 de la línea, con lo cual sólo queda desbalancear la antena, y en ocasiones esto ni se hace.

Total, que si el dipolo es abierto, debemos adaptar una Z baja a la línea, y si es cerrado, lo normal es al contrario, o sea, adaptar una Z más alta. Conviene que además de adaptar, el dispositivo sea SIMETRIZADOR, y hay varias posibilidades a elegir, entre otras los baluns, los adaptadores gamma, (gamma match), las líneas de transmisión en forma de transformador etc. Hay abundante información en textos e Internet. En las grandes antenas Yagi tribanda para HF, (Mosley, Hy-Gain, Cab-Radar, etc.), los fabricantes suelen aconsejar que se forme un BALUN DE CORRIENTE en forma de choque, a base de bobinar unas cuantas espiras con la misma línea de transmisión, lo más cerca posible del dipolo.

Por último, veremos que hay una tercera opción de dipolo para la antena Yagi, y se trata del DIPOLO DE MARIPOSA, o pajarita, que se usa mucho en antenas receptoras de TV, y veremos en la lección siguiente en el capítulo de antenas de banda ancha.

EL ELEMENTO DIRECTOR EN LA YAGI:

Casi todo lo visto en el elemento reflector va a servir para explicar el director en la antena Yagi; lo normal es separarse 0,1 longitudes de onda ($1/10$) del elemento excitado, y vamos a conseguir así una ganancia hacia adelante de 4 a 5 dB, lo mismo que si fuera un reflector. Para que se cumpla esta condición, el director ha de ser un 1% más corto que el dipolo, y como lo más lógico en una Yagi es contar con varios directores, cada uno de ellos ha de ser proporcionalmente más corto que el que le precede. La separación entre ellos es invariable, o sea, $1/10$, y con esta medida tendremos la máxima ganancia, pero también el menor ancho de banda operativo. Como contrapartida, el hecho de que haya uno o más directores, tiene por efecto AUMENTAR LA FRECUENCIA DE RESONANCIA del dipolo excitado, de forma tal que debemos reconstruir el dipolo haciéndolo un poco más grande, al contrario del efecto del elemento reflector. Al mismo tiempo, la Z total del sistema Yagi se va a ver penalizado en mayor medida si cabe, por lo que podemos esperar impedancias en resonancia cercanas a 8 Ohms, nada más que la antena cuente con 5 o 6 elementos directores. Si el dipolo en origen contaba con $Z = 75$ Ohms, nos estamos encontrando

con su décima parte. Es pues lógico que en VHF nos encontremos con dipolos plegados en muchos casos.

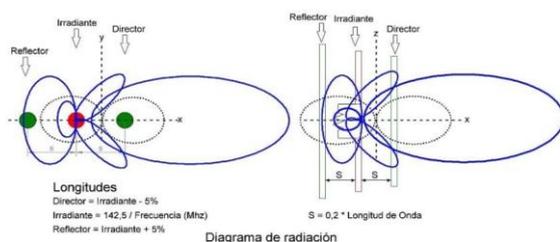
En frecuencias muy elevadas, UHF, las varillas a base de tubo ya tienen un tamaño significativo en relación a la longitud de onda, con lo cual hemos de empezar a recortar el tamaño de los elementos para mantener la frecuencia de resonancia; la práctica constructiva aconseja emplear un mínimo de un 5%, incluso más. Este nuevo concepto se llama FACTOR DE ACORTAMIENTO, y podemos ignorarlo en relaciones inferiores al 1:300. Es decir, que un tubito de 1 cm de diámetro no es problema para frecuencias inferiores a 100 Mhz, (300 cm de longitud de onda). Como efecto favorable, que siempre hay, es que los elementos gruesos aumentan el ANCHO DE BANDA del conjunto de la antena, lo mismo para el dipolo y reflector.

Lo mismo que vimos en el reflector, en las grandes Yagi tribanda de la gama de HF, el elemento director contará con trampas sintonizadas, para bloquear las frecuencias respectivas. En frecuencias elevadas y uso monobanda, (10 m, 6 m.), podemos encontrarnos con más de un elemento director.

En recepción de TV, los constructores de antenas se toman confianza con los elementos directores, haciéndolos todos iguales en tamaño, pero variando la separación entre ellos, a poco que la antena sea multicanal. A veces se coloca el primero de ellos más cerca de 1/10 del dipolo, que provoca una Z muy baja, pero también hace más uniforme la curva de respuesta de GANANCIA / FRECUENCIA, aplanándola, sobre todo en UHF, donde se necesita un ancho de banda mayor de 200 Mhz. Algunos fabricantes sustituyen los directores de varilla por directores circulares, o de forma de mariposa o pajarita, para mejorar la curva de respuesta, (Televés, Sintal, etc.), y otros fabricantes como Fagor, Ikusi, también Televés, utilizan formaciones de directores en paralelo y unidos, o bien cerca del dipolo, o bien en su extremo opuesto, para conseguir el mismo resultado.

ANGULOS DE APERTURA DE LA ANTENA YAGI; HORIZONTAL Y VERTICAL.

Esto hace referencia al lóbulo de radiación de la antena. Tal y como está escrito el



Antena Yagi de 3 elementos

se aplica a las antenas receptoras, pero ya sabemos que las características son las mismas en transmisión que en recepción, tan sólo cambia el nivel de energía que manejamos. De hecho, cualquier antena Yagi conectada a un

transceptor, lo mismo transmite energía que la recibe. Naturalmente, una antena construida expreso para recepción, no va a dar el dato textual de "Angulo de radiación", pues no sería correcto. Dará el de apertura.

De una forma u otra, el fabricante de la antena es quien conoce el producto, y es quien debe dar los datos técnicos necesarios; por definición, el Angulo de Apertura Horizontal, es el formado en el plano horizontal, desde el 71% (corresponde a -3 dB) del máximo diagrama polar de radiación, siendo el punto de origen del ángulo donde va situado el dipolo, perpendicular al eje de la antena, o larguero. De la misma forma, el Angulo de Apertura Vertical es en el plano del mismo nombre, con el mismo valor del 71%, y con la misma referencia del dipolo.

Estos dos valores angulares, en grados, pueden ser iguales, y puede que no, y en el caso de que la antena sea hecha por nosotros mismos, habremos de averiguarlo, o bien de forma práctica, haciendo transmitir a la antena y tomando nota en un aparato medidor de campo, o bien usando la antena en recepción, apuntándola a una señal conocida, (que puede ser un reemisor de TV o un repetidor de aficionados), y tomando nota de la señal registrada en el indicador de "S". Aparte de esto, queda el recurso de la consulta a textos especializados, o el aporte de datos a los programas informáticos de simulación, EZNEC, por ejemplo.

RENDIMIENTO DE LA ANTENA YAGI.

Este tipo de antena con elementos parásitos, cuando se construyen para la ganancia máxima con los elementos muy juntos, tienen una impedancia en resonancia muy baja y un ancho de banda muy estrecho, lo que conlleva que la ganancia cae de forma considerable en cuanto nos alejamos de la frecuencia de ajuste original. Para evitar en parte estos inconvenientes, se prefiere sacrificar algo de ganancia separando algo más los elementos o desintonizándolos ligeramente; de esta forma conseguimos una antena más dócil de ajustar, y con una Z en el punto de alimentación algo mayor.

Como ejemplo indicativo, para antenas de 3 elementos: (separación en long. de onda, ref. dBd, dipolo Z=75)

-Reflector a 0,15 del dipolo, director a 0,1 = ganancia 9 dB, Z=9 Ohms.

-Reflector a 0,20 " , " 0,1 " 7 dB, Z=20 Ohms.

-Reflector a 0,20 " , " 0,2 " 9 dB, Z= 18 Ohms.

-Reflector a 0,25 " , " 0,25 " 8 dB, Z= 50 Ohms.

ANTENAS YAGI LARGAS.

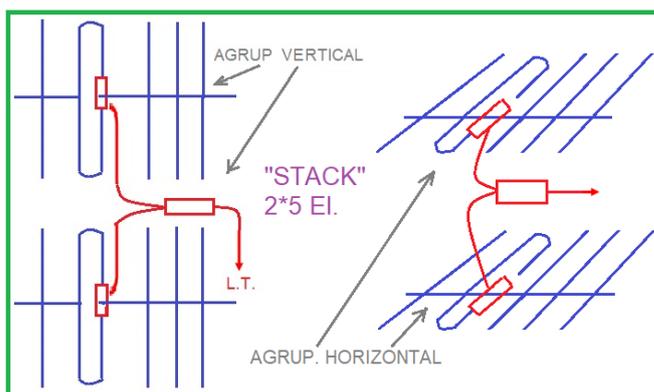
Por motivos de diversa índole, no se puede aumentar indefinidamente el número de elementos directores de una antena Yagi, pues se complica la forma constructiva pues la antena ha de estar al exterior y debe tener un mínimo de robustez para ser duradera. Además, la impedancia total baja hasta tal punto que ya es muy difícil y engorroso incorporar un sistema adaptador con aceptable rendimiento, que no anule

parte de la ganancia conseguida. La firma ANTENAS TONNA, es una de las más prestigiosas, por su antigüedad y experiencia, que comercializa antenas Yagi, de gran tamaño y muy bien construidas. Para las bandas de aficionado de VHF dispone del modelo R7D, de 9 elementos, y el modelo R11D, de 13 elementos. TONNA llegó a la conclusión de que el número de elementos influye mucho menos que la longitud total de la antena; en la práctica se demuestra que hay que marcarse un límite de 20 elementos, pero para conseguir efectividad en la ganancia, el espaciado entre ellos ha de ser entre 0,25 y 0,35 longitudes de onda. Así tenemos una antena "monstruosa" de 16 elementos, con un larguero de más de 6 metros, que tiene que soportarse ayudado por puntales. Así tenemos una ganancia de 15,7 dBd y un ángulo de radiación horizontal y vertical entre 16 y 20 grados. La antena va de 144 a 146 MHz, con una ROE máxima de 1,2. La relación F/B es mayor de 20 dB. Para que nos hagamos una idea de la directividad que consigue esta antena, TONNA anuncia un rechazo lateral de más de 50 db, o sea, para los aficionados, que una señal lateral que en un dipolo simple daría una indicación de $S=9$, en esta súper Yagi daría escasamente $S=1$.

ANTENAS APILADAS. ARRAY DE ANTENAS.

Con todo lo visto antes, para determinadas aplicaciones, como por ejemplo REBOTE LUNAR de aficionados, y otras aplicaciones científico-militares, es precisa mayor ganancia y directividad, con lo cual hay que recurrir al apilamiento de varias antenas Yagi súper-directivas, y esto en terminología inglesa se llama STACKYNG. El término ARRAY se refiere a un grupo, en este caso por no hablar de amontonamiento o agrupación, suele emplearse más en el argot.

Al hacer agrupaciones de antenas, nos tropezamos con el problema de las



impedancias. Las antenas en paralelo suponen que la impedancia total vista desde la línea de transmisión, ya no es la de una sola antena, sino la mitad, en el caso de haber dos antenas. Recordemos que una antena, en resonancia, es como una resistencia, vista desde el

generador. En casos especiales nos vamos a ver obligados a acoplar dos o más antenas Yagi, aunque en el ámbito de recepción la solución es menos estricta. En transmisión la cosa es más crítica, y lo más usual es ayudarse de las características de transformación de las líneas de $1/4$ de onda y $1/2$ onda. Por desgracia, esto sólo ocurre para UNA FRECUENCIA, o una banda muy estrecha de ellas, dependiendo del ancho de banda de las antenas y el margen de tolerancia de la línea de transmisión que hace el acoplamiento; como referencia práctica, un 4 o 5% a cada lado de la frecuencia

central. Las antenas que tengan que emparejarse deben ser RIGUROSAMENTE IGUALES. En caso de querer una solución alternativa, podemos recurrir al uso de un BALUN de la relación que nos interese, y además de adaptar impedancias nos proporciona el efecto simetrizador.

USO DE LOS TRAMOS DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN PARA ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS.

Según vimos en la lección número 10, las líneas de transmisión además del transporte de energía R.F., sirven para adaptar impedancias, siempre para UNA SOLA FRECUENCIA, o sus armónicos impares. En concreto, la línea de 1/2 onda NO ALTERA la Z respectiva de entrada y salida, siendo irrelevante el valor de su Z_0 . Gracias a esto, como no altera el valor de Z, podemos enlazar las antenas con tramos impares de línea de 1/2 onda sin que se altere el valor de la ROE. Hay un caso especial, y es que la línea de 1/2 onda quede en paralelo con ella misma y con otra impedancia; entonces actúa como TRANSFORMADOR 4:1, y se usa bastante en sistemas de antena de 200 o 300 Ohms, que necesitemos adaptar a 50 o 75 Ohms. Esto funciona en base al reparto y separación de las corrientes de R.F por la línea, igual que ocurría en la explicación del dipolo plegado.

El tramo de línea de 1/4 de onda tiene un comportamiento diferente por el contrario. Sirve para adaptar impedancias diferentes de un lado con respecto al otro, según la fórmula: $Z_L = \text{Raíz cuadrada de } Z_1 \times Z_2$, ($Z_L = \sqrt{Z_1 * Z_2}$), siendo Z_L el tramo de línea adaptador, y Z_1 y Z_2 las impedancias respectivas. De todas formas, quien no quiera tener presente la formulita, hay un método de "ir por casa " que nos proporciona una solución bastante aproximada, y perfectamente válida a efectos prácticos, y no es otra cosa que LA MEDIA ARITMETICA, o el valor promedio, como queramos. Por ejemplo: Necesitamos adaptar una Z en un extremo de valor 25 Ohmios, a otro valor normalizado de 50 -52 Ohmios, habitual en líneas de transmisión. El valor promedio es de 38 Ohmios, que viene de sumar 25 + 52, y dividir entre 2. Si en lugar del promedio, aplicamos la fórmula, nos dará un valor de 36 Ohmios, muy próximo a lo que necesitamos. Ahora hemos de conseguir un tramo de línea de 1/4 , que tenga una Z_0 lo más parecida a 36-38 Ohmios, que sin ser un valor habitual en cables coaxiales, en este caso es muy fácil de construir, simplemente colocando en paralelo dos trozos de línea de 75 Ohmios de Z_0 . No es preciso decir que estos dos tramos en paralelo han de ser RIGUROSAMENTE IGUALES en su longitud, y no es en absoluto necesario que vayan juntos en la instalación. De esta forma sencilla podemos emparejar dos antenas Yagi de $Z = 50$ Ohms cada una, con dos trozos de 1/2 onda de línea de $Z_0 = 50$ Ohms, conectadas cada una a la línea adaptadora de 75 Ohms. Nunca olvidemos el FACTOR DE VELOCIDAD, que depende de cada línea en concreto, y es un valor que proporciona el fabricante del cable coaxial.

El colega Raúl Torres, LU3HEI, explica en su página de Youtube otra forma de adaptación para conseguir los mismos resultados. Es muy interesante. <https://www.youtube.com/watch?v=kZhkb9rr4BE>

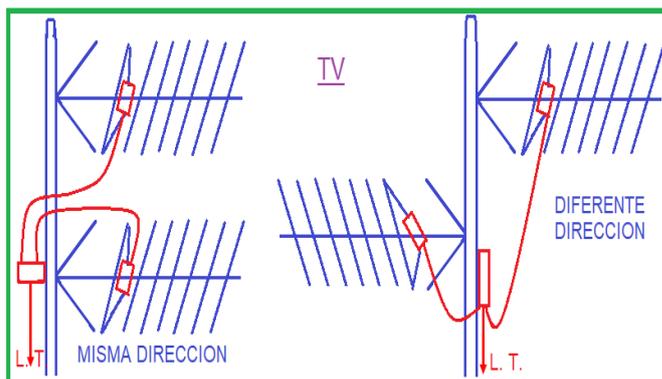
LA GANANCIA EN ANTENAS AGRUPADAS.

Una antena Yagi que tenga 10 elementos aporta unos 12 dBd, y una de 18 elementos unos 16 dBd, siendo ya el tamaño exagerado a no ser que la frecuencia sea muy elevada, en la gama de UHF; los primeros directores ya no consiguen un efecto significativo, y se prefiere agrupar dos antenas en paralelo, (y aportarán 4 dBd extras), ocupando menos espacio longitudinal. De esta forma podemos disponer dos antenas separadas 1/2 onda, de 10 elementos cada una, y conseguiríamos la misma ganancia de 16 dBd, a costa de estrechar los lóbulos de radiación horizontal y vertical. Si en lugar de agrupar dos antenas agrupamos 4, podemos añadir 6 dBd, consiguiendo así 18 dBd, que ya es una cifra muy respetable. Separando las antenas entre 3/4 y una onda completa, podemos añadir 1 y 2 dBd extras, respectivamente.

Aumentar más aún el número de antenas, complican en exceso el montaje, pues no debemos olvidar las pérdidas inevitables en cada tramo adaptador de impedancias, y llega un momento en que la ganancia obtenida no compensa las dificultades del ajuste y construcción, ya que es inevitable que las antenas interactúen entre ellas, con lo cual los lóbulos de radiación se deforman, apareciendo formas secundarias que no son de nuestro interés.

ANTENAS DE TV AGRUPADAS

En los tiempos actuales, donde las transmisiones de televisión en banda de UHF dan



cabida a múltiples canales, las agrupaciones de antenas Yagi para incrementar ganancia, son inviables, prefiriéndose otros tipos de solución, como los preamplificadores de mástil, y de caja de antena. Únicamente en el caso de tener que captar un canal de TV aislado, en una dirección

distinta al grupo de canales principales, podríamos ensayar una agrupación de dos Yaguis mono canal. Esto es económicamente costoso a nivel individual, pero factible en una instalación de TV colectiva. En materia de recepción, no es preciso calcular longitudes de onda; conque los tramos de línea individual sean iguales, es suficiente. Cada rama de cada antena se conecta a un dispositivo MEZCLADOR, (Splitter en inglés), que resuelve el problema de adaptación de impedancias, eso sí, penalizando con -4 dB la ganancia conjunta de ambas antenas.

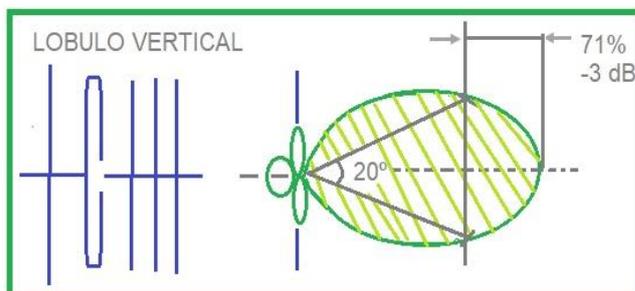
Como ya hemos dicho en otras ocasiones, todo lo que se diga para antenas transmisoras tiene validez para las receptoras, ya que sólo cambia el nivel de energía en juego. Con esto, hay agrupaciones que son indeseables, como por ejemplo, distancia vertical u horizontal demasiado corta, (mínimo 1/2 onda, si puede ser más, mejor) entre los ejes de antena o largueros; y nunca una antena tras otra en la dirección de captación de señal, so pena de tener grandes pérdidas. En el caso de la banda UHF y reflector diédrico de rejilla, el problema se agrava todavía más. Separa una antena de otra un mínimo de 10 longitudes de onda.

POLARIZACIÓN DE LAS ANTENAS YAGI. EMISIÓN Y RECEPCIÓN.

Ya vimos en el capítulo de los dipolos el tema de la polarización, que se refiere al vector (o sentido) que se forma en el CAMPO ELÉCTRICO. Hay varios tipos de polarizaciones en configuración de antenas; principalmente polarización horizontal, vertical, mixta, elíptica, circular, etc. Nos centraremos en la polarización vertical y horizontal, por ser las más empleadas. Obviamente, es precisa la concordancia entre emisión y recepción con la misma polarización; pues las pérdidas de señal por disparidad pueden llegar a -20 dB.

POLARIZACIÓN VERTICAL.

Es la que forma el dipolo excitado con relación al suelo, que es horizontal. El campo



eléctrico de la componente electromagnética también será vertical, y entonces se dice que la antena Yagi en cuestión está polarizada verticalmente. Lógicamente, el resto de elementos parásitos estarán en

consonancia con el dipolo, para poder conseguir el efecto directivo de la antena. La polarización vertical se emplea principalmente en dos casos:

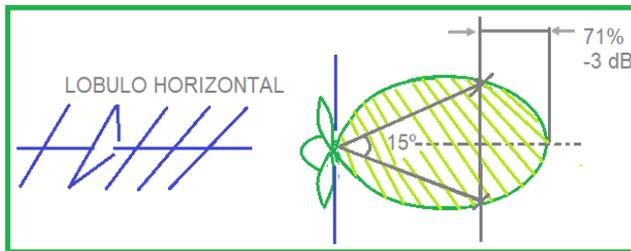
- En emisión, cuando queremos conseguir un enlace fiable de un punto a otro, ambos conocidos. En la gama de HF no se utiliza; empieza a tener aplicación en VHF y superiores, para aficionados en la banda de 144 Mhz. El inconveniente es que la comunicación se vuelve algo más ruidosa, pues la mayoría de parásitos también están polarizados verticalmente. La gran mayoría de enlaces locales ya sean profesionales o de aficionados, utilizan esta polarización.

- En recepción en VHF, ha demostrado la práctica de TV, que la polarización vertical es más eficaz en captar señal en zonas montañosas. En la UHF que es la única utilizada hoy día, se aprovecha la atenuación debida a la disparidad de polarización en beneficio de la captación de canales de diferente procedencia, de emisores locales próximos entre sí. Ejemplo: el emisor "A" del canal 28 transmite en p. horizontal, y el emisor "B"

del canal 50, transmite en vertical. Naturalmente, cada emisor tiene diferente dirección en la transmisión.

POLARIZACIÓN HORIZONTAL.

Es la que forma el dipolo excitado, cuando está paralelo al suelo. El campo eléctrico de



la componente electromagnética también será horizontal, y se dice que la antena Yagi está polarizada horizontalmente. El resto de elementos parásitos estarán en consonancia con la polarización del

dipolo, para conseguir el efecto directivo de la antena.

La polarización horizontal se emplea profusamente en la gama HF, tanto en antenas de hilo como en antenas directivas de cualquier tipo. Es la polarización preferida para DX, (que significa Distancia X, desconocida), donde se envía la radiación de la energía, y en espera de que alguien pueda recibirla, y conteste. Los aficionados de VHF y frecuencias superiores, emplean polarización horizontal en sus antenas Yagi, preferentemente en modo SSB. Cuando lo que se trata es de "pinchar" algún repetidor lejano, en modo FM, la polarización vertical se demuestra más adecuada.

RESUMEN LECCIÓN NUM. 18

La forma de conseguir DIRECCIONALIDAD, es decir, favorecer el envío de energía electromagnética en una dirección determinada, está basada en estrechar el lóbulo de radiación de la antena, con lo cual la señal llega más lejos, a costa de perder radiación omnidireccional, ya que la cantidad de energía es la misma.

-Salvo que se indique lo contrario, la antena de referencia es el dipolo básico, y corresponde al nivel 0dB.

Las antenas direccionales son siempre en la misma línea direccional, lo que se modifica es el sentido hacia donde se envía mayoritariamente la energía. Este tipo de antenas pueden ser a ELEMENTOS ACTIVOS, los cuales están todos ellos conectados a la misma línea de transmisión, y por tanto alimentados, o a ELEMENTOS PASIVOS, en el caso de que sólo uno de ellos esté alimentado, sea un cuadro o una Delta, aunque en la mayoría de casos, son dipolos en sus variantes.

-En las antenas de elementos activos, encontraremos al menos DOS DIPOLOS, interconectados entre sí, y a su vez, a la línea de transmisión. -La separación entre ellos, es como punto de partida, 1/2 onda, y se emplea algún sistema que permita invertir la fase de cada una de las corrientes, de forma que las radiaciones se sumen. Lo más sencillo es una transposición de la polaridad de la línea. Según en cuál de los

dos dipolos se conecte la línea, se convertirá uno de ellos en REFLECTOR del otro, favoreciendo la radiación UNIDIRECCIONAL. El dipolo principal se supone el que lleva la línea conectada directamente.

-Podemos conseguir un sistema BIDIRECCIONAL COLINEAL, a base de añadir secciones enfasadas de $1/2$ onda a un dipolo también de $1/2$ onda. Para esto, se pueden utilizar STUBs de $1/4$ de onda. La antena así formada se le llama ANTENA FRANKLIN.

-La ANTENA LOGARÍTMICA es una antena formada por dipolos enfasados en progresión decreciente en tamaño y separación, la cual viene alimentada por el dipolo más corto, que corresponde a la frecuencia más alta. A partir de él, la línea de acoplamiento se traspone de uno a otro. Esta antena cubre un margen amplio de frecuencias, lo normal es 2:1, y en razón a su tamaño, se emplea mayoritariamente en VHF y UHF. También ha encontrado su hueco en recepción de TV.

-Las antenas directivas a ELEMENTOS PARÁSITOS funcionan en base a unos elementos de dimensionado cercano a $1/2$ onda, situados a una distancia estratégica del elemento principal, o EXCITADO. Ligeramente mayor de media onda, y situado entre 0,15 y 0,25 longitudes de onda del excitado, este elemento se convierte en REFLECTOR, y tiene como consecuencia desviar energía hacia al contrario donde está situado. En el caso de que sea más pequeño que el elemento excitado, se convierte en DIRECTOR, y tiene el efecto contrario del reflector, estando situado a una separación de 0,10 a 0,15 longitudes de onda. El funcionamiento de los elementos parásitos se basa en que absorben energía procedente del elemento excitado, al estar en resonancia muy próxima, y como no tiene carga conectada, vuelven a radiar la energía, sumándose a la del dipolo principal. En caso de haber sólo un elemento parásito, se prefiere que sea el reflector.

-LA ANTENA YAGI, que debe su nombre al profesor japonés que la invento, consta de un elemento excitado, que siempre es un dipolo, un elemento reflector, que es una varilla un poco más larga que $1/2$ onda, y al menos un elemento director, que es un poco más corta que $1/2$ onda.

-El reflector más sencillo está formado por una varilla, separada a la distancia conveniente del elemento principal. Hay diseños más elaborados, con más de una varilla, y también con forma angular, panel e incluso forma parabólica. El efecto secundario del reflector sobre el dipolo, es bajar su impedancia y su frecuencia de resonancia.

-El elemento excitado, que siempre es un dipolo, puede ser de la forma de varillas sencillas, de $1/4$ de onda cada una, o bien dipolo plegado, de $1/2$ onda. Se utiliza bastante este último, pues al tener una Z mucho mayor, permite un mejor rango de adaptación, sobre todo si la antena Yagi consta de varios elementos directores. Para usos de banda ancha, el dipolo suele tener forma de mariposa.

-El elemento director también es una varilla, situada a la distancia conveniente del elemento principal, y forma junto al reflector la configuración básica de la antena Yagi, y ambos son los responsables de la relación frente -espalda, (F/B), de la antena. El efecto secundario del director es bajar también la Z total del sistema, y a su vez aumenta la frecuencia de resonancia del dipolo excitado. Lo normal en una antena Yagi es contar con más de un elemento director, que proporcionalmente disminuyen de tamaño, aunque la separación entre ellos sea constante.

-El efecto des-sintonizador de los elementos parásitos sobre el dipolo se ve compensado entre ellos, pero no así la impedancia total del conjunto, que puede llegar a valores muy bajos. En todas las antenas Yagi hay que prever un sistema de adaptación de impedancias.

-Los ángulos de apertura, o de radiación, los proporciona el fabricante de la antena, y son dos, el de apertura vertical, y el de horizontal. Se calculan en base al 71% o -3db del mayor valor del lóbulo, y no tiene que ser necesariamente iguales. El valor es en grados, y es más pequeño cuanto mayor es la ganancia de la antena.

-El rendimiento de la antena Yagi depende de la cantidad de elementos. En una Yagi básica, de tres elementos, podemos partir de la base de 8dBd, que va a depender de la separación entre ellos. A su vez, la impedancia va ligada a la ganancia y el ancho de banda. En general, cuanto más ganancia, menor impedancia y menor ancho de banda. Una Yagi larga puede tener 16 elementos y 12 dB de ganancia, con una relación F/B de 20 dB, con un ángulo de apertura menor de 20 grados.

-No se puede aumentar más allá de cierto punto el número de elementos de una antena Yagi, por razones estructurales y de impedancia. En este caso, lo que se hace es apilar dos o más antenas Yagi, conectadas a la misma línea de transmisión. Con dos Yagis apiladas, podemos aumentar 4 dB, en el caso de 4 Yagis, 6 dB. La ganancia de las antenas agrupadas, (Stacking), también depende de la separación entre ellas.

-La polarización de la antena puede ser principalmente horizontal o vertical, aunque hay otros tipos. La polarización horizontal parte del dipolo cuando está paralelo al suelo, y se utiliza de forma convencional para largas distancias. La polarización vertical es la que se forma perpendicular al suelo, y se utiliza más en enlaces directos, y cuando queremos vernos menos influenciados por la polarización horizontal, en caso de sistemas de antenas agrupadas.

Nota: Como ya hemos dicho en alguna ocasión, este libro es mas didáctico y práctico que técnico, pero no por eso hemos de dejar de reconocer, que dentro de la inmensa literatura que se puede encontrar en internet o en las librerías especializadas, hay verdaderos tratados q entran en profundidad sobre el tema de las antenas y toda su tecnología, como lo es, en el caso de dos libros (entre otros muchos) “Las antenas” de R. Brault y R. Priat de editorial Paraninfo, ó también el

libro **“Todo sobre Antenas, Acopladores y Líneas de transmisión”** de Luis L. Novales EA2CL, que también colaboró con URE con algún artículo en la revista de la propia URE. Los años 1996 y 2000 <https://www.ure.es/download/direccional-2-elementos-15-metros/> Ambos libros recomendados para su lectura, para aquellos que quieran como decimos, indagar en profundidad sobre todo lo relacionado con antena y líneas de transmisión. De ambos libros, una pincelada, de los datos que se pueden manejar, y utilidad, cuando de lo que se trata es de experimentar y profundizar, como los que nos aportan estas tablas.

Esta, del libro de EA2CL “Todo sobre Antenas Acopladores y Líneas de Transmisión”

FORMULAS PARA EL CALCULO DE LA LONGITUD SE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA									
Tipo de antenas (sistema)	Longitud l	Longitud R	Longitud D1	Longitud D2	Longitud D3	Separacion elementos λ	Ganancia (dB)	Impedancia (Ω)	Observaciones
2 elementos c/ reflector	140,8 f(Mc/s)	146,3 f(Mc/s)	Maxima ganancia delantera			0,15 λ	5,3	24	Espaciado medio (0,15 R)
2 elementos c/ reflector	140,8 f(Mc/s)	150,8 f(Mc/s)	Maxima ganancia delantera			0,15 λ	4,3	30	Espaciado medio (0,15 R)
2 elementos c/ director	140,8 f(Mc/s)	-	135,3 f(Mc/s)	Maxima ganancia delantera		0,1 λ	5,5	14	Espaciado corto (0,1 D)
2 elementos c/ director	140,8 f(Mc/s)	-	135,3 f(Mc/s)	Maxima ganancia delantera		0,1 λ	4,6	26	Espaciado corto (0,1 D)
3 elementos c/ espaciado corto	140,8 f(Mc/s)	150,8 f(Mc/s)	135,3 f(Mc/s)	-	-	0,1 λ	6,0	26	Ajuste critico para maxima distancia f. d/t
3 elementos c/ espaciado medio	140,8 f(Mc/s)	151,2 f(Mc/s)	136,3 f(Mc/s)	-	-	0,15 λ	8,2	10	Espaciado medio (0,5 D/0,15 R)
3 elementos c/ espaciado amplio	140,8 f(Mc/s)	151,7 f(Mc/s)	137,1 f(Mc/s)	-	-	0,2 λ	8,5	18	Ajuste para maxima ganancia delantera
3 elementos c/ espaciado muy	140,8 f(Mc/s)	150,8 f(Mc/s)	137,1 f(Mc/s)	-	-	0,25 λ	7,8	20	No requiere ajuste de los elementos
4 elementos c/ espaciado amplio	140,8 f(Mc/s)	149,3 f(Mc/s)	134,7 f(Mc/s)	133,5 f(Mc/s)	-	0,2 λ	9,5	35	Ajuste para maxima ganancia delantera
5 elementos c/ espaciado amplio	140,8 f(Mc/s)	149,3 f(Mc/s)	134,7 f(Mc/s)	133,5 f(Mc/s)	132,2 f(Mc/s)	0,2 λ	10	15	Ajuste para maxima ganancia delantera

NOTA- Los valores de impedancia en ohmios son relativos y dependen principalmente de la altura sobre la tierra del sistema de 1 longitud de onda como minimo, de la presencia de objetos cercanos, lineas telefónicas etc.

Tabla para el cálculo de sistemas rotativos direccionales

O esta otra tabla del libro “Las Antenas” de R. Brault y R. Editorial Paraninfo

Tabla que da la longitud de los elementos, ganacia y resistencia de radiacion para distintos tipos de antenas con elementos parasitos								
Tipo de antena	Distancia entre 2 elementos	Longitud del reflector	Longitud del dipolo	Longitud del 1 ^{er} director	Longitud del 2 ^o director	Longitud del 3 ^{er} director	Ganancia en dB	Resistencia de radiacion Ω
A+R	0,15 λ	$\frac{150}{f}$	$\frac{141}{f}$				5	30
A+D	0,1 λ		$\frac{147}{f}$	$\frac{139}{f}$			5,5	15
RAD	2,2R 0,1D	$\frac{153}{f}$	$\frac{143}{f}$	$\frac{136}{f}$			7	20
RAD	0,25	$\frac{151}{f}$	$\frac{143}{f}$	$\frac{137}{f}$			8	50
RA2D	0,2	$\frac{150}{f}$	$\frac{143}{f}$	$\frac{135}{f}$	$\frac{134}{f}$		9	13
RAJD	0,2	$\frac{150}{f}$	$\frac{143}{f}$	$\frac{135}{f}$	$\frac{134}{f}$	$\frac{132,5}{f}$	10	120

A:dipolo - R:reflector -0,2 R:reflector a 0,2 λ

RA3D:antenas que tienen 1 reflector, 1 dipolo y 3 directores

Como funciona una antena.

Toni Polit

LECCIÓN 19ª:

ANTENAS MULTIBANDA. ANTENAS DE BANDA ANCHA. ANTENAS ESPECIALES.

PRELIMINARES:

La historia de la Radioafición es tan antigua como la de la propia radio. Paralelamente a la explotación comercial de este invento, siempre ha habido un desarrollo de investigación a cargo de aficionados, que ha ido parejo a este nuevo medio de comunicación. Anteriormente a la Segunda Guerra mundial, no había orden ni concierto en la actividad de la radioafición; dentro de la gama de Ondas Cortas, el aficionado experimentaba donde quería, por la razón de que ese espectro de frecuencias apenas estaba en uso. En el año 1932 se creó en Madrid el organismo UIT,(Unión Internacional de Telecomunicaciones), para encargarse de la gestión administrativa a nivel mundial. Posteriormente, en 1947, se celebró el acontecimiento histórico internacional para el registro de frecuencias, en Atlantic City, en New Jersey, USA.

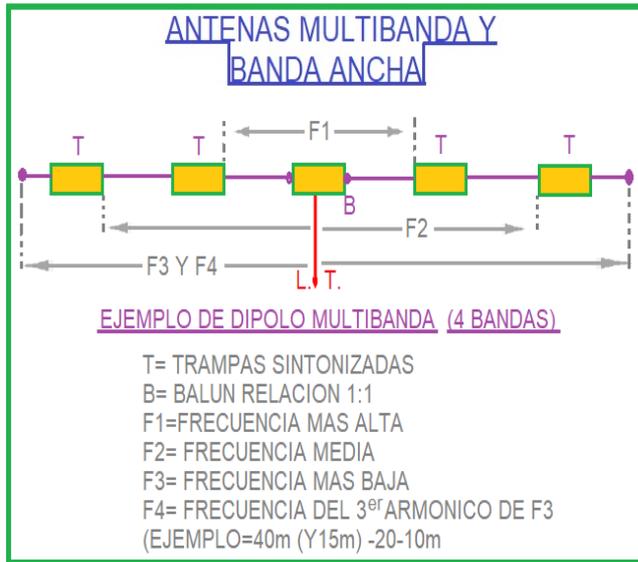
El servicio de aficionados fue reglamentado, como todos los demás, y de común acuerdo, se asignaron 5 bandas de frecuencias dentro del espectro de HF, que han permanecido hasta nuestros días, y son, por su longitud de onda, 80-40-20-15 y 10 metros. Estas bandas no se han elegido al azar, sino que guardan una relación de FRECUENCIAS ARMÓNICAS entre sí. En esta época antigua, donde el 90% de los radioaficionados construían sus propios equipos, el hecho de que las bandas tuvieran relación facilitaba la construcción de todo tipo de aparatos, desde transmisores, receptores, aparatos de ajuste y medida, y como no, de antenas. Con el paso de los años, los organismos competentes a nivel mundial, han ido agregando más bandas para el uso de aficionados; la de 160 metros, que también es armónica, y dentro de gamas más altas, 144 Mhz en VHF y 430 Mhz en UHF. También en la región de microondas, 1240 Mhz y superiores, que también encontraremos frecuencias armónicas entre sí. *Todas las bandas y sus frecuencias, se pueden consultar en el CNAF. (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias).*

<https://www.ure.es/cnaf-cuadro-nacional-de-atribucion-de-frecuencias/>

Posteriormente, en el año 1979, el organismo WARC, (30-20 y 17 m), que gestiona el servicio de aficionados, incorporó nuevas bandas, de 10, 18,100 y 24,900 Mhz, aunque estas ya no guardan relación armónica. A día de hoy, finalizando el año 2021, y en Europa, todavía hay más bandas incorporadas, tanto en Onda Larga, como en HF, como en VHF media y microondas.

ANTENAS MULTIBANDA:

Se llaman así a los dispositivos radiantes que TIENEN RESONANCIA (y pueden funcionar), en varias bandas de radio. Normalmente, las antenas de este tipo funcionan en bandas armónicas dentro del mismo espectro de ondas, pero esto NO siempre es así, y hoy en día podemos encontrar muchas variantes, con soluciones para diferentes posibilidades. A la antena diseñada para operar en una sola frecuencia, se le llama MONOBANDA, a la de dos frecuencias, BIBANDA, a la de tres



funcionar), en varias bandas de radio. Normalmente, las antenas de este tipo funcionan en bandas armónicas dentro del mismo espectro de ondas, pero esto NO siempre es así, y hoy en día podemos encontrar muchas variantes, con soluciones para diferentes posibilidades. A la antena diseñada para operar en una sola frecuencia, se le llama MONOBANDA, a la de dos frecuencias, BIBANDA, a la de tres

frecuencias, TRIBANDA, y ya no está en uso el término Tetrabanda, al menos a nivel popular y menos aún entre aficionados; más allá de tribandas pasamos a MULTIBANDAS.

En la lección 17, cuando tocamos el tema de los dipolos múltiples, ya vimos cómo construir una antena multibanda de forma sencilla; de todas formas, en la mayoría de los casos, las antenas monobanda funcionan bien en su tercer armónico, con buen resultado y una ROE aceptable; tal es el caso de un dipolo diseñado para la banda de 40 metros, que tiene resonancia en 15 metros, sin necesidad de hacer nada. A lo largo de estas lecciones hemos hecho referencia a esa particularidad. El ejemplo es válido en general, sobre todo si el dipolo es de hilo, y en polarización horizontal. Si pasamos a polarización vertical, la cosa cambia en cuanto a rendimiento, ya que la antena pasa a funcionar como $2 \times 3/4$ de onda, y si bien tiene resonancia y radiación, lo hace con un ángulo de apertura demasiado elevado, con lo cual su alcance efectivo se ve penalizado. Lo mismo ocurre con la antena G.P y algunas antenas verticales colineales, como la Bazooka colineal y la antena Giro, de $1/4 + 1/2$ onda. No es un funcionamiento desdeñable por lo sencillo, pero nada que ver con una verdadera antena diseñada para su frecuencia triple.

En la gama HF de aficionados, es bastante común encontrar diseños de antenas de hilo multibanda y Yagis también multibanda, estas últimas de gran tamaño. También son de uso habitual las antenas verticales multibanda, sobre todo en instalaciones fijas donde no hay mucho espacio disponible, por razones obvias. Lo normal es construir sistemas multibanda basándose en TRAMPAS SINTONIZADAS, aunque la tendencia actual es la de diseñar a base de CARGAS LINEALES, en especial cuando las antenas funcionan en la gama de HF. De entrada, una antena multibanda con trampas y/o

cargas lineales, es muy compleja de construir, y hemos de verlo bajo la perspectiva de antenas de compromiso. Esto no quiere decir que no funcionen ni sean efectivas, sino que jamás alcanzarán la eficacia de una antena monobanda, pues siempre se trata de aunar criterios enfrentados entre sí. Vamos a ver los puntos desglosados, para mayor claridad.

TRAMPAS SINTONIZADAS:

Son unos circuitos resonantes paralelo, (bobina + condensador), diseñados para que a su frecuencia de resonancia, AÍSLEN ELECTRICAMENTE a la antena de frecuencia más alta, del resto de la antena. El conjunto de la bobina y condensador asociado, normalmente van encapsulados en un envoltorio de PVC o aluminio, de forma estanca, para que no se alteren bajo diferentes condiciones climáticas. Da lo mismo que se trate de un dipolo de hilo, una Yagi o una vertical, el principio de funcionamiento es el mismo, y popularmente en el argot de aficionados se le conoce como ANTENA CHORICERA, por su similitud a la ristra de embudidos. La trampa sintonizada se calcula a una frecuencia ligeramente diferente que la de resonancia del primer elemento, para que no sea un estorbo en su funcionamiento. Por ejemplo, un dipolo multibanda para 10-15-20 y 40 metros, llevará una trampa nada más terminar el primer elemento resonante a 10 metros, (se entiende a 28 Mhz), que lo aislará eléctricamente del siguiente elemento de 15 metros, (21 Mhz), con el cual ya forma parte de la antena. Una vez la trampa sale de su frecuencia de sintonía, lo cual ocurre al cambiar de banda de funcionamiento, ya no se comporta como aislante, sino que actúa como CARGA del elemento siguiente. Lo mismo ocurrirá cuando volvamos a cambiar a banda de 20 metros, (14 Mhz), deberá haber otra trampa sintonizada próxima a la frecuencia anterior, y a su vez forma elemento de carga con el resto de la antena que sigue. La banda de 30 metros no está incluida en el diseño de este dipolo multibanda, pero sin embargo es el tercer armónico de 10 metros, con lo cual podemos quizá encontrar resonancia en este segmento de banda, aunque dado que tenemos múltiples cargas reactivas debido a las trampas, puede que necesitemos hacer uso del acoplador. Naturalmente, el otro brazo o ramal del dipolo, tendrá que disponer del mismo número de trampas del otro lado, pues es una antena simétrica.

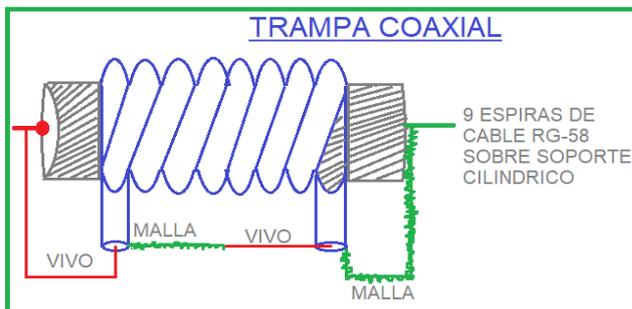
No hace falta decir que esta antena multibanda va a ser más corta que su equivalente monobanda en la frecuencia más baja, y que su rendimiento y su ancho de banda se verán disminuidos, por la presencia de elementos reactivos inevitables al hacer uso de las trampas sintonizadas. Lo mismo vale para la ROE, hemos de aceptar un valor más alto, cercano a $ROE=2$ incluso un poco más en algunos casos, bajando raramente de $ROE= 1,5$. Pero tenemos una instalación de 3 o más bandas en un tamaño más reducido que una antena Windom, por ejemplo. Además, esta antena puede diseñarse para frecuencias que no guarden relación armónica, y la antena Windom en principio,

ha de funcionar en armónicos pares, dejando aparte la banda de 15 metros, salvo que lleve un BIGOTE añadido.

CONSTRUCTIVA DE LAS TRAMPAS:

Las trampas resonantes, o sintonizadas, como queramos llamarles, actúan como circuito resonante paralelo, de forma que actúan parecido a interruptores gobernados por la frecuencia que las atraviesa, teniendo el efecto que quedan insertadas o no en el tramo de antena que interese. Para ser lo más efectivas posible, hay que conseguir las mínimas pérdidas y un buen Factor de Calidad, (Q).

En el interior de la trampa, en su forma más sencilla, encontraremos un arrollamiento-



bobina, normalmente sobre aire, y en paralelo un condensador, apto para el uso de RF. La bobina puede estar devanada con hilo esmaltado, o bien con cable flexible aislado en plástico. En cuanto al condensador,

si la potencia en transmisión ya es importante, (mayor a 100 W), va a tener que soportar tensiones elevadas cuando entre en resonancia, y en ese caso lo recomendable es instalar "condensadores de emisión", que se caracterizan por soportar tensiones muy altas, superiores a los 2000 V. Si además, son inmunes a los cambios térmicos, mejor aún.

Si la potencia en transmisión no es muy elevada, digamos que nos conformamos con los 100 W que suele entregar un transceptor de aficionado, a nivel doméstico podemos construir el condensador a base de utilizar una placa de fibra de vidrio de doble cara, que con 1 mm de espesor, soportará ampliamente los 1000 V, y es barata y fácil de conseguir. Dejando un reborde de unos 5 mm sin cobre, podemos emplear la plaquita de fibra como eje-soporte de la bobina. El condensador así formado no tiene por qué ser de forma cuadrada. Puede ser una tira rectangular, con vistas a alojarlo en el envoltorio final de la trampa.

Hasta ahora nos venimos refiriendo a componentes "de constantes concentradas", es decir, la bobina a base de dar vueltas, y el condensador formado por dos placas aisladas. Pero vamos a recurrir de nuevo a los conocidos cables coaxiales, aprovechándonos esta vez de sus pequeñas deficiencias, y conseguir de esta forma, un circuito resonante a base de "constantes distribuidas". En efecto, el súper conocido cable RG-58 presenta una capacidad entre el vivo y la malla de unos 9 pF/cm, con lo cual, en un metro tenemos la nada despreciable cifra de 90 pF, y además soporta holgadamente 1000 V de tensión. A esto se le llama también Rigidez Dieléctrica, que es sinónimo de AISLAMIENTO. De la misma forma, podemos formar una bobina con el

mismo cable coaxial, enrollándolo de forma habitual, y tenemos el circuito resonante todo en uno.

En todos los casos, independientemente de cómo esté hecha la trampa, debe estar protegida contra la intemperie dentro del encapsulado adecuado, de forma que su comportamiento sea lo más estable posible a lo largo del tiempo.

Lo visto hasta ahora en trampas sirve para todo tipo de antenas que las utilicen, y podemos encontrar combinaciones varias en el interior del encapsulado. En el caso de antenas Yagi y antenas verticales ambas multibanda, la construcción de la trampa deberá ser más resistente para poder soportar mejor los esfuerzos mecánicos.

Como se ha dicho en otras ocasiones, esta obra sencillamente es divulgativa, para saber cómo funcionan los temas de que se trata. Si en algún momento se han puesto ejemplos constructivos concretos, ha sido por facilitar la explicación y la comprensión. El lector interesado en ahondar en construir por él mismo, encontrará abundante información en textos e Internet.

Para saber más acerca de trampas y su construcción consultar la pagina ala q hace referencia W8WWW:

<http://www.seedsolutions.com/gregordy/Amateur%20Radio/Experimentation/CoaxTrap.htm>

LA ANTENA VERTICAL MULTIBANDA:

Esta antena funciona lo mismo que la mitad de un dipolo multibanda, ya que la diferencia es constructiva; esencialmente el hilo ha sido sustituido por tubo, generalmente de aluminio, y la antena funciona normalmente en configuración Marconi, aunque en muchas ocasiones puede configurarse como Ground Plane, dotándola de radiales sintonizados. Este podría ser el ejemplo de la antena comercial GPA-50, de la marca Fritzel, la cual emplea trampas sintonizadas, bobinas de carga y radiales, siendo apta para funcionar en las 5 bandas clásicas de aficionados. Esta antena tiene el defecto propio de las verticales, que es el tamaño, que por razones constructivas no puede ser muy grande, con lo cual en la banda de 80 metros es muy poco eficiente; al menos 10 dB por debajo de un dipolo de tamaño completo, pero como contrapartida, permite su uso en todas las bandas con una misma línea de transmisión, y una ROE reducida.

LA ANTENA YAGI MULTIBANDA:

Este tipo de antena es muy popular entre aficionados que tienen la posibilidad de adquirirla y de poder instalarla junto con su sistema de rotación correspondiente. Utiliza para su funcionamiento cuatro trampas sintonizadas por cada elemento, de forma simétrica al centro, o larguero de la antena, (Boom en terminología

anglosajona). Como lo más normal es que sea una antena de tres elementos con reflector simple, necesita cuatro trampas por elemento, doce trampas en total. Esto es así por razones constructivas; el hecho de llevar este número de trampas es debido a que la antena es TRIBANDA, en especial las bandas altas de HF, usualmente 10, 15 y 20 metros, (28, 21 y 14 Mhz), aunque también las hay disponibles para las bandas WARC. Una forma de evitar la mitad de las trampas, es haciendo que los elementos de la banda más alta sean independientes, y por tanto, no necesiten trampa que los aisle. En ese caso, las trampas funcionan en las bandas de 15 y 20 metros. La antena Yagi así formada, aparenta tener 6 elementos, aunque realmente, es una Yagi de 3 + 3. En el dibujo se verá más claro, y corresponde a la antena comercial TA-36, de la marca Mosley, que salió al mercado décadas atrás.

Otra forma de evitar la mitad de las trampas, es diseñándolas de forma que además de aislar, formen bobina de carga con la banda siguiente; de esta forma podemos tener una antena Yagi tribanda con tan sólo 6 trampas. Lógicamente, el diseño a nivel de aficionado se complica mucho. Un ejemplo del otro sistema (de 12 trampas) ,es la antena comercial Hy-Gain TH3-MK4.

De un modo u otro, la antena Yagi con trampas tiene que optar por soluciones comprometidas en cuanto a ganancia, relación F/B, ángulo de radiación, volumen y peso, y como no, impedancia total, puesto que la separación entre elementos es un compromiso entre las bandas, pues lo que está correctamente separado para la banda más baja es excesivo para la banda más alta, y viceversa, con lo cual el fabricante se ve obligado a encontrar una solución satisfactoria en conjunto, pues ya sabemos que todos los parámetros están ligados entre sí. Además, es inevitable que se influyan unos sobre otros; cuantas más bandas queramos incorporar, más complejo es el problema. Aun así, estas antenas tribanda resultan imbatibles para el tráfico a larga distancia, equiparables a las antenas cúbicas con reflector pasivo.

Para finalizar, el problema de adaptación de impedancias lo resuelven los fabricantes de diversas formas, a veces con una horquilla en paralelo con el dipolo, a veces también aumentando la separación de los elementos del dipolo, otra veces por medio de un Balun-simetrizador, y también por los sistemas adaptadores Gamma y Omega-Match. Este tipo de antenas suelen verse acompañados por un balun choque de corriente de R.F, arrollado con la misma línea de transmisión.

EL DIPOLO RÍGIDO MUTIBANDA

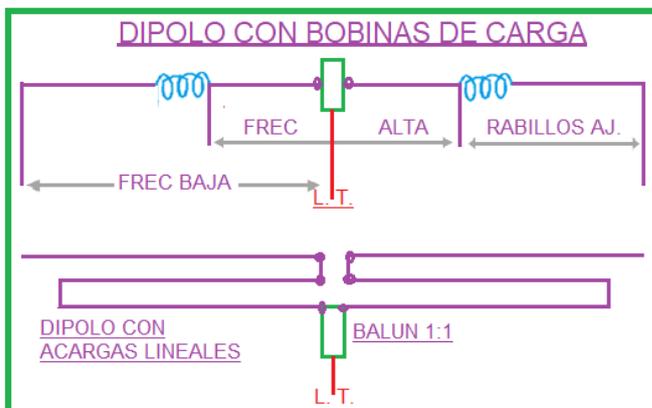
Este tipo de antena se la llama así, porque no es un dipolo construido con hilo, sino que emplea tubería de aluminio para poder ser auto soportado. Prácticamente en todos los casos, lo encontraremos en la cúspide de las torretas en montaje horizontal, por razones prácticas, pues es inabordable el montaje vertical, sin que se vean

gravemente afectadas las características de su funcionamiento. La polarización de la radiación corresponde al montaje; horizontal en este caso.

Lo normal es que funcione en modo tribanda, en las bandas más altas de la gama HF, pero con las dimensiones adecuadas llega a resonar en la banda de 40 metros, o 7 Mhz, eso sí, con un ancho de banda muy estrecho, que restringe su uso (sin acoplador) al segmento de telegrafía, (parte inferior de la banda), o a fonía, (parte alta). En muchas instalaciones se le dota de sistema de rotación, con lo cual se le saca más partido, al poder enviar algo más de energía en la dirección adecuada.

Con dos trampas resonantes a cada brazo del dipolo podemos tener cuatro bandas utilizables para el servicio de radioaficionados, ya que como se ha visto en otras ocasiones, el hecho de resonar en 7 MHz, ya supone la utilización conjunta en 21 MHz, al ser su tercer armónico. Realmente es una antena cuatribanda, pero en argot de aficionados, se entiende más pronto con esa palabra un equipo transceptor de V-UHF, que una antena. Por lo demás, no deja de ser una antena dipolo, con todo lo que ya sabemos, de altura adecuada, separación de objetos de alrededor, etc. Un ejemplo comercial de esta antena lo tenemos en la D-4, de la marca CUSHCRAFT.

ANTENAS CON BOBINAS DE CARGA. Aunque este capítulo no debería figurar en esta lección, el hecho de que muchos sistemas de antena que funcionan en modo



multibanda incorporen este tipo de dispositivo, merece que le dediquemos unas líneas, a sabiendas de que lo que se diga ya se ha visto en otras ocasiones.

Las antenas con bobinas de carga, también llamadas ANTENAS CARGADAS, son siempre tipos de antenas FÍSICAMENTE MÁS

CORTAS que lo que corresponde a su longitud eléctrica. Pueden funcionar en modo monobanda, caso típico de las antenas móviles para la banda CB, o bibanda, como la antena comercial LEMM AT 40-80, que es un dipolo de hilo. También el dipolo multibanda DIAMOND W-8010, que es un dipolo con "bigotes" apto para 5 bandas de aficionado. También se han fabricado antenas Yagi reducidas, que incorporaban bobinas de carga.

El efecto que tiene la bobina, que ya le hemos llamado "componente de constantes concentradas", es reducir el tamaño de la antena. Por supuesto, por muy bien construida que esté esa bobina, son inevitables las pérdidas, que aumentan con la frecuencia, y además, se restringe proporcionalmente el ancho de banda. Digamos que si queremos reducir el tamaño de la antena, podríamos enrollar en forma de bobina el

hilo que no nos cabe, pero esto es demasiado basto, demasiado de "ir por casa", aunque es un primer punto de partida, aunque sin olvidar dos consideraciones importantes:

-En la parte baja de la antena, o la más cercana al punto de alimentación, es cuando MENOS VUELTAS ha de tener, para el mismo resultado, ya que es donde mayor corriente de RF circula. Pero por contra, las pérdidas en cuanto a efectividad en radiación, son mayores.

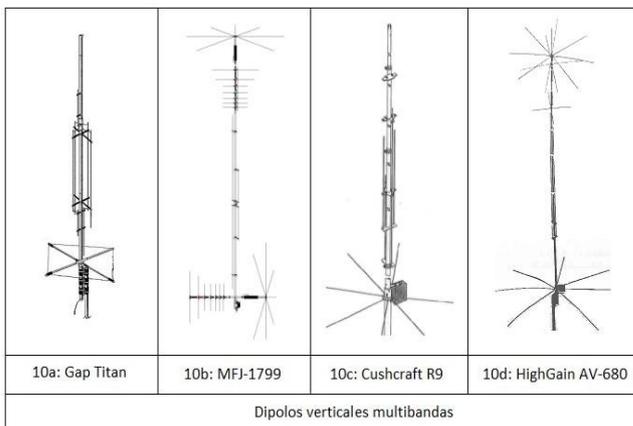
-En la parte alta, o la más cercana al final de la antena, la corriente RF tiende a ser cero, por razones naturales. Entonces, la bobina ha de ser mucho mayor que en el caso anterior, TENER MÁS VUELTAS, pero se acerca más en el aspecto de "enrollar a mano lo que sobra". Por contra, el aislamiento ha de ser mejor, pues el voltaje llega a ser muy alto.

-En la parte media, está la solución de compromiso. Pero estructuralmente, es la más débil.

Los dipolos de dos bandas, necesitan dos ajustes en su sintonía, uno para la frecuencia baja, y otro para la alta. Suelen emplearse rabillos de aproximadamente un 10% de la longitud del ramal; un rabillo colgante en la propia entrada de la bobina de carga, y otro rabillo antes del aislador final. El rabillo corto es para 40 metros, por ejemplo, y el del final, pone a punto la antena en 80 metros. No es necesario decir, por lo obvio, que un ajuste influye sobre el otro, de manera recíproca, por eso muchos aficionados se conforman con ROE un tanto altas, y usan el acoplador para afinar. Hay aficionados que experimentan con este tipo de antenas, y en el caso de que estén hechas con cable forrado y aislado, pueden replegar el rabillo obre el ramal principal, pero el ajuste variará. La empresa puede resultar tediosa, y consumir mucho tiempo, pero se aprende mucho también, y posiblemente nos encontremos con un funcionamiento muy aceptable en el tercer armónico de 40 metros, es decir, en 21 Mhz.

CARGAS LINEALES.

Existe otra forma de disminuir el tamaño de las antenas, tanto dipolos como



monopolos verticales, y es a base de las nombradas CARGAS LINEALES, que además son muy populares hoy en día, pues se les supone más efectiva que las cargas de bobina concentradas. Este tema no está exento de controversia, pues hay colegas entendidos en la materia que opinan justamente lo contrario. Las cargas lineales, o

también llamadas TRANSFORMADORES LINEALES, se basan en el efecto acortador de los condensadores, pero esta vez en forma de constante distribuida. O sea, no esperemos ver un condensador con sus dos patitas de conexión. La constante (de capacidad, en este caso), hace referencia al efecto electrostático de dos conductores separados por un aislante.

A efectos prácticos, y de sencillez explicativa, vamos a encontrar en la antena de hilo unos dobleces hechos con el mismo hilo de antena, y mantenidos separados por medio de material aislante, (spraders). La forma que toma el dipolo con la más sencilla carga lineal, es una figura en forma de doble "S", con formas rectilíneas. El dipolo así modificado se entiende "cargado" de forma lineal, no como la bobina, que carga de forma concentrada. Desde el principio de esta obra se ha querido dar a entender que la bobina y el condensador actúan siempre de forma diferente, aunque lleguen a conseguir el mismo resultado. De nuevo ocurre lo mismo.

El dipolo así formado puede llegar a ser tan corto como la mitad del dipolo completo, porque al fin y al cabo, la carga lineal lo que hace es PLEGAR de forma física la antena, pero no así la eléctrica. En la práctica, no se llega a tales extremos de reducción, pues la impedancia en resonancia empieza a disminuir a valores alarmantes, cercanos a los 10 Ohmios. Lo normal es llegar al 70%, o como mucho, el 60%, que ya está muy bien. La relación que tiene el tema de las cargas lineales con las antenas multibanda, es que se pueden combinar todas las técnicas, y de hecho se hace, pudiendo conseguirse versiones comerciales de dipolos de hilo para las bandas de 160 metros (1850 Khz), y 80 metros,(3500 Khz), con tamaños todavía manejables, y con rendimientos de radiación muy superiores que si estuvieran acortados a base de bobinas de carga. Lo mismo vale para los dipolos rígidos y las antenas Yagi, en donde podemos ver construcciones de antenas espectaculares dada su complejidad mecánica, a base de hilos o varillas de aluminio combinadas con crucetas separadoras alrededor del elemento excitado ,incluso a los elementos parásitos. También podemos ver en algún diseño varillas de aluminio en forma de cruz atravesando el tubo radiante de la antena. A esto se le llama CARGA CAPACITIVA, o capacitativa, (C Loaded), y tiene el efecto contrario a la carga lineal, es decir, ALARGA LA ANTENA, disminuyendo la frecuencia de resonancia. Un ejemplo comercial lo podemos ver en el dipolo rígido MFJ-1775W.

Para ejemplo práctico y recomendable, el video en Youtube del colega LU7YS, acerca del "dipolo rotativo con carga lineal en:

<https://www.youtube.com/watch?v=eilijmwRKmY>

En cuanto a antenas verticales, la filosofía es la misma, pues no dejan de ser dipolos rígidos partidos por su mitad. Un ejemplo comercial lo tenemos en la antena multibanda HY-GAIN AV-640, que cuenta con todos los componentes, a saber, cargas lineales, cargas capacitivas y bobinas de carga. El fabricante incluye junto con la antena

el equipo adaptador adecuado, formado por un balun simetrizador y choque de corriente con núcleo toroidal.

Otra antena dipolo de hilo algo más elaborado, es la ANTENA MORGAIN, en la cual se aprecian fácilmente los pliegues que forman la carga lineal. Para terminar, nos referimos de nuevo al colega mexicano Sergio, XE-2CG, maestro de la simulación por ordenador, que tiene vídeos interesantes del tema de cargas lineales.

ANTENAS DE BANDA ANCHA.

Se llaman así al tipo de antenas que pueden funcionar con un rendimiento suficientemente aceptable dentro de un margen muy amplio de frecuencias, presentando una ROE tolerable dentro de una banda completa. Banda Ancha es un término relativo, pues es más fácil conseguir un margen amplio cuando más elevada es la frecuencia de operación. La banda ancha lo mismo se aplica a los dipolos que a los monopolos, y las combinaciones entre ellos, como las antenas Yagi. Hay muchos ejemplos, tanto a nivel profesional como de aficionados, como la serie "D" de DIAMOND: D130, D13000AM, D303, D777, D103, D5080...y a nivel de aficionados, es muy conocida la BB6W y BB7V. Otras marcas, como FALCON, comercializan la conocida antena vertical OUT 250 B y OUT 250 F, ambas cubren toda la gama de HF, y 50 MHz. Estas cuatro últimas antenas se pueden considerar sin ningún tapujo ni miramiento, como "antenas de compromiso", para cuando ya no queda otro remedio, casi siempre por cuestiones de espacio, o bien ante la imposibilidad de instalar más antenas. La parte favorable es que generan una ROE relativamente baja, normalmente inferior a $ROE = 2$, y en muchas bandas, ni siquiera ese valor. La ganancia comparada con un dipolo o monopolo resonante equivalente, está al menos 10 db por debajo; con lo cual, no hay ganancia, sino atenuación. Pero ya sabemos que nada es gratis, y menos en Radiotecnica, y es el precio que hay que pagar.

FORMAS DE CONSEGUIR ANCHURA DE BANDA.

En principio, nos vamos a hacer a la idea de que hay que bajar bastante el "Q" de la antena, lo cual es precisamente lo que en la mayoría de los casos no interesa en un circuito resonante destinado a radiar energía electromagnética, pero si queremos tener una ROE tolerable en la línea, no hay más remedio que amortiguar el factor de calidad, a costa, claro, de perder ganancia de radiación. En muchas ocasiones, incluso esto no llega a ser suficiente, no quedando más remedio que recurrir al uso del acoplador. Tal es el caso de la antena BB6W y BB7V, que emplean como sistema amortiguador de Q una resistencia, colocada estratégicamente en el interior del dispositivo de acoplamiento que forma parte del conjunto de antena. En los casos de las antenas verticales FALCON OUT 250, el sistema es desacoplar el sistema radiante de la línea de transmisión, con lo cual perdiendo gran parte de la energía de RF, también recíprocamente, bajamos mucho la ROE. Hay otras configuraciones de antenas

verticales denominadas "multibanda", que van dotadas de un balun* en su base, usualmente de relación 6:1, que siendo ayudadas por un acoplador externo, consiguen un funcionamiento en banda ancha. Es lo mismo que la Antena de Hilo Largo, o Random, que vimos en la lección 17, solo que colocando esta vez el radiante en posición vertical. Realmente, con un acoplador, podemos habilitar muchas antenas para funcionamiento en Banda Ancha. Si el acoplador es exterior, y remoto, mejor todavía.

***Dada la importancia que adquieren los baluns en este tipo de antenas en determinadas condiciones, construcción, o bandas a trabajar, es interesante conocer algo más acerca de ellos, sobre su funcionamiento y construcción y para ello y sin desmerecer las muchas páginas que al respecto hay en internet, resulta interesante consultar la página de Alberto, EB4HRA, en la cual, se pueden ver los distintos tipos que hay, así como su construcción, aplicación, utilidad y resultados de los mismos y que el mismo desarrolla y construye con una buena calidad y resultados. Se puede consultar desde: <http://eb4hra-baluns.blogspot.com/>**

EFFECTO PELICULAR. EFFECTO KELVIN.EFFECTO SKIN.

Esto es todo lo mismo, dicho de varias formas. Es un comportamiento particular de las corrientes alternas, que aumenta con la frecuencia. Tiene como consecuencia que aumenta la densidad de corriente hacia el exterior del conductor, conforme aumenta la frecuencia. O lo que es lo mismo, las corrientes de R.F, tienden a escaparse hacia la parte exterior de los conductores, como si fuera una capa. De ahí el nombre de EFFECTO PELICULAR, o Skin, (Piel, en inglés). En la práctica, se traduce en las antenas en concreto, que para su construcción no necesitan barras macizas, sino tubos, pues la energía va a utilizar la parte externa del medio conductor. Cuando más alta es la frecuencia en uso, más notorio es el efecto, pero a partir de aquí, es necesario incorporar un nuevo concepto, el Factor de Reducción.

FACTOR DE REDUCCIÓN.

El Factor de Reducción (de tamaño, se entiende), es una consecuencia del Efecto Pelicular. La superficie exterior que presenta un tubo al paso de la corriente de R.F, es siempre mucho mayor que si fuera un simple hilo conductor, por lo tanto, para que la energía "bañe" al tubo en el mismo tiempo que lo haría en un simple hilo, lo que se hace es reducir la dimensión física del tubo en cuestión. O lo que es lo mismo, si mantenemos el tamaño del tubo, la frecuencia de resonancia de la antena formada por ese tubo, disminuirá. Mejor poner un ejemplo:

Disponemos de un jarro con un litro de agua, que hay que verter en una bandeja larga y estrecha, (hilo fino conductor), y la misma cantidad de agua para verter en una bandeja ancha, pero mucho más corta (tubo conductor). Se supone que ambas bandejas admiten cada una de ellas un litro de agua. Al momento de verter, se

entiende fácilmente, que el agua LLEGARÁ ANTES al final de la bandeja ancha, por la inercia del vertido, que al final de la bandeja larga y estrecha. Con un poco de imaginación, vemos que en el mismo tiempo, el agua alcanza antes la orilla opuesta.

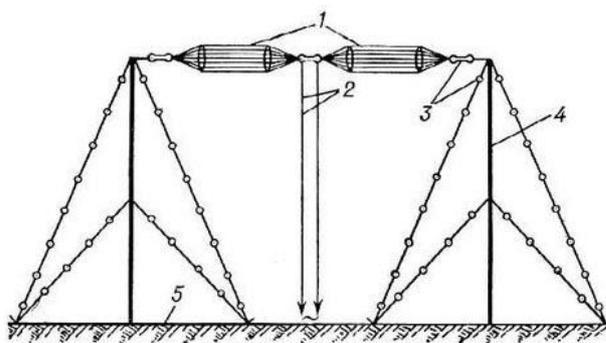
Pues bien, esto es lo que ocurre: en una antena formada por tubos, éstos han de ser más cortos que su equivalente en hilo. Cuando más grueso es el tubo, más corto ha de dimensionarse.

NO CONFUNDIR los conceptos de FACTOR DE VELOCIDAD, que va ligado a la naturaleza del conductor eléctrico, con el FACTOR DE REDUCCIÓN, que depende del tamaño físico del conductor.

El factor de reducción sirve de preámbulo para explicar lo que viene a continuación, que es otra forma de aumentar el ancho de banda de las antenas.

EL DIPOLO DE NADENENKO.

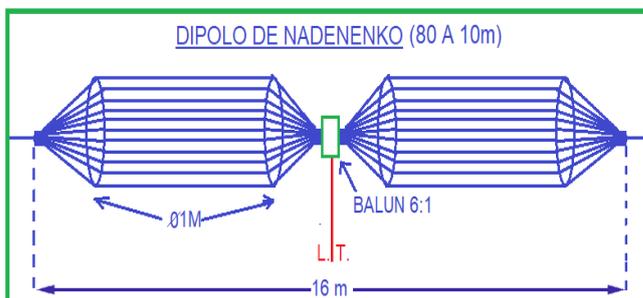
Basándose en la característica del Factor de Acortamiento, el ingeniero ruso Sergey



Nadenenko inventó la antena que lleva su nombre, allá por el año 1935, aunque fuera patentada en 1937. En su aspecto primitivo, esta forma de dipolo recuerda a una jaula cilíndrica de grandes dimensiones, ya que Nadenenko intuyó que el cilindro se puede sustituir para usos de R.F., por

una estructura de varillas o alambres, que funcionan bajo el mismo principio de acortamiento, con el que se puede conseguir resonancia de una antena construida con tubos de diámetro grande, a expensas de disminuir su longitud física.

La principal ventaja que nos aporta el dipolo de Nadenenko no es una reducción



significativa del tamaño del dipolo, sino el ENORME ANCHO DE BANDA que se consigue, con pequeños altibajos de ROE. La ganancia de una antena de este tipo está ligeramente por debajo del dipolo de hilo equivalente, y

claro, además de eso, en la gama de HF es difícil conseguir una impedancia de entrada baja, próxima a 50 Ohmios, siendo un valor más habitual 200 o 300. Siempre podemos auxiliarnos de un balun 4:1 o 6:1, también de banda ancha, por supuesto. Otro inconveniente del dipolo de Nadenenko es que se ve mucho más influenciado por la altura al suelo y por los objetos próximos, que si se tratara de un dipolo convencional. Para que nos hagamos una idea, podemos construir una antena de este tipo para

funcionar de forma continua desde la banda de 40 metros hasta la de 10 metros, con apenas altibajos de ROE. Para conseguir eso, necesitamos dos cilindros tipo jaula, de al menos 8 conductores repartidos en 1 metro de diámetro, y acabados en forma cónica, lo mismo que el punto de alimentación. La longitud total son 16 metros aproximadamente; es decir, un 20% más corta que un dipolo equivalente de la banda de 40 metros.

El interés del dipolo de Nadenenko no reside en la antena en sí, sino en el gran ancho de banda que se consigue, y es de aplicación a otros diseños de antena, de plena vigencia en la época actual, sobre todo en Televisión y telefonía móvil, como ahora veremos. La explicación técnica es que esta antena, de elementos radiantes sobredimensionados, tiene mucha más capacidad (con respecto a tierra), que una antena convencional, con lo cual la corriente de R.F nunca llega a ser cero. La consecuencia es que el factor "Q" en resonancia es muy bajo, con lo cual se consigue un gran ancho de banda. La componente reactiva (X_c) llega a ser tan importante que supone un estorbo; en ocasiones se coloca una bobina de alto "Q" en paralelo con los puntos de alimentación, para compensar esta reactancia. En algunos modelos comerciales se aprecia una bobina de gran diámetro en el centro de la antena, y si la frecuencia es suficientemente alta, una horquilla.

La explicación más sencilla, más "doméstica," es que este tipo de antena tiene una pequeña fuga constante de corriente, que nivela la ROE, y la hace apta para un gran número de frecuencias. Por supuesto, esa pequeña corriente que "se fuga", hay que descontarla de la que se utiliza para la radiación, por eso entre otras cosas, esta antena es un poco menos eficiente.

Podemos bajar más aún el nivel de explicación, con un ejemplo: dispongamos de una cámara de rueda de bicicleta que tenga una fuga de aire importante, y queremos hincharla con un bombín. Podemos bombear despacio y con mucho recorrido del émbolo, (frecuencia baja), o bombear rápido y con la mitad de recorrido del émbolo, (frecuencia alta). La silueta de la cámara no tendrá muchos altibajos, (ROE), pues hay un escape constante que la nivela. Es un símil un tanto burdo, pero fácil de entender.

En décadas pasadas, se podía ver en alguna embarcación de pesca un monopolo inclinado, o en forma de "L", basado en el diseño de Nadenenko, como antena para la banda de radiotelefonía marítima en 2182 Khz, (banda pesquera). También algún radioaficionado con habilidades constructivas, puso en servicio con buenos resultados un sistema de antena vertical Marconi en la que el monopolo era una estructura de jaula cilíndrica, basada en el diseño de Nadenenko., El monopolo, se soportaba sobre un mástil de madera, con sus riostras aislantes necesarias y el consabido juego de radiales como contra antena. 8 metros de altura del radiante permitían un funcionamiento satisfactorio en las principales bandas de aficionados en HF, sin necesidad de acoplador.

APLICACIONES DEL DIPOLO DE NADENENKO.

En la actualidad, en la gama de HF este tipo de antena está prácticamente en desuso a nivel de aficionados, si bien algunas emisoras utilitarias de radiodifusión en Onda Corta, (Broadcasting), todavía la mantienen en servicio, sobre todo en Rusia, y antiguos países de Europa del Este. La ventaja de esta antena de banda ancha es que puede transmitir varios programas de radio a la vez, correspondientes a otras tantas frecuencias.

En las bandas de VHF y UHF, el invento de Nadenenko sirve como punto inicial de otras antenas, mucho más fáciles de llevar a la práctica, tanto a nivel de comunicación profesional como de aficionado. Hay mucha variación sobre el mismo tema, y veremos sólo unas pocas, apoyadas en dibujos, pues todas ellas funcionan bajo el mismo principio del Factor de Reducción y la anchura de banda.

-ANTENAS CILÍNDRICAS, son versiones del dipolo de jaula, pero en miniatura, pero esta vez construidos con tubo de cobre o latón. Se emplean en banda SHF, de 2,4 GHz en adelante, enfasadas varias de ellas en carcasas tipo "altavoz de Iglesia". De aplicación en telefonía móvil, 5G en nuestros días. Dimensiones aproximadas: $0,4 \lambda$ x $1/8 \lambda$ de diámetro.



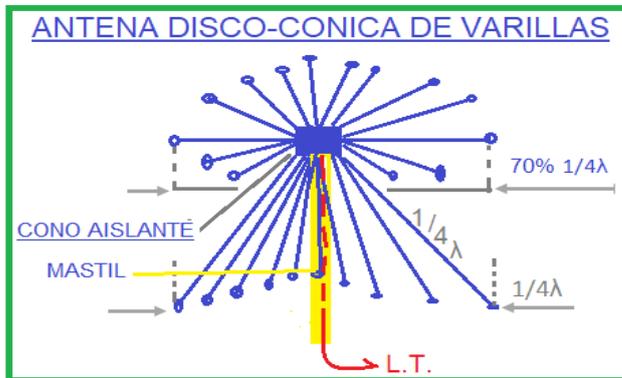
-ANTENAS CÓNICAS, de dimensión $3/4$ de onda, teniendo el cono un diámetro de $1/8$ y situando el punto de alimentación en el vértice de los conos. Con un ángulo de revolución grande pueden conseguirse bajas impedancias de alimentación, aunque usualmente se emplean aperturas de 45 grados. Se emplea mucho en Televisión. Realmente se llaman BICÓNICAS. Tiene como variante el MONOPOLO CÓNICO, de altura $0,24 \lambda$.



-ANTENAS DISCO-CÓNICAS, o antena Discono. Hay muchos modelos comerciales, toda la serie "D", por ejemplo, de la firma DIAMOND, tal como la D130. Es un monopolo cónico al cual se le ha dado la vuelta, conectando el vivo de la línea de transmisión al disco, y la malla al cono de varillas, que en este caso, es el plano de tierra. Disponiendo el varillaje a diferentes medidas, mejora el comportamiento del conjunto. Es una antena muy conocida, tanto a nivel profesional como de aficionados, y se le puede ver en algunas azoteas y torres de comunicaciones, pues es muy apreciada por sus cualidades de anchura de banda, no así la ganancia, que viene a ser 0,9 dBd. Se utiliza en laboratorios y talleres de reparación, y a nivel de aficionado radioescucha, para uso con escáneres.

ANTENA DISCO-CONICA:

Ya hemos visto que a esta singular antenna se le llama de varias formas, aunque la más



popular es DISCONO o Discone. Siendo una evolución del Dipolo de Nadenenko, realmente hemos de verla como un monopolo especial, y el nombre le viene de las figuras geométricas que la forman, es decir, un disco, y un cono. En la práctica, y salvo que la frecuencia de uso traspase los límites de la

gama de UHF, (hasta 1000MHz), raramente veremos discos y conos, sino varillas en ambos casos, que eléctricamente se comportan igual. Lo usual es ver las varillas que forman el disco en la parte superior de la antenna, y las varillas del cono en la parte inferior. Si invirtiésemos las formas, la antenna funcionaría igual, es decir, el radiante sería el cono, y el plano a tierra o contraantena, el disco. La razón que se haga de la forma a la cual estamos acostumbrados a verla, es puramente constructiva; de hecho, aunque las antenas discono comerciales empiezan a funcionar en 50 MHz, no hay razón que nos impida diseñar una de ellas para funcionar en 14 Mhz, si bien tendríamos que planear algún sistema de arriostamiento, ya que el "disco" mediría unos cuatro metros de diámetro, y cada radial del "cono", 5 metros. Así que lo más ortodoxo es pensar en Disconos desde 50 MHz hacia arriba.

Con este ejemplo, ya nos formamos una idea de los cálculos de la antenna Discono, que si tenemos habilidades mecánicas no resulta difícil de llevar a cabo; en resumen:

-longitud de radiales = lado del cono = $1/4$ de onda. Generatriz.

-base del cono = $1/4$ de onda.

-diámetro del disco = 70 % de $1/4$ de onda.

La malla de la línea de transmisión va conectada al vértice del cono, y el vivo se conecta al centro del disco formado por las varillas. El número de varillas varía, partamos de la base de entre 8 y 16, tanto para el disco como para el cono. La referencia es para la FRECUENCIA MÁS BAJA a utilizar.

La ventaja de este tipo de antenna es su ENORME ANCHO DE BANDA, que puede llegar a la relación 10:1, aunque siendo realistas, 8:1 ya está muy bien. Técnicamente hablando, se dice que la antenna tiene una anchura de banda de entre 8 y 10 OCTAVAS. Esto significa, ni más ni menos, que si partimos de 50 MHz, la misma antenna es utilizable hasta 450 o 500 Mhz. Eso sí, SIN GANANCIA con respecto al dipolo, y lo normal es que tengamos una pequeña pérdida de 0,9 dB. La polarización es siempre

vertical. El valor de ROE suele ser muy contenido, no superando el 1,5:1 en la mayoría de los casos.

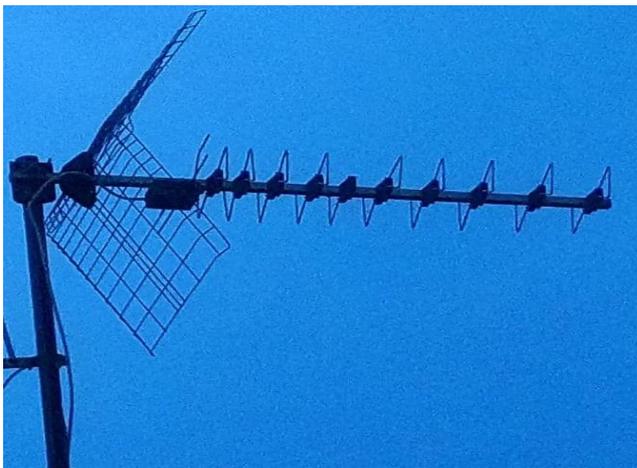
Una antena Discono no es para llegar lejos, porque para eso ya hay otras antenas más adecuadas. La Discono permite utilizar un gran abanico de frecuencias, sin hacer ningún ajuste. Por eso es apreciada para conectar a Scanners y talleres de reparación. Por el mismo motivo la veremos en azoteas de Organismos de Telecomunicaciones y bases operativas de Servicios de Emergencias y Centros de Control.

RECEPCIÓN DE TV. ANTENAS MULTICANAL.

A día de hoy, y con la implantación del Sistema 5G de telefonía móvil, la banda de Televisión se ha visto relegada a ubicarse entre 470 y 700 MHz, (Banda Cuarta), cediendo el tramo desde 700 Mhz hacia arriba, antigua Banda Quinta, a otros usos de comunicaciones. Así pues, esta banda de TV recientemente asignada, exclusivamente en UHF, tiene una anchura de banda considerable de 230 MHz, en la que una antena de tipo Yagi convencional no da los resultados de ganancia necesaria, así que de nuevo vamos a ver el diseño de Sergey Nadenenko bajo diferentes formas y perfiles, que vienen a colación de lo explicado en esta lección, y a más de un lector le aclarará las formas de antenas un tanto confusas. Nombraremos los elementos como si de una antena Yagi se tratase.

-Reflector: Se ha adoptado de forma universal el tipo reflector angular o diédrico, con las rejillas de paso variable, y aperturas entre 90 y 120 grados. No siempre son rejillas completas, en ocasiones varillas alineadas en horizontal.

- Dipolo: Hay formas muy variadas, desde dipolo-bandera, con dos rectángulos saliendo desde la cajita de conexión, con la variante de banderín triangular, Dipolo pajarita, dipolo mariposa, dipolo binocular, (2 círculos), etc. La simplicidad llevada al



máximo reduce todas estas formas sólidas a formas hechas de alambre de aluminio, o varillas, y hasta el extremo de eliminar la parte vertical de la figura, convirtiendo los dipolos de pajarita en dipolos de aspas, o achatando los círculos y formando elipses. En la cajita de conexiones se encuentra el balun adaptador de impedancias, normalizado a $Z=75$ Ohmios.

"Antena TV - UHF de banda ancha. Marca SINTAL. En ella se aprecian todas las variantes. Reflector de rejilla a 120 grados, de paso variable. Dipolo de aspas. Directores de pajarita. Ganancia indicada de 15 dB a 700 Mhz."

-Elementos directores: Lo mismo que se ha dicho para las formas del dipolo, sirve ahora, incluso dipolos de banda ancha con directores de varilla. Usualmente, los elementos directores comparten diseño con el dipolo, así que lo normal si el dipolo es de forma de pajarita, los directores también lo sean, (marcas Giro, Sintal, Fracarro, por ejemplo), y si se ha optado por formas de aspas, (Alcad, Rover), los directores también serán así. Lo mismo para la forma circular, tanto dipolo como los elementos directores, por ejemplo, Televés, Fagor, Ikusi. Casi en todos los casos de formas especiales, los elementos directores van aislados del larguero, no así en los de varilla, que tienen contacto eléctrico con este eje. En algunos casos, hay un director muy cerca del dipolo, el fabricante lo hace así por bajar la Z del conjunto, o aumentar el ancho de banda, a costa de perder algo de ganancia. Con respecto a este último parámetro, viene a estar en unos 12 -13 db en la parte baja de la banda, hasta unos 15-17 db en el extremo superior, creciendo de forma más o menos lineal, a fin de compensar la creciente pérdida de la línea de transmisión. Algunos fabricantes incorporan un previo en la misma cajita de conexión, que se tele-alimenta por el mismo cable coaxial, y proporciona una ganancia de 10 dB, que ayuda mucho a minimizar las pérdidas de las líneas largas, o a tener una señal suficiente en zonas marginales, como Televés DAT-45.

ANTENAS ESPECIALES.

El mundo de las antenas es inagotable, aparte de los diseños tradicionales que hemos visto hasta este momento, quedan otros muchos en el tintero, por ejemplo las antenas de rendija, las antenas de ventana, las Skeleton, las antenas fractales...Debido a su auge actual, nos detendremos en ver de forma sencilla las antenas de Aro, que es una antena especial, pues su principio de funcionamiento es un poco diferente.

ANTENAS DE ARO.

La Antena de Aro, o ANTENA MAGNÉTICA, es una antena de reducidas dimensiones



comparada con su equivalente en dipolo convencional, en la que el aro forma una espira de gran diámetro, que se lleva a resonancia junto con el condensador (variable) con el que va asociado el aro. Esta disposición de antena puede funcionar en una gama amplia de frecuencias, pero no es de banda ancha, sino todo lo contrario, es preciso sintonizarla cada vez, y en eso se basa su eficacia, en el alto factor "Q" que le es propio. Esta antena NO tiene nada que ver con la antena de cuadro ni sus variantes, rómbicas, ni deltas, ni onda completa, aunque formen un círculo. Las dimensiones físicas en resonancia son diferentes, y la polarización, y el

principio de radiación. En el caso de la antena de aro, predomina la radiación en base a la componente magnética, en vez de la componente eléctrica. De ahí el nombre de Antena Magnética.

En las lecciones 10 y 11, cuando vimos la teoría de funcionamiento del dipolo, de cómo se formaba a partir del resonador de Hertz, se comprendió que la antena se comporte igual que una asociación de bobina más condensador en su frecuencia de resonancia. Pues bien, como ya sabemos desde casi el principio, (lecciones 7 y 8), la bobina y el condensador se complementan entre sí, de forma tal que si reducimos de forma significativa el tamaño de la bobina hasta su décima parte, por ejemplo, el condensador deberá tomar un valor 10 veces superior. Es como volver al Resonador de Hertz; la bobina partida, que es el aro, y el condensador asociado, que son las esferas, para llevar el conjunto a resonancia.

La Antena de Aro, tal y como la vemos, la podemos entender como un dipolo cerrado hasta casi tocarse las puntas, y para compensar esta disminución de tamaño y entrar de nuevo en resonancia, se le coloca un condensador entre las puntas, de valor adecuado. Se comprende que según la frecuencia que necesitemos utilizar, así será el valor del condensador, ya que el tamaño del aro permanece inamovible. A nivel de aficionados se puede llegar a una relación de frecuencias de 3:1, aunque hay realizaciones comerciales muy elaboradas (y de coste elevado), que pueden cubrir toda la gama de HF, desde 80 a 10 metros de longitud de onda.

-Dimensiones del aro: Para la gama HF, viene a ser entre 1 metro de diámetro, o un poco más, hasta 1,60 metros. El grosor del tubo, preferiblemente de cobre, puede ser desde la malla de una línea de transmisión, tipo RG-213, 214, o Westflex o Aircom Plus, a tubo de fontanería equivalente, tipo 1/2 pulgada o una pulgada. Como en resonancia la cantidad de corriente que circulará es importante, a fin de minimizar las pérdidas, interesa que sea lo mejor conductor posible, siendo el cobre plateado o cromado, lo ideal.

Para VHF, las dimensiones pueden ser tan pequeñas como 15 o 16 cm.

-Tamaño (valor) del condensador variable: Para el uso en la gama HF, un valor adecuado sería 250 pF. Preferiblemente de doble estator, tipo mariposa, y como debe de soportar un voltaje muy alto, a poco que le apliquemos potencia a la antena, las placas deberán estar separadas al menos 3 mm, lo que le hacen apto para 5000 V. Ya nos vamos dando cuenta que el punto crítico de esta antena es la calidad general del condensador variable, más algún dispositivo que nos permita gobernarlo a distancia, por seguridad personal. A cada cambio de banda hay que resintonizar la antena. El problema añadido del condensador, es la capacidad residual, que ha de ser muy pequeña si la antena ha de funcionar en la banda de 10 metros. Si vamos a movernos en la gama de VHF, y la potencia a radiar no va ser mucha, un trimmer de 10-60 pF

puede servir. Por supuesto, en caso de usar la antena aro en una sola banda, 144 MHz, por ejemplo, el condensador, puede ser fijo, una vez sintonizada la antena, haciéndonos el papel de condensador un trozo de línea coaxial o una plaqueta de PCB en fibra de vidrio a doble cara.

-Acoplamiento a la línea de transmisión: Lo primero que debemos hacer para excitar la antena y encontrar la resonancia, es buscar un sistema de acoplamiento a la línea. Aunque hay abundante información en Internet y en textos, recordemos que el aro en resonancia presenta una alta impedancia, por tanto, hemos de buscar un punto de baja Z para poder atacar desde la línea de transmisión. La mayor impedancia la tendremos en extremos del condensador, y por el contrario, la más baja en su extremo opuesto, que serían cero Ohmios en el centro exacto. Es lo mismo de cuando hablamos de la horquilla de 1/4 de onda, que tenemos toda una gama de diferentes impedancias para poder elegir lo que necesitamos. Ahora es lo mismo. Ya sabemos que el centro de un lado del aro son cero Ohmios, que es donde colocaremos la malla de la línea, y si nos separamos un poco, encontraremos el punto adecuado para conectar el vivo. A esto se le llama Conexión Directa.

Otro tipo de acoplamiento sería de tipo inductivo, a base de una pequeña espira de 1/5 del diámetro del aro grande, que se conectaría al transmisor, quedando el aro aislado del equipo, como si de un transformador se tratase. Por último, hay también posibilidad de utilizar un acoplamiento mixto, tipo Gamma Match.

En la revista de URE, de noviembre del año 1994, hay un artículo interesante de las antenas de aro. Por otro lado, el compañero radioaficionado Joan Borniquell, EA3EIS, <http://ea3eis.com/articles.php?article=11.pdf> hizo un estudio de estas antenas. La firma INAC, comercializa el modelo AH-100, que cubre desde 13,9 hasta 31,5 Mhz.

Los usuarios de esta antena hablan muy bien de su gran efectividad, incluso dentro de las viviendas, y no parece que haya de instalarse a mucha altura para tener un buen rendimiento. Debido a su alto factor "Q", tiene un buen rechazo a las interferencias y señales no deseadas, y a diferencia de la antena de cuadro, la transmisión-recepción tiene lugar en el plano del aro, y no a su través, como podía pensarse. La antena debe auto soportarse, a fin de que no tenga contacto con nada que pueda alterar su funcionamiento.

RESUMEN DE LA LECCIÓN NUM.19

-Los organismos internacionales competentes en materia de radiocomunicación, asignaron a los aficionados unas bandas de uso, dentro de las diferentes gamas. En principio, se concedieron dentro de la gama HF, y guardaban relación armónica entre sí. Posteriormente, fueron ampliadas, dentro ya de V, U, y SHF.

-Antenas Multibanda se llama así a los dispositivos radiantes que tienen resonancia en varias bandas de radio, sean las frecuencias con relación armónica o no. Lo normal a partir de tres bandas, es decir multibanda. Esta denominación afecta a cualquier tipo de antena, sean variantes del dipolo, o antenas verticales tipo monopolo.

-Los diseños para este tipo de funcionamiento recurren a la modificación o añadido de elementos auxiliares, como son las Trampas Sintonizadas y las Cargas Lineales.

-Trampas sintonizadas son circuitos resonantes en paralelo formados usualmente por una bobina y un condensador, que se calculan para que entren en resonancia próxima a una de las bandas que forman las antenas multibanda. El efecto de la trampa es aislar frecuencias y al mismo tiempo formar parte de la porción de antena de la banda siguiente. Recordemos que un circuito sintonizado paralelo presenta una Z muy alta en resonancia. Se aprovecha esta cualidad para aislar las diferentes bandas en el conjunto de la antena. Con este diseño, la longitud de cada elemento de la antena, es siempre un menor que si la trampa no estuviese instalada.

-Los componentes de la trampa vienen encapsulados, normalmente es un cilindro de PVC o aluminio, preparados para resistir las condiciones climáticas y que no se alteren los valores de los componentes eléctricos. Llevan prevista una entrada y salida de corriente, aisladas con el envoltorio. La bobina puede ser devanada o en circuito impreso, y el condensador puede tener forma como tal, o también ser una placa impresa, o un tramo de línea coaxial. Opcionalmente, se puede construir la trampa entera con cable coaxial, enrollándola en forma de bobina, y aprovechando su capacidad para el condensador.

-Se utilizan las trampas sintonizadas para construir dipolos de hilo, antenas verticales, antenas Yagi, y dipolos rígidos, que son autosoportados. Tanto las antenas Yagi como los dipolos rígidos, suelen llevar hasta 3 trampas por cada brazo, lo que las capacita para funcionar hasta en 4 bandas, armónicas entre sí. Lógicamente, la antena vertical siendo monopolo, utiliza la mitad del número de trampas.

-Las bobinas de carga, suelen formar parte de algunas antenas multibanda, sobre todo las antenas verticales, y sirven para acortar físicamente el tamaño de la antena, manteniendo la longitud eléctrica en resonancia. Las bobinas de carga restringen la anchura de banda de la antena, así como el rendimiento, de forma proporcional al porcentaje de reducción. Las trampas también, pero en menor medida.

-Las Cargas Lineales, también llamadas Transformadores Lineales, es otro sistema de reducir las dimensiones físicas de la antena. Se basan en plegar una parte de la antena sobre sí misma, y funcionan por el principio de constantes distribuidas, concretamente en lo que se refiere a los condensadores y la reactancia que resulta de utilizarlos. Hay controversia entre los entendidos en la materia, pues se dice que las cargas lineales (a capacidad), tienen menores pérdidas que las cargas inductivas,(a bobina). Lo bien

cierto, es que toda reducción del tamaño de la antena supone una merma de sus características de rendimiento de radiación.

-Antenas de Banda Ancha son aquellas que pueden funcionar con un rendimiento aceptable dentro de un margen muy amplio de frecuencias, y con una ROE tolerable. El concepto de Banda Ancha es relativo, pues es más fácil conseguir anchura de banda cuando la frecuencia de uso es más alta. También hay que tener en cuenta que se consigue esto a costa de otro factor, principalmente la ganancia, si la hay, o a costa del rendimiento en la radiación. La anchura de banda en una antena siempre se consigue disminuyendo el Factor "Q", bien por medio de resistencias, o por desacoplo del radiante con respecto a la línea, o bien con variantes constructivas.

- Efecto pelicular, o Efecto Kelvin, (o Skin), es una manifestación de las corrientes de RF que tienen la tendencia a circular por la parte externa del conductor, más notorio cuando más alta es la frecuencia. Esa es la razón por la cual se emplean tubos y no varillas macizas. Este efecto trae como consecuencia un Factor de Reducción, que aumenta conforme más grueso es el tubo radiante.

-El Dipolo de Nadenenko es una antena dipolo de banda ancha, que basa su funcionamiento en el efecto de reducción, que puede acortar la antena hasta un 20%. Para conseguir esto, los radiantes de la antena no son tubos, sino jaulas hechas con hilo conductor, que consiguen el mismo efecto; la reducción de tamaño lleva implícita la anchura de banda, ya que la capacidad de la antena es mucho mayor. Este diseño de antena sirve como punto de partida de diseño de otras antenas de banda ancha.

-Aplicaciones del diseño de Nadenenko, son las antenas cilíndricas, cónicas, bicónicas, y la más importante, la Disco-cónica, o Discono, en la cual el radiante es un disco, formado por varillas radiales, y la contra antena es un cono, también formado por varillas.

-El interés de la antena discono, no es otro que su gran anchura de banda, de 8 a 10 octavas, que se ve ligeramente penalizado por una pequeña atenuación, estimada en 0,9 dB. El valor de ROE está muy contenido, no llegando a superar 1:1,5, dentro de los límites de funcionamiento.

-La Antena de Aro es una antena de tamaño reducido que funciona en base a potenciar el campo magnético para la radiación, en vez del campo eléctrico de las antenas convencionales. Es una antena especial, formada por un circuito resonante paralelo, al contrario de las antenas anteriores, que es en serie. La parte inductiva está formada por el aro, que es una gran espira, y la parte capacitiva es un condensador de tipo variable, para poder llevar a resonancia el aro, a diferentes frecuencias, generalmente de relación 1:3. La forma de excitar el aro, para que radie, puede ser de forma directa, o por acoplo inductivo, con una espira auxiliar, o de forma mixta, con un Gamma-

Match. La forma de radiación es en el plano del aro, de forma bidireccional, al contrario que la antena de cuadro, que es en forma transversal.

Como funciona una antena.

Toni Polit

Lección 20ª:

MISCELÁNEA. UN POCO DE TODO PARA LOS AFICIONADOS, por EB5 GDG.

Introducción:

Lo que cuento aquí está basado en experiencias propias, y opiniones personales. No pretendo sentar cátedra, ni mucho menos, pero pienso que compartir conocimientos siempre es útil. Si leíste las 19 lecciones anteriores, posiblemente esto te guste.

LO QUE NO DEBERÍA FALTAR...en ninguna instalación de aficionado:

- Una libreta, preferiblemente tamaño cuartilla, y un bolígrafo.
- Un medidor de ROE, y saberle sacar el máximo partido.
- Una carga artificial, apta para HF al menos. Si llega a VHF y UHF, mejor todavía.
- Un tester, o multímetro; o al menos un instrumento voltímetro, analógico o digital.
- Un dispositivo indicador de frecuencia, vulgarmente llamado Frecuencímetro.
- Un soldador, y estaño de buena calidad. Si sabemos soldar, claro está.
- Algún fusible de repuesto, y la herramienta "de mano" imprescindible.

LA LIBRETA Y EL BOLIGRAFO.

Esto no es ninguna perogrullada. Tanto si eres cebeísta como radioaficionado con licencia, como mínimo vas a tener que apuntar los indicativos de quien esté en frecuencia, o los nombres propios. Ya si participamos en un concurso o activación, entonces es imprescindible. El sitio de la libreta y el boli es junto al micrófono, no en un cajón.

Si además tienes interés por aprender, (yo no he dejado de hacerlo), y por añadidura eres cacharreador, y te gusta experimentar, la libreta y el boli se convertirán en tus fieles aliados; pues además de tomar nota de todo lo que consideres interesante, puedes hacer algún dibujito.

También te servirá para el mantenimiento de la estación de radio, por ejemplo, ROE en la antena en fecha...o también voltaje de batería al día...

Los apuntes de libreta se entienden en sucio; nada impide con el tiempo llevarlo a limpio en el ordenador.

No olvides apuntar la fecha, y la hora, si es interesante para lo que estés haciendo.

EL MEDIDOR DE ROE.

Raro es el aficionado que no tiene un medidor de ROE, tanto si sale por radio en fijo como en móvil. Este aparatito, lo considero imprescindible. Se puede comprar nuevo, o de ocasión, y por muy humilde que sea, te va a dar más de un buen servicio. Como todo el mundo sabe, el medidor de ROE, como mínimo, te dice en qué condiciones se encuentra el sistema de antena. Y he dicho bien, El Sistema de Antena, pues te va a dar una indicación del conjunto de lo que "vea" más allá del conector de salida. La mayoría de equipos transceptores modernos, y muchos más antiguos de la gama media-alta, lo llevan incorporado, pero pese a eso, insisto en que deberías disponer de uno aparte, con su correspondiente latiguillo y conectores.

El medidor de ROE merece un capítulo aparte, que luego desarrollaré.

LA CARGA ARTIFICIAL.

O Carga Fantasma, o Carga Ficticia, o Dummy Load, es todo lo mismo. Se trata de un cacharrito enchufable por conector PL las más de las veces, el cual tiene la importante misión de "tragarse" toda la energía de RF que genera nuestro equipo, y convertirla en calor, sin generar ROE. Ya se ha hablado de ella más ampliamente en lecciones anteriores, pero le doy tanta importancia, que pienso que al menos deberías disponer de una. Si te gusta hacer pruebas, o resolver por tí mismo las averías en la antena o en la línea de transmisión, tarde o temprano tendrás una carga artificial. La primera carga que decidas tener, conviene que sea comprada, por el simple hecho que te va a servir lo mismo para HF, con CB incluida, que para 144 MHz e incluso para 432 MHz. Conque aguante unos 15 W mínimo, y llegue a 500 MHz con ROE 1.2, ya vas sobrado. Por supuesto, si vas a utilizar un amplificador de potencia del tipo que sea, o hacer pruebas, necesitarás una carga que soporte una potencia en consonancia. No tienes que conseguir una y no la otra, nooo; debes tener ambas.

En los dos casos te la puedes hacer de casa; aunque es más fácil de decir que de hacer. Si tu campo de actuación es exclusivamente CB, o en bandas decamétricas HF, puedes intentar el construirla. Puedes recurrir a plataformas de venta de componentes vía Internet, y conseguir las resistencias adecuadas, que suelen ser cerámicas, o bien agrupar muchas resistencias de carbón, para conseguir una resistencia total de 50 Ohmios. No compres resistencias bobinadas, o de alambre, pues es ir directo al fracaso.

Aunque no es su función, sino todo lo contrario, una carga conectada un poco separada del equipo, te sirve como "Antena Táctica", que permite que se te escuche a unos pocos cientos de metros de donde tienes la estación, sólo por el otro compañero.

Una carga artificial comercial no es barata, precisamente. Pero bien tratada te durará muchos años, y te servirá para muchas aplicaciones.

EL TÉSTER, O MULTÍMETRO.

Sin ser imprescindible, considero muy interesante disponer de uno de estos. Actualmente, el mercado está inundado de aparatos de este tipo, tirados de precio, en su formato de pantalla digital. Incluso sin saber utilizarlo, por pocos euros puedes tener uno guardado esperando su día de uso. No es nada difícil de manejar, y cualquier amigo electricista o compañero de radio te puede dar cuatro reglas básicas para usarlo. Con saber medir voltaje de corriente alterna, corriente continua, y valores de resistencia, ya vas bien de momento. Prepara a doña libreta y don bolígrafo para la ocasión. NO pidas que nadie te enseñe a medir amperaje; mejor para más adelante, pues los errores los vas a pagar tirando el tester a la basura. El amperaje NO te es necesario, al menos de momento. Si te atreves a adentrarte en el mundo de las mediciones, puedes comprar una Pinza Amperimétrica, que te costará tres o cuatro veces más de lo que vale un tester vulgar, pero desaparece el peligro de las mediciones de amperaje. En caso de optar por esta compra, fíjate que la pinza pueda efectuar mediciones en Amperios D.C; que no todas lo hacen.

Por supuesto, en el caso de que no quieras, o no puedas, o no te guste el tester, por su pequeña complicación, puedes optar por conseguirte un medidor de los de tipo "de panel" que tan sólo mida voltaje en D.C, y vale en Internet lo mismo que un bocadillo en un bar.

Con un simple voltímetro, puedes medir el estado de la fuente de alimentación, pilas y baterías, cables de corriente, fusible, bombillas, leds, diodos, etc., la lista es interminable. Ya no te digo nada sobre un tester más completo.

EL INSTRUMENTO INDICADOR DE FRECUENCIA, O FRECUENCIÓMETRO.

Dice el Reglamento de Radioaficionados en el artículo...que todo operador de una



estación de radio debe saber en la frecuencia que está transmitiendo. Algunos de los que estáis leyendo esto, lo consideraréis superfluo, pues todo aparato actual de la línea transmisora de la estación de radio, suele llevar un dial que indica la

frecuencia, y por añadidura, la tecnología de su diseño impide que la frecuencia de transmisión difiera de la correcta, porque simplemente, no funciona. Pero...puedes tener una avería, puedes estar haciendo pruebas, puedes estar en modo "Split", y no saberlo, puedes tener activado el desplazamiento de repetidor en V-UHF, y no darte cuenta...etc.

Hasta los cebeístas, a veces activan la tecla "+10", y no se percatan, hasta un momento después. Realmente, lo que llevan los equipos en el display frontal, no es un

frecuencímetro, sino un Dial Digital, que te da una indicación de frecuencia de uso del aparato, con la precisión que haya establecido el proceso de ajuste. Un Frecuencímetro es un aparato de medida, de taller y laboratorio, y que puede ser tan caro como un equipo decamétrico. De todas formas, de nuevo vas a poder encontrar en venta On-Line aparatitos de este tipo, los más baratos en tipo circuito sin caja, con suficiente precisión para poder fiarte de él. Si eres cacharreador o te gusta la técnica, tarde o temprano te conseguirás un aparato de buena calidad.

Por razones profesionales he tocado muchos equipos de CB del tipo Superstar en todas sus variantes, y creedme que los que no llevan dial digital para la frecuencia, y tienen seis bandas, y además están "abiertos", es un verdadero dolor de cabeza saber en dónde estás si no tienes a mano el frecuencímetro.

SOLDADOR Y ESTAÑO.

Pues lo primero, hay que saber soldar, naturalmente, y soldar bien. Esto no es pedantería, es un consejo, si no controlas bien el tema, es mejor que no sueldes nada, y que te lo suelde otra persona, pues una soldadura mal hecha, aunque sea sin querer, es una fuente de averías.

A poco que te manejes en el mundillo de la radio, y toques conectores, cables, terminales, etc., tarde o temprano vas a necesitar soldar algo. Yo no te puedo enseñar a soldar por escrito, es una cuestión de práctica, o al menos, haberlo visto antes. Pero si sueldas un poquito, entonces puedo ayudarte. El tema es, por este orden, y con el soldador a la temperatura adecuada:

- Arrima hasta tocar la punta del soldador a los elementos a soldar.
- Espera así un instante.
- Aplica estaño a la punta del soldador, que ya está en contacto con lo demás.
- Retira el estaño.
- Retira la punta del soldador, y no se te ocurra soplar sobre la soldadura.
- Espera un instante.
- Ya está. Si lo has hecho bien, la soldadura quedará brillante.

Hay quien gusta de emplear pasta decapante, o Flux, o resina. Si lo que vas a soldar está limpio, no necesitas nada de esto, aunque no está de más disponer si vas a soldar a menudo.

No debes soplar sobre el estaño aún líquido, pues se enfriará demasiado pronto, y se cuarteará de forma microscópica, quedando sin brillo, y la soldadura será mala conductora de la corriente. Problemas seguros.

El soldador debe ser de buena calidad, y la punta estará en todo momento en condiciones de uso. Es como si formara parte de tu higiene personal. Una esponjilla húmeda y un limpiador metálico, que puede ser del tipo Nanas de esparto metálico, son los compañeros ideales en el soporte o Stand. El estaño debe ser del bueno, proporción 60/40, y olvídate del estaño de fontanería, que no es adecuado para la electrónica, lo mismo que el que venden los asiáticos, que contiene demasiado plomo. En general, compra el mejor equipo de soldador y estaño que puedas pagar. Tampoco hay que arruinarse con una estación de soldadura, con control electrónico de temperatura, ni nada de eso. Si sueldas a menudo y además te gusta, te recomiendo que además del otro, compres cuando puedas un soldador de tipo Davi, como los de antes, de 50 W, que todavía puede conseguirse, y va fenomenal para soldaduras importantes, en líneas tipo RG 213 y conectores PL, de Amfenol. Siempre da buen resultado el pre-estañar los cablecillos y los vivos de las líneas coaxiales. Por último, un soldador de tipo pistola, de tipo de punta de horquilla, se puede conseguir en ferreterías y tiendas de bricolaje, imagino que también por Internet. Estos soldadores, ya de poco uso, te permiten hacer una reparación en la que se hace necesario soldar de repente, se calientan en diez segundos y se enfrían en otros diez. Vale la pena que tengas uno en el equipo de herramientas, si sueldas a menudo. Y para finalizar, un rollito de estaño de 1 mm de diámetro, va bien para la mayoría de aplicaciones.

FUSIBLES DE REPUESTO Y HERRAMIENTA DE MANO.

El fusible de repuesto será el adecuado a los equipos que tengas en uso, ya sea el transceptor, o la fuente de alimentación, o donde tú veas que puedes necesitarlo. Por supuesto, tendrás al menos un par de cada uno; no hay excusa, pues valen céntimos, y además que te pueden sacar de un apuro, pueden dar servicio a algún compañero próximo. Ya sabes que cuando un fusible cae, es por algo, salvo que lleve mucho tiempo de uso, y por vejez se funda. No pienses que puedes conseguirlos en cualquier momento, a veces es de madrugada o día festivo. Si decides anularlo de momento, que sea de momento solamente. Lo antes que puedas, debes cambiarlo. Todo esto parecen tonterías por lo obvio, pero el más pintado equivoca en un momento dado la polaridad del cable de alimentación, y ya sabes lo que pasa con el fusible.

Por la herramienta de mano me refiero a la que es de uso habitual sin ser específica. No entra aquí ni taladradoras, ni atornilladores eléctricos, ni tenazas de crimpar, etc. Te hablo de un par de destornilladores, dos de estrella y dos de pala plana, de diferentes medidas. Un alicate de corte, unas tijeras (preferentemente de electricista), un alicate universal, un cutter, (mucho cuidado con su uso), o también una navaja de tipo electricista, aislada. Un rollito de cinta aislante de buena calidad, de color negro, y

otra de color blanco, que permite que escribas sobre ella, para identificar lo que necesites. Un rotulador indeleble tampoco está de sobra. Y para terminar, si ya tienes una edad, pues unas gafas de cerca de repuesto. Todo esto lo puedes ampliar o sustituir, según tus gustos y necesidades. A veces hay ofertas interesantes de equipos de herramienta, en grandes superficies, y de venta On-Line, pero sobre todo, que sean de buena calidad, porque si las tratas bien te durarán muchos años.

LA GOMA DE BORRAR...TINTA

No es un error mío, no, la goma de borrar no va con la libreta y el boli, va como herramienta de mano.

Se trata de que consigas una goma de borrar, de las de borrar tinta de los bolígrafos. Ya sabes a lo que me refiero, es ese tipo de goma más dura al tacto y más rugosa que las gomas normales de lápiz. No te vayas a creer que la encuentras en cualquier sitio, aunque todavía quedan en papelerías tradicionales y en grandes superficies donde tengan material de oficina. El color de esta goma es gris -azulado y el tacto claramente rugoso; si compras otro tipo de goma, no te servirá, aunque te la vendan como "de tinta".

Por el precio equivalente a un café con leche en el bar, vas a tener un estupendo aliado, del cual aprovecharás sus cualidades abrasivas, como si de una lija muy fina se tratase, pero con la posibilidad de llegar a rincones insospechados. Yo la tengo en la mesa de trabajo, y le saco partido en lo que te voy a comentar:

-Limpieza de pistas de cobre de circuitos impresos, que por el tiempo o por manoseo hayan perdido brillo.

-Limpieza de rabitos de componentes. Lo mismo para todo tipo de terminales, conectores, cuerpos de potenciómetros, ejes, etc.

-Pulido de los conectores PL, tanto el pitorro como el casquillo.

-Limpieza de blindajes, plaquitas de aluminio, carcasas de aparatos, restos de adhesivo tipo celo o cinta aislante...Atención a los retoques sobre superficies grandes, porque se va a notar.

-Puntas de cobre de los soldadores, (en frío, ojo), quitar el óxido de la tornillería, limpiar la malla del cable coaxial, tipo RG-213...

Todo esto, y más cosas que irás descubriendo; ya no se trata de mejorar la estética a la vista, sino que la soldadura es mucho más fácil.

Pienso que vale la pena que tengas a mano una goma de borrar...tinta.

MEDIDORES DIGITALES:

De reciente aparición en el mercado de nuestro mundillo de radioafición, tienes



disponibles medidores de ROE con watímetro incorporado, a un precio equivalente a un buen medidor de agujas. Te proporciona la indicación de Potencia directa, (FWD), ROE en formato SWR, y potencia reflejada de retorno, (REF), todo a un golpe de vista. No tiene la fragilidad

del medidor de agujas, pero como pequeño inconveniente, necesita que le conectes alimentación para funcionar. Se han hecho muy populares para instalar en estación base, pero nada impide el uso también en móvil. Me consta que funcionan bien, y los fabricantes anuncian una precisión mejor o igual al 5%.

Como ejemplo tienes el NISSEI DG-503 y el MFJ 849, de idéntico aspecto, pero diferente precio.

LAS ONDAS ESTACIONARIAS

Se han escrito ríos de tinta sobre este tema, y todavía está en boca de todos los aficionados; algunos le dan mucha mayor importancia de la que realmente merece. Yo veo tres casos:

-1: Que ya sabes todo lo que hay que saber de las Ondas Estacionarias, con lo que has ido directamente a esta Lección número 20, picado por la curiosidad de lo que hay en la miscelánea, lo cual te agradezco.

-2: Que has pasado por todas las lecciones anteriores, donde se ha visto todo lo relacionado con las Ondas Estacionarias; es decir, Reactancia, Líneas de Transmisión, Antenas, Sintonía, Resonancia, Impedancia, etc., lo cual te agradezco más todavía, pues has puesto mucho interés.

-3: Que en los casos anteriores no tienes del todo claro el tema, o también puedes creer que lo sabes, y va a ser que no, y es donde yo vuelvo al tema, y te lo aclaro del todo. Vamos a ello.

Las Ondas Estacionarias, que se abrevian en castellano R.O.E, en francés T.O.S, en inglés S.W.R, y por si fuera poco, también puedes encontrar el término V.S.W.R en algunos textos y manuales de aparatos. Relacionado con el VSWR también está la Pérdida de Retorno, que se indica en dB.

Es muy frecuente escuchar lo de "la antena me saca estacionarias" o "tengo X estacionarias..." Las ondas estacionarias, o ROE, son una **RELACIÓN**, y lo pongo en mayúsculas para resaltarlo y que lo recuerdes. Como RELACIÓN, se refiere a dos

unidades iguales, con lo que la ROE no tiene unidad vinculada. O sea, no es correcto decir "tengo 2 ondas estacionarias", sino que lo bien dicho es "la ROE es 2".

Lo más fácil de entender en ROE es que se relacionen IMPEDANCIAS. Dicho de otra forma, un valor de ROE de 2 significa que las impedancias referidas tienen una relación de 2, o sea, que una de las Z es el doble que la otra. ¿De dónde viene esto? Pues del Principio de Máxima Transferencia de Energía. Se habló de ella en la Lección número 9. Si ese día no fuiste a clase, la puedes consultar en esta obra, o bien acceder a Internet poniendo eso en el buscador. Pero bueno, el caso es que cuando la impedancia del generador es diferente de la impedancia de carga, no se puede aprovechar toda la energía. En el caso de las antenas, las líneas de transmisión y el equipo emisor, la antena tiene una impedancia en resonancia, el equipo emisor está diseñado para una impedancia de salida y la línea se encarga de enlazar el emisor y la antena. Como ya sabes que es muy difícil, prácticamente imposible que la Z de la antena sea exactamente la misma que la del emisor, hay una parte de la energía que la antena no puede utilizar y la devuelve a la línea. En el siguiente ciclo de frecuencia de funcionamiento del emisor, la energía hacia la antena, (corriente de RF), se va a encontrar con la energía devuelta, y se va a producir en la línea un encuentro, o choque de trenes, entre las dos corrientes. El nombre de Ondas Estacionarias viene de eso, porque son unas ondas que estás aparcadas, o fijas en la línea. La suma de valores de corrientes y voltajes va a generar unas ondas de energía en puntos fijos de la línea, cuya magnitud va a depender de la disparidad entre las impedancias. Por ejemplo, la antena presenta una Z de 100 Ohms, y la línea y el equipo son de $Z=50$ Ohms. El valor de ROE es el de la relación de impedancias, o sea 100 entre 50 , $= 2$.

En el caso de que la Z de antena sea 25 Ohms, el valor de la ROE será igualmente $=2$.

-Las ondas estacionarias son pérdidas en la instalación, casi siempre en forma de calor. Yo no considero que una línea coaxial con poca ROE pueda radiar; otro caso es el de la línea abierta, tipo cinta. Por regla general, se considera que:

-ROE= 1.5 es un valor perfectamente admisible, en casi todos los casos.

-ROE= 2 es un valor máximo tolerable.

-ROE=3 es un valor preocupante; hay que tomar cartas en el asunto. Normalmente coincide con una "zona roja".

Después de todo este rollo, ya tendrás claro, y si no te lo digo yo, que la ROE NO SIGNIFICA EFICIENCIA DE ANTENA, sino eficiencia de adaptación entre antena y equipo emisor, pasando por la línea de transmisión. Lo que ocurre en la vida real, es que supones que en el caso de una antena comercial, fija o móvil, es que si el fabricante te dice que la ROE máxima es de 1.5 y consigues un valor similar o mejor, puedes

"presumir" que la antena está funcionando correctamente. Te pongo dos casos extremos, como ejemplo:

- Una carga ficticia, de ROE perfecta de valor $1=1$, pero de nula eficiencia de radiación.
- Un dipolo plegado, da igual la frecuencia, nos dará una ROE de 4 o mayor, y la antena radiará perfectamente. Necesitaremos un balun 4:1.

A continuación, voy a ver los aparatos capaces de medir la ROE.

LOS MEDIDORES DE ESTACIONARIAS.

El nombre correcto es REFLECTÓMETRO, pero como medidor de estacionarias todo el



mundo sabe de lo que se trata. Es un aparato, o dispositivo, que hace una medición comparativa entre la energía que sale del emisor, (potencia directa) y la que devuelve la antena hacia la línea, (potencia reflejada). El aparato ya va calibrado

en ROE, que es la relación entre ambas. En la imagen se puede ver un reflectómetro de doble cuadrante.

Como el equipo que sufre la ROE es el emisor, lo más correcto es que el dispositivo medidor se encuentre dentro del mismo equipo, pues la medición se hace en el sitio. Una inmensa mayoría de equipos decamétricos y de CB, lo llevan incorporado, pero ya no es tan habitual en equipos de V-UHF, donde hay que recurrir a un aparato externo.



Como punto de partida, yo quiero pensar, y así lo predico, que el medidor incorporado es lo más adecuado, y lo más exacto.

Medidores externos hay de todas las calidades y de todos los precios.

Los más baratos son siempre sensibles a la frecuencia, en el caso de medidores exclusivos de CB y banda de 10 metros, esto carece de importancia, claro está. Lo malo de que sean sensibles a la frecuencia es que con frecuencias bajas necesitan mucha mayor potencia para funcionar que si la frecuencia es alta. Por ejemplo, un aparato sencillo que abarque desde 3,5 MHz hasta 150 MHz, fácilmente necesitará 25 W para medir en 80 metros, y tan sólo 1 W para medir en 144 Mhz. Esto es así, porque su principio de funcionamiento se basa en unas líneas de transmisión auxiliares que incorpora en su interior, que captan energía de la línea principal a base de inducción y capacidad, y ya sabes que esos parámetros dependen de la frecuencia. Los medidores de gama media -alta , como por ejemplo, los Diamond, Telecom, Hansen, Maldol, etc.,

disponen en su interior de transformadores toroidales compensados en frecuencia, con lo que su comportamiento es mucho más uniforme. En aparatos sencillos de un solo cuadrante, o dos, sin ser de agujas cruzadas, tienes que llevar la aguja en potencia directa hasta la marca CAL o SET, puesto que el medidor no sabe la potencia aplicada. En base a este punto de ajuste, te dará el valor de ROE. Los instrumentos de agujas cruzadas te dan tres indicaciones a la vez, que son la potencia directa, la reflejada, y el cruce de agujas te indica el valor de ROE.

Los instrumentos más sencillos sólo son Reflectómetros, no Watímetros; estos aparatitos no pueden medir ambas cosas a la vez. Aunque los fabricantes te suelen indicar una referencia para tener una idea de la potencia, que siempre va a depender de la frecuencia en uso, y con la condición imprescindible que la ROE sea 1:1.

Por último, recordarte lo que parece obvio, y es que todos los medidores de ROE hacen su función a partir del conector de salida, o de antena, y en el caso de ser un medidor externo, necesitará un latiguillo para conectarse con el equipo emisor. Este latiguillo, deberás hacerlo lo más corto posible, dentro de la comodidad de su manejo. 30 cm. son perfectamente tolerables hasta 30 MHz, pero desaconsejables en 144 Mhz, y ya no te digo nada en 432 Mhz. El valor real de ROE puede diferir considerablemente del valor medido.

COMPROBACIÓN DE TU MEDIDOR DE ROE

Lo que te voy a contar te sirve lo mismo para si el medidor es de agujas, o es del tipo



digital. En el caso de que sea de los tradicionales, de tipo de aguja, da lo mismo que lleve un cuadrante, (hay quien lo llama reloj), o dos, o sea del tipo de agujas cruzadas.

Lo primero, aunque estoy seguro de que lo sabes, el aparato llevará indicado el conector de entrada de energía, hacia el emisor, y el conector de salida, hacia la antena. Suponiendo de que se trate de un sencillo y humilde medidor sólo de ROE, del tipo analógico, sin watímetro, y ya te dije que no había que desdeñar ningún aparato, hasta que se demuestre lo contrario, posiblemente ya esté en uso, instalado en la línea de antena, con una indicación cualquiera. Por ejemplo, una vez calibrado, en SET o CAL, digamos que marca una ROE= 1.5. Pues bien, desconectándolo e intercambiando los conectores entre sí, la medida que obtendrás DEBE SER IDÉNTICA, obviamente,

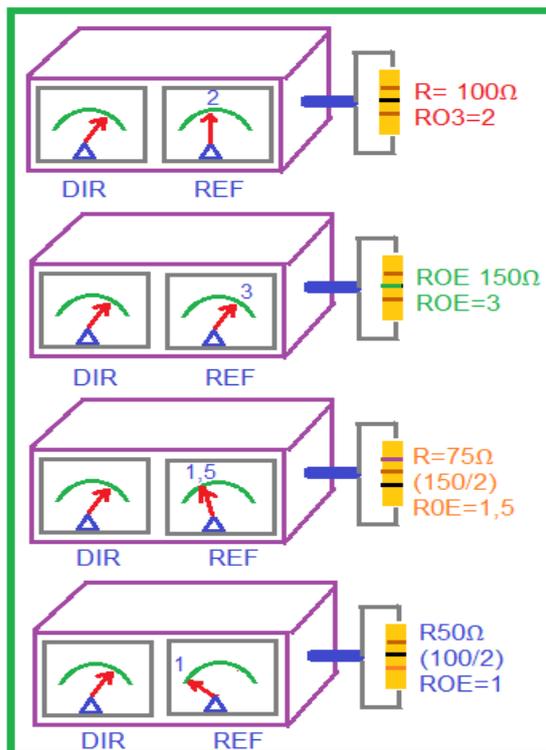
debes entender al revés el conmutador FWD-REF, o DIR-REF. Si tienes dos instrumentos, la indicación de uno debes entenderla en el otro.

En el caso de que esta primera prueba ya no sea tal cual, ya no vamos bien, y denota una falta de balanceo interno de los elementos captadores, y posiblemente, de linealidad (proporcionalidad) en la lectura. Esto suele ocurrir sobre todo en medidores baratos tipo CB, de una sola aguja y tamaño pequeño.

A continuación, vamos a comprobar el medidor que tengas a mano, del tipo que sea. Y lo vamos a hacer a base de generar una ROE doméstica, de ir por casa, pero válida para el uso normal que puedas darle. Ya no se trata de que sea más o menos exacto, sino que podamos conocer la cuantía del error. La calidad del aparato la vas a tener en que el error, (si lo hay), sea siempre el mismo, y dentro de las frecuencias que vayas a usar de forma habitual. Si sólo eres cebeísta, se te va a simplificar mucho la comprobación.

Lo primero, es saber el margen de error que te anuncia el fabricante en el manual de uso. Caso de no tenerlo, puedes indagar en Internet. Si no quieres buscar, o no encuentras datos, puedes asignar un error de (+ -) 5%, que no está nada mal.

Ahora toca conseguir 4 RESISTENCIAS DE CARBÓN, a poder ser de 2 W cada una; si



podieran ser de 3 W, mejor. Necesitas 2 de 100 Ohms, y otras 2 de 150 Ohms. Lo normal es conseguirlas en el comercio habitual de componentes; insisto mucho en que sean de carbón, y no de otro tipo; con tolerancia del 5% preferentemente, y si no, del 10 %. El precio de las cuatro no debe superar el del café con leche de antes, como mucho. Puedes recurrir a comprar en Internet, bien a tienda On-Line, o a otro tipo de plataforma de venta. Existen unas del tipo de aglomerado cerámico, que soportan mucha potencia; pero te van a costar bastante más caras, y salvo que vayas a sacarles partido **haciendo** muchas pruebas, no vale la pena.

Suponiendo que ya tienes el material, y te recomiendo que también tengas cerca la libreta y el boli, empieza juntando dos de las de 100 Ohms, para que queden en paralelo. Si tienes el tester y sabes usarlo, deberás medir un valor muy próximo a 50 Ohms, dentro de la tolerancia de las resistencias. Si lo del tester va a ser que no, pues bueno considera, que son 50 Ohms igualmente.

A continuación, coloca un rabito de las resistencias en paralelo, al conector PL de salida del medidor que quieras probar. La conexión al vivo no tiene problema, y la del casquillo la puedes sujetar con una pinza de la ropa, por ejemplo. También puedes hacerlo mejor y usar un PL macho, con un trocito de cable coaxial para conectar las resistencias.

Ahora toca transmitir, con la potencia de 4 o 5 W, porque si te pasas, quemarás las resistencias. Hacer la transmisión lo más corta posible, llevando la aguja a calibración, y viendo qué pone el medidor de ROE. La aguja NO deberá moverse, puesto que la Z de carga es la misma que la Z de salida del emisor, es decir, 50 Ohms.

Ahora desconecta una de las resistencias, con lo cual quedan 100 Ohms de carga. Sigue los pasos de antes, solo que ahora la aguja debe marcar ROE=2.

Acto seguido, desconecta la resistencia de 100 Ohms, y en su lugar conectas una única resistencia de 150 Ohms, y sigue los pasos que ya sabes. El medidor deberá marcar ROE=3.

Ya tienes mediciones de ROE=1, ROE=2, y ROE=3, que pienso es lo mínimo que se puede pedir. Puedes hacer un poco más, y conseguir ROE= 1.5, a base de conectar dos resistencias de 150 Ohms en paralelo, que ya sabes que da 75 Ohms. (75 dividido 50 = 1.5).

Ahora bien, si la prueba no ha resultado del todo a tu gusto, por disparidad de medición, hay varias posibilidades:

-Que el medidor marque casi siempre de menos; puede ser debido a la tolerancia del medidor más la tolerancia de las resistencias, hay que tenerlo en cuenta. Puedes llevar la marca de CAL o SET, un poco más adelante.

-Que el medidor marque casi siempre un poco de más; pues lo mismo que antes, puedes modificar la calibración a una referencia distinta.

-Que el medidor sea caprichoso, y marque lo que le dé la gana, unas veces de más y otras de menos; pues en ese caso te va a tocar tomar nota en la libreta y hacerte una tabla de errores según la ROE y según la frecuencia, en el caso de usar varias bandas de aficionado. Si se trata de que sólo seas cebeísta, lo tienes mucho más fácil. También debes contar con la posibilidad de que tu medidor necesite más de 4 o 5 W para poder medir de manera fiable; bien, pero en ese caso, peligra la integridad de las resistencias de carga.

Nota final: Este método es muy simple, pero como tal, tiene limitaciones. Las resistencias te sirven perfectamente hasta 30 Mhz, que suele ser suficiente en la mayoría de los casos. Quizá hasta 50 Mhz, con una pequeña reactancia añadida. En el caso de aplicar mucha energía RF, su valor óhmico se alterará y la medición ya no será

fiable. Si tu medidor es del tipo digital, deberá marcar la ROE de inmediato, pues no necesita calibración. Los medidores que llevan watímetro incorporado sólo se pueden comprobar por comparación con un aparato de calidad superior, y siempre teniendo en cuenta el margen de tolerancia indicado por el fabricante.

POST DATA A LA COMPROBACIÓN DE LOS MEDIDORES DE ROE:

Realmente, si colocas a la salida del medidor una resistencia de carga de 25 Ohms, también deberá marcar el medidor $ROE=2$, puesto que 50 dividido entre $2 = 25$. Lo mismo para una resistencia de carga de 17 Ohms; en este caso la ROE será 3.

La cifra de 25 Ohms la consigues dividiendo $100/4$, es decir, 4 resistencias de 100 Ohms en paralelo.

