

LA ANTENA... ¡PERO SI ES FACILISIMO!

La antena... ¡pero si es muy fácil! (1º Parte)

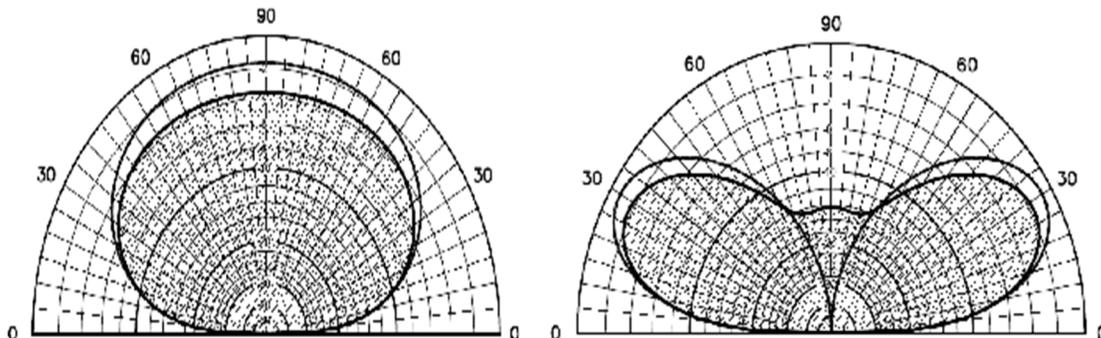
Si usted es un "viejo lobo de mar" no encontrará aquí nada que no sepa, más si pertenece a GACW "The new generation" quizás le resulte de utilidad.

Existen en nuestro medio persistentes creencias acerca de las antenas que perjudican nuestra valoración y comprensión de los fenómenos eléctricos y electromagnéticos que ocurren en los irradiantes que empleamos. Es un tema largo que tendremos que acotar para este boletín, por eso hablaremos solamente de las antenas más básicas compuestas por un par de alambrecitos generalmente horizontales; eso incluye, pero no se agota en: antenas tipo Hertz en todas sus variantes: Zeppelin, Windom Carolina, doble Bazooka; dobles varios: G5RV, dipolos acortados con cargas, dipolos con trampas, nuestra Pamperita, antenas unifilares, etc. También vale con diferencias no muy importantes para montajes inclinados como V invertidas o *sloopers*.

Algunos conceptos erróneos nacen de excesos de simplificación, por ejemplo: una antena en las proximidades de la tierra (terreno) constituye un sistema con la tierra como *reflector*. En estas condiciones suponer que las propiedades irradiantes de una antena dependen solamente de su alambrado o construcción es equivalente a suponer que el diagrama de radiación de una direccional de dos elementos *depende solo del irradiante!*

Una de las propiedades principales más importantes: el diagrama de radiación vertical, depende *casi exclusivamente de la altura de la antena sobre el terreno*, sin embargo es común que pensando que estamos testeando las propiedades de la antena en sí misma en realidad estemos comprobando las propiedades de "la altura de la antena", o sin advertirlo, aceptaremos de buen grado la afirmación que el "ángulo de disparo" de una Zeppelin será mejor (o peor) que el de una Carolina *aunque sea prácticamente el mismo estando instaladas a la misma altura...* (en el mismo lugar desde luego...)

Vemos en las figuras la importante diferencia que existe entre el diagrama vertical de radiación de una antena montada a un cuarto de onda de altura sobre el terreno, respecto de la misma antena montada a media onda (la parte en gris corresponde a un terreno real medio y la blanca superpuesta, a un terreno perfectamente conductor). Aun siendo exactamente el mismo "alambre", queda absolutamente claro que estas disposiciones se comportan de manera muy diferente y para el caso podemos pensar que *son dos antenas totalmente distintas...!*



Numerosas e innecesarias complicaciones tienen su origen en ciertas "asociaciones *ilícitas*", veamos:

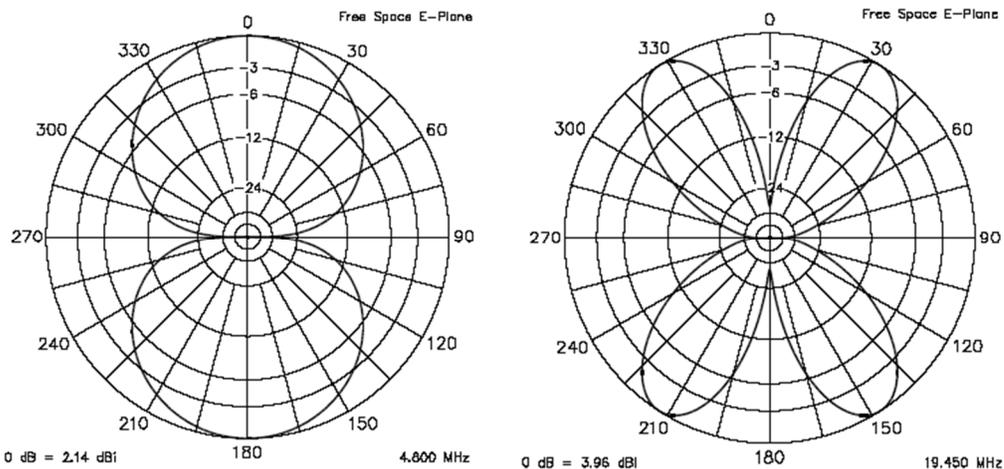
Jamás debemos incluir la línea de transmisión al hablar de las *propiedades de la antena*, como tampoco lo hacemos con el cable de 220V cuando analizamos las propiedades de la lámpara de un velador... a nadie se le ocurriría señalar las bondades del tubo fluorescente o la lámpara incandescente en si asociándolas con el tipo o longitud de cable utilizado para alimentarlo porque sabemos perfectamente que lo que produce la luz es la lamparita y que los cables de 220V (cuando están bien conectados), *no iluminan...*

Para nuestro propósito conviene tener siempre presente que las antenas son "*esos alambres que están al final de la línea de transmisión*". ¿Por qué?, pues porque *por definición*, una línea de transmisión (abierta, coaxil, etc.) *no irradia energía* (o no debería hacerlo), igual que el cable del velador *no emite luz*.

Si las cosas están bien hechas las propiedades de la antena como irradiante no tienen nada que ver con su alimentador; *así de sencillo...* Alguien podría objetar que ambas cosas están muy relacionadas. Es verdad; retrucaremos diciendo que también está muy relacionado el transmisor empelado y sin embargo no afirmaríamos que la antena "A" funciona mejor que la "B", porque la primera está vinculada a un transmisor de 1 kW y la segunda a un *pipiolo* de 5 W mal cargado. Si admitimos esto -que forma parte de la teoría básica de las antenas- caeremos en cuenta de inmediato, por ejemplo, que una G5RV normal para 20 m, *es un simple doblete de 3/2 de longitud de onda*, cuyas propiedades irradiantes nada tienen que ver con el ingenio de Louis Varney para adaptarla a su transmisor y operar ese doblete en varias bandas.

Con estas dos aclaraciones esenciales advertimos para nuestra tranquilidad, que la mayoría de las antenas sencillas horizontales que solemos emplear *desