

APILAMIENTO DE YAGIS DIFERENTES Y YAGIS TIPO LOOP

Dave, K1WHS

Una de las preguntas acerca de antenas que con más frecuencia se hace es “¿cómo puedo apilar todas esas antenas en mi torre?” El problema es que la mayoría de los radioaficionados tienen una sola torre y entonces tratan de colocar antenas para diez bandas de VHF/UHF en esa única torre. Colgar varias antenas de alambre de la misma torre ya sobrecargada, también es típico. Entonces, ¿qué planea hacer usted al respecto? La respuesta puede encontrarse en algunas hojas de especificaciones y algunos cálculos sencillos.

Primero necesitamos entender algunas cosas acerca de las antenas. Cada antena tiene un área de recolección para “atrapar” las ondas electromagnéticas erráticas. No es por accidente que la intensidad de las señales sea medida en microvoltios por metro. La verdad es que una antena más grande puede interceptar más energía simplemente ocupando un área física mayor. Suena suficientemente simple! Esta es también la razón por la cual la pérdida aparente de trayectoria aumenta con la frecuencia. A frecuencias más altas la antena es más pequeña y no puede recolectar la misma cantidad de energía que su antena hermana en una frecuencia inferior. El área de recolección de cualquier antena se llama **apertura**. Generalmente, la apertura de la mayoría de las antenas direccionales para VHF de los Radioaficionados, es mayor que el límite frontal físico. Las Yagi tienen una apertura mucho más grande. Los conjuntos de antenas de media onda, tales como las colineales, tienen aperturas menores que se extienden sólo más allá de la estructura física, mientras las antenas parabólicas tienen aperturas que son ligeramente más pequeñas que el tamaño físico del disco como se ve en la figura 1.

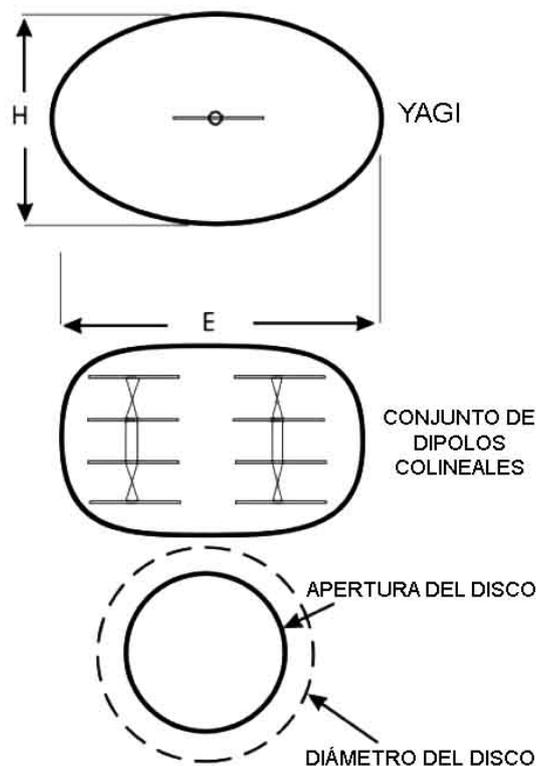


Figura 1 – Apertura de antenas típicas

Si una antena está situada en un mástil, sin nada que se encuentre dentro de su área de apertura, esa antena funcionará normalmente. Si usted está apilando dos antenas para lograr mayor ganancia, debe alinearlas de tal manera que sus aperturas apenas se toquen. Esto produce un efecto máximo en la ganancia. Las dos aperturas han convergido en una apertura grande con el doble del área frontal de una sola de ellas. El doble del área significa un incremento de 3 dB. Se pueden apilar antenas tanto en el plano vertical como en el horizontal. Un arreglo típico para DX, en un sistema de antenas de alta ganancia, es un conjunto en cuadro, o apilamiento de cuatro antenas. Este arreglo combina múltiples antenas tanto en los planos E como en los planos H, como puede verse en la figura 2. Nótese que las aperturas sólo se tocan. Si ellas se superponen debido a distancias de apilamiento muy pequeñas, la capacidad recolectora de energía disminuye así como también disminuyen los lóbulos laterales.

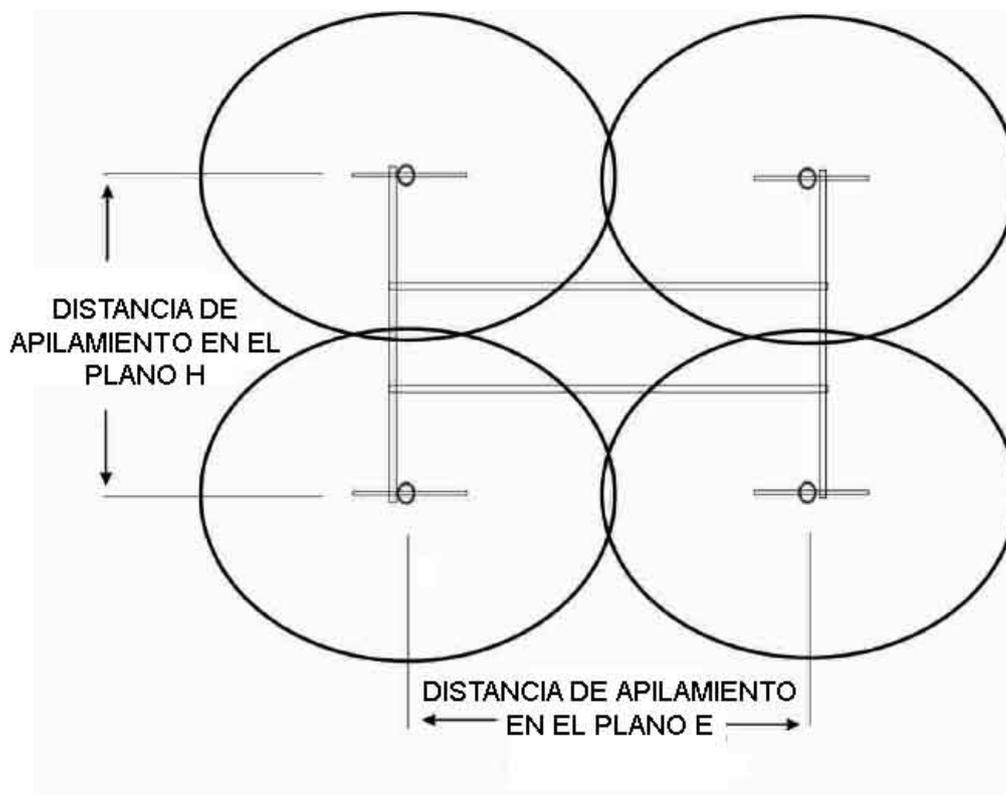


Figura 2 – Conjunto típico de cuatro Yagi apiladas.

Tratamos de proporcionar unas distancias apropiadas de apilamiento para todas nuestras antenas. Esa información siempre viene impresa en la hoja de especificaciones de cada antena individual. Para antenas polarizadas horizontalmente, la distancia de apilamiento vertical se denomina como plano H o plano de campo magnético. El plano E o campo eléctrico, se extiende hacia fuera a lo largo de los ejes de los elementos. En el caso de Yagis polarizadas horizontalmente, esta sería la dimensión de lado a lado, tal como se muestra en la Figura 2. Las Yagi tipo loop sólo difieren en que los elementos no son varillas lineales, pero se aplican las mismas reglas. En las figuras usted puede ver que la distancia de apilamiento es exactamente el diámetro de la apertura. Observe también que, para las Yagi, la apertura del plano E es ligeramente más ancha que la dimensión del plano H.

Entonces, cómo se logra un espaciado correcto para diferentes bandas? Si usted está apilando dos antenas en diferentes bandas, debe tener en cuenta la distancia de apilamiento de cada antena y localizar las antenas de tal forma que ninguna apertura “vea” la apertura de la otra antena. Tomemos un ejemplo. Queremos apilar una antena

DSFO144-12 junto con una DS222-10RS sobre el mismo mástil. La distancia de apilamiento de la 144-12 (plano H) es de 10 pies y 8 pulgadas mientras que la de la DS222-10RS es de 74 pulgadas. Tome la mitad de la distancia de apilamiento para la antena de frecuencia más baja y tendrá la dimensión del límite de apertura para esa antena. En este caso es de 64 pulgadas. Haga lo mismo para la otra antena. La distancia correcta para una interacción cero, será entonces 64" más 37", o 101" de espacio total. Bastante simple. No hay manera de que una antena vaya a ser molestada por la otra.

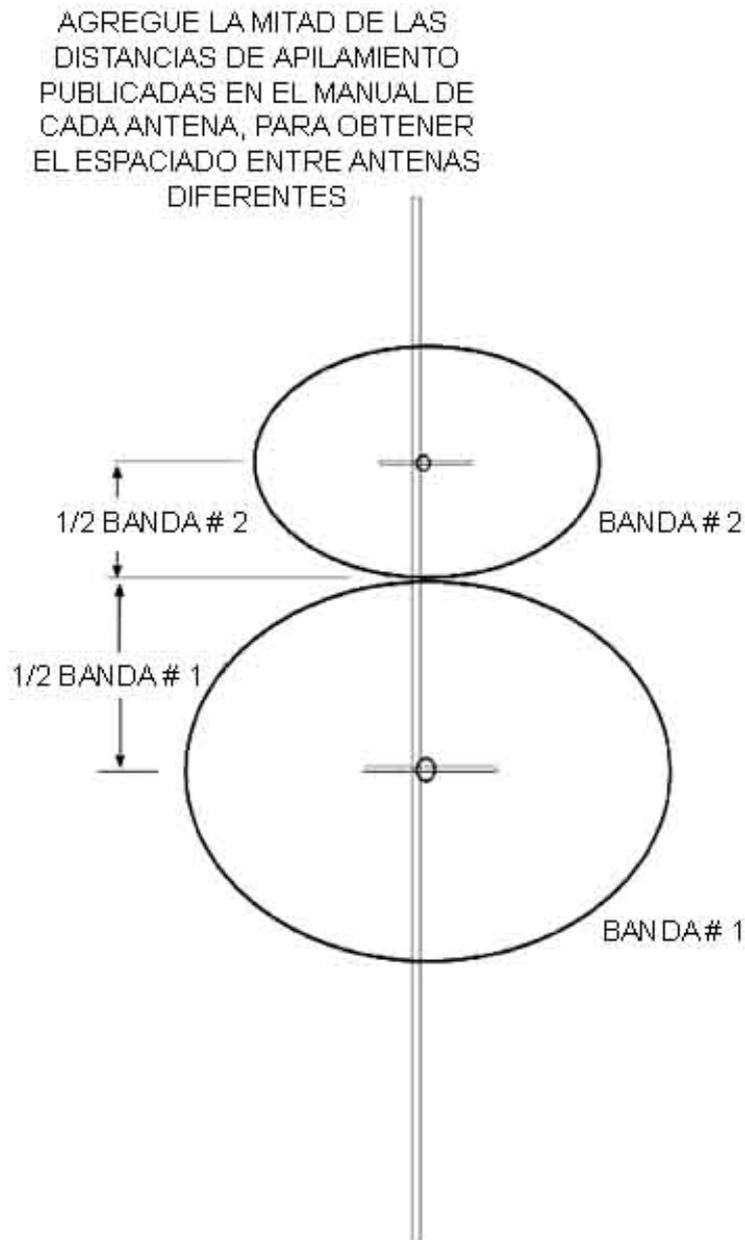
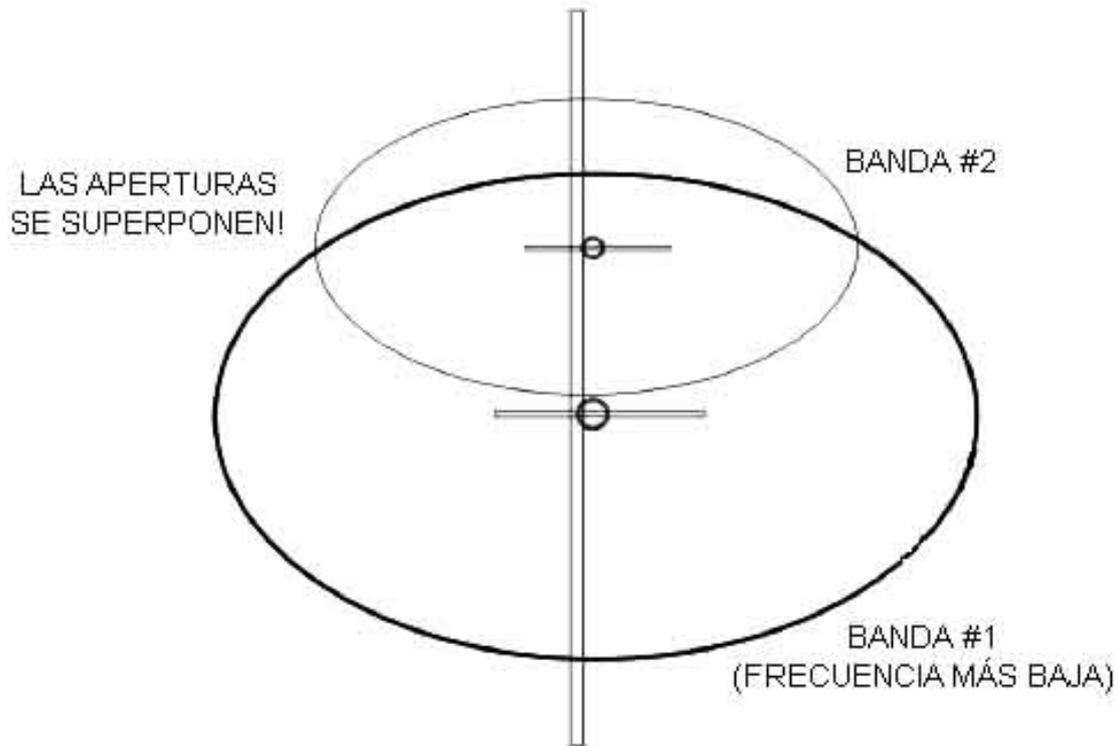


Figura 3 – Agregar la mitad de la distancia de apilamiento para obtener el espaciado correcto entre dos antenas de frecuencias diferentes.

La mayoría de las personas harían las cosas rápidamente con este método, sin embargo podemos mezclar los números ligeramente. Si usted coloca la antena pequeña de tal manera que su apertura sólo se acerque a la localización física de la antena de frecuencia más baja, logrará casi el mismo efecto. Ciertamente, existe alguna ligera interacción como puede verse en la Figura 4.



LA BANDA #2 TRABAJARÁ PERFECTAMENTE.
LA BANDA #1 TENDRÁ UNA REDUCCIÓN EN SU DESEMPEÑO

Figura 4 – Apilamiento con algo de pérdida.

La antena de frecuencia más alta (BANDA #2) no tiene metal alguno dentro de su apertura, y trabajará sin problema alguno. La antena de frecuencia más baja tiene ahora algo de metal dentro de su apertura, pero el tamaño es pequeño. La apertura de la frecuencia más baja es relativamente grande, por lo cual sólo sufre una pequeña interacción. Usted también debe verificar la distancia de apilamiento para la frecuencia de frecuencia más alta. Si esa antena tiene un boom muy largo, entonces también podrá tener una apertura mayor. En el caso de la Figura 4, la mitad de 37" es 17" para la antena DS222-10RS. Este es un espacio mucho menor que las 101" del ejemplo anterior. La Yagi 222 estará feliz, mientras la Yagi 144 protestará un poco por la pequeña obstrucción a su gran apertura. En realidad, también habrá una reacción mínima con la DSFO144-12. La razón es que con la mayor apertura de la Yagi 144, puede ser introducido más metal dentro de ese espacio con menos efecto que con una antena de apertura más pequeña. La antena DS222-10RS realmente llena sólo una pequeña parte de la apertura de la antena de 144 MHz. En realidad, usted puede hacer un cálculo aproximado midiendo el área de bloqueo de la antena DS222-10RS. Unos pocos elementos de 24", un boom de 1 ¼ " de diámetro, la placa del mástil, el área del elemento excitado, el cable coaxial y finalmente, pero no menos importante, el

mástil principal sobre el cual está montada la antena, todos estos son elementos que previenen la recolección de esos pequeños microvoltios por metro. El área de bloqueo que usted determinó es un pequeño porcentaje de la apertura total de la antena DSFO144-12, digamos que es un 3% del área principal. La relación bloqueo/apertura puede ser expresada como pérdida en decibeles. Si un 97% de la apertura está intacta (no bloqueada) entonces, comparando con el 100% de área de apertura sin haber bloqueo, producirá una pérdida de xx dB.