La cifra de 17 Ohms la consigues dividiendo $100/6$ aproximadamente, es decir, 6 resistencias de 100 Ohms en paralelo.

Es preferible conseguir valores de ROE artificiales a base de resistencias más altas de 50 Ohms, que es nuestra referencia. El motivo es, que equipos transeptores pequeños, tipo CB móvil, o equipos para montar en kit de categoría baja potencia, (QRP), como el ILER 40 o ILER 20, tienen dificultades para entregar suficiente potencia RF cuando "ven " una resistencia de carga de bajo valor en la toma de antena, cosa que no ocurre si la ROE generada es en base a una carga de antena de valor superior al nominal.

TRANSPORTE DE LOS MEDIDORES:

Para finalizar con el tema de los medidores, has de saber que todos los aparatos que funcionen a base de aguja que se mueve, deben viajar lo menos posible. Más aún si hemos de recurrir a agencias de transporte o Correos, donde el aparato ha de sobrevivir como pueda hasta llegar a destino. Sucede que puede ocurrir muy fácilmente que compres o vendas un aparato que sea de agujas de cuadrante, del tipo que sea, nuevo o de ocasión, y en ambos casos, seas comprador o vendedor, te interesará que el aparato llegue en las mejores condiciones posibles. Te daré tres consejos:

-Freno electromagnético: Se trata de limitar el movimiento libre de la aguja, a base de hacer un cortocircuito temporal en los terminales del instrumento medidor. Si te fijas un poco, puedes considerar a la bobina móvil que mueve la aguja como a un pequeñísimo generador de corriente, ya que le rodea un imán fijo. Si le das una sacudida al medidor, has generado una pequeña energía. Si le haces un cortocircuito, la corriente inducida de sentido contrario limita bastante (frena), el movimiento de la aguja. Con un hilo eléctrico cualquiera, puentea temporalmente los terminales del medidor. Al llegar a destino, el nuevo dueño, (o tú mismo si es una mudanza), corta el

puede, para habilitar de nuevo el aparato. Por supuesto, si no te atreves, o no está accesible el poder hacerlo, mejor no tocar, pues esto implica destapar el aparato.

-Pantalla electrostática, o Jaula de Faraday: Se trata de impedir en lo posible que la electricidad estática penetre en el sistema de la aguja, y acumule carga estática que hace que la aguja no descanse en el cero. Para ello, consigue un trozo suficiente de papel de aluminio del que hay en todos los hogares, y envuelve el medidor completo. Con un poco de cinta adhesiva, conseguirás garantizar el contacto eléctrico entre los extremos de las hojas. Es fácil y barato. Este truco no quita que antes hayas hecho lo del freno de aguja, si quieres.

-Embalaje adecuado: No hace falta que te diga nada; a poder ser en su caja de origen, si no la tienes, pues lo que se te ocurra para aparato muy frágil. Piensa que una caída, por leve que sea, suele ser grave para un aparato de aguja.

TAMAÑO FÍSICO DE LA ANTENA EMISORA:

Siendo yo estudiante de la rama de Telecomunicaciones, recuerdo de mi juventud una de las clases de teoría, en la cual el profesor dijo algo muy parecido a esto:

"Si queréis tener un rendimiento aceptable en una antena emisora, su tamaño físico no debe ser menor de la décima parte de la longitud de onda en la cual funciona la antena".

Ese día estábamos tocando los monopolos sobre tierra, y las antenas Marconi. Por descontado que "el rendimiento aceptable" es un concepto totalmente relativo, como otras muchas cosas de la Radiotecnica, pero yo siempre he procurado tener en cuenta esta premisa. Es una regla no escrita, pese a pasar muchos años, y leer muchos libros sobre el tema, no se me ha dado el caso de encontrarme con ese concepto, aunque se ha cumplido con mucha frecuencia. Por ejemplo:

-Las antenas móviles de CB, una gran mayoría son más largas de 110 cm. ($11 \text{ m}/10 = 110 \text{ cm}$.) Ya sé que hay porritas para walky CB que miden unos 25 cm, pero no llegan ni a la esquina.

-Una antena helicoidal de porrita, típica de Walky-Talky para la banda de 144 MHz ronda los 20 cm de larga. ($2 \text{ metros de longitud de onda} / 10 = 20 \text{ cm}$.), lo mismo para los walkys de UHF, que su antena de porrita ronda los 7 cm.

-Antenas verticales tipo multibanda, acortadas, como por ejemplo la Falcon Out 250 F, con 7,5 m de larga, el fabricante marca un límite práctico inferior que corresponde con la banda de 80 metros.

Con esto no quiero decir ni mucho menos que antenas físicamente más cortas no vayan a funcionar de forma satisfactoria. Tan sólo te comento esta anécdota a título de

curiosidad. Si yo veo una caña de fibra, de 5 m. de larga, tipo marino, con el acoplador en la base de antena, ya sé que una frecuencia de trabajo más allá de 6 Mhz, (longitud de onda 50 m.), no voy a esperar que rinda mucho.

MODIFICAR LA ROE EN DIPOLOS Y MONOPOLOS:

Cuando instalas una antena, sea comercial o hecha por ti mismo, es imperativo comprobar la ROE. Una vez colocada en su sitio, y conectada al transmisor con su correspondiente línea de transmisión, toca "ver las estacionarias." Para lo que te voy a contar, da lo mismo que el medidor de ROE sea externo o incorporado al equipo.

Te puedes encontrar con lo que ya sabemos todos; que la ROE es perfecta en toda la banda al primer intento, (atención, que aquí hay algo raro), aunque lo más probable es que tengas una ROE alta, donde a ti te interesaría que fuese baja, o el dipolo en cuestión es "muy estrecho de banda", y tienes valores favorables al principio o al final, y entre medias, la ROE es alta...por ejemplo:

-Dipolo de 40 m, ROE = 1.3 en 7,200 MHz, o más, y ROE = 1.8 en 7,000 Mhz.

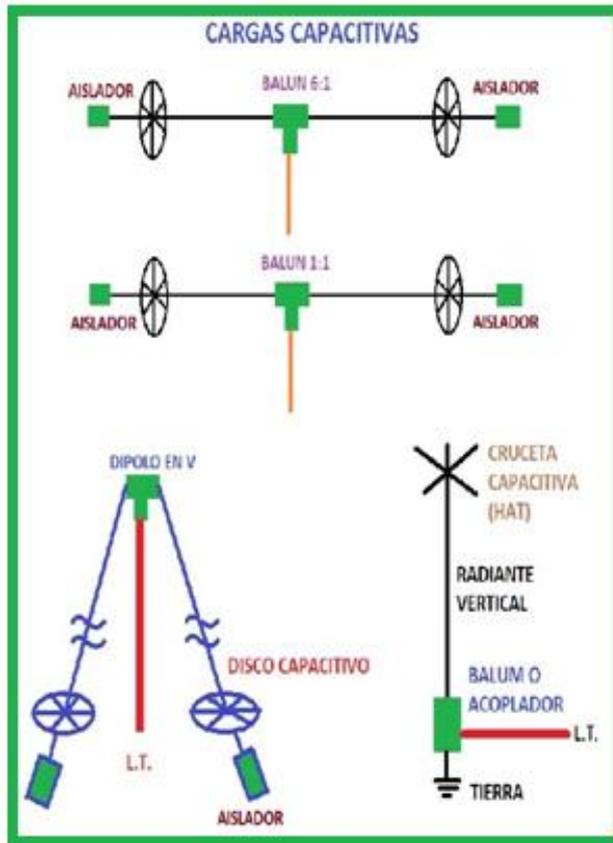
-Dipolo de 80 m, ROE = 1.2 en 3,850 MHz, y ROE = 2, o más, en 3,500 Mhz.

Se supone que no tienes disponible un acoplador de antena, o no quieres utilizarlo, con lo cual no queda otra que ir haciendo viajes arriba y abajo, arriando e izando la antena, o recortando o empalmado los ramales, para hacerla entrar en resonancia, (aunque ya está) y la ROE esté a tu gusto. Fácilmente vas a gastar la mañana, o la tarde, o todo el día si eres metódico y perfeccionista. Es normal que acabes, aburrido y la dejes de cualquier forma. Pues bien, hay una solución; yo la encontré hace tiempo, y con seguridad no la habrás visto en las azoteas. Se trata de incorporar a las puntas del dipolo una carga capacitiva, una en cada punta. ¿Y cómo se hace esto? Pues con un disco metálico. El tamaño de este elemento postizo ha de ser como la tapa de un bote de pintura de los grandes, para ir empezando. Como esta solución es un poco engorrosa, pues el viento va a mover bastante el disco, por actuar como vela, lo que puedes hacer es un disco "virtual". Si te viene a la mente la imagen de la cajita redonda de quesos en porciones El Caserío, ya tienes mucho terreno adelantado. Se trata de construir un círculo de alambre, e incorporar otros alambres en forma radial, como mínimo que sean ocho, si fueran dieciséis, mejor. Esta figura tienes que hacerla con las uniones soldadas, tanto en extremos como en el centro, y en el centro ha de hacer contacto eléctrico con el final del ramal del dipolo. Tienes que ingeniártelas para sujetar los discos de forma perpendicular al ramal radiante.

Lo mejor es el cobre rígido, que puedes sacar de hilos de instalación eléctrica. El alambre galvanizado también sirve, pero te costará más de soldar. Lo puedes montar sobre la antena con una regleta de conexión eléctrica, o un prensa cables. El caso es

que haga contacto para poder probar. Yo he probado con aros de 40 y 50 cm. de diámetro, que son muy manejables.

-Explicación técnica: La carga capacitiva tiene por efecto alargar eléctricamente la



antena, al mismo tiempo que disminuye su factor "Q". El motivo es porque en los extremos de la antena, la corriente de R.F ya no es cero, porque la antena tiene más capacidad con respecto a tierra. Esto lo hace el disco, que actúa como la placa de un condensador, siendo la otra placa, la tierra.

Si decides probar esto, debes tener en cuenta que la antena sea un poco corta, o sea, que al final de la banda tenga poca ROE. Lo que vas a conseguir, a poco que hagas las cosas un poco bien, es lo siguiente:

-Donde antes había desde ROE = 1.3 hasta ROE =1.8, ahora vas a tener ROE =1.5 ó 1.6 en toda la banda.

-Lo mismo en el caso de ROE = 1.2 a ROE =2, ahora tendrás ROE = 1.6 en toda la banda.

-Si tu antena es multibanda, tipo Windom, por ejemplo, el efecto de las cargas "aplanadoras de ROE", va a ser mucho más notorio cuando más alta sea la frecuencia; esto es lógico, pues la longitud de onda disminuye, y el efecto reactivo del disco aumenta.

-Si tu antena tiene las puntas hacia el suelo, notarás más el efecto que si las tiene horizontales; también es lógico, pues la capacidad aumenta por la proximidad a tierra.

Parte negativa, hayla, como siempre, el extremo inferior del disco no debe estar a menos de 3 m. del suelo, si la antena es accesible al estar montada la antena en un lugar transitable. También ten en cuenta que la distancia desde el disco hasta el mástil soporte ha de ser mayor que si no estuviera el disco instalado. Si te pasas de tamaño de disco, o de proximidad a tierra, verás que el factor "Q" disminuye demasiado, y la antena tiene baja ROE muy por encima y debajo de los límites de la banda asignada. La antena pierde algo de rendimiento, pues una pequeña parte de la energía se dirige a tierra, y no se aprovecha en radiación. Como siempre, en el término medio está la virtud.

He probado este invento en antenas Windom, y en dipolos simétricos convencionales, con buenos resultados. También lo puedes ver en antenas verticales multibanda, tipo AV-640, hacia la parte de la cúspide. En este tipo de antenas, por quitar resistencia al viento, la carga capacitiva tiene forma de cruceta, pero el efecto es el mismo. Se puede aplicar también a las antenas G5RV, y sería cosa de probar en las antenas de tipo End Feed, como la antena Zeppelin.

DON ACOPLADOR. LO QUE TIENES QUE SABER DE ÉL:

El acoplador de antena es un dispositivo por todos conocido. Sin ser imprescindible, considero muy conveniente que dispongas de uno en tu estación de radio. Ahora lo vemos. Pero por si eres de los que directamente has accedido a este capítulo sin haber leído las lecciones anteriores, te voy a explicar unos conceptos básicos de la anatomía de la antena, que posiblemente conozcas, pero otros que leen este libro, puede que no tanto.

-La Antena:

Pues ya sabes que se trata de un dispositivo que convierte energía de radiofrecuencia en energía de radiación electromagnética. Lo mismo que un altavoz, que convierte energía de baja frecuencia, en energía de ondas sonoras, a base de mover el aire. Cambia la frecuencia de trabajo, pero no son tan diferentes.

-Todo el mundo de este mundillo de la radio, valga la redundancia, admite sin dudas que una antena es capaz de absorber, (o admitir), potencia de radiofrecuencia, y transformarla en ondas electromagnéticas. No insisto más, la potencia eléctrica se transforma en ondas.

- Como resulta que la potencia viene de multiplicar el voltaje por la intensidad, no te queda más remedio que admitir que la antena, a su vez, admite estas unidades eléctricas. Bien. Pues ahora hete aquí que esta nuestra antena, y todas las demás antenas, van a cumplir la famosa Ley de Ohm, que dice, como ya sabes, que el Voltaje, cuando se divide entre la Intensidad, se llama RESISTENCIA. Con esta sencilla explicación, que por otra parte no la puedo simplificar más, no te queda más remedio que admitir que la antena se comporta a los efectos del aparato transmisor, como una resistencia. A esta resistencia se la llama RESISTENCIA DE RADIACIÓN. En algunos textos, la verás como Resistencia de Irradiación, pero es lo mismo. La resistencia de Radiación es una resistencia ficticia, porque no la puedes medir con el tester como si de un componente se tratase, pero sin duda existe, y su valor equivale a conectar el transmisor a una carga artificial, o Dummy Load. Solo que en este caso no hay radiación, sino disipación en forma de calor. Si este párrafo no lo tienes claro, vuelve a leerlo, pues es importante.

-El valor de esta Resistencia de Radiación lo podemos ver en la pantalla de unos aparatos llamados ANALIZADORES DE ANTENA. Se muestra un valor resistivo que yo personalmente, a efectos prácticos, lo considero Resistencia de Radiación.

-Seguimos. Como la antena se comporta como un circuito resonante, y estos circuitos constan de bobina y condensador, hazte a la idea que junto a la resistencia de radiación hay una bobina y un condensador. También ficticios, pero ahí están. Se pueden ver sus huellas, si las hay, con el susodicho Analizador de Antenas. De todos estos parámetros se ha hablado en la lección número 11.

-Para no hacerme muy largo, voy a tomar un atajo. La antena se dice que está EN RESONANCIA, cuando la reactancia del condensador iguala y anula (por ser de signo opuesto), a la reactancia de la bobina. En ese caso, la impedancia (Z), de la antena, es la misma que la resistencia de radiación, que es la que nos interesa, puesto que las componentes reactivas se han anulado. Esta famosa resistencia de radiación, (R_r), interesa que sea del mismo valor que la impedancia de carga del equipo transmisor, que a su vez utiliza una línea de transmisión en consonancia con todo lo demás. Así que todo está adaptado, y la transferencia de energía es máxima hacia la antena, que se encargará de transformarla en ondas, que es de lo que se trata.

-Se considera, en teoría, que una antena dipolo en el espacio libre, tiene una $Z = R_r$, en resonancia, por supuesto, y su valor se estima entre 73 y 75 Ohmios. En el caso que la antena sea monopolo, la Z es la mitad, o sea, unos 37 Ohmios.

-En la vida real casi nunca vas a encontrarte con esto; la R_r baja bastante, por las condiciones en las cuales funciona la antena, y el valor de la componente reactiva no acaba de desaparecer del todo, por las características constructivas de la antena. Total, que junto a la resistencia de radiación, que es la que nos interesa, hay otra reactancia, que como tal no consume potencia, y no nos conviene. El símbolo de la reactancia es " X ", y junto con la R_r , forman la Z total de la antena. No es una suma normal, de las $2+1=3$, sino que es algebraica, y de eso ya nos informa nuestro medidor de ROE.

-El Acoplador:

Como resulta que el transmisor de radio necesita "ver" una resistencia de carga, o impedancia, lo más exacta posible a la suya, para poder transferir el máximo de potencia, interesa que las componentes reactivas de la antena sean lo más bajas posibles comparadas con la R_r , que es la que nos va a admitir la energía. En cuanto esto no sea así, te van a aparecer ondas estacionarias en la línea de transmisión, y el paso final del emisor va a bajar de forma significativa la potencia de salida, a fin de proteger sus componentes. LA FINALIDAD DEL ACOPLADOR DE ANTENA ES CANCELAR EN LO POSIBLE LA COMPONENTE REACTIVA ASOCIADA A LA IMPEDANCIA,, y de esta manera el transmisor puede entregar toda su potencia hacia la línea de transmisión.

Otra cosa diferente es cómo va aprovechar la antena la energía que le llega; pero esto ya no es tema del acoplador, sino de la propia antena.

Al dispositivo acoplador se le conoce por varios nombres; uno es tal cual, acoplador, y su equivalente en inglés, que se dice TRANSMATCH. Otra forma de llamarlo es SINTONIZADOR, aunque personalmente no lo considero correcto, y su equivalente en inglés TUNER. Aparatos de este tipo, principalmente, hay de dos tipos (manual y automático), y de tres clases, a saber, externo, incorporado y remoto. La configuración, o construcción interna, consta de dos condensadores, o un grupo de ellos, y una bobina, o también una agrupación de ellas.

En todos los casos de acopladores, debes saber que este dispositivo actúa siempre desde su conector de salida, "acoplado" todo el sistema de antena; insisto, en "todo el sistema de antena", en el cual entran los conectores, la línea de transmisión, y la antena propiamente dicha. Esto debes tenerlo claro, para bien y para mal, y poderle sacar el partido necesario. La única excepción a esta regla es el acoplador remoto. Todos los acopladores se quedan para sí una pequeña parte de la energía disponible, aproximadamente un 5% los de tipo manual, y hasta un 10% los automáticos.

-Acoplador manual: Pues ya sabes, se trata de manejar dos o tres mandos para conseguir la máxima potencia directa y la mínima ROE. Para esto, verás que lo normal sea que el acoplador lleve incorporado un medidor de ROE con vatímetro. Salvo que el equipo transmisor sea antiguo, anterior a 1980, los acopladores manuales siempre son exteriores. Hay firmas, como MFJ, que disponen de acopladores muy elaborados, y además tienen disponible conexión de línea balanceada e hilo largo.

-Acoplador automático: También llamado Auto-Tuner, es el que llevan incorporado los equipos decamétricos. Los fabricantes suelen añadir las siglas "AT" en el modelo. El acoplador automático funciona en base a conseguir la mínima ROE con una combinación adecuada de bobinas y condensadores. Esta gestión la realiza un microchip, que con una muestra de la energía reflejada inicia el proceso, que suele durar unos pocos segundos. Algunos modelos guardan en su memoria los parámetros de una operación de una frecuencia determinada, con lo que se agiliza el proceso en caso de repetir en esa frecuencia. Este tipo de acopladores suelen dar por bueno un resultado de ROE de 1.5 o un poco menor.

-Acoplador externo: Ya hemos visto el de tipo manual. El de tipo automático puede ser ajeno al transmisor que lo excita, o comunicarse con él. Necesita alimentación añadida para su funcionamiento, aunque a veces verás que la toma del propio equipo.

-Acoplador incorporado: Actualmente son todos automáticos, y de tipo motorizado, con lo que su funcionamiento es suave y silencioso. Su puesta en marcha es opcional, y cubren todas las bandas de uso del equipo transmisor. No suelen admitir valores mayores a $ROE = 3$.

-Acoplador remoto: Es un concepto diferente, tipo automático, en el cual verás que el dispositivo acoplador se encuentra siempre a pie de antena, y realmente forma parte de esta. Técnicamente es la mejor solución, y en este caso sí que se puede llamar sintonizador con toda propiedad, puesto que el dispositivo sintoniza el radiante a la frecuencia de operación, con el añadido de bobinas y/o condensadores. Conseguido esto, la longitud de línea hasta el equipo carece de importancia, pues siempre tiene una ROE óptima. Como inconvenientes, tiene que el precio puede ser el doble que su equivalente del tipo de los añadidos junto al transmisor. Otro inconveniente es que para su funcionamiento necesitan una toma de tierra eficaz, de pocas pérdidas. El tercero, y último, es que hay que llevarles alimentación, aparte de la línea de transmisión; aunque hay modelos que permiten la tele-alimentación junto con la señal de R.F, por el mismo cable coaxial.

Los acopladores remotos se utilizan abundantemente en instalaciones náuticas, del tipo marítima-móvil. Un ejemplo de este tipo de aparato lo tenemos en el SGC-3000, que da muy buenos resultados.

-Limitaciones del acoplador:

El acoplador cancelará en lo posible la componente reactiva del sistema de antena, pero no puede hacer nada por mejorar la resistencia de radiación de la antena, que es la que aprovecha la energía. El rendimiento de la antena se resuelve en la propia antena.

Salvo que tengas un acoplador remoto, la ROE en la línea de bajada de antena, es la misma que si el acoplador no estuviese. Compruébelo y verás. Desde el equipo transmisor al acoplador, la ROE es perfecta.

-Dos ejemplos para terminar:

-Antena ligeramente fuera de su punto de resonancia: $R_r = 45$ Ohmios; $X = 15$ Ohmios.

El acoplador no tendrá ningún problema en cancelar los 15 Ohmios reactivos, y conseguirá una ROE de 1.1, o menor. Sin embargo, como la R_r es un 10 % menor de 50 Ohmios, esta antena aprovechará el 90 % de energía de R.F, que no está nada mal.

-Antena totalmente fuera de resonancia; caso típico de antena base de CB forzada a funcionar en la banda de 40 metros:

$R_r = 10$ Ohmios; $X = 100$ Ohmios.

Es un caso muy desfavorable, pero real. Inicialmente nos vamos a encontrar con una ROE superior a 5. En el supuesto que el acoplador llegue a cancelar los 100 Ohmios reactivos con una ROE menor de 1.5, el rendimiento de la antena es nefasto, tan sólo un 20% de la energía disponible, sin tener en cuenta otras pérdidas añadidas. O sea,

que aplicando 100 W de R.F, difícilmente llegarán a 20 W los que se radiarán. Nos escucharán, sí, y nos quedamos contentos, pero el mismo resultado daría el alimentar una antena resonante a la banda de 40 metros con tan sólo 20 W.

P.D AL TEMA DE D. ACOPLADOR

-Anteriormente a 1980, los pasos finales de los transmisores de aficionado equipaban una o dos válvulas, debido a que la tecnología de semiconductores de potencia en R.F no se consideraba suficientemente fiable. Así que, el acoplador era totalmente necesario, para adaptar la alta impedancia de salida, (sobre 2000 Ohmios) a la baja Z de la línea y la antena, usualmente más baja. El acoplador incorporado era de ajuste manual, sobre la Placa y Carga, (Plate o Tune, y Load, en inglés), y fácilmente alcanzaba un rango de relación 100, acoplando de 2000 a 20 Ohms, aproximadamente. Ya te puedes imaginar que no había motivo de preocupación alguno sobre el problema de la ROE; simplemente porque los operadores de la época no la veían, porque los ajustes se hacían a máxima potencia de salida y mínima intensidad de placa. En determinadas ocasiones, el operador no conseguía valores óptimos de ajuste, debido a que el sistema aéreo manifestaba poca R_r en la antena, y mucha reactancia, con la consecuencia de que la antena no absorbía potencia de R.F. Se decía entonces que "la antena no cargaba bien".

-Otra prestación añadida que debes tener en cuenta, aparte de la principal de acople de impedancias, es que este dispositivo también actúa como filtro de paso de banda, con una atenuación importante de las frecuencias armónicas, usualmente sobre 20 dB en el tercer armónico. Esto es debido al alto factor "Q" que aplica el acoplador sobre la energía de R.F que lo atraviesa. Con el mismo concepto, también en recepción encontrarás alguna mejora, puesto que las frecuencias no deseadas fuera de la sintonía, también se verán atenuadas. Cuando el acoplador se diseña para uso exclusivo de radioescucha, se le llama PRESELECTOR, y funciona igual que un acoplador convencional.

-El acoplador de ajuste manual te permite una primera aproximación de su punto de ajuste precisamente en recepción. Tienes que regular los controles para conseguir la máxima señal en el S-meter. Después, al pasar a transmisión, cuesta mucho menos de ajustar. De todas formas, los fabricantes de acopladores de uso manual, facilitan unos datos aproximados para el ajuste preliminar, que te facilitarán el conseguir el punto más adecuado.

LA MAGIA DEL CABLE COAXIAL

A modo de introducción, como recordatorio de la lección número 10, a consecuencia del desarrollo tecnológico e industrial posterior a la Segunda Guerra Mundial, los radioaficionados disponemos de la línea coaxial para transmisión, a precio asequible, así como conectores específicos adecuados. El cable coaxial tiene ventajas e

inconvenientes, como casi todo lo que conoces de Radiotecnica; la principal desventaja comparada con las líneas de cinta o líneas abiertas, son las pérdidas (en dB/m), comparativamente elevadas del cable coaxial.

Aunque ya lo sabes seguro, te recuerdo las partes del cable coaxial, que son, el conductor central, o VIVO, que siempre es de cobre, el DIELECTRICO, que es el material que separa y aísla el vivo del conductor exterior, o MALLA. El dieléctrico suele ser de polietileno macizo, o PE, o polietileno expandido, PEE, o FOAM, en inglés. Aparte falta la CUBIERTA, que suele ser también de polietileno.

La parte de la calidad que nos interesa es principalmente la atenuación, seguida del precio por metro. Has de saber que tanto un factor como otro están ligados y son inseparables, y se basan en el material del dieléctrico y las características de la malla. Como norma general, es mejor el cobre que el aluminio, (para la malla), y es mejor el polietileno expandido que el polietileno macizo, o sólido.

-La línea de transmisión, como su nombre te indica, tiene como misión principal, la del transporte de energía de Radiofrecuencia desde el equipo transceptor hacia la antena, y viceversa. También entra en este rango, el interconectar diferentes equipos y accesorios que forman la instalación del aficionado. Cuando nos referimos al tramo que enlaza la antena con el equipo, se le llama LÍNEA DE BAJADA DE ANTENA, o simplemente, BAJADA DE ANTENA; me referiré a ella en varias ocasiones.

-Como ya debes saber, y si no te lo recuerdo en este momento, una línea de transmisión adaptada, con las impedancias acordes entre generador y carga, no altera la ROE independientemente de su longitud. Dicho de otro modo, y dándole la vuelta, en un sistema de antena donde la ROE sea 1:1 o muy próximo a ella, la longitud de la línea NO AFECTA A LA ROE. En determinadas condiciones en que la ROE se aleja de ser ideal, esto cambia, y es debido a las pérdidas en la línea.

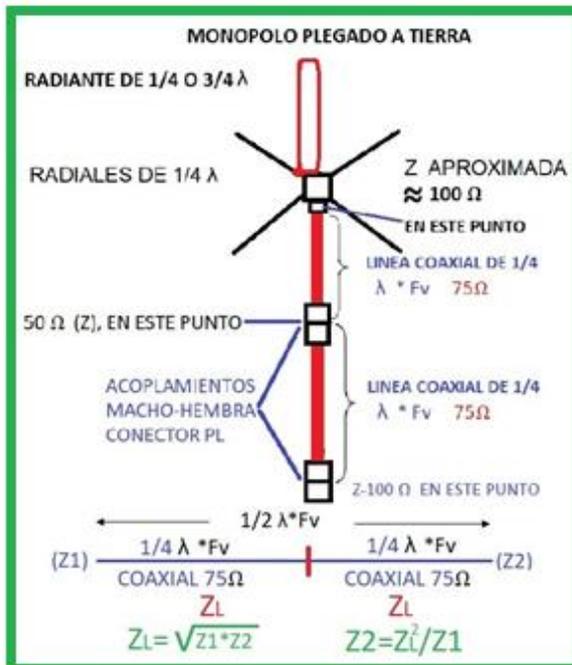
-Aparte del transporte de energía R.F., de un punto a otro, el cable coaxial ya sabes que se puede emplear como CONDENSADOR, con una rigidez dieléctrica, o aislamiento, de 2500 V. como mínimo. El fabricante del cable suele indicar la capacidad por metro, (pF/m.)

-Otra cualidad muy interesante, y es en la que voy a hacer hincapié, es la de TRANSFORMADOR DE IMPEDANCIAS, de las líneas de 1/4 y 1/2 onda. La línea de 1/4 de onda tiene la inestimable cualidad de TRANSFORMAR IMPEDANCIAS de un extremo a otro. Para que esto funcione, no olvides nunca aplicar en el cálculo el FACTOR DE VELOCIDAD, F_v , de la línea en cuestión, y que siempre facilita el fabricante.

La naturaleza eléctrica de la línea de 1/4 de onda, nos permite adaptar impedancias para varias aplicaciones; no es difícil de entender, y creo que vale la pena saberlo. La línea de 1/2 onda también tiene su personalidad, y se construye a base de juntar dos

trozos de línea de $1/4$ de onda, obviamente. Insisto de nuevo en que no olvides aplicar el F_v correcto.

-La línea de transmisión de $1/4$ de onda te permite adaptar una Z alta en un extremo



de línea, a otra Z más baja, en el extremo opuesto, y viceversa.

-la línea de $1/2$ onda invierte de nuevo este comportamiento, que también tiene utilidad si se le sabe sacar partido. Para entrar en materia, vamos con el ejemplo del dibujo:

-Se trata de un monopolo plegado, tipo G.P, con una Z estimada en resonancia de 100 Ohmios. Dejando aparte el valor de R_r y X , no vas a poder adaptarlo a tu sistema de instalación de $Z=50$ Ohmios, que es lo normal, porque inmediatamente te vas a encontrar con

una $ROE = 2$, debido a que la Z de antena es el doble que lo que necesitas, es decir, los 50 Ohmios del equipo. Pues bien, lo puedes solucionar de una forma barata y elegante, con un tramo de LÍNEA ADAPTADORA de $1/4$ de onda, que también se le llama TRANSFORMADOR DE $1/4$. Este tramo de línea, "mágica" debe adaptar una Z de antena de valor 100 Ohmios, a una Z de equipo de 50 Ohmios. A esta línea adaptadora se le abrevia Z_L , y la fórmula, muy sencilla, la tienes también en el dibujo. No hace falta que en este caso hagas cálculos; con bastante aproximación, para adaptar de 100 a 50 Ohmios, necesitas un tramo de $1/4$ de onda de $Z_o = 75$ Ohmios. Así de fácil. Naturalmente, esto sólo es válido para un margen muy estrecho de frecuencias, que suele coincidir más o menos, con el ancho de banda de la antena. Si se te ocurre hacer resonar a esta antena a su tercer armónico, la línea adaptadora sigue siendo igualmente válida, pues nada ha cambiado, mientras los tramos de $1/4$ de onda sean IMPARES. Si has hecho la medición de correcta de longitud, y has aplicado el F_v adecuado, un medidor de ROE conectado al lado del transmisor, te dará un valor muy próximo a 1:1, pese a que la Z de antena sean 100 y la Z_o de la línea sean 75 Ohmios...Pero, ¿qué pasará si prolongo la línea adaptadora con otro tramo igual de $1/4$ de onda?, pues tal y como está en el dibujo, se invertirán de nuevo las condiciones anteriores, y volveremos a tener los 100 Ohmios de la Z de antena. Como es lógico, el medidor de ROE volverá a marcar $ROE = 2$.

-De esto se desprenden dos hechos importantes, que son:

-Que la línea adaptadora de $1/2$ onda, (que es $1/4$ más otro $1/4$), NO MODIFICA las impedancias de un extremo con respecto al otro, pese a ser de $Z_0=75$ Ohmios. A efectos de la corriente de R.F, es como si el tramo de $1/2$ onda NO ESTUVIESE, es como si fuera transparente.

-Que la impedancia característica de la línea, (Z_0), de $1/2$ onda, no influye sobre las impedancias. Las impedancias de entrada y salida son independientes de la Z_0 de la línea. O sea, que en un sistema de 50 Ohmios, puedes insertar una línea de $1/2$ onda de 75 Ohmios, y es como si no estuviese conectada.

