

## La banda de los 472 KHz y sus antenas

Desde que la Administración ha asignado a los radioaficionados la banda de frecuencias de 472 a 479 KHz, no he dejado de pensar en qué equipo y radiador se podría instalar para conseguir un mínimo de eficiencia en nuestra Estación.

El caso es, que está regulado que la potencia radiada efectiva (p.i.r.e) por nuestra antena, no debe superar 1 vatio, pero dejan la puerta abierta para autorizar hasta 5 vatios a aquellas Administraciones que dispongan de estaciones situadas a más de 800 Km de la frontera de determinados países que aún se sirven de esa banda para servicios de radionavegación y tienen prohibida su utilización para otros fines. Uno de esos países que nos afectan directamente es Marruecos. Excepto una franja al norte de la península, (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra, norte de Aragón y de Cataluña) que superan la barrera de los 800 Km del punto más norteño de Marruecos, el resto de la Península se debe limitar a la emisión de 1 vatio. De todas maneras no creo que la Administración española, haga distinciones "sectoriales o comarcales" dentro de la Península y es posible que nos limite a todos los españoles a emitir con 1 vatio. El problema se planteará en Ceuta y Melilla que están "rodeadas" por las fronteras de Marruecos. ¿Podrán trabajar esta banda?

Bien. Todo esto, ya se verá. El otro tema es el interés que haya suscitado esta noticia entre la comunidad de radioaficionados españoles. ¿Tanto lío de equipos necesarios y enormidad de antenas para radiar 1 vatio?. Además, ¿Qué queremos experimentar si esta banda lleva en servicio muchos años y es bien conocida? Sin ir más lejos, en Valencia se escucha (con un Kenwood TS 590) a Radio 5 de RNE en 485 KHz.

Bueno. Eso pensará la mayoría, incluido el autor de este artículo. Pero hete aquí que también existe una minoría de inconformistas, a los que les importa un bledo lo que hayan experimentado los demás y como Santo Tomás, ver para creer.

Así que vamos a trabajar esta banda. Si tenemos tiempo, posibles, algo de espacio, y ganas, ¿por qué no?.

Necesitamos dos cosas: equipo y antena.

Del equipo, habrá que cacharrear porque en la tienda parece que no hay o es difícil conseguirlo, así que tendremos que usar como receptor nuestro equipo de HF siempre que en recepción tenga banda corrida. El transmisor (de CW) habrá que fabricarlo y que suministre como mínimo 25 vatios para al menos, radiar 1. Hay bastante literatura en internet, con esquemas para dar y tomar, así que el único problema son nuestras manitas. También hay transceptores a los que se les puede abrir las bandas en transmisión y facilitan el problema.

En cuanto a la antena, el tema es distinto.

La longitud de onda de 475 KHz (frecuencia media de la banda), es de 631 mts por lo que  $\frac{1}{4}$  de onda, que es la mínima longitud necesaria para que una antena vertical resuene por sus propios medios sería de 158 mts. Habría que descontar el efecto terminal pero estamos redondeando. Encima de nuestra terraza quedaría muy bonita llena de luces con sus balizas diurnas y nocturnas y los vecinos encantados. Queda una alternativa bastante peregrina, cual es la utilización de globos o cometas con la problemática que eso conlleva, pero no lo trataremos en este artículo. Utilizaremos una instalación con más permanencia en el tiempo y lugar como puede ser una antena vertical o monopolo en nuestra parcela campera (chalet, el que lo tenga). Pero el caso es que no somos americanos, nuestros jardines o parcelas se miden por metros y no por "acres" (aproximadamente hectáreas) y tenemos que rebajar nuestras aspiraciones. En este caso, estas aspiraciones son principalmente la longitud o altura del radiador con su plano de tierra y que la instalación tenga un coste asequible a nuestro bolsillo. Obviamente, queda descartada la terraza de nuestra casa.

Deberíamos recurrir a un monopolo corto y cargado, bien con bobina o capacidad en el tope o con ambos dispositivos.

Una altura manejable, podría consistir en una torre de 18 metros (Sólo un poco más larga que una de 15 metros que es más común) aislada del suelo que nos puede servir como ejemplo a aplicar a cualquier altura. Podríamos fijar una torre triangular con una dimensión del lado de 18 cm

Al ser un radiador tan corto (18 mts vs. 158 mts) al compararlo con la longitud de onda, podemos considerar que la distribución de la corriente es lineal en vez de senoidal y así, simplificar los cálculos.

Usando la formulación existente (1) para una vertical corta sobre un plano de tierra perfecto, obtenemos los siguientes datos:

Resistencia de radiación en la entrada.-  $0'36 \Omega$

Reactancia en la entrada.-  $1861 \Omega$  capacitivos.

Asimismo, si consideramos una calidad de tierra real de valores medios de permeabilidad y conductividad, con un sistema de 32 radiales enterrados de 18 mts de longitud, y una resistencia de pérdidas estimada de  $4 \Omega$ , obtendremos los siguientes valores:

Resistencia de radiación en la entrada.-  $4'36 \Omega$

Reactancia de entrada.-  $1860 \Omega$  capacitivos.

Para hacer práctico este sistema radiante, el primer paso consistirá en compensar la reactancia capacitiva incluyendo una inductancia de la misma reactancia, insertada en serie con el circuito de entrada.

Una vez compensada la reactancia, debemos considerar las diferentes resistencias de pérdida, introducidas por el sistema.

Los principales elementos que adicionan pérdidas, son:

Resistencia de la inductancia  $R_L$

Resistencia del conductor  $R_c$

Resistencia de aisladores y herrajes  $R_i$

Resistencia equivalente debida a la absorción de potencia de elementos parásitos situados en el entorno del radiador  $R_b$

Resistencia equivalente del sistema de tierra  $R_g$

Resistencia de pérdidas del sistema de adaptación  $R_t$

Resistencia equivalente por efecto corona en el extremo de los conductores  $R_c$ .

Aunque nos hemos referido al conjunto de elementos que introducen una resistencia de pérdidas que equivalen a la porción de potencia no radiada y disipada en calor, sólo consideraremos a efectos de cálculo, la resistencia del plano de tierra y la introducida por la inductancia añadida, despreciando el resto a fines prácticos dada su escasa entidad.

La figura 1 nos da idea de esta disposición.

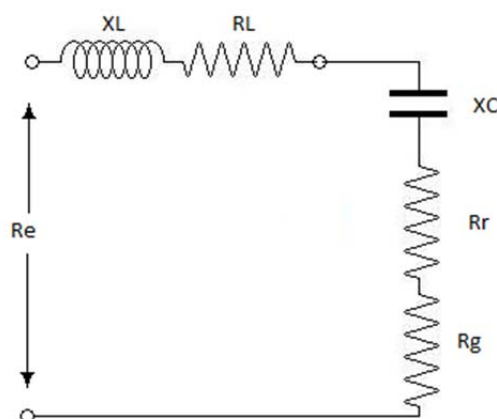


Fig. 1

El valor de RL viene dado por la estimación del Q de la bobina que se asume de un valor de 300 para relaciones de longitud/diámetro de 1 a 2 aproximadamente y lo determina la fórmula:

$$R_L = \frac{X_L}{Q} = \frac{1861}{300} = 6\Omega$$

Este valor de RL es la resistencia equivalente a la suma de las pérdidas presentes en la bobina, debidas al efecto pelicular, capacidad distribuida entre espiras y deformación del campo magnético ocasionado por la presencia de elementos ferro-magnéticos en las cercanías de la bobina y por efecto de proximidad de las espiras (unas con otras)

Así mismo, si el valor de Rg se establece en 4  $\Omega$ , la resistencia equivalente de pérdidas alcanza los 10  $\Omega$ . Como veis, estos valores se han estimado

La eficiencia de este radiador, será su rendimiento, o sea:

$$\eta = \frac{R_r \times 100}{R_r + R_L + R_g} = \frac{0'36 \times 100}{0'36 + 6 + 4} \approx 3'5\%$$

Lo que significa que para radiar un vatio, tenemos que suministrar a la antena unos 29 vatios.

En caso de que tuviésemos permitido radiar 5 vatios, la potencia suministrada debería de ser unos 143 vatios.

Vemos que este montaje tiene un rendimiento paupérrimo. Por lo que tendremos que mejorarlo para aumentar su rendimiento. La solución más práctica consiste en añadir un sombrero capacitivo en el tope o cúspide de la torre. Este sombrero puede estar compuesto en principio por 6 radiales conectados al tope del mástil e inclinados 45º y de una longitud óptima determinada mediante la formulación existente.

Para una torre de 18 metros la longitud óptima de este sombrero es de 6'24 mts.

La resistencia de radiación será ahora de 0'72  $\Omega$  y la reactancia capacitiva será de 983  $\Omega$ .

Repitiendo cálculos, el valor de Rg será el mismo pero el valor de RL será  $\frac{983}{300} = 3\Omega$

Y el rendimiento será del 9'3% por lo que para radiar 1 vatio necesitaremos 11 vatios y para radiar 5 vatios, harán falta 54 vatios. Estos son valores más fáciles de conseguir.

A la vista de estos valores, deberemos asumir que el rendimiento del sistema radiante para estas frecuencias siempre será muy bajo. Aumentar este rendimiento por encima del 10% supone un aumento desproporcionado de los costes, que sólo estarían

justificados, si el sistema radiante se instala con fines estratégicos y no para uso de amateurismo (salvo capricho millonario, claro).

Aparte del coste que significa la erección de una torre, lo que más nos quita el sueño es la construcción de un plano de tierra decente, lo cual, para estas frecuencias es harto difícil.

Quizás, deberíamos buscar un radiador alternativo, como suelen hacer en el mundo del broadcasting en OM, cuando por el paso de los años se deteriora el plano de tierra de los radiadores verticales, y disminuye la eficiencia de la antena.

En estos casos, se recurre a la conversión del monopolo vertical con plano de tierra clásico, a un monopolo doblado en el que la torre radiante se conecta a tierra y se instalan unos hilos a modo de faldón, desde el tope de la torre, hasta su base, según se ve en la figura 2 en la que se muestra un monopolo doblado con tres hilos en el faldón.