En la Figura 5 puede verse una instalación típica de antenas de 144, 222 y 432 MHz en un mástil de 13 pies. En este caso, el intrépido DXista ha decidido apilar dos Yagi DSFO144-12 y colocar las antenas de 222 y 432 MHz casi en el centro. Aquí está cómo usted podría hacerlo. Observe que hemos tratado de mantener las antenas lo más lejos unas de otras, y sólo hay un margen de 1" con la Yagi de 222 MHz (47").

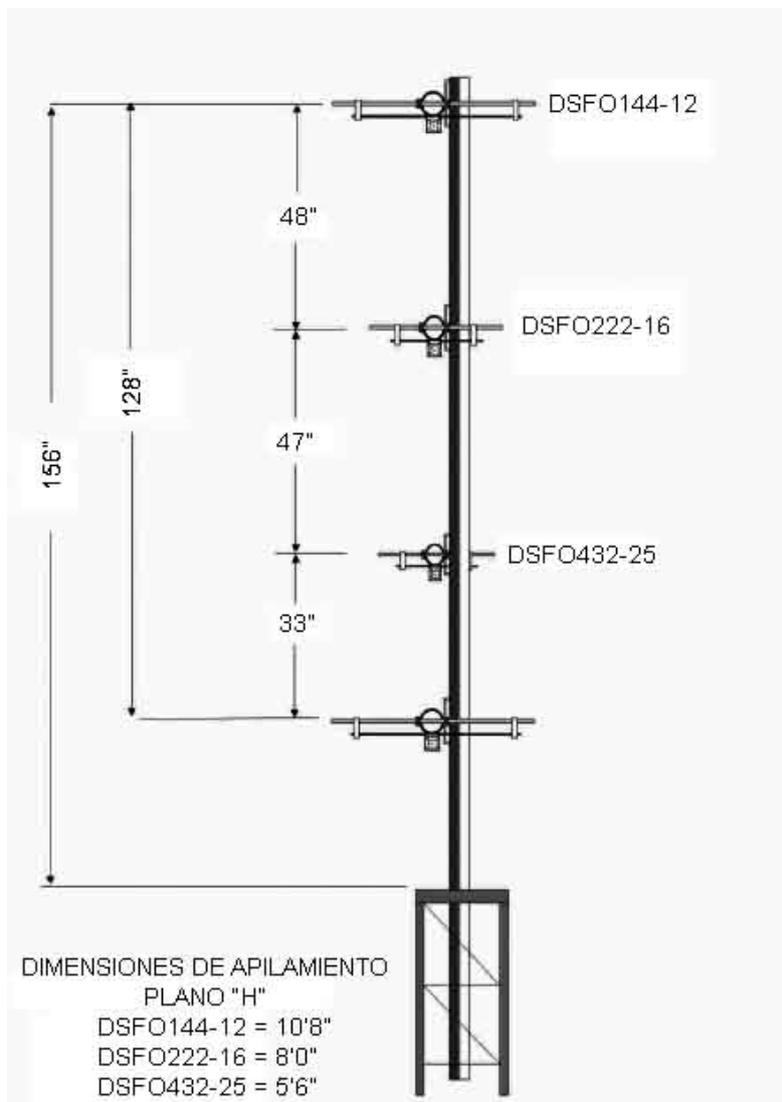


Figura 5

“Todo muy bien y muy bueno”, dice usted, “pero quiero colocar desde 50 MHz hasta 1290 GHz en mi torre, y sólo dispongo de un mástil de 13 pies” Tenemos que ponernos serios y preguntarnos qué tan importante es esa nueva banda. Si usted quiere tener todas esas antenas en la torre, todavía puede hacer una pequeña trampa! Suponga que usted no puede colocar todas las demás antenas en el espacio

asignado. Entonces qué puede hacer? El siguiente compromiso produce un poco más de molestia. La opción que le queda es sacrificar también la distancia mínima de apertura para la antena más pequeña. Ver Figura 6.



Figura 6 – Apilamiento con alguna pérdida.

En nuestro caso, la antena DS222-10RS estaba 37" retirada de la antena DSFO144-12. Si usted reduce ese espacio por debajo de 37", se aplican los mismos procedimientos con la antena pequeña que ahora tiene una antena más grande (y mayor bloqueo) protruyendo dentro de su área de recolección de señal, la cual es pequeña. El éxito de la antena pequeña será mayor que el de la antena más grande, puesto que la antena DSFO144-12 es una antena mayor y la apertura que está incursionando es más pequeña. Aún si usted calcula todos los números y mide todo el bloqueo, tendrá todavía una cifra que es una fracción de decibel de pérdida, con alguna degradación del patrón de radiación de la antena. Este es un pequeño precio que se debe pagar por el hecho de agregar una banda adicional a su torre. Ahora un aficionado al EME preferiría morir que regalar 0.4 dB, pero para una estación que trabaja tropodispersión o dispersión por meteoros, 0.4 dB son difíciles de no tener en cuenta. En mi experiencia, a menos que usted pueda cambiar instantáneamente de una antena a otra, una diferencia de 1 dB no es notoria a corto término. 2dB serían poco notorios. En un plazo de unas pocas semanas de observación, usted podría ser capaz de detectar ese único decibel!

La banda de 50 MHz presenta el mayor problema en cualquier instalación tipo "árbol de navidad". Siendo la banda más baja de VHF, tiene la mayor apertura. La Figura 7 muestra una instalación típica. La antena DS50-5 debe ser colocada a unos 19 pies, lo cual hace su radio de apertura de 9 ½ pies! La mejor forma de planificar su

apilamiento, es localizando las Yagi de frecuencia más alta cerca de la Yagi de 50 MHz y mantener la Yagi de 50 MHz por fuera de la apertura de las antenas de más alta frecuencia. Esto asegurará que las Yagi de más alta frecuencia funcionen perfectamente. La Yagi de 144 MHz se coloca lo más lejos posible, en el tope del mástil. Mantenga la máxima separación entre las antenas de 144 y 432 MHz para prevenir problemas de armónicos por acoplamiento. Por supuesto, las Yagi de 432 y 222 MHz están dentro de la apertura de la antena de 50 MHz, pero la Yagi de 144 MHz no lo está. Las dos pequeñas Yagi bloquearán fuertemente la Yagi de 50 MHz. He incluido algunas dimensiones para demostrar el proceso. También incluí los tamaños aproximados de apertura para ilustrar la técnica.

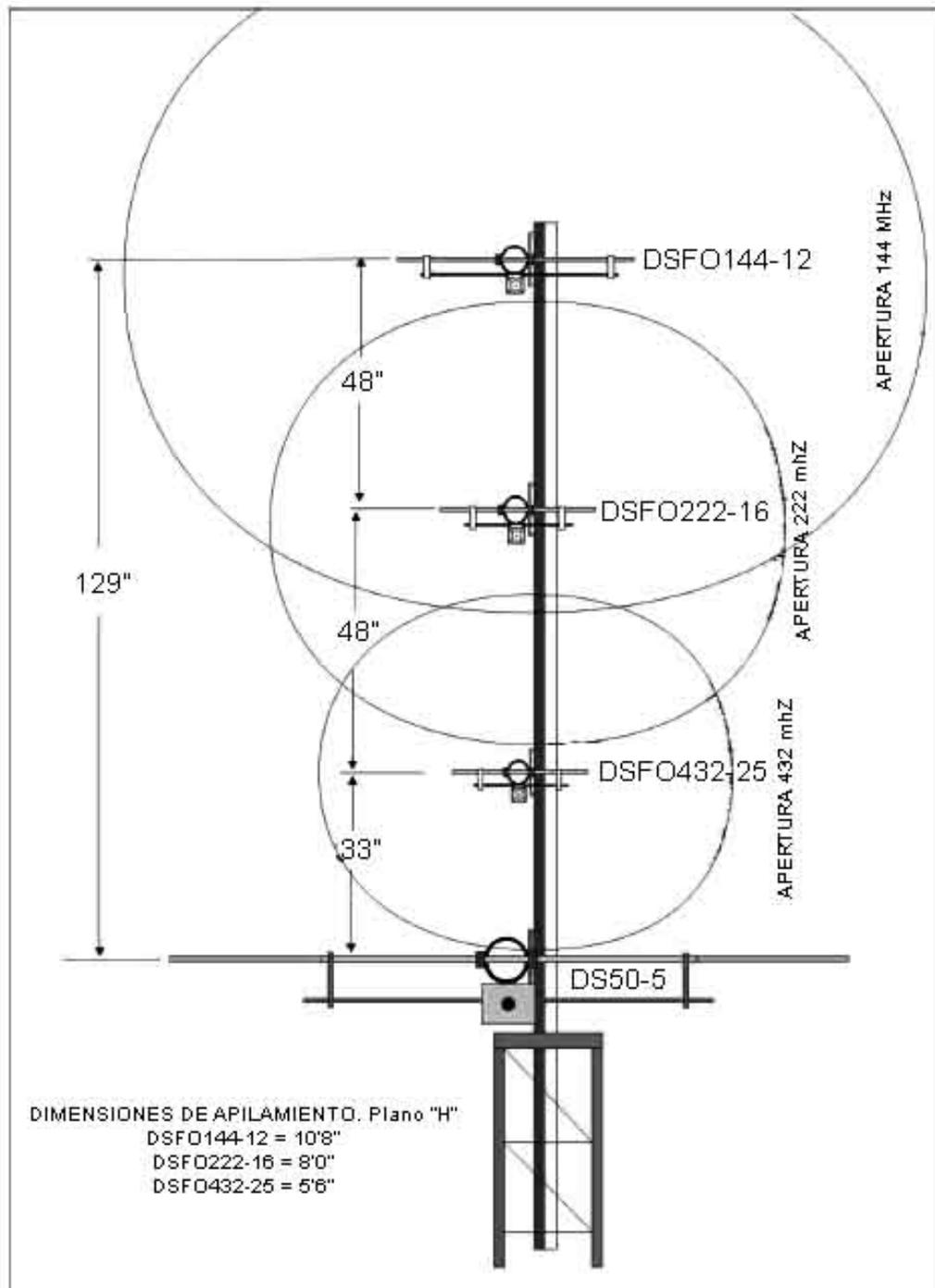


Figura 7

Para las Yagi de 222 o 432 MHz que están directamente por encima de los elementos de 50 MHz, no hay suficiente metal en las cercanías proveniente de la antena de 6 metros que pudiera formar un plano a tierra. Esas antenas funcionarán normalmente si esos espacios mínimos se adhieren. No debe haber sobreposición en 432 o en 222 MHz, como resultado de la cercanía de la antena de 6 metros. Las longitudes de onda cortas en 222 o 432 MHz conforman un espacio de varios pies entre los elementos de 50 MHz que aparece transparente cuando se sitúa por debajo de las Yagi de más alta frecuencia. Esto es bueno. Alguna vez tuve una antena temporal, montada en una torre temporal para un concurso de VHF. La Yagi de 222 MHz, una Cushcraft 220B 4.2 wl 222 MHz, terminó instalada a 12" sobre el boom de 34 pies de una Yagi para seis metros! Ambas antenas funcionaron muy bien! Estoy seguro que la 220B perdió unos pocos décimas de decibel de ganancia hacia delante, pero la VSWR no cambió. El esquema parecía bueno y trabajé toda clase de DX ese fin de semana. Escuché a la Florida en tropo desde Maine, y trabajé la mayor parte de la costa Este hasta Georgia! Actualmente no recomiendo ese espaciado, pero en un apuro, usted puede salvarse con algo para esa ocasión. Observe también que, con esta distribución, la Yagi para más alta frecuencia está situada más cerca de la torre y será necesario un cable coaxial más corto y flexible, manteniendo bajas las pérdidas en la línea de alimentación en los 432 MHz donde sea necesario. La antena de 144 MHz está instalada en la punta del apilamiento y puede tolerar mucho más cable en la sección flexible con menos pérdida. Desearía usted agregar 903 MHz y las bandas más altas? puede colocarlas cerca al extremo superior del mástil y mover las antenas de 222 y 432 MHz sobre ellas. En la Figura 8 se muestra un conjunto típico al que se han agregado Yagi tipo loop. Ahora tenemos 8 bandas sobre un mástil de 15 pies, y hemos cambiado muy poco.

Con este tipo de apilamiento usted podría disminuir las distancias sobre el mástil vertical sacrificando algo de ganancia. Personalmente movería la DSFO144-12 para acercarla a la DSFO222-16, pero que aún quedara retirada 64" de la DSFO432-25. La única pérdida adicional se presentaría en la Yagi de 222 MHz, debido a que ahora hay una Yagi de 144 MHz dentro de su apertura. Haciendo esto, usted puede reducir la dimensión del mástil un poco más de 2 pies. No está mal tener ocho bandas en un mástil de 13 pies!!

Entonces, qué debemos evitar? Los discos parabólicos pueden ser una molestia. A diferencia de otras Yagi, las cuales producen un bloqueo mínimo, todos los discos aparecen como grandes bultos sólidos de metal para las antenas de frecuencias más bajas. Un disco de 3" o de 4" constituye una enorme área de bloqueo. Usted podría fácilmente perder unos pocos dB en una frecuencia de UHF si uno de estos discos fuese montado enseguida de una Yagi de UHF. Por supuesto, el disco funcionaría normalmente. Mire nuevamente la Figura 1 para ver la razón. Lo mismo puede decirse de cajas metálicas y cajas contra la intemperie tales como las que pueden contener transverters de microondas o amplificadores de potencia. Cualquier caja metálica que se encuentre dentro de la apertura de una Yagi tipo loop para microondas, causará problemas. Como ejemplo, yo traté de montar un transverter 3456 asociado a un amplificador de 45 watts, cerca de mi Yagi tipo loop para 3456 MHz. Realmente medí los efectos de la caja sobre el rango de la antena. Tan pronto como la caja comenzó a entrar en el rango de apertura de la antena 9112LY (una Yagi tipo loop de 112 elementos) puede ver que la ganancia disminuía. Terminé por montar la caja hacia los lados para reducir su influencia, y la coloqué 14" por debajo de la Yagi loop. Un poco más cerca y podía comenzar a ver cómo caía la ganancia. Observé más de 0.5 dB de reducción con la caja completamente adentro del área de apertura de la antena. Esta caída de la ganancia también estaba de acuerdo con mis cálculos mecánicos de bloqueo por la caja metálica.

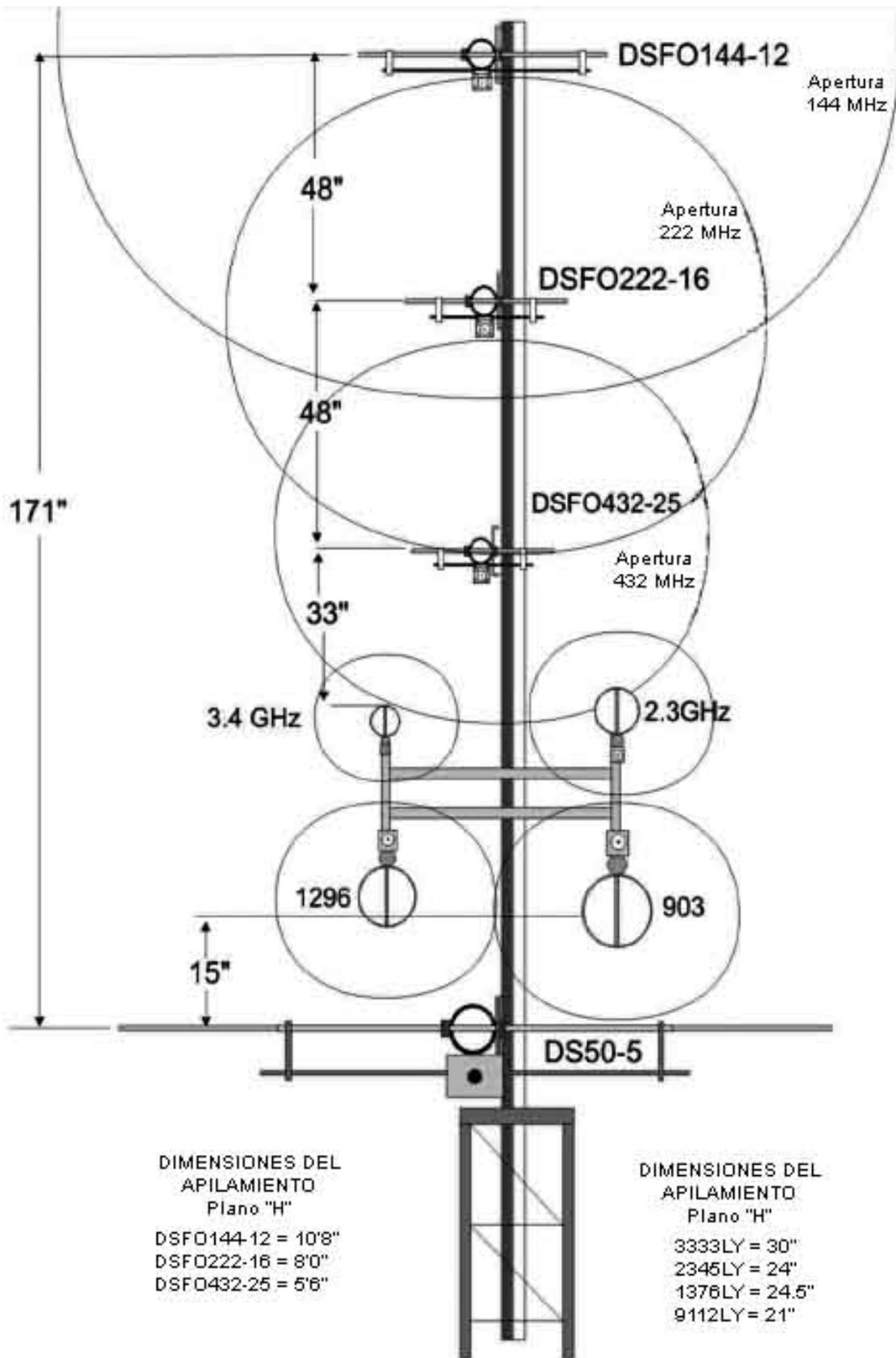


Figura 8

Usted lucha muy duro por lograr ganancia en esas frecuencias. La pérdida en la línea de alimentación es alta. Los relevos coaxiales son pérdidas. La potencia es difícil de generar. Entonces por qué malgastar la ganancia de antena tan difícilmente conseguida por una caja de metal pobremente situada? Usted trabajó duro para lograr esa ganancia. Por qué botarla? El punto a recordar es el tamaño relativo de la obstrucción vs. el área calculada de apertura de la antena. A 3456 MHz, la apertura se hace muy pequeña, mientras las cajas de metal son cada vez más grandes! Yo no coloco un preamplificador allí; desearía el preamplificador, el transverter y el amplificador de potencia de 45 watts colocados allí para lograr ganancia!



**Figura 9 – La caja de equipo ocupa casi 1/8 de la apertura de la antena.
 $.125 = .6 \text{ dB}$
 Por qué gastar todo ese tiempo y dinero para lograr unos pocos dB en
 3456 MHz sólo para desperdiciarlos en una instalación pobremente
 diseñada?**

Entonces, cuáles son los efectos que se observan cuando las antenas están localizadas muy cerca unas de otras? Bien, lo primero que se degrada es el patrón de radiación. Por lo general esto no lo nota el operador casual. Los lóbulos que debían estar 25 dB abajo, pueden saltar a 19 dB abajo. Ellos son fácilmente olvidados a menos que usted los esté verificando. Lo siguiente que aparece puede ser un cambio en la VSWR. Finalmente, comienza a perder ganancia hacia delante. Los cambios en la VSWR pueden no ser notados por usted a menos que tenga una fuente de barrido y un puente de pérdida de retorno. El típico watímetro del radioaficionado común, o

medidor de potencia, sólo muestra cambios relativamente masivos en la SWR. Por lo general, el medidor de SWR sólo mide una frecuencia, mientras los cambios en SWR deben ser observados a través de todo el pasabanda de la antena para poder observar realmente los cambios. Mi punto es que si usted ve un cambio en la VSWR, las antenas definitivamente están interactuando. He probado observando varias Yagi tipo loop en un rango de antenas e intencionalmente coloqué muy cerca otras Yagi tipo loop en bandas diferentes, mientras observaba el pasabanda de la antena bajo prueba. Con Yagi tipo loop, de 12 pies de longitud, pude colocar otra antena (en diferente frecuencia) dentro de los 7 u 8 pies, (límite de loop con límite de loop) antes que pudiese observar alteración del pasabanda o de la VSWR! Estas son buenas noticias para aquellos que quieren instalar suficientes antenas como para eclipsar el Sol. Con tal que ellas no estén relacionadas armónicamente y sean de diferentes bandas, usted puede instalarlas con poco riesgo de que las cosas vayan a marchar mal.

En este momento, debemos agregar unas pocas advertencias acerca de otros efectos relacionados:

- Efecto #1 ha sido señalado anteriormente: cualesquier bandas que estén relacionadas armónicamente pueden causar mucho problema cuando las aperturas se superponen. Me vienen a la mente 144 y 432 MHz. Lo repito para 432 y 1296 MHz. Es una buena idea mantener esas antenas más allá de sus dimensiones de apertura. Algunos Radioaficionados han informado malas interacciones entre ese tipo de combinación de antenas. Alguna vez tuve ocho Yagi NBS de 4.2 longitudes de onda para 432 MHz montadas en el centro de un marco "H" de cuatro Yagi para 144 MHz. Las Yagi eran Oliver Swan LPY (las recuerdan?). Ambos conjuntos trabajaban muy bien. Recuerdo haber oído ecos de CW procedentes de la Luna en 432 MHz un día al salir sobre el horizonte. Esto ocurrió en los días de las cifras de 2 dB de ruido. La línea de alimentación era un cable barato de 3/4" y 75 Ohm tipo CATV con transformadores de 50 Ohm! Obviamente, el sistema de 432 MHz no se degradó mucho! El conjunto de 432 MHz estaba dentro de la apertura del conjunto de 144 MHz. La extensión de la apertura de 432 MHz sobrepasaba muy poco la de las Yagi de 144 MHz.
- Efecto #2 incluye un bajo nivel de acoplamiento entre las Yagi. Sólo porque dos antenas puedan coexistir una con otra, no significa que la energía de una no vaya a encontrar su paso por la otra. Hice algunas pruebas con antenas disímiles y encontré que alrededor de 3 pies de espaciado, usted puede planificar sobre un acoplamiento de 30 dB de pérdida entre los puntos de alimentación de las antenas. Qué significa esto? Bien, 100 watts en su antena DS222-10RS pueden empujar 100 miliwatts de energía en 222 MHz hacia su nuevo y encantador equipo de HF de 3.000 dólares más el transceptor de VHF. Ahora la pérdida es mayor para el espaciado vertical que para el lateral en las Yagi, pero todavía hay suficiente energía volando alrededor de esas pilas de Yagi tan cercanas unas de otras, como para ocasionar toda clase de fallas en el equipo. Es una buena idea verificar esto después que usted ensamble su conjunto de antenas. Si usted sólo transmite en una banda cada vez, la solución es simple. Desconecte las líneas de alimentación de cualquier preamplificador o radio cuando no esté en uso. Esto puede hacerse mediante relevos coaxiales. Mientras más a prueba de tontos sea la instalación, menos problemas encontrará. Algunos problemas que aparecen con potencia de RF regresando por las líneas de alimentación, son fallas misteriosas de los preamplificadores, o figuras de ruido en los preamplificadores que aparecen con el tiempo. Las fallas grandes incluyen extremos frontales. Mientras estamos en el tema, aquellas antenas de alambre que usted ató a la misma torre, también pueden causar problemas. Asegúrese de que todos los preamplificadores

montados en la torre tienen un puente adecuado para las líneas de poder de DC para prevenir que la energía de RF en HF alcance el preamplificador o la fuente de poder dentro del cuarto de radio! Han ocurrido fallas cuando no se implementaron esas precauciones. Un kilowatt en 75 metros puede producir algunos voltajes altos sobre las líneas de DC que van a los preamplificadores, rotores, etc. Los diodos de polaridad protectora pueden comenzar a actuar como rectificadores y ocasionar el síndrome de los tres fusibles quemados dentro de su costoso preamplificador. Usted puede freír su sub micrón Gate FET en un sub milisegundo! Siempre he verificado mis antenas para acoplamiento cruzado después de su instalación. Si usted posee un buen medidor de potencia para microondas, entonces tiene una excelente herramienta para hacer la prueba. Los elementos de potencia del medidor son de banda ancha y van típicamente desde 10 MHz hasta por lo menos 12 GHz. Encienda su estación de 6 metros y verifique todas sus otras líneas de alimentación para buscar potencia que regrese “por detrás de la puerta”. Aumente paulatinamente la potencia de manera que no se sorprenda y queme su costoso elemento del medidor de RF. Es una buena idea colocar un atenuador enseguida del elemento por motivos de seguridad. Planifique 30 a 50 dB de aislamiento en todas las bandas. Esto también puede hacerse con las antenas en mástiles y torres diferentes. En ese caso, debe rotar cada antena y encontrar el punto con máxima transferencia de energía. Se sorprenderá de los resultados. Observé más de 1 watt de la energía en 222 MHz introduciéndose en mi línea de alimentación de 144 MHz! No es necesario decir que invertí en un buen filtro. Si usted no posee los medios para medir tales niveles de potencia, entonces debe suponer que tiene por lo menos 100 miliwatts sobre las otras líneas de alimentación, y planificar las cosas de acuerdo con eso. Puede hacer dos cosas, desconectar las líneas cuando no están en uso o instalar filtros.

Espero que esta discusión le haya ayudado a entender las características de las instalaciones de múltiples antenas. Muchas situaciones malas que pueden aparecer, se pueden evitar a través de una planeación inicial y siguiendo estas recomendaciones.

Traducción: Germán Camargo, HK7AAG