-Si has leído hasta aquí, puede ser que estés un poco confuso; entiendes que en un momento dado te haga falta una línea adaptadora de $1/4$ de onda, porque de hecho se utiliza bastante en los casos en que hay que adaptar varias antenas enfasadas en una misma línea de transmisión, pero no acabas de ver la utilidad de la línea de $1/2$ onda, con eso de que no modifica las impedancias de un extremo a otro, y que además su impedancia característica no influye en el sistema de antena...pues bien; te pongo un ejemplo práctico: puedes utilizar cable coaxial del tipo de televisión, de impedancia característica de 75 Ohmios, para hacer una bajada de antena para la banda CB, por ejemplo, o para la banda de dos metros, de 144 Mhz, o de la banda UHF de 432 Mhz. Da lo mismo que el cable coaxial sea de 75 Ohmios, y la antena sea de $Z = 50$ Ohmios, y el equipo también, la única condición es que la LÍNEA DE BAJADA ESTÉ CORTADA A $1/2$ ONDA, o múltiplos de ella, teniendo en cuenta el factor de velocidad. Puesto en cifras, sería, para el caso de la CB, y necesitando una bajada de 12 metros: Línea de TV, tres medias ondas serían 16,5 m, multiplicado por el Fv 85% dan como resultado 14,025 metros. O sea, que con cable vulgar de TV podemos conectar una antena de CB de $Z = 50$ Ohmios con el equipo también con $Z=50$ Ohmios.

-Este sistema de bajada tiene varias ventajas, siempre que la operación sea monobanda o frecuencias armónicas; el caso de la CB es independiente, pero nada nos impide tener una antena colineal bibanda para 144 y 432 Mhz alimentados con línea coaxial de TV. Si comparamos el cable coaxial de TV de 75 Ohmios con el típico coaxial RG-58 o RG-213, la ventaja económica es evidente, pues un buen cable de TV cuesta la mitad que un buen RG-58, y la cuarta parte del valor del RG-213. En cuanto a atenuación, el cable de TV es muy similar al RG-213, o sea, la mitad de pérdidas comparado con el RG-58. Y si asignamos una potencia máxima admisible de 1000 W al RG-213, y 100 W al RG-58, el cable de TV puede soportar sin ningún problema 250 W.

También es útil saber que podemos añadir una línea de 75 Ohmios a una bajada de antena ya existente de 50 Ohmios, por ejemplo en una activación, o una extensión de emergencia en la cual no disponemos de línea de transmisión de 50 Ohmios.

-Está claro que lo correcto si no queremos tener problemas de desadaptaciones, que tanto la antena como la línea de transmisión, como la salida del equipo transmisor,

todo debe ser de la misma impedancia nominal, y así poder cumplir sin inconvenientes el Principio de Máxima transferencia de Energía. Pero las opciones de las líneas adaptadoras de diferente impedancia están ahí, y alguna vez te puede ser útil. También está el inconveniente de las bandas múltiples que no guardan relación armónica entre sí, como puede ser en la gama HF todas las bandas asignadas a los aficionados. Y por último, el engorro que supone la conectorización, ya que hay que recurrir a conectores PL específicos para cable coaxial de 7 mm de diámetro, o contar con los reductores adecuados.

-El cable coaxial de 75 Ohmios se puede conseguir bajo las denominaciones RG-59/U, y RG-6/U, con los estándares de calidad MIL-C17. El tipo RG-59 suele tener mayores pérdidas, pues el dieléctrico es de polietileno sólido, pero aún así, es perfectamente válido para VHF. El RG-6 es el típico cable coaxial de TV, muy económico y fácil de conseguir en prácticamente todas las ferreterías y centros comerciales, incluso en domingos y festivos.

MAGIA DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

-Te pongo más ejemplos prácticos de la Magia de la Líneas de Transmisión:

-En teoría, o lo que es lo mismo, la línea de $1/4$ de onda "ideal", transforma una baja Z en un extremo, (que puede ser un cortocircuito), en una alta Z en el extremo opuesto, que se asemeja a un circuito abierto. En la vida real, hablamos de transformar cifras tan bajas de $Z = 2-3-4$ Ohmios, a valores de 2500-3000 Ohmios. Esto ya lo sabes de las antenas "J"; la horquilla inferior no es otra cosa que una línea de $1/4$ de onda, que adapta la muy alta Z del radiante a la baja Z de la línea de transmisión coaxial, que es la bajada de antena. La construcción de la horquilla es muy agradecida; aunque en este caso estamos hablando de una línea abierta, no es nada crítica en cuanto a separación entre los conductores, y en algún punto de la parte inferior de la "J", antes del cortocircuito, vamos a poder encontrar un punto de conexión con la Z adecuada a la Z_0 (impedancia característica), de nuestra línea de bajada. El mismo principio se emplea para conectar una bajada coaxial a una línea de escalerilla de la antena Zeppelin. El Fv de la horquilla ronda el 95-98%.

-Y de la línea adaptadora de $1/2$ onda, pues poco más que decirte; ya sabes que actúa al revés que la línea de $1/4$ de onda. La baja Z de un extremo, se manifiesta exactamente igual en el otro extremo. Si hacemos un extremo abierto, pues lo mismo en el otro.

Esto es útil para hacer mediciones, por ejemplo. Si quieres saber la Z real de tu antena con mucha aproximación, la bajada de esa antena ha de tener múltiplos de $1/2$ onda. De esta forma tan sencilla, la Z de un extremo, será la misma que la Z en el otro extremo. Por supuesto, esto sólo sirve para un margen estrecho de frecuencias, y sus armónicos.

-Los tramos de $1/4$ de onda, SIEMPRE han de ser IMPARES, porque si no, serían medias ondas.

-Los tramos de $1/2$ onda, pueden ser MULTIPLOS PARES E IMPARES.

-Nunca olvides aplicar el FACTOR DE VELOCIDAD, de la línea en cuestión.

-Es una leyenda urbana hacer una bajada de una antena de CB utilizando tramos de 11 metros. Esto es irrelevante, puesto que se ha ignorado totalmente el Fv de la línea. Si la antena resuena con una Z muy próxima a 50 Ohmios, la ROE sobre la línea será insignificante, y claro, ya sabes que en ese caso, la bajada puede tener cualquier longitud.

LAS PÉRDIDAS, en una línea coaxial, son su punto flaco. Pero como tú eres persona que ya está metida en materia, vas a ver que las pérdidas PUEDEN JUGAR A TU FAVOR. Te pongo ahora un ejemplo de DATOS REALES, que he comprobado para la ocasión:

-Línea de transmisión de cable coaxial de $Z_0 = 50$ Ohmios, tipo RG-58 U, norma MIL C-17, marca NORDIX, cable de buena calidad.

-Longitud = 14 m., que es una bajada habitual. ROE = 1:1, ya que lleva carga artificial.

-Pérdidas, según frecuencia:

-28 Mhz = 30 %. Puedes obtener esta medida aplicando 10 W en un extremo, y viendo que salen 7 W.

-145 Mhz = 50 %. Lo mismo que antes; entran 10 W y salen 5 W.

-440 Mhz = 80%. Mismo procedimiento.

Esto es con un buen cable y ausencia de ROE. En caso de tener una ROE significativa, habría que sumar las pérdidas correspondientes. Lógicamente, los conectores PL empleado, están al mismo nivel de calidad. Puedes ver claramente que para transmitir en UHF, el cable RG-58 es totalmente inadecuado. Puedes tolerarlo en VHF, sabiendo que la ganancia de antena te va a compensar las pérdidas en la línea, hasta cierto punto. Esto es la parte mala del cable coaxial.

LA PARTE "BUENA" DE LAS PÉRDIDAS, es que también son en el sentido del retorno, es decir, con ROE. De nuevo he recurrido a las cargas artificiales, para generar ROE =2 y ROE =3, en la gama HF, puesto que visto lo visto, en V y UHF, las pérdidas por ROE son secundarias.

ROE sobre pérdidas de la línea, en frecuencia de 28 Mhz:

-ROE de 1 = 1 en el extremo final, manifiesta ROE 1= 1 en el extremo del principio. Lógico, pues las pérdidas son pequeñas.

-ROE de 2,1 en el extremo final, manifiesta una ROE de 1,7 en el extremo del principio.

-ROE de 2,8 en el extremo final, manifiesta una ROE de 2,1 en el extremo del principio.

La conclusión la tienes a la vista; cuanto más alto es el valor de la ROE más lo atenúa la línea de transmisión, por las pérdidas en el sentido del retorno. A esto lo llamo yo "jugar a mi favor", puesto que quien sufre la ROE es el equipo transmisor. Una línea un poco más larga de lo imprescindible no es tan mala solución. Tenemos más pérdidas, de acuerdo, pero el transmisor va más desahogado sin necesitar acoplador de antena. Un recurso a tener en cuenta.

-Tan es así lo anterior que has visto, que algunos fabricantes de antenas CB utilizan este recurso, como argumento de ventas:

SIRIO comercializa la antena de base/ barco/caravana, THUNDER 27, en la cual hay que poner un mínimo de 16 m. de bajada, para poderla utilizar, con una ROE inferior a 1,5. De no hacer esto, las ondas estacionarias asustan por lo altas que son.

-Lo mismo para la antena B100 CB/HAM, que comercializa WORKMAN, en la cual la línea de bajada ha de tener una longitud de 100 pies, (33 m.), recomendada por su fabricante, si no queremos que la ROE supere el valor de 1,5. Este último modelo de antena es apto para 10 y 11 metros, sin ajustes.

-Y poco más me queda por contarte de los cables coaxiales; tan sólo unos pocos consejillos, para que puedas valorar la calidad de un cable cualquiera, sea de TV o de línea para transmisión:

1: El cobre es caro, pero es mejor conductor que el aluminio. El aluminio aligera de peso y coste el cable coaxial. Puedes emplear cables coaxiales con lámina y malla de aluminio, pero al menos que tengan un porcentaje de trenzado u apantallamiento del 75%.

2: Si después de quitarle la funda, no ves el dieléctrico a través del trenzado de la malla, puedes calcular un porcentaje del 90%, que es excelente. Si se ve un poco, calcula un 80%. Buen cable. Si apenas tiene trenza, o ves grandes claros, calcula un 50%, y a no ser que sea para una antena móvil y banda CB, ya te puedes olvidar de ese cable, pues tendrá grandes pérdidas.

3: La funda debe ir serigrafiada con el tipo de cable. Si no pone nada, mal vamos. Te tocará averiguar la Z_0 , el F_v , y las pérdidas, aunque todo puede hacerse en casa. Mi consejo es NO comprarlo, a no ser que sea muy barato, y lo quieras como bajada de reserva.

4: El que veamos RG-58, o RG-59, no es suficiente. Tan sólo nos informa de su impedancia. Los estándares aceptables son el A/U. El fabricado bajo la norma MIL/C

17 lo considero el mejor. Aunque hoy en día se copia todo, y es mejor mirarlo por dentro.

5: Cubierta externa: Lo más habitual es que sea PVC, bajo los colores normales de negro, blanco náutico, gris o marrón. La funda siempre estará prieta sobre la malla o conductor interior; si está muy holgada o se pela fácilmente, mala señal.

6: La calidad está relacionada con el precio. Compra el mejor cable que puedas pagar; a la larga es una inversión. Queda el recurso de conseguir cable en rollos de 100 m, y luego repartirlo con otros colegas. Ahorrarás dinero.

LAS TORMENTAS Y LA RADIO:

Las tormentas que tienen que preocuparte no son las de llover mucho y soplar mucho viento, puesto que la mayoría de fabricantes de antenas garantizan la supervivencia de éstas hasta 120 Km/h, o algo más, al menos cuando están recién compradas. Las tormentas a las que me refiero son las de aparato eléctrico, claro. El señor Benjamín Franklin, además de ser un político de renombre en Estados Unidos, fue científico e inventor, y allá por el año 1750, se hizo famoso con su PARARRAYOS. El nombre adecuado creo yo que debería ser ATRAE-RRAYOS, puesto que así funciona, y de hecho, su protección consiste en desviar la descarga del rayo hacia tierra, de forma que cause el menor daño posible. Este gran invento del pararrayos fue rebautizado como PARARRAYOS FRANKLIN, en honor a su inventor, y actualmente todavía quedan muchos en servicio. Todo el mundo sabe distinguir un pararrayos, y no es preciso extenderse más; pero es fácil entender que la efectividad de este dispositivo depende de lo buena y bien hecha que esté la toma de tierra a la cual está conectado.

-Impacto directo del rayo: Cuando en la tormenta se crean las condiciones adecuadas de electricidad estática, una gran diferencia de potencial se forma entre dos nubes, o entre una nube y tierra. Cuando se produce la descarga en forma de chispa, el aire circundante se ioniza, haciéndose conductor, y facilitando la descarga, recorriendo la chispa un camino zigzagueante. La energía liberada es de tal magnitud, que centenares de Kilovoltios van unidos a otros tantos centenares de Kiloamperios, y claro, multiplicando estos prefijos de miles, no queda otra que esperar resultados de muchos Megavatios, que duran fracciones de segundo.

Lo más habitual, aunque no siempre, es que el rayo vaya a tierra a través del pararrayos, y ya sabes que la tierra, (como planeta), aceptará toda la corriente que quieras enviarle, pues siempre está deficitaria de cargas eléctricas. Para que esto se cumpla, y sea efectivo, la conexión a tierra ha de ser eficiente, con la menor resistencia posible. Como ya sabes que la Ley de Ohm se cumple en todos los casos, porque para eso se llama Ley, en cuanto la toma de tierra no sea buena, se va a generar una gran cantidad de calor, que aunque dure milisegundos, puede llegar a fundir el cable del pararrayos. Esto es en el caso de que todo vaya bien. Si se da el hecho de que no hay

pararrayos próximo, y si que hay alguna estructura metálica próxima, de por sí buena conductora de la electricidad, el rayo elegirá el camino más fácil, por ley natural, y por ahí irá la descarga a tierra. Realmente, no hay nada que te proteja contra la descarga del rayo; nos conformamos que cause el menor daño posible. La mejor protección que puedes esperar es estar lo más lejos posible del lugar donde caiga.

Las consecuencias de un impacto directo del rayo sobre una casa siempre son catastróficas, y voy a suponer que tú no estás por allí en ese momento. La supervivencia de los equipos eléctricos o electrónicos es prácticamente nula, tanto si están conectados a tierra como si no. Aunque la toma de tierra sea excelente, y tenga una resistencia de 1 Ohmio, por ejemplo, una circulación de corriente de 1000 A generarán un voltaje de 1000 V, que deberán soportarlos aparatos que estén conectados a ella.

-Impacto indirecto: Cuando un rayo cae a un centenar de metros de tu casa, también tiene consecuencia para tus aparatos. La energía liberada es de tal magnitud, que por INDUCCIÓN electromagnética se van a crear voltajes elevados en cualquier conductor eléctrico en las proximidades. Si dispones de toma de tierra efectiva, de las que ya sabes que deben tener baja resistencia óhmica, los aparatos conectados a ella sufrirán un voltaje inducido mucho menor, pues la tierra impide que se forme un voltaje elevado, al menos en teoría.

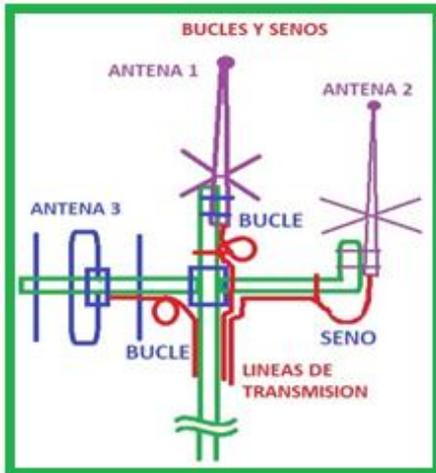
Esa misma energía que te llegará por inducción, desarrollará voltajes muy elevados sobre los conductores que formen líneas largas, aunque tan sólo sean de pocos metros, como por ejemplo, la acometida eléctrica exterior, la instalación eléctrica interior, que incluye el telefonillo abre puertas, el teléfono fijo, la instalación de TV terrestre, la red interior de Internet, (LAN), si es cableada, el acceso de Internet si es por cable coaxial, la TV por cable, etc. los daños pueden ser numerosos, sin hablar de tu instalación de antenas de radioaficionado, y los equipos a ella conectados. Las perturbaciones en la red eléctrica posiblemente te hagan saltar la protección del Disyuntor Diferencial, lo cual es muy deseable, pues en el caso de no estar tú disponible, te aislará la instalación interna de la acometida eléctrica.

-Precauciones a tomar, y seguridad pasiva: Si se avecina tiempo tormentoso, y puedes hacerlo, desconecta todo tipo de consumidores eléctricos que no sean imprescindibles, incluyendo el acceso a Internet. Deja conectado lo mínimo, incluso sacando la clavija de la toma. Si tienes línea telefónica fija, desconéctala también. NO SE TE OCURRA manipular bajadas de antena de transmisiones, o de TV cuando tienes la tormenta encima, por aquello de que "olvidé hacerlo antes"; el riesgo es muy serio. Sobre todo, no tocar los casquillos de los conectores PL, o Amfenol, aunque sepas positivamente que tienes buena toma de tierra. Toda precaución es poca. Venden en el comercio especializado, y también en Internet, dispositivos Protectores de

Sobretensión, tanto para líneas de transmisión como para líneas de Energía Eléctrica. Tanto unos como otros necesitan una conexión a una buena toma de tierra.

INSTALACIONES EXTERIORES:

A la hora de hacer trámites para dar de alta la Estación de Aficionado y concesión de



indicativo, ya sabes que los organismos competentes primero te solicitan la Memoria Descriptiva, y tras el visto bueno de la Administración, procedes a la instalación de antenas y elementos anexos. Hoy en día, salvo que la instalación sea de muy pequeña envergadura (y así lo ha de ver la autoridad competente en Telecomunicaciones), el montaje lo tendrá que llevar a cabo un instalador profesional, debidamente autorizado, quien bajo su responsabilidad ejecutará la instalación, y la

garantizará con el correspondiente Boletín de Instalación.

Bien, hasta aquí es de suponer que esto lo tienes claro, pero puede darse el caso, el tuyo, por ejemplo, que no tengas grandes pretensiones de instalaciones de antenas, y hayas presentado una memoria muy sencilla de una antena bibanda para VHF-UHF, y Telecomunicaciones te lo haya admitido sin necesidad de boletín posterior. Pues ahora te daré unos cuantos consejos, por si quieres tomar nota para tu montaje.

También es posible que en tu caso sólo te interese la Banda Ciudadana, y no lleves idea inmediata de "sacarte las letras". Pues también te puede servir algo, de lo que yo te cuento. Para bien o para mal, para el Ministerio de Fomento, que a día de hoy lleva la cartera de Telecomunicaciones, el tema de la CB es un mundo aparte; para nada se rige por el Reglamento de Radioaficionados; lo consideran una especie de concesión para usar la radio de modo personal y privado. Comparar la Radioafición con la CB es un tema muy polémico para algunas personas, tanto de uno como de otro bando y personalmente me voy a mantener al margen; actualmente hay otro frente abierto con las comunicaciones en UHF en el segmento de 446 MHz, popularmente conocida como "Banda PMR", aunque técnicamente hablando, hay segmentos de concesión PMR en todas las bandas de radio, ya que así se considera a efectos administrativos el uso de la radio para comunicaciones privadas, no siendo imperativo el haber pasado un examen para su uso.

Para hacer las cosas bien, yo recomendaría que las instalaciones de antenas exteriores de la Banda CB se rigieran por el Reglamento de Antenas. Es fácil encontrar información en Internet, basándonos en el BOE, y además, también te recomendaría que cuando pudieses asegurases tu instalación contra daños a Terceros y

Responsabilidad Civil. Hay compañías de seguros que contemplan esa posibilidad, y la añaden a la póliza de la vivienda. Lo mismo que contar con el beneplácito de la comunidad de vecinos, si es que vives en régimen de comunidad. Tienes un derecho adquirido con la instalación de la antena exterior, pero debería estar afianzado por un acta de reunión de vecinos en que se te "autorice" a la instalación. Por supuesto, has de pedir copia por escrito. El que la instalación de la antena la tengas asegurada, tranquiliza, y mucho, a la vecindad. No estaría de más que tuvieras a mano una copia del Reglamento de la CB, tanto para ti, como para quien te lo pueda solicitar. Si tienes la suerte de vivir aislado, o en una vivienda unifamiliar, las cosas se simplifican bastante, naturalmente.

En el caso de que se trate de una instalación de Radioaficionado, por sencilla que sea, está sujeta al Reglamento de Antenas, o Ley de Antenas, y además, el Seguro de Responsabilidad Civil y Daños a Terceros, es imprescindible.

En general, te recomiendo hacer las instalaciones exteriores como si ya no tuvieras que volver a tocar nada nunca más, tanto si instalas para ti, o para otra persona. Al mismo tiempo, deja las cosas preparadas como si tuvieras que desmontar o modificar algo, sin quitar por eso calidad al conjunto del trabajo.

-Mástiles: Serán del tipo "carraqueado", es decir, enchufables entre sí. La longitud habitual son 2,5 metros; en el caso de montaje telescópico son de 3 m, y existen también "mastilillos" de 1,5 m. Personalmente no recomiendo instalar mástiles más delgados de 35 mm de diámetro. Ya sé que hay de 30 mm, e incluso menos, pero la diferencia de precio no es significativa, y a la larga se agradece la robustez del material. Como mínimo, deben tener un grosor de 1 mm, y por supuesto, con tratamiento galvanizado.

A primera vista, te parecerá que lo correcto es que la parte rebajada del mástil debe quedar en la parte superior. Pero se da el caso en muchas antenas de CB y también muchas antenas bibanda, que el pie de fijación de la antena requiere un tramo liso de 30 cm o más, y en el caso de que hallas dejado el mástil con la parte rebajada arriba, vas a tener un problema, pues la antena quedará torcida. Puedes serrar la parte rebajada, pero también puedes darle la vuelta al mástil, sin mayor inconveniente, y asunto solucionado. Como precaución, y pensando en el futuro, en caso de tener que ensamblar dos o más mástiles, dale una vuelta de cinta aislante a la unión de los mástiles. Cuando pongas el tornillo pasador de seguridad, apriétalo más bien poco, o emplea tuerca y contratuerca. Si te pasas de apriete, deformarás el tubo, y luego costará mucho desmontarlo en caso necesario. Lo mismo para el pie de antena; no te excedas en apriete, so pena de deformar el mástil.

Continuando con el tema de los mástiles, siempre es conveniente no dejarlo apoyado sobre el suelo en su parte inferior. Si por la razón que fuese, esto no va a ser posible,

tienes que ingeniar algo que permita el drenaje del agua de su interior. Lo mejor es un taquito de madera, pero si no tienes a mano, entonces una piedra o un trozo de teja. Hay que dejar un hueco para desagüe. En el caso que por dentro del mástil discurran líneas de transmisión, (luego lo vemos), tendrás que hacer un corte en "flauta", o buscar una artimaña para pasar los cables coaxiales sin que se dañen; una "T" de fontanería, por ejemplo. Aun así, si no es imprescindible, no apoyes el mástil en el suelo.

A veces he visto instalaciones de aficionado, y alguna de TV también, usando tuberías de fontanería, de hierro galvanizado, de una pulgada de diámetro en adelante. Nada que objetar por mi parte, el único inconveniente es su gran peso comparado con los



mástiles tradicionales, tipo TV. Otro pequeño inconveniente, de cara a la Memoria Descriptiva, es cómo explicarlo. Me refiero a instalaciones de Aficionado, claro. En el caso de la antena CB, no es necesario.

Para finalizar con el tema de los mástiles, está el asunto del agua. Salvo raras excepciones, la parte inferior del mástil siempre podrá dar salida al agua, excepto si no has tenido en cuenta el consejo de levantarlo del suelo o hacer algún tipo de drenaje. No es necesario taponar la parte superior del mástil; el agua de lluvia que pueda entrar, ya saldrá. Lo mismo que para el agua de condensación, que se forma por diferencia de temperaturas.

-Garras de fijación: Las hay de muchos diseños y longitudes, más o menos robustas. Pueden ser de empotrar, o de taco u tornillo. Da lo mismo, elige la que creas más adecuada o te sea más fácil de instalar en tu caso en concreto. En caso de duda, ya sabes,...me refiero a la que veas más fuerte; vale más que sobre, que al revés.

El número mínimo de fijaciones van a ser dos, obviamente, pero muy bien puedes alojar tres si el muro es grande. La distancia entre ellas estará entre 75 y 80 cm, por término medio, aunque puedes llegar a un metro, si lo crees conveniente. La medida de resistencia de carga, por así decirlo, es fácil de comprobar; debe de soportar el peso de una persona, de 75 a 80 Kg, sin arrancarse de la pared. Si cede un poco el metal, no pasa nada. Lo importante es que no se extraiga. En condiciones normales, el esfuerzo que debe soportar la garra de fijación es mucho menor; pero para quedarte tranquilo, es una buena prueba.

El material es aconsejable que sea galvanizado; en caso de hacer las garras nosotros mismos, darle una pintura de protección. No vale lo de para más adelante, en este caso, lo que se deja pendiente, suele olvidarse.

-Triángulo de vientos, con su abrazadera, y alambres de viento: Todo este material se consigue procedente de instalaciones de antenas de TV. El nombre correcto del alambre de viento es RIOSTRA.

El triángulo de vientos, con su abrazadera, debe ir lo más alto posible sin que interfiera el montaje de la antena en sí. Es decir, que debes dejar la mínima cantidad posible de mástil entre el triángulo y la base de la antena. Aunque el número mínimo de riostras sujetas al triángulo son tres, nada impide poner una cuarta riostra si no puedes hacer un reparto equitativo de las riostras al suelo. Aunque los alambres deberían aproximarse lo más posible a 120 grados, no siempre puede cumplirse esto, por circunstancias particulares. De ahí el colocar una cuarta riostra. En el caso de que tengas ensamblados dos o más mástiles, es conveniente añadir un segundo triángulo de vientos, a unos 2/3 del suelo. Piensa que con vientos fuertes, la palanca que forma una antena de base de CB, puede ser muy grande. El grupo adicional de riostras bajas aumenta la seguridad de la instalación.

Por regla general, el material de las riostras es de alambre galvanizado. Puede ser de hilo rígido, recomendable 2 mm como punto de partida. El ponerlo más grueso es innecesario, y te va a dificultar en mucho el manipularlo. El hilo rígido de alambre es barato y se encuentra con mucha facilidad en prácticamente cualquier lado.

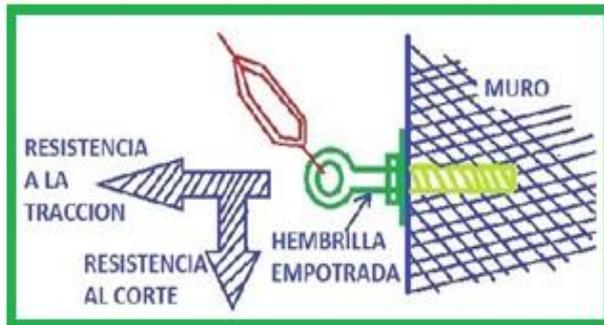
Otra opción es la trencilla galvanizada, mucho más manejable. El inconveniente, igual que el hilo rígido, es que forma vueltas y cocas con mucha facilidad. Un diámetro de 2 o 2,5 mm lo considero adecuado. A la hora de retorcer el extremo de la trencilla, asegúrate de que no se escurran las vueltas. No apures en la parte alta; si te quedaste corto, mejor prolongar abajo, y mejor todavía cambiar la riostra.

La tercera (y mejor opción), es la trencilla de alambre acerado, muy usada en trabajos náuticos. Puede ser tratada con galvanizado, o directamente ser de acero inox marino, aunque esta última ya sale cara. Tiene la ventaja de que no forma vueltas ni cocas; pero hay un inconveniente, y es que se deshacen los nudos con mucha facilidad. También es imposible retorcerla, dada su naturaleza. Así que si optamos por ella, no te queda más remedio que proveerte de accesorios como prensacables o sujetacables, y si usas guardacabos, mejor aún. Todo esto lo puedes conseguir donde te vendan la trencilla, sea la acerada, o la de uso marino. En el caso de que hayas olvidado este detalle importante, puedes improvisar, colocando de forma definitiva regleta de empalme eléctrico, apretando lo necesario pero sin excederte, pues castiga las fibras de la trencilla.

-El final de cada riostra, en el lado de tierra, debe sujetarse a un elemento firme, pues de ello depende la supervivencia de la instalación. Habitualmente se hacen servir elementos ya existentes en la terraza, tal como postes tendedores empotrados, pero en muchas ocasiones vas a tener que proveerte tú de la solución, que suele ser una

hembrilla- taco metálico de la robustez adecuada, o un agujero pasante en el muro, y una lazada. Piensa que la hembrilla-taco depende mucho de la firmeza del material donde esté empotrada. También dan muy buen resultado los tacos químicos cuando el muro es ladrillo hueco; aunque este remedio requiere que lo prepares con la suficiente antelación.

-También es recomendable utilizar tensores; el tamaño adecuado te lo dirán en el



comercio donde consigas el resto de accesorios. No todas las riostras requieren tensor; de cada juego de tres riostras, al menos uno es imprescindible, con preferencia serán dos. Si piensas colocar un tensor en un sitio inaccesible o peligroso para manipular, mejor que

no lo pongas. La misión del tensor es mantener la riostra estirada, con algo de tensión. De ningún modo el tensor y la riostra deben enderezar un mástil doblado o desnivelado. El tensor puede proporcionar una fuerza de tensión muy grande, y someter a la riostra a un esfuerzo innecesario. Como ejemplo, una trencilla puede soportar una carga de rotura próxima a los 200 Kg, y una hembrilla -taco de diámetro 12 mm, más de 600 Kg de carga "al corte "; a la tracción mucho menos. Debes de disponer siempre que las fijaciones al muro funcionen al corte, no a la tracción.

-Tienes que evitar por todos los medios que el tensor pueda desenroscarse, pues también depende de ello la supervivencia de la instalación. Esto va a ocurrirte si has obligado a la trencilla a retorcerse. Una vez que tengas el tensor funcionando correctamente, hay que evitar que se desenrosque o lo manipulen otros. Para ello, haz una lazada de seguridad con un trozo sobrante de trencilla, de forma que no pueda girar ni soltarse de la fijación al muro.

-Las riostras deben mantener derecho al mástil, dándole una tensión adecuada, que permita algo de juego. Si te excedes en la tensión de las riostras, vas a provocar un aumento considerable de la carga puntual al pie del mástil. Con el paso del tiempo, las riostras y tensores tienden a aflojarse, y también con los cambios de temperatura. Es conveniente revisar todo el montaje tres o cuatro veces al año.

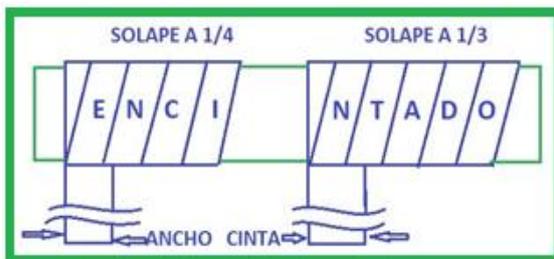
-Material auxiliar, y no menos importante, pueden ser las bridas de nylon, la cinta aislante y la cinta auto-vulcanizable.

-Bridas de nylon, también llamadas abrazaderas, o collarines: Pues aunque te parezca tontería, cómpralas desde el principio, de buena calidad, que suele coincidir con marcas reconocidas. Si coges una de prueba, la cierras y antes de llegar a su límite se ha partido, ya puedes olvidarte de ese paquete. Las bridas de exterior son de color

negro, fabricadas en nylon o poliamida, y valen lo que pagas por ellas. A la intemperie, y dependiendo del clima, pueden durar perfectamente más de tres años. El secreto para su larga vida, no es otro que cerrarlas lo justo, o un poco menos. El exceso de tensión las degrada mucho antes. La brida es para sujetar, no para ejercer presión; para eso están las abrazaderas metálicas de cremallera, que puedes utilizar perfectamente, a condición de que no lastimen la línea de transmisión que sujetan. Para evitar esto, puedes dar unas vueltas de cinta aislante.