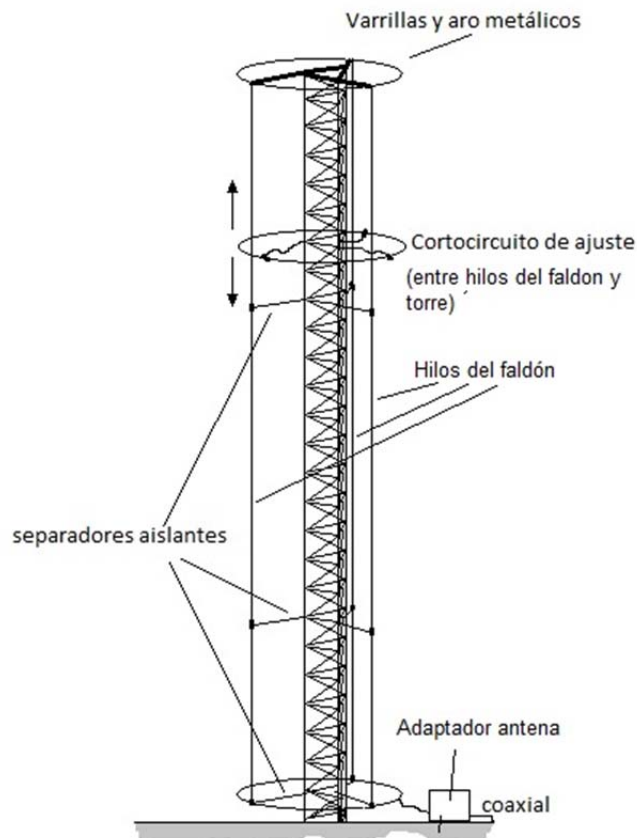


Fig. 2

La figura 3 muestra el detalle de la base de la antena

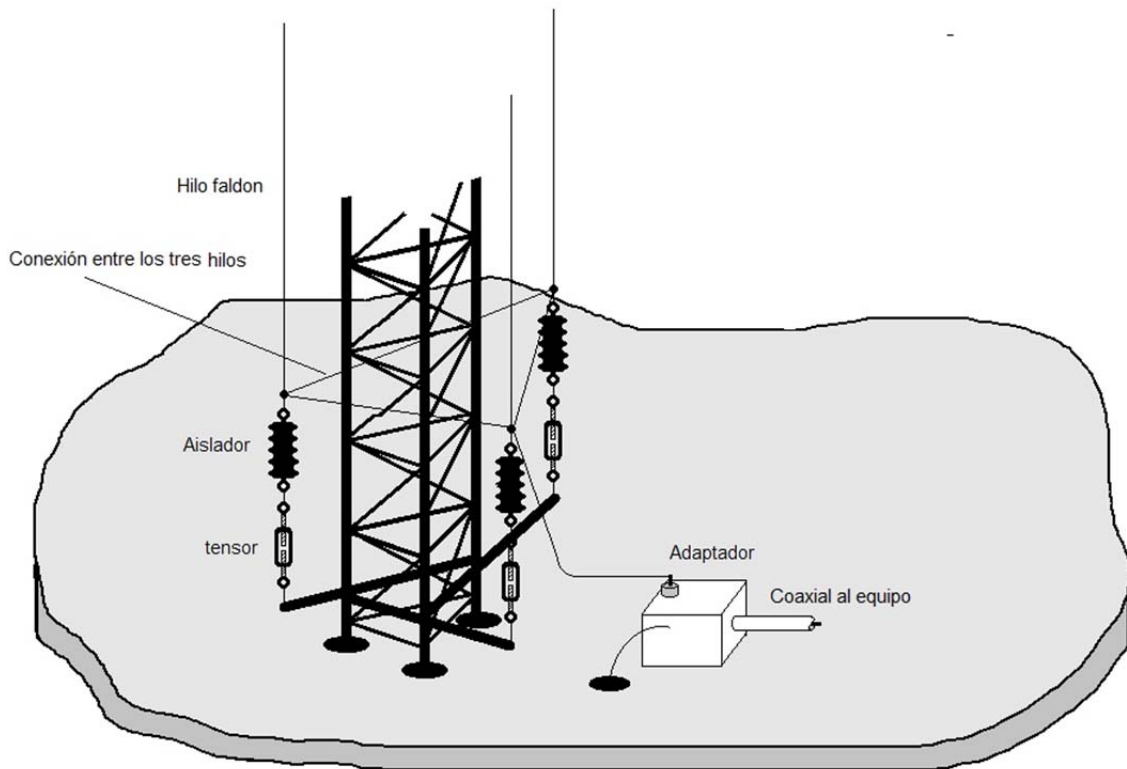


Fig. 3

Dada la poca proliferación de este tipo de antena, en el entorno de la radioafición, ya que se emplea comúnmente para solucionar la poca eficiencia que pueda tener una antena vertical en el mundo del broadcasting comercial o profesional, la describiremos brevemente.

El monopolo doblado, tiene la ventaja de no necesitar un plano de tierra de la calidad que necesita un monopolo vertical simple. Si la tierra donde se vaya a instalar una antena de estas características es una tierra media (jardín, huerta, labranza, etc.), podría bastar con unas pocas picas de toma de tierra como se puede ver en la figura 4

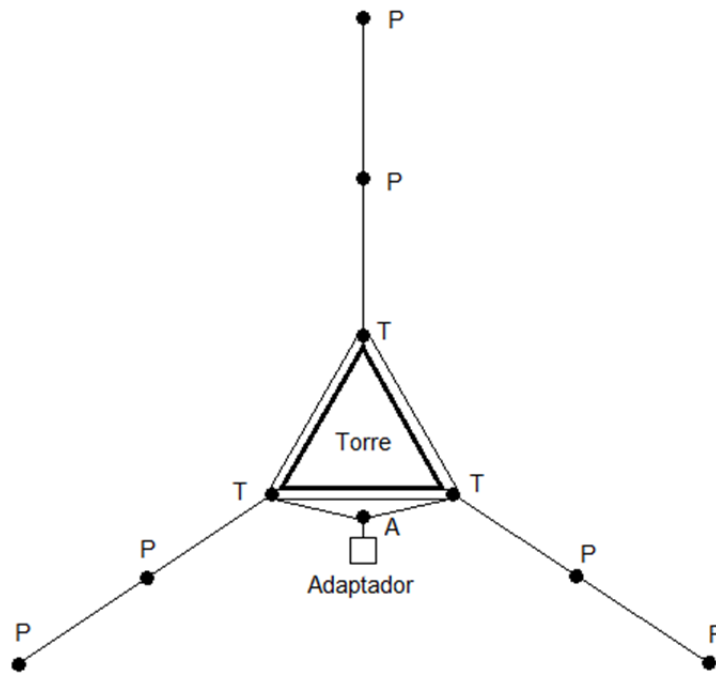


Fig. 4

Las picas T se conectan a los vértices de la torre y se forma un anillo entre ellas.

La pica A se conecta al chasis metálico del adaptador y a dos picas T

Las picas P se separan 2 metros entre sí y de las T en cada rama, si se hincan en el suelo 1 metro. Su distancia debe ser el doble de la profundidad a la que se introducen. Las conexiones entre las picas deben ser de cobre desnudo del empleado en instalaciones eléctricas de tierra y enterrado entre 20 y 30 cm como mínimo. En estas condiciones, estaremos empleando unos 22 m<sup>2</sup> de nuestro terreno. También se puede aprovechar si lo hay, un plano de tierra existente con anterioridad y destinado a otros usos.

Por otra parte, los hilos del faldón pueden discurrir frente a los vértices de la torre o frente a sus caras. En cualquier caso, deben estar separados unos 80 cm de la torre y se mantendrán a esa distancia mediante separadores aislantes separados así mismo verticalmente una distancia apropiada para evitar que al ser zarandeados por el viento, toquen a la torre. Deben tener un diámetro apropiado, (alrededor de 6 mm) y deberían ser trenzados de aluminio con alma de acero o acero cobreado.

Para minimizar pérdidas, también sería conveniente hacer discurrir un conductor de cobre desnudo por el interior de la torre junto a cada vértice y conectado eléctricamente a él, cada ciertos tramos en toda su longitud para aumentar la conductividad de la torre.

Debe disponer de un dispositivo de cortocircuito del faldón a una altura ajustable entre los hilos y la torre, para adecuar la impedancia de la base como se ve en la figura 2.

El radio equivalente de la sección de la torre de 18 cm de lado es  $18 \times 0'4214 = 7'6$  cm

El radio equivalente del faldón compuesto por tres conductores paralelos y equidistantes, es

$$r_{eq} = \sqrt[3]{a \times s^2}$$

"a" es el radio de cada conductor

"S" es la separación entre centros de los conductores

Suponiendo que los hilos del faldón están separados entre ellos 1 metro y su diámetro es de 6 mm, el radio equivalente valdría 14'4 cm.

La separación entre la torre y el faldón será se unos 90 cm

Recordemos que sólo la torre con un plano de tierra ideal, presenta una impedancia de entrada de  $0'36 - j1861 \Omega$  y a la impedancia de entrada con el plano de tierra actual que estimaremos en otros  $5 \Omega$ , habrá que sumárselos y obtendremos una  $Z_e = 5'36 - j 1861 \Omega$  que con esta disposición se verá afectada por el valor multiplicador "c".

$$c \approx \frac{\ln \frac{90}{14'4}}{\ln \frac{90}{7'6}} = 0'74$$

Y la impedancia de entrada será

$$Z_e = (1 + c)^2 \times (R_e + jX_e)$$

$$Z_e \approx 3 * (5'36 - j1861) = 16 - j5583$$

Esta reactancia la podemos eliminar con una bobina de 1'9 nano henrios en serie con el hilo de alimentación.

Este valor de inductancia es muy alto y para tratar de bajarlo, podemos añadir a la torre un sombrero capacitivo (paraguas) si disponemos de espacio, formado al menos por otros 3 hilos que separándose del tope de la torre en un ángulo de  $45^\circ$  no deberían de medir más de 8'5 mts.

Si es posible se puede aumentar el número de hilos a fin de aumentar la capacidad del paraguas.



Con ello conseguimos aumentar la altura efectiva del sistema y por lo tanto la resistencia de radiación y de entrada en la base, así como rebajar el valor de la bobina de ajuste en la base y facilitar el dispositivo de adaptación de impedancias al haber disminuido la reactancia de entrada.

Podríamos seguir experimentando con otros radiadores en diferentes disposiciones (L invertida, T's, Estrella, EH, aros magnéticos, etc. Pero no es propósito de este artículo.

El valor real de la impedancia de entrada se debe medir con un analizador de antenas. Hoy se encuentran en el comercio este tipo de aparatos (MFJ, Rig Expert, etc) por precios asequibles sin tener que recurrir a equipos más costosos y delicados, como lo Analizadores Vectoriales de Redes, que son aparatos de laboratorio más que de campo

La conclusión que podemos sacar de esto, viéndolo con ejemplos, es la dificultad que supone la instalación de un sistema radiante para estas frecuencias para un radioaficionado, a no ser que se constituya un club de gente dispuesta a , con un esfuerzo común, emplear dinero para estos menesteres como han hecho los componentes de Radio Arcala OH8X que entre otras cosas se han montado, como instalación más representativa, una yagui de 3 elementos para 160 mts junto con otra de 5 elementos para 80 mts, en una estructura de 100 mts de altura.

Al lector que no conozca esta Estación, le recomiendo una visita por internet <http://www.radioarcala.com>.

Vale la pena, conocer la totalidad de las antenas instaladas y sus soportes

Nota.- Los procedimientos de cálculo están descritos en el libro "Cálculo de Antenas,4ª Ed. y "Antenas Verticales para Bajas Frecuencias" de este autor y editados por Marcombo.

Armando García  
EA5ND(Ex EA5BWL)