Si tienes la precaución de comprarlas suficientemente largas, podrás dar dos vueltas. Con esto tienes mejor fijación, y en caso de tener que reutilizarlas, tienes otra oportunidad. A la hora de cortar el sobrante, hazlo lo más raso posible a la cabecita. Y poco más; cuando abras un paquete, hazle un corte longitudinal, sin llegar a los extremos. De esta forma, aun cayendo al suelo, no se te desparramarán.

-Cinta aislante: Pues lo mismo que con las bridas, cómprala buena desde el principio.



¿Y cómo se sabe esto? Pues con un par de detalles, que te voy a decir. El primero es, que desenrollando un poco, debes de apreciar "fuerza adhesiva", es decir, que con el dedo pulgar por ejemplo, notes que después de cinco o seis veces la cinta sigue pegando casi lo mismo.

En caso de que al segundo o tercer intento ya no dé la talla, ya te puedes olvidar de ese rollo. El segundo detalle es que al estirar la cinta, cuando llegue a la mitad de su anchura aproximadamente, debe romperse bruscamente. Si estiras, y estiras, y se hace un fideo, olvídate de esa cinta.

El color adecuado para exteriores, normalmente es el negro. Pero también puedes tener uno de color blanco, que permite que escribas sobre ella con un boli o rotulador indeleble, y así marcar las líneas de transmisión, en caso de haber más de una. Un rollo de cinta de buena calidad vale lo que un café con leche en un bar, y te durará mucho tiempo. Hay firmas como Scotch o 3M, que fabrican excelentes cintas para uso profesional, aunque algo más caras. Y una variedad de la cinta aislante es la cinta auto-vulcanizable, que sabiéndola usar es muy útil en exteriores, aunque es conveniente recubrirla con cinta aislante.

-La cinta auto-vulcanizable, popularmente abreviada "cinta vulcanizable", es una cinta especial para uso de exteriores, que carece de adhesivo y se fija por la acción del sol. Da muy buenos resultados para proteger conectores en su unión a la antena, o empalmes de conectores al exterior. También la puedes emplear para dar protección a las líneas, en puntos donde roce al mástil y al doblar esquinas de muros. Este tipo de cinta, junto con la cinta aislante tradicional, hay que aplicarla dándole una cierta tensión, y es la práctica la que da el uso adecuado. Como punto de partida, tanto una como otra, te recomiendo que la solapes a 1/4 o 1/3 sobre su anchura, de forma que

te garanticen la estanquidad. Si te sobra material, aplica $1/3$; si vas justo, pues $1/4$. Si te pasas de estirar la cinta aislante, lo sabrás porque tenderá a escurrirse.

-Para finalizar, te digo que también puedes tener la opción de la cinta TERMORRETRÁCTIL, que se vende en canutos de un metro. Funciona a base de aplicar calor al material, que se contrae habitualmente a la mitad de su diámetro. Funciona muy bien para proteger conectores y empalmes, tanto de líneas como de riostras, y también te puede dar servicio para envolver en parte un tensor. Para mejorar su estanquidad puedes darle una capa de cinta aislante. La puedes conseguir en varios colores, aunque para el exterior yo te recomiendo la de color negro.

Las Líneas de Transmisión, que también se les llama Bajadas de Antena; yo las entiendo desde el conector que llega a la antena, hasta el conector que llega al equipo transceptor, o primer accesorio en la línea, que sería un conmutador, o un duplexor, o un medidor de ROE.

En principio, las bajadas de antena van a ser de $Z_0 = 50$ Ohmios, que es el valor más habitual en la gran mayoría de los casos. Por mi experiencia, te recomiendo unas longitudes adecuadas, según la frecuencia y la potencia de transmisión.

-Para la gama HF, incluyendo la banda CB, es adecuada una línea RG-58, hasta unos 15 m y máximo de 100 W. A partir de aquí en longitud, hasta unos 40 o 45 metros yo pondría RG-213.

-Para la banda VHF, directamente la línea RG-213, hasta unos 15 metros de bajada. Si vivimos en ático, y con 6 o 7 metros tenemos suficiente, pues RG-58.

-Para la banda de UHF, puedes instalar RG-213, hasta los 15 metros de bajada, diría yo. Aunque si pueden ser 12 metros, mejor. Si la bajada es más larga, y esto es muy fácil que ocurra en un edificio de comunidad, ya hay que pensar en "líneas de bajas pérdidas", tipo RG-8, con dieléctrico de espuma, (PEE), o también línea coaxial AIRCOM PLUS o WESTFLEX, que son coaxiales excelentes de dieléctrico de cámara de aire. La segunda línea coaxial es más cara y más engorrosa de manejar que la primera, pero insustituible en líneas largas y/o frecuencias muy elevadas.

-Si la antena es tipo colineal bibanda, no te va a quedar más opción que considerar la bajada como si de UHF se tratase. El cable RG-58, no tiene cabida. De hecho, este tipo de cable hay que restringirlo al uso de instalaciones móviles, donde no queda más remedio. Ya hemos visto que la ganancia de antena juega a tu favor en el tema de compensar las pérdidas en la línea de bajada, hasta cierto punto. Por eso, aunque sea en CB, es conveniente que partas de una antena base de $1/2$ onda, o mejor $5/8$, y te puedes permitir pérdidas en la línea de hasta 3 dB, o sea, el 50%, que ya es mucho. Por el mismo motivo, en el caso de la antena bibanda, al menos debes contar con 5-6 dB de ganancia. Con esto no quiero decir que no te preocupes de las pérdidas de la línea

esperando una compensación, sino simplemente que es bueno tener una antena que aporte ganancia.

-Tanto en el caso de la CB, como en el caso de las bandas de V-UHF, el relativamente estrecho margen de frecuencias utilizables nos permite calcular las bajadas con la filosofía de los múltiplos de 1/2 onda. En el caso de la gama HF, ya no es relevante, porque hay bandas que no son armónicas entre sí, y obviamente, no puedes adoptar una longitud acorde a todas ellas. Si este es tu caso, pues adopta una longitud cómoda a tu instalación, pues ya sabes que en bandas bajas, hasta 14 Mhz, las pérdidas no son preocupantes. Pero te aconsejo que guardes una medida de su longitud lo más exacta posible.

-Y bueno, otro consejo de mucho patear terrazas y tejados, es que preveas una línea de bajada de reserva. El trabajo de añadir una bajada más, es prácticamente el mismo, y el coste, poco significativo, una vez uno está metido en materia. A la larga, siempre se agradece.

Para que la cosa no te resulte muy gravosa, la línea añadida puede ser RG-58, aunque



si te vas a mover en V-UHF, yo te aconsejaría recurrir a la bajada tipo TV, bien RG-59 o RG-6; pero en el caso de que optes por coaxial de TV debes conocer EXACTAMENTE la longitud, al centímetro, porque luego vas a tener que añadir algún tramo de cable coaxial, para conseguir, el múltiplo de 1/2 onda que necesites, para la frecuencia que estés utilizando. Tanto si

eliges una línea u otra, la longitud de la bajada de reserva debe ser tan larga como la



de la línea más larga. Es conveniente que el extremo final, el de arriba, lo dejes en cortocircuito y lo protejas para la intemperie, hasta que decidas qué uso vas a darle. En el caso de la bajada de tipo TV, ya en el cuarto de radio, es muy fácil y barato prolongar lo que necesites, simplemente con dos conectores tipo "F", y su

correspondiente pieza de empalme- casquillo. Por lo que vale un café, tienes dos conectores F y un barrilete. Hay en el mercado adaptadores de F a BNC, ideales para



frecuencias elevadas y potencias pequeñas, que te facilitarán mucho el poner en servicio esta línea de cable de TV. En el caso de que la bajada de reserva sea RG-58, pues ya eliges el conector más adecuado.

-Conectores: Pues cada tipo de línea de bajada requiere el conector adecuado; no pretendo descubrirte la pólvora a estas alturas. Los conectores tipo "Amfenol", como el PL-259, son aptos hasta VHF sin problemas,

siempre que sean de buena calidad. El conector PL, mal llamado " de UHF", vale para bajadas RG-58, RG-213, y con el reductor adecuado, para cable de TV. Permite tanto impedancias de 50 o 75 ohmios, y potencias de hasta 1 KW. Se sabe que un PL es francamente malo cuando al soldar el vivo del cable coaxial al pitón del conector, ves claramente que se dobla por debilitarse el aislante. Directamente al cubo de la basura los envío yo. Es totalmente inadecuado y desaconsejable querer adaptar un conector PL a una línea de tipo AIRCOM PLUS. Ese tipo de cable coaxial requiere inexcusablemente un conector tipo "N". Este tipo de conector no es barato ni fácil de colocar, pero en su versión de crimpar es más fácil, si cuentas con la herramienta adecuada. Siempre te queda el recurso de que al menos en el extremo superior te coloquen el conector cuando compres la línea. En el caso de que no te veas obligado a recurrir a la línea Aircom, porque te apañes con la línea RG-213, puedes poner conectores PL, aunque se trate de una antena bibanda. No es lo más adecuado, pero se hace. Eso sí, coloca conectores PL en ambos extremos; no añadas pérdidas innecesarias con adaptadores y transiciones. Pide la antena bibanda directamente con conector PL.

Hasta unos 25 W puedes poner un conector BNC perfectamente, y llegar con pocas pérdidas hasta 1200 MHz, o más. Los BNC de soldar son igual de engorrosos que los conectores "N, y no te los aconsejo. Mucho mejor BNC de crimpar, si tienes la tenaza. Mejor todavía los BNC de roscar, pero en ese caso, tienes que estañar el vivo del cable coaxial, pues estos conectores son para hilo vivo rígido.



-Las bajadas deben discurrir por sitios discretos, y adecuados para ello. En el Reglamento de instalaciones lo dice. Siempre que puedas, sujeta las bajadas a tramos regulares, y si no es viable por ser caída vertical, al menos haz lo posible para que el peso suspendido sea el menor posible.

-Lo normal es que la línea de transmisión discurra abrazada al mástil, hasta llegar a la antena o antenas. Y digo lo normal, pues hay muy pocas excepciones, poquísimas en el caso de que las antenas sean verticales, que puedes optar por embutir las líneas de bajada por el mismo mástil que utilizas para el montaje. Luego vemos. La cosa es que una vez abrazada la línea al mástil, te recomiendo que al final del todo, (arriba), prolongues y dejes sin sujetar 50 o 60 cm. de línea, de forma que puedas formar un bucle o un seno, antes de llegar al conector de la antena propiamente dicha. Este detalle, que puede sonarte a tontería o cosa sin importancia, cobra todo su significado cuando quieres desmontar la antena con comodidad, sin tener que cortar las bridas que sujetan la línea al mástil. Se te va a dar el caso sobre todo con las verticales colineales bibanda, en las que el conector no está a la vista, por ir enfundado en el

tubo que sujeta la antena al mástil. Por ejemplo, toda la serie "X" de Diamond, como la X50, X200, X300, X5000,...F22, y todas las similares en Maldol, Kommunika, D-Original, etc.

Y volviendo al tema de embutir las líneas en el mástil, pues unas pocas antenas se prestan a ello, sobre todo las del fabricante Tagra, (o Grauta), y algunas versiones de Sirio y Sirtel. Muchas antenas fabricadas por Televés, también. El sistema de meter las bajadas por dentro del mástil tiene la gran ventaja de no tener que hacer "saltos" en cada triángulo de riostras; a partir de dos mástiles, ya es muy cómodo. Por supuesto, debes evitar roces del cable coaxial con el tubo metálico, tanto arriba como abajo.

-Me he encontrado con algún que otro comentario en contra de este sistema. Hay detractores, que argumentan que eso afecta a la ROE en la línea por causar interferencia en la corriente exterior, "I3". Bueno, teóricamente, un par de mástiles los cuales hagan contacto eléctrico en la parte superior con el casquillo del conector, actuarían de "línea bazooka" de 1/4 de onda para la banda de aficionados de 20 metros. Para que ocurra eso, y es muy improbable, el mástil debería estar aislado de tierra en su parte inferior. Quizá también actuaría como elemento colineal en el caso de que el radiante fuera resonante en la misma banda, como si fuera una antena coaxial o T2LT, vamos. Yo lo he hecho varias veces y nunca he notado nada extraño. Y en instalaciones de TV lo hago siempre que puedo, que es casi siempre.

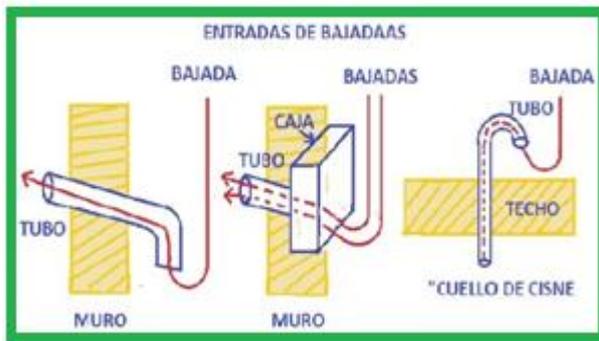
Y poco más ya te puedo contar. En el caso que nos ocupa, de instalaciones exteriores, yo siempre recomiendo que el conector PL de arriba del todo se le suelde la malla, (y el vivo, por supuesto). En muchos libros de Radioafición pone como hacerlo, y yo siempre que puedo, lo hago, desde que se me enseñó cómo hacerlo. Es preciso tener un poco de práctica, el soldador potente tipo Davi que te comenté al principio, y estaño de muy buena calidad. Si no tienes claro cómo hacerlo para que quede bien, pues mejor no lo hagas, pero suelda al menos el vivo del conector. Si por alguna circunstancia o descuido entra agua en la malla del cable coaxial, bien por el conector de la antena, o bien por tener alguna grieta o desgarrón en la funda, ya te digo que esa línea está condenada. Pasarán meses, o años, pero la tendrás que cambiar. En el caso de la línea coaxial Aircom Plus o Westflex, el problema es peor por llevar cámara de aire, y las consecuencias son catastróficas a corto plazo. Revisa SIEMPRE el estado de la línea y el conector correspondiente.

- INSTALACION INTERIOR

La instalación interior tiene varios temas; te daré algún consejo y opinión sobre lo que yo creo más destacable, que son las bajadas de antenas, la alimentación eléctrica, y la ordenación del equipo.

-Las bajadas de antenas, una vez entran en el cuarto de radio, ya las considero, que forman parte de la instalación interior. El acceso desde fuera hacia adentro, en la gran

mayoría de los casos, es a través del muro, preferente por el patio interior o fachada



posterior, según aconseja el Reglamento de Aficionados. En el caso de que la actividad del aficionado sea exclusivamente de CB o de V-UHF con una antena bibanda, el acceso se simplifica bastante, pues se trata de pasar una sola bajada, del tipo coaxial con toda seguridad, más aparte la

bajada de reserva, si te decides a tenerla, (muy aconsejable), más el cable unifilar de la conexión a tierra, que en el caso del aficionado con licencia, debe constar en la memoria descriptiva de la instalación. Con un agujero pasante de unos 25 mm de diámetro, debe ser suficiente, y lo debes hacer de dentro a afuera con una ligera inclinación hacia tierra, a fin de impedir la entrada de agua de lluvia.

En el caso de que tengas inquietudes para el futuro, y lleves idea de utilizar más bandas, lo más seguro es que necesites más antenas y más bajadas coaxiales. En ese caso, ya tienes que plantearte un agujero pasante de tamaño adecuado, con previsión de ampliar la instalación. Puedes hacer varios agujeros pequeños juntos para conseguir uno más grande, o agujeros individuales para cada línea coaxial. Por experiencia te diré, siempre que sea posible, que hagas un agujero generoso, y empotres un trozo de tubería rígida de PVC, de tipo usado en fontanería, que no son nada caras, y se pueden conseguir en trozos de un metro. En la parte externa, coloca un codo de 90 grados del diámetro del tubo que empotraste. Este codo no es necesario que lo pegues al tubo; es más, por simple presión quedará bien, y te facilitará siempre el acceso de nuevas bajadas. Naturalmente, la entrada del tubo ha de ser hacia abajo. Otra opción muy aconsejable es no poner el codo, sino una caja eléctrica de empalmes estanca para el exterior, de tamaño más bien grande. La entrada de las bajadas a la caja, se hace SIEMPRE por su lado inferior, aprovechando los conos de goma que están preparados para ello. Si colocas la caja de forma apaisada, tienes más posibilidades de entrar con los cables coaxiales. Luego, un cordón de silicona en la periferia de la caja con la pared, aísla el montaje para muchos años. La ventaja de la caja estanca frente al codo simple, es, que te permite hacer una vuelta "de reserva" con cada línea coaxial, antes de entrar al cuarto de radio. Y también, en caso de que te hayas quedado corto con alguna bajada, es el lugar adecuado para hacer el empalme, que queda protegido y accesible, en caso de necesidad.

Una vez en el interior del cuarto, el tubo rígido puede terminar en otro codo, o raso al muro. Si optas por otro codo, te permitirá doblar los cables coaxiales y dirigirlos a donde convenga, sin que los dañes por exceso de curvatura.

-En el caso de acceso sencillo de una sola bajada, es necesario hacer un bucle o seno junto al muro, para escurrir el agua de lluvia, y no tener problemas de humedades.

-Dimensionado del conducto pasante: Pues al menos, UN 50% SUPERIOR a la suma del diámetro de los cables que lo atraviesan. Por ejemplo: 4 cables coaxiales del tamaño del RG-213, de unos 10 mm cada uno, suman 40 mm. Eso, sumado al 50%, supone un conducto de 60 mm; está normalizado un diámetro de 63 mm. Aunque si te lo puedes permitir, yo prevendría 75 mm. A la larga se demuestra que las tuberías ni las canaletas, nunca son demasiado grandes. Además, el conducto bien dimensionado te permite acceder al cuarto de radio con la bajada y el conector ya instalado, por si eso te supone ventaja en algún caso en especial.

-Acceso desde techo, o tejas: En circunstancias especiales, te puedes ver obligado a meter las bajadas por una superficie horizontal, por ejemplo, una cabaña de camping, o una caravana, o una embarcación. En este último caso, se aplica el sistema de "cuello de cisne", que no es otra cosa que dos codos enfrentados, de forma tal que el agua no pueda colarse. El paso con cuello de cisne sirve para cualquier caso de superficie horizontal o inclinada, tan sólo hay que poner cuidado en la estanqueidad del conducto con el suelo.

En los casos de terrazas y azoteas comunitarias, da muy buenos resultados el aprovechar los conductos de ventilación de los cuartos de baño, y una vez en la vivienda buscar el camino hacia el cuarto de radio. Siempre y cuando contemos con el beneplácito de la comunidad, claro.

Una vez dentro del cuarto de radio, te aconsejo que cada bajada de antena que hayas preparado, se conecte a un CONMUTADOR DE ANTENAS en primera instancia. Si hay varias bajadas, más una de ellas de reserva en previsión de futuro, los conmutadores suponen una partida importante de gasto. La bajada de reserva no es necesario de momento que vaya a desembocar en ningún conmutador, con tener el coaxial localizado y enrollado por si hay que usarlo, es suficiente. El conmutador, o los conmutadores, se pueden sujetar a la pared directamente, aunque es más fácil y más cómodo hacerlo en un tablerito aparte; de esta forma, puedes hacer modificaciones sin necesidad de taladrar de nuevo la pared. La conexión de la bajada puedes hacerla a tu gusto, bien al contacto central y destinar uno de los contactos laterales al latiguillo del equipo, o al revés. Los buenos conmutadores llevan la entrada no utilizada a tierra, por seguridad ante las descargas atmosféricas.

Tanto si te mueves en toda la gama HF, incluida la CB, o en V-UHF, con dos conmutadores unidos por su parte central, puedes combinar dos equipos con dos antenas. Supone una doble inversión económica, pero da mucha versatilidad y a la larga de los años se agradece.

La parte buena de usar conmutadores de antena es el poder aislar el equipo (o los equipos) de la bajante de antena, siendo muy aconsejable desde mi punto de vista el poder desconectar la instalación interior de las líneas de bajada. Si además tenemos una buena toma de tierra y confiamos en ella, el conmutador lleva prevista una conexión para reforzar el efecto de la protección que proporciona.

Existen en el mercado, conmutadores muy baratos para uso en CB y hasta 30 MHz en



HF, contruidos a base de un mecanismo balancín para uso eléctrico, el cual va conectado a bases PL hembra (SO-239). ¿Qué quieres que te diga? Pues que es mejor que no tener nada, pero si puedes permitirte, compra cuando tengas la ocasión uno de tipo "profesional", de marca reconocida y con prestigio. Estos conmutadores baratos muy conocidos en el mundillo de la CB, son totalmente desaconsejables para usar en VHF, e impensables para UHF. Los

detractores del uso del conmutador, que los hay, y muchos, argumentan que esos dispositivos introducen unas pérdidas elevadas en la línea de transmisión, sobre todo en frecuencias muy altas. Bien, yo jamás tuve problemas comprando material de calidad, y el fabricante en cuestión te proporciona detalles técnicos del producto, para tu tranquilidad y decisión. Un conmutador para uso en radiofrecuencia está diseñado para mantener la impedancia tanto en la entrada como en la salida, y no debes manipularlo ni hacer modificaciones. Piensa que lo que no tiene importancia, o pasa desapercibido en CB, es inadmisibile en UHF, 440 MHz, por ejemplo. Y ya que estamos con el ejemplo, te digo que la firma DIAMOND ANTENNA comercializa el modelo CX-210 y CX-310, a elegir con conectores PL o "N", aptos ambos hasta un alcance de frecuencia de 1000 MHz, repercuten en la línea una ROE no mayor de 1:1, con pérdidas de inserción no mayores a 0,1 dB, y con un aislamiento entre las salidas mejor que 50 dB, o sea más de 100.000 veces. Soportan una potencia superior a 1KW. Por supuesto, esta calidad tiene un precio, pero nos dará servicio durante muchos años.

-Conmutadores de ocasión, de segunda mano, los hay, y pueden ser una buena inversión a mitad de precio. Pagando un precio en conjunto por un lote, el coste individual no debería superar la mitad de lo que vale nuevo. Si te dice el vendedor que los ha destapado "por curiosidad", o se le ha ocurrido echar aceite lubricante, o limpiar contactos internos...Cuidado. La prueba es rápida con un tester en Ohmios, (preferiblemente analógico), o uno digital que lleve zumbador de continuidad eléctrica. Todas las conexiones a los casquillos deben tener continuidad entre sí, que, aunque parezca lógico debe verificarse. Y las conexiones de los vivos de los conectores, debe ser neta y a la primera, aunque muevas lentamente el mando selector, el paso de corriente no debe presentar fallos de conexión. Por último, comprueba que las

entradas no utilizadas van conectadas a tierra, es decir, verás un cortocircuito en el conector de la salida no utilizada.

Si no te convence del todo el resultado de la prueba, mejor desechar ese conmutador.

-Para finalizar con el tema de conmutadores, ya te puedes imaginar que el enlace del conmutador de antena con el siguiente accesorio, o el equipo, debes hacerlos con latiguillos y conectores de la mejor calidad, sobre todo en UHF, si es tu caso. Y da igual la frecuencia en la cual estés transmitiendo; nunca maniobrar el conmutador estando el equipo en transmisión, sobre todo si hay un valor elevado de ROE, pues peligraría seriamente la integridad del paso final del emisor. Deja de transmitir un momento antes de maniobrar el selector.

Continuando con la instalación interior del cuarto de radio, es de suponer que, si has podido elegir, en el caso de que vivas en una vivienda aislada, o vivienda unifamiliar, el mejor lugar para ubicar la instalación es a ras de suelo, en algún cuarto de la planta baja, o en el garaje. El motivo es por la toma de tierra; que en el caso idóneo será de corta longitud, de un metro o menor. Si tu actividad principal va a ser en la gama HF, o sólo en CB, y vas a utilizar en alguna ocasión el acoplador de antena, el tema de la toma de tierra es fundamental. Si por el contrario, principalmente vas a estar activo en bandas de V-UHF, ya cobra mayor importancia la longitud de las líneas de transmisión, aunque en el caso de que quieras disponer de todas las bandas posibles y tengas posibilidad de una buena toma de tierra, yo personalmente, me decidiría por estar a nivel del suelo. Si tu caso de vivienda es en un edificio de comunidad, pues obviamente, tendrás que acoplarte bien a la habitación que haya disponible, preferentemente con acceso fácil al patio interior, o a las inmediaciones del cuarto de baño. Si, además, el cuadro eléctrico de la vivienda está próximo, pues mejor todavía.

-La cuestión de la ELECTRIFICACIÓN del cuarto de radio, la considero muy importante. Siempre que sea viable, (y puede serlo en la mayoría de los casos), te recomiendo de buen grado que planifiques y lleves a cabo la instalación de una línea eléctrica independiente para el cuarto de radio, con los dispositivos de protección correspondientes. Al decirte lo de "línea eléctrica independiente", me refiero que, desde el cuadro general de protecciones de la vivienda, donde están todos los disyuntores automáticos y el disyuntor diferencial, saques unos cables adecuados y los lleves al cuarto de radio, para alimentar tus aparatos. Esto te permitirá dejar totalmente aislados los dispositivos que tengas conectados a la red eléctrica, a tu voluntad, o en tu ausencia.

La forma de llevar a cabo esta variante en la instalación, varía según el caso en particular, concretamente por la distancia desde tu cuarto de radio hasta el cuadro general, y también por la antigüedad de la instalación eléctrica de la vivienda. Como la electricidad es una cosa muy seria, a no ser que tú concretamente seas electricista, o

tengas conocimientos suficientes para poder llevar a cabo el montaje con total garantía de seguridad, deberás buscar a la persona adecuada, que lo mismo también es un colega de la radio, o un amigo que sea competente en la materia. Se trata de llevar una línea adecuada en sección, que tratándose de un circuito de bases de enchufe, va a requerir un cable de sección de 2,5 mm, para la fase, el neutro y el conductor de toma de tierra. En el cuadro eléctrico, se saca de DESPUÉS DEL DISYUNTOR GENERAL, otro disyuntor de 16 A, y de este disyuntor, que se le llama "de



cabecera", se conecta la nueva línea añadida, que llegará al cuarto de radio. Una vez allí, tienes que habilitar un pequeño cuadro secundario, que será de montaje de superficie, en la mayoría de los casos, el cual dispondrá de el mismo disyuntor de cabecera, (16 A), más un disyuntor diferencial de 25 A y 30 mA de sensibilidad. La

salida de este diferencial alimenta al menos una base schuko europea, aunque por un poco más de gasto, yo te diría que instales dos o tres.

-Según el caso en concreto, puedes optar por llevar los cables adicionales por la conducción ya existente, o si no es posible, por medio de una manguera adecuada, instalándola por la superficie. En el caso favorable de que tu cuarto de radio tenga una pared contigua al cuadro eléctrico de la vivienda, la cosa se simplifica mucho en cuanto al cableado. De todas formas, insisto en que si te decides a hacer esta mejora, lo consultes primero con alguien competente, que puede aportar ideas una vez en el sitio en concreto.

El cuadrito secundario añadido, deberás situarlo en un lugar poco accesible si hay niños en la casa, y si no fuera posible, pues al menos en algún rincón poco visible. A la tapa del cuadro le puedes colocar un cierre del tipo buzón, muy barato y fácil de conseguir.

-Cuando acabes de utilizar tus aparatos del cuarto de radio, deberás accionar los conmutadores de antenas, para aislar las bajadas, y cortar la corriente en tu cuadro eléctrico "de radio", bajando la palanquita del disyuntor de 16 A. NO DEBES accionar el botón del disyuntor diferencial para cortar la corriente; este dispositivo de protección no está diseñado para ese uso de forma habitual. Aunque SÍ DEBERÍAS pulsar el botón de prueba cada dos o tres meses, para asegurarte de que funciona correctamente. En caso de que no salte la protección, cambia este disyuntor tan pronto como puedas.

EL ANALIZADOR DE ANTENAS:

Si eres un aficionado, (o aficionada), que tiene inquietudes por saber y comprobar cuestiones y aparatos relacionados con el mundillo de la Radioafición, y además gustas de construir y experimentar con antenas y líneas de transmisión, tarde o temprano vas a necesitar ese aparatito que se llama Analizador de Antenas. Gracias al desarrollo de la microelectrónica y la producción en masa de la tecnología "de consumo", es posible disponer de este poderoso aliado a un precio razonable. Lo de razonable es relativo, pues no sólo depende del poder adquisitivo de cada uno, sino del partido que puedas llegarle a sacar al aparato; no vale la pena hacer una gran inversión para un aparato que vas a utilizar muy de tarde en tarde. Pienso yo. Hay analizadores de antena de varios fabricantes, de varias prestaciones, y por supuesto, de varios precios. En varias plataformas de venta por Internet puedes conseguir el VNA-Nano, con un coste muy asequible, también está el Shark-100, de precio medio, y luego ya vamos a los más caros, que se consiguen por medio de distribuidores, tal como la firma RigExpert y toda su serie desde AA-35 hasta AA-1400. También está en el mercado los de la firma MFJ, el MFJ-259 y MFJ-269.

Todos ellos son buenos aliados, y además, son multifunción; en principio se utilizan en plan muy elemental para visualizar la ROE asociada a la frecuencia, sin necesidad de disponer de un equipo transmisor y el correspondiente medidor. Están basados en la conjunción de un generador de RF, con un frecuencímetro, y un medidor de ROE, como mínimo, aunque todos tienen funciones añadidas, como frecuencímetro externo, medidor de valores reactivos, Carta de Smith, conexión de PC vía Bluetooth, etc.

Del uso y las prestaciones de estos aparatitos, hay abundante información en Internet, tanto de texto como en forma de vídeo tutorial, por lo que no voy a entrar en ello, pues supone un tema muy extenso. Sin embargo, soy poseedor de un VNA nano y también de un MFJ 259, y aportaré unos cuantos comentarios y fotos, para ayudar a un uso más inmediato.

El VNA-nano es el analizador de moda, y a precio más que asequible. Se consigue



fácilmente por medio de plataformas de venta en Internet. En el tamaño de un paquete de cigarrillos, y por un poco más del valor de un cartón de tabaco, podemos disponer de las versiones más económicas. Lleva batería recargable incorporada, pantalla táctil a color, más un cursor. Dispone de múltiples utilidades, y aunque

primordialmente se usa la función SWR, está disponible la Carta de Smith, y varios tipos de medición de resistencias y reactancias. También dispone de marker. Por el

puerto mini-usb que incorpora, se le recarga la batería y la conexión a PC. El generador de RF del cual se sirve, va desde 1 Mhz hasta 900 Mhz; aunque hay versiones posteriores más extendidas. Este generador es muy estable en frecuencia, y podemos sacarle mucho partido. En concreto en el mío he medido una señal de salida bastante consistente, de unos 42 milivoltios sobre 50 ohmios, que suponen una potencia de 35 microwatios. En escala de dB, serían -14 dBm. Se puede conectar directamente sobre el conector de antena de un equipo transceptor, pero ¡ATENCIÓN, NO TRANSMITIR! porque si no, el VNA fallecerá en el acto, por pequeña que sea la potencia del emisor. En estas condiciones de prueba, el S -meter del equipo debe marcar una señal que sobrepasará los 9+50 dB, e incluso 9+60. A fondo de escala, vamos. Siempre te queda el recurso de accionar el atenuador del cual disponen la mayoría de equipos, y disminuir la señal unos 20 dB, o cerrar el mando RF Gain lo necesario.

Cuando estás haciendo mediciones de ROE con el VNA, conectado a una antena exterior, se entiende, estás radiando esta pequeña energía, que se puede recibir a decenas de metros. Esto, lejos de representar un inconveniente, puede suponerte una ventaja, para hacer estudios comparativos de antenas emisoras y receptoras, y valorar también la sensibilidad de algunos equipos.

Una ventaja que tiene este aparatito, es que te permite ver el comportamiento de una antena, o un filtro pasa banda, dentro de un espectro de frecuencias que podemos programar a voluntad. Como inconvenientes, hay varios; es un aparato relativamente frágil, los conectores son del tipo SMA, con lo cual hay que disponer de los adaptadores necesarios, y la batería no es para muchas horas. Uno grave, a mi punto de vista, es que es inutilizable con luz solar; es imposible ver nada en la pantalla. Con todo y eso, vale la pena tenerlo.

-Puesta en marcha: Hay que calibrarlo. En Internet puedes ver cómo. Lo primero que yo hago al encender el mío, es ir a DISPLAY, y TRACE, y eliminar los trazadores que no voy a utilizar, que son todos menos uno, el verde en mi caso. Después, la función SWR, si lo quiero como medidor de ROE, (o generador RF), y en STIMULUS, función START y STOP para marcar los límites de frecuencia. En el menú del aparato puedes obtener mucha mayor información sobre los módulos de resistencia y reactancia, y sus valores correspondientes.

-Generador de señal de RF: Tienes disponible un mini-generador para tus experimentos. Los pasos son los mismos que si fueras a medir ROE, sólo que normalmente vas a utilizar una sola frecuencia. En este caso, la función START y STOP deben tener el mismo valor de frecuencia. Esta señal es perfectamente sintonizable. En caso de quererla mucho más débil, puedes utilizar un atenuador de impedancia constante. La pequeña pega es que la señal generada NO TIENE MODULACIÓN, es sólo portadora. Para recepción en CW y SSB, te queda la opción de desplazar ligeramente la frecuencia en el receptor, con la función RIT o FINE, si es de CB. Así, puedes escuchar la

señal de batido. En el caso de que tengas que recibir en modo AM o FM, que es lo más normal en CB, te queda el recurso de programar START y STOP con una ligera desviación de frecuencia, digamos por ejemplo + y - 1 KHz, que producirá un tono variable, que aun siendo de bajo nivel, te permitirá escuchar la portadora modulada por variación de frecuencia; FSK se llama.

ANALIZANDO ANTENAS Una prueba grafica y practica de un analizador el MFJ 259 C

En la pantalla digital vemos: **(imagen superior)**



-la frecuencia de uso, directamente en MHz

-el valor de ROE, directamente sobre las siglas SWR

-el módulo de resistencia, (R), que cuando tiene una antena conectada, yo lo interpreto como RESISTENCIA DE RADIACIÓN. También se llama "parte resistiva". El módulo de la reactancia, (X), que cuando es una antena, debes entender como la PARTE REACTIVA, en Ohmios, que no absorbe potencia del emisor.



Ya sabes que la Resistencia de radiación, junto con la Parte Reactiva, forman la Impedancia, (Z), que el analizador compara con la referencia interna de $Z=50$ Ohmios, y te da el valor de la ROE.-

-Fíjate en los valores, aunque la ROE es **(imagen inferior)** razonable, la suma de los valores de R+X dan como resultado que la Z total no sea de 50 Ohmios. Distintos resultados de medidas realizadas en las distintas bandas de aficionados

Antena de banda ancha en CB

Antenas de banda ancha



-En 12 metros de aficionados, (24,900) como no hay reactancia, el valor de R provoca una ROE=1.3



-En 80 metros de aficionados, (3,648), con la misma R, el valor de X hace que la ROE sea =2.

Dos antenas diferentes



-Antenas de 4 y 6 metros, de aficionados, ambas en resonancia, puesto que X=0. No hay componentes reactivas. Aunque la R sea un poco inferior a 50 Ohmios, el analizador considera que ROE=1.



-APENDICES

-APENDICE 1

CÓMO AVERIGUAR LA IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA (Z_0), DE UNA LÍNEA COAXIAL.

-Por hacerlo sencillo, vamos a partir de la base de que el cable coaxial sea de una Z_0 normalizada; es decir, 50 o 75 Ohmios.

Necesitarás unas resistencias de carga, del mismo valor de la Z_0 que quieras averiguar. En principio te sirven las mismas que vimos en el apartado de "comprobación del medidor de ROE". Si no dispones de ellas, no hay problema, las puedes conseguir ahora. Son dos de 150 Ohmios, y otras dos de 100 Ohmios. Hay que conectarlas en paralelo, para conseguir un resultado de 75 y 50 ohmios, respectivamente. Para conectar al analizador, no necesitas que aguanten potencia. Con 1/4 o 1/2 W es suficiente. Consigue la que mejor puedas manejar. El coste económico es ridículo.

Da lo mismo qué analizador vayas a utilizar para esto. Todos ellos tienen la impedancia de salida normalizada a 50 ohmios. Lo primero que tienes que hacer es conectar la carga que quieras de ellas dos, a la salida del analizador. Si eres un poco hábil, puedes insertar las resistencias dentro de un conector PL macho, y te servirán para un uso futuro. Si no quieres entretenerte, da igual; el caso es que puedas conectarlas al analizador.

Una vez conectada la carga al analizador, el que sea, debe dar una lectura de ROE de 1,5 de forma inmediata, pues ya sabes que $75/50=1,5$. Al menos en el espectro HF debe de mantenerse la impedancia más o menos, puede que llegue más arriba en frecuencia. Se puede admitir de $ROE=1,4$ a $ROE=1,6$. El caso es que, moviendo la frecuencia, el valor se mantenga constante.

Te recuerdo que una línea de transmisión, cargada con su Z_0 característica, no altera el valor de la ROE, independientemente de su longitud. Por lo tanto, lo tenemos fácil; hay que conectar ahora la carga a un extremo de la línea, y el analizador al otro extremo. EL ANALIZADOR REFLEJARÁ LA MISMA ROE QUE ANTES, y en el mismo margen de frecuencias. Por lo tanto, la Z_0 DEL CABLE COAXIAL ES LA MISMA QUE LA CARGA DE TERMINACIÓN, Z_L .

En el caso de que el analizador refleje grandes variaciones de ROE a lo largo del margen de frecuencias, quiere decir que la línea está actuando de transformador de impedancias, por lo tanto, Z_0 no es igual a Z_L .

Ahora conecta la carga terminal de 50 ohmios al analizador. LA LECTURA DE ROE SERÁ $1=1$. En un margen muy amplio de frecuencias.

Y hacemos lo mismo de antes; conectamos la línea entre el analizador y la carga. LA ROE DEBE MANTENERSE IGUAL. Por lo tanto, $Z_0 = Z_L$, y EL CABLE ES DE 50 OHMIOS.

Realmente, esto mismo se puede comprobar con un equipo transmisor y un medidor de ROE, con la condición de que la resistencia de carga de terminación, (Z_L), pueda soportar la potencia del transmisor.

-APÉNDICE 2.

-CÓMO AVERIGUAR EL FACTOR DE VELOCIDAD (F_v), DE UNA LÍNEA COAXIAL.

-Podemos averiguar el F_v de un cable coaxial cualquiera, bien por tener dudas sobre el tipo de cable, o bien por tener la serigrafía borrada o inexistente, y queremos emplear el cable coaxial como línea de reserva, por ejemplo.

Como punto de partida, la teoría está clara, y es que una línea de transmisión de $1/2$ onda repite la impedancia de un extremo, al otro extremo. Da igual la frecuencia que usemos; si hay un cortocircuito, se reflejará como tal. Si está abierta, lo mismo. Siempre que sea $1/2$ eléctrica, naturalmente.

Esta "magia" de las líneas de transmisión, la vas a comprobar con tus propios ojos dentro de un momento. Veo muy comprensible y lógico, que hasta ahora hayas admitido de buena fe el comportamiento singular de algunos fenómenos radioeléctricos, sobre todo, si piensas de entrada, en "corriente continua". Bien, vamos a hacer uso del analizador, y lo vas a ver con el MFJ-259 y el VNA-nano.

Tenemos un cable coaxial cualquiera, en este caso es un coaxial de TV, tipo RG-6, con malla al 90% de cobre, y 75 Ohmios de impedancia característica. Muy buena calidad, para instalaciones satelitales. Este tramo de línea mide exactamente 21 m. Te las tienes que arreglar para poder conectar ese cable coaxial al analizador, por medio de los accesorios necesarios. En Scatter Radio, por ejemplo, disponen de un amplio surtido de conectores y material.

Es importante cierta precisión en la medida de la longitud. Un 1% de tolerancia es perfectamente admisible. Quiero decir que, en un rollo de 100 metros, te puedes equivocar en 1 metro, o sea, 50 cm de más o de menos. En nuestro tramo de 21 metros, 1 cm arriba o abajo no nos va a afectar en el experimento. por cierto, el analizador, lo mismo que el medidor de ROE, ya sabes que "ven" a partir de su conector de salida,(o de entrada, según). Todos los conectores de conversión, los considera parte de la línea de transmisión. Y también, IMPORTANTE: evita formar una bobina con el cable coaxial. El efecto "choque RF", provoca alteraciones en la medida.

Punto de partida: 21 metros de cable coaxial, sin tener en cuenta el Factor de Velocidad, que no conocemos, son $1/2$ onda ¿de qué frecuencia? Pues $21 \times 2 = 42$; $300 / 42 = 7,143$ Mhz. Esto no es real, pues hemos atribuido al cable un F_v del 100%, por lo

tanto, la frecuencia real de resonancia estará un poco por debajo. Hacemos ahora un cortocircuito en el extremo alejado, y preparamos el analizador, que va a "ver", y tu también, un cortocircuito cada $1/2$ onda.

-MFJ-259: Una vez conectada la línea al analizador, empezaremos con una frecuencia de 6 MHz, en este caso, pues ya sabemos que 7 MHz es un poco alta. Fíjate en la aguja indicadora de IMPEDANCIA, o la indicación del MÓDULO R, da igual; el módulo R es mucho más preciso. En 6,050 MHz encontraremos un pozo de sintonía en el cual $R = 2$. Subiendo poco a poco la frecuencia, encontraremos otro pozo de sintonía al llegar a la segunda media onda, en 12,125 Mhz, pero $R = 3$. Si continuamos subiendo la frecuencia, cada $1/2$ onda eléctrica encontraremos un pozo de sintonía cada vez más agudo, pero también irá en aumento el valor de R. Esto es debido al Efecto Pelicular; la resistencia en RF es siempre algo mayor que en D.C. Te puedes quedar con la primera lectura, ($1/2$ onda = 6,050 Mhz), o con la última que hagas, que no es necesario ir más allá de 5 medias ondas, por ejemplo, 30,350 MHz, para $R = 5$.

Ahora mira: 30,350 Mhz son 5 medias ondas, luego $1/2$ será $30,350 / 5 = 6,070$ MHz reales.

Dividiendo 6,070 MHz entre 7,143 MHz, NOS DA EL VALOR DE 0,85 u 85%, que es el Factor de Velocidad, Fv.

-VNA-nano: Le quitamos el cortocircuito a la línea coaxial, y nos las arreglamos para conectar la línea en ambos extremos, con los conectores adecuados, a las boquillas SMA CH0 y CH1. Por si te resulta un poco engorroso, te doy ideas; es muy fácil poner conectores "F", del tipo de televisión, y hay en el mercado transiciones de "F" a BNC, y de BNC a SMA. Ya sabes que el analizador va a considerar todas esas transiciones como si de línea se tratase, pero la diferencia va a ser muy pequeña. Y ahora sirve la misma explicación de antes; 21 metros son $1/2$ onda de 7,143 MHz, sin tener en cuenta el Fv, que es lo que vamos a averiguar. Accederemos a los menús del VNA, en el apartado MORE, y llegaremos a seleccionar REAL. Tal y como aparece en la foto adjunta, la pantalla cuadriculada nos mostrará una imagen de picos y valles. La línea central de la pantalla corresponde a CERO ohmios. Los valles corresponden a la baja R, y los picos a la alta R; en este caso, el cursor está marcando el valle de la tercera semionda correspondiente, a 18,120 Mhz. El VNA nano te proporciona abundante información, da igual elegir picos o valles, y de forma cómoda hemos elegido un espectro de frecuencias desde 5 hasta 37 Mhz.

Ahora mira: 18,120 MHz son 3 medias ondas, luego $1/2$ onda será $18,120 / 3 = 6,040$ MHz reales.

Dividiendo 6,040 entre 7,143 MHz, NOS DA EL VALOR DE 0,845 u 84,5%, que es el Factor de Velocidad, Fv.

Como puedes ver, los valores son prácticamente iguales, dependen de la precisión de nuestra medición de longitud, y también de la precisión de la calibración del instrumental. A nuestros efectos prácticos, un 1% de margen es perfectamente tolerable. Da lo mismo que el cable coaxial tenga un Fv de 0,84 o 0,86, eso no va a alterar nuestras condiciones de uso. Si quieres hilar más fino, considerando 10 cm de transiciones añadidos a los 21 metros y recalculando, el resultado es prácticamente el mismo. Ya podemos emplear ese cable coaxial "de TV", para lo que necesitemos.

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Factor_de_velocidad

<http://radioaficionados-cba.blogspot.com/2015/07/longitud-de-los-cables-coaxiales.html?m=1>

-APÉNDICE 3

-FINAL DEL LIBRO

VALORES NORMALES SOBRE CARGA DE 50 OHMIOS, EN AUSENCIA DE ROE.

PARA POTENCIA DE 10 W:

Voltaje: 22,4 V Intensidad: 0,45 A

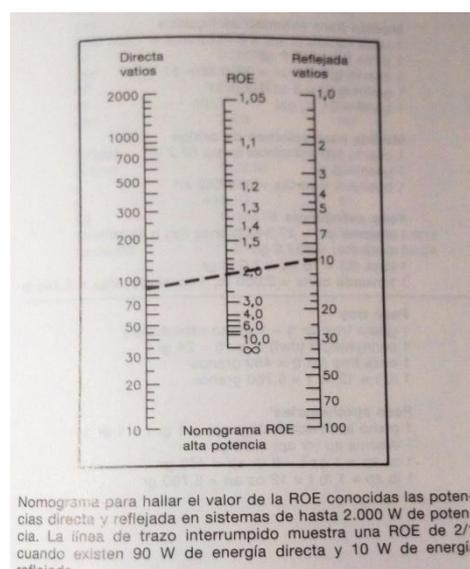
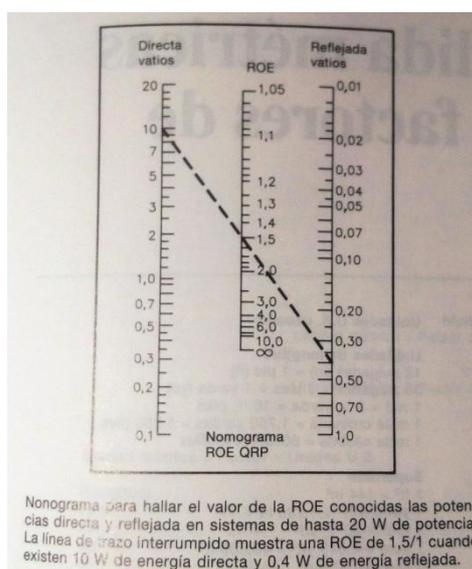
PARA POTENCIA DE 25 W:

Voltaje: 35,35 V Intensidad: 0,71 A

PARA POTENCIA DE 100 W:

Voltaje: 70,71 V Intensidad: 1,41

Ejemplo de cálculo de ROE mediante tablas, del libro de URE Ser radio aficionado



AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, a José Antonio, EA3 GQU. Una vez más, he aprendido en la vida que los amigos no se buscan, sino que se encuentran, y José Antonio es la prueba. Este buen hombre creyó en mí desde el principio, sin conocerme de nada, y si no hubiera sido por su inestimable ayuda, no hubiera sido posible el llevar a cabo esta obra. Realmente, yo sólo he aportado texto en sucio y algún dibujo; todo lo demás, que es casi todo, es obra suya; la maquetación de los textos, la inserción de dibujos, fotos y enlaces a Internet, el contactar con colaboradores...Siempre estaré en deuda con Jose Antonio.

En segundo lugar, a la Unión de Radioaficionados Españoles, (URE), de la cual tanto José Antonio como yo, somos socios. URE nos alentó a continuar y a finalizar, por mucho que yo dijera que el texto técnico era de bajo nivel. También URE nos ha dado toda clase de facilidades para insertar información relacionada e incluso, facilitar el darnos a conocer a otros colegas técnicos en la materia. Gracias.

Y, por último, para no olvidar a nadie, a todas las personas de este mundillo de la radio, tanto particulares como empresas, que nos han autorizado, tanto a mencionarlos, por ser protagonistas en algún tema concreto, como a publicar en nuestro libro algunos de sus trabajos. Gracias a todos ellos.

Quiero dedicar este trabajo a mi nieto Aníbal, con la esperanza de que algún día se le despierte la afición por la Electrónica y la Radio, y pueda sacar provecho de algún texto de este libro. Y de paso, que herede todos mis trastos.

ANTONIO POLIT POLIT EB5 GDG.

La vida nos sorprende agradablemente a veces, poniendo en nuestro camino a personas especiales que te hacen sentir, que aun merece la pena confiar en el ser humano. Este es el caso, al cruzarme en este camino con Toni Polit EB5GDG con quien desde el principio y sin conocernos de nada iniciamos esta andadura que compartimos con todos aquellos que quieran y que sin condiciones nos pusimos manos a la obra y de la cual, nos sentimos y tan satisfechos, así como también me siento, de haberle conocido y de participar en este libro con tanta ilusión, quien con sus conocimientos y paciencia me ha hecho participe de esta entrañable experiencia y sobre todo, aprender y que al igual que a mí, esperamos que a todos aquellos que tengan la oportunidad de leer, puedan aprender con la facilidad con la que ha redactado todos los temas que en el libro se tocan. No podría ser menos mi agradecimiento también URE que en todo momento se puso a nuestra disposición brindándonos su ayuda, para todo aquello que necesitáramos en cualquier momento. A todas aquellas personas que nos facilitaron el trabajo poniendo a nuestra disposición aquello que necesitáramos consultar y especial mención a Jorge Dorvier EA4EO.

Gracias Toni por tus enseñanzas paciencia y por hacer de esta aventura, la posibilidad de aprender sobre todo con facilidad, al igual que espero que todos lo sientan así también.

JOSE ANTONIO LOPEZ DIAZ EA3GQU

INDICE

NOTAS	Pág. 2
PROLOGO	3
LECCION 1ª: ESTRUCTURA DE LA MATERIA-ELECTROMAGNETISMO.	5
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 1	8
LECCION 2ª: PRINCIPIOS Y CONOCIMIENTOS PREVIOS.	9
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 2	11
LECCION 3ª: BOBINA,	13
LAS VARIACIONES DE CORRIENTE	14
CONDENSADOR,	16
RESISTENCIA,	16
EL FUSIBLE.	17
AGRUPACIONES DE R, L, C.	18
RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 3	19
LECCION 4ª: CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA,	20
LA CORRIENTE CONTINUA	20
LA CORRIENTE ALTERNA	21
VALORES DE LA CORRIENTE ALTERNA. (A.C):	23
-FRECUENCIA	23
-PERIODO	23
-LONGITUD DE ONDA	23
-POTENCIA ELECTRICA	26
-CONCEPTO DE ENERGIA	26
-CONCEPTO DE POTENCIA	26
-UNIDADES	26
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 4	28
LECCION 5ª: EL TRANSFORMADOR.	30
-PARTES DEL TRANSFORMADOR:	32

-TIPOS DE TRANSFORMADORES:	32
-EL TRANSFORMADOR ES IMPORTANTÍSIMO.	33
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 5	34
LECCION 6ª: LA REACTANCIA.	35
FACTOR DE CALIDAD FACTOR Q	37
IMPEDANCIA. LETRA Z	37
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 6	38
LECCION 7ª: CIRCUITOS OSCILANTES.	40
EL EJEMPLO DEL COLUMPIO.	41
TRANSMISOR DE ONDA SOSTENIDA	42
OTROS OSCILADORES	42
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 7	43
LECCION 8ª: RESONANCIA, CIRCUITOS SINTONIZADOS,	45
RESONANCIA; (la explicación doméstica.)	45
LA RESONANCIA EN RADIOTECNIA	45
CIRCUITOS SINTONIZADOS	46
ANCHO DE BANDA.	47
SINTONIA ESCALONADA	48
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 8	48
LECCION 9ª: LA TIERRA Y LA TOMA DE TIERRA, LA CONTRA-ANTENA.	50
EL PLANETA TIERRA COMO INMENSO CONDENSADOR	50
EL PLANETA TIERRA COMO INMENSO GENERADOR	50
CONDUCTIVIDAD TOMA DE TIERRA	50
IMPORTANCIA Y UTILIDAD DE LA TOMA DE TIERRA	52
TOMA DE MASA Y TOMA DE TIERRA	52
LA CONTRA-ANTENA	53
OTROS PUNTOS DE INTERES	53
DIFERENCIAL	53

EL POSITIVO A MASA	53
EQUIVALENCIAS EN INGLES	54
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 9	54
LECCION 10ª: PRELIMINAR:	56
PRINCIPIO DE MAXIMA TRANSFERENCIA DE ENERGIA.	56
ONDAS ESTACIONARIAS Y ONDAS PROGRESIVAS	58
OTRAS CARACTERISTICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION	62
FACTOR DE VELOCIDAD	62
ATENUACION	62
POTENCIA ADMISIBLE	63
TIPOS DE LINEAS DE TRANSMISIÓN:	63
LINEA DE ESCALERILLA	63
LINEA DE CINTA DE VENTANILLA	63
LINEA DE CINTA PLANA	64
LINEA COAXIAL FLEXIBLE	64
LINEA DE PAR TRENZADO	65
BREVE RESEÑA HISTORICA	65
LA ANTENA DIPOLO. EMISION	66
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 10	68
LECCION 11ª: ANTENA DIPOLO Y RESONANCIA	70
LA RESISTENCIA DE RADIACION	70
NOTA ACLARATORIA	72
EL DIPOLO EN RESONANCIA	73
IMPEDANCIA DEL DIPOLO	73
CONSIDERACIONES PRÁCTICAS	74
OTROS PUNTOS DE CONEXIÓN DEL DIPOLO	74
DIPOLO EN RESONANCIA Y LINEA DE TRANSMISION	75
CARACTERISTICAS QUE DEFINEN LAS ANTENAS	76
-FRECUENCIA	76

-ANCHO DE BANDA	76
-IMPEDANCIA	76
-GANANCIA	76
-ROE	76
-POTENCIA MÁXIMA:	76
-ÁNGULO DE RADIACIÓN:	76
-POLARIZACIÓN	77
-ANGULO DE APERTURA	77
-RELACION F/B	77
-EJEMPLO DE ANTENA X	77
LA ANTENA EN RECEPCION	77
ANTECEDENTES HISTORICOS	79
TABLA COMPARATIVA	81
ANTENAS QUE NO SON ANTENAS	81
LA ANTENA FICTICIA	82
LA ANTENA ISOTROPICA	81
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 11	83
LECCION 12ª: VARIANTES DE LAS ANTENAS DIPOLO	85
DIPOLO HORIZONTAL	85
DIPOLO VERTICAL	85
ANTENAS MARCONI-ANTECEDENTES HISTORICOS	86
ANTENA MARCONI=MONOPOLO SOBRE TIERRA	86
FUNCIONAMIENTO DE LA ANTENA MARCONI	87
LA TOMA DE TIERRA Y LA CONTRA-ANTENA	88
LA ROE Y LOS SISTEMAS MARCONI	90
COMPARACION ENTRE EL DIPOLO Y LA ANTENA MARCONI	92
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 12	93
LECCION 13ª: INCONVENIENTE DEL MONOPOLO	95

ANTENA PLANO A TIERRA, ANTENA G.P.	95
BREVE EXPLICACION DEL DIPOLO PLEGADO	97
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 13	99
LECCION 14ª: ANTENA G.P. DE $\frac{3}{4}$ DE ONDA	102
ANTENA GP $\frac{5}{8}$ =ANTENA 0,625 LAMBDA	102
FINAL DE LA LECCIO 14-OTRAS ANTENAS VERTICALES	105
ANTENAS DE $\frac{1}{2}$ ONDA	105
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 14	109
LECCION 15ª: ANTENAS “J POLE” Y SLIM JIM... A VUELTAS CON	111
ANTENA J-POLE Y SLIM JIM A VUELTAS CON LA LÍNEA DE	
TRANSMISIÓN	111
LA LÍNEA DE $\frac{1}{2}$ ONDA:	111
LA LINEA DE $\frac{1}{4}$ DE ONDA	112
DENOMINACIONES:	112
-ANTENA “J POLE”	113
-ANTENA VERTICAL SLIM JIM	115
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 15	117
LECCION 16ª: ANTENAS COLINEALES	119
INTRODUCCION	119
EL EJEMPLO DE LOS IMANES	119
DENOMINACION	121
-GANANCIA	121
- EXPLICACION DE LA ANTENA COLINEAL	121
-ANTENA COLINEAL COAXIAL $4 \times \frac{1}{4}$ DE ONDA	123
-FUNCIONAMIENTO	124
-ANTENA VERTICAL COLINEAL “GIRO” R	125
-FUNCIONAMIENTO	126
-LA ANTENA PHANTOM (R)	126

-FUNCIONAMIENTO	126
-LA ANTENA COLINEAL BRITEL (R)	127
-FUNCIONAMIENTO	128
-ANTENA SUPERCOLINEAL UHF	129
-FUNCIONAMIENTO	129
-ANTENA COLINEAL RINGO	130
-FUNCIONAMIENTO	130
ANTENAS BAZOOKA.	131
VENTAJAS DE LA COLINEAL BAZOOKA	132
INCONVENIENTES	133
CONSTRUCCIÓN DOMÉSTICA	133
ANTENAS COLINEALES MOVILES	134
ANTENAS COLINEALES ENFUNDADAS	134
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 16	134
LECCION 17ª: ANTENAS DE HILO	136
INTRODUCCION	136
EL DIPOLO, BREVE REPASO	135
EL DIPOLO PLEGADO	137
ANTENAS DE BUCLE CERRADO	137
LAS ANTENAS EN DELTA	138
ANTENA ROMBOIDAL	139
LA ANTENA BEBERAGE	140
LA ANTENA DIPOLO DESCENTRADO-ANTENA WINDOM-ANTENA O-C-F	141
ANTENA WINDOM CAROLINA	143
CONCLUSION PARA LOS DIPOLOS DESCENTRADOS	144
ANTENA ZEPPELIN (END-FED)	144
DIPOLOS MULTIPLES	146
DIPOLO DE ONDA COMPLETA-DOBLE ZEPPELIN, ANTENA LEVY	148

LA ANTENA G5RV DE LOUIS BARNEY (C.F.D)	149
ANTENAS DE HILO LARGO (LONG WIRE), ANTENAS RANDOM	151
DIPOLO BAZOOKA	153
ANTENA TRIPLE BAZOOKA.	155
POST DATA A LA LECCION 17	156
-RESUMEN DE LA LECCIÓN Nº 17	156
-ARTICULO DE URE DE EA4EO JORGE DOVIER	159
LECCION 18ª: ANTENAS DIRECTIVAS O DIRECCIONALES-PRELIMINARES	162
EL EJEMPLO DEL GLOBITO	162
ANTENAS DIRECCIONALES	163
ANTENAS DIRECCIONALES DE ELEMENTOS ACTIVOS	164
ANTENA LOGARITMICA	166
-FUNCIONAMIENTO	167
ANTENAS DIRECTIVAS A ELEMENTOS PARÁSITOS	168
-FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS PARÁSITOS	170
-EL REFLECTOR PARÁSITO	170
-EL DIRECTOR PARÁSITO	171
-LA ANTENA YAGI	172
- LAS PARTES DE LA ANTENA YAGI	172
- EL ELEMENTO REFLECTOR DE LA YAGI	172
- EL DIPOLO EXCITADO EN LA ANTENA YAGI	173
-EL ELEMENTO DIRECTOR EN LA YAGI	174
-ANGULOS DE APERTURA DE LA ANTENA YAGI; HORIZONTAL Y VERTICAL.	175
- RENDIMIENTO DE LA ANTENA YAGI	176
-ANTENAS YAGI LARGAS	176
-ANTENAS APILADAS. ARRAY DE ANTENAS	177
-USO DE LOS TRAMOS DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN PARA ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS	178

-LA GANANCIA EN ANTENAS AGRUPADAS	179
-ANTENAS DE TV AGRUPADAS	179
POLARIZACIÓN DE LAS ANTENAS YAGI. EMISIÓN Y RECEPCIÓN	180
-POLARIZACIÓN VERTICAL	180
-POLARIZACIÓN HORIZONTAL	181
-RESUMEN DE LA LECCION 18	181
LECCIÓN 19ª: ANTENAS MULTIBANDA. ANTENAS DE BANDA ANCHA. ANTENAS ESPECIALES-PRELIMINARES	185
-ANTENAS MULTIBANDA	186
-TRAMPAS SINTONIZADAS	187
-CONSTRUCTIVA DE LAS TRAMPAS	188
-LA ANTENA VERTICAL MULTIBANDA	189
-LA ANTENA YAGI MULTIBANDA	189
-EL DIPOLO RÍGIDO MUTIBANDA	190
-ANTENAS CON BOBINAS DE CARGA	191
-CARGAS LINEALES	192
-ANTENAS DE BANDA ANCHA	194
-FORMAS DE CONSEGUIR ANCHURA DE BANDA	194
-EFECTO PELICULAR.EFECTO KELVIN.EFECTO SKIN	195
-FACTOR DE REDUCCIÓN	195
-EL DIPOLO DE NADENENKO	196
-APLICACIONES DEL DIPOLO DE NADENENKO	198
-ANTENAS CILÍNDRICAS	198
-ANTENAS CÓNICAS	198
-ANTENAS DISCO-CONICAS	198
-ANTENA DISCO-CONICA	199
-RECEPCIÓN DE TV. ANTENAS MULTICANAL	200
-ANTENAS ESPECIALES	201
-ANTENAS DE HARO	201

-RESUMEN DE LA LECCION 19	203
LECCIÓN 20ª	207
MISCELÁNEA. UN POCO DE TODO PARA LOS AFICIONADOS, por EB5 GDG	207
-INTRODUCCION	207
-LA LIBRETA Y EL BOLIGRAFO	207
-EL MEDIDOR DE ROE	208
- LA CARGA ARTIFICIAL	208
-EL TÉSTER, O MULTÍMETRO	209
-EL INSTRUMENTO INDICADOR DE FRECUENCIA, O FRECUENCÍMETRO	209
-SOLDADOR Y ESTAÑO	210
-FUSIBLES DE REPUESTO Y HERRAMIENTA DE MANO	211
-LA GOMA DE BORRAR...TINTA	212
-MEDIDORES DIGITALES	213
-LAS ONDAS ESTACIONARIAS	213
-LOS MEDIDORES DE ESTACIONARIAS	215
-COMPROBACIÓN DE TU MEDIDOR DE ROE	216
-POST DATA A LA COMPROBACIÓN DE LOS MEDIDORES DE ROE	219
-TRANSPORTE DE LOS MEDIDORES	219
-TAMAÑO FÍSICO DE LA ANTENA EMISORA	220
-MODIFICAR LA ROE EN DIPOLOS Y MONOPOLOS	221
-DON ACOPLADOR. LO QUE TIENES QUE SABÉR DE ÉL	223
-LA ANTENA	223
-EL ACOPLADOR	223
-LIMITACIONES DEL ACOPLADOR	226

-P.D AL TEMA DE D. ACOPLADOR	227
-LA MAGIA DEL CABLE COAXIAL	227
-MAGIA DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	231
-LAS TORMENTAS Y LA RADIO	234
-INSTALACIONES EXTERIORES	236
- INSTALACION INTERIOR	245
-EL ANALIZADOR DE ANTENAS	251
-ANALIZANDO ANTENAS	253
-APENDICES	255
-APENDICE 1	255
-CÓMO AVERIGUAR LA IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA (Z_0), DE UNA LÍNEA COAXIAL	255
-APENDICE 2	256
-CÓMO AVERIGUAR EL FACTOR DE VELOCIDAD (F_v), DE UNA LÍNEA COAXIAL	256
-APENDICE 3 FINAL DEL LIBRO	258
-AGRADECIMIENTOS	259
-INDICE	260

ANTONIO POLIT POLIT (EB5GDG)



JOSE ANTONIO LOPEZ DIAZ (EA3GQU)



(c) 2022 Antonio Polit Polit (EB5GDG) y José Antonio López Díaz (EA3GQU)

Este libro es para uso propio del radioaficionado y está prohibida su distribución y venta con fines lucrativos y sin previo aviso o consentimiento de los autores.



Por ello, los autores distribuimos este libro con licencia **CC BY-NC-ND 3.0 España** (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>). De acuerdo con esta licencia, usted es libre de copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, y hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de los autores. Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. Los autores no pueden revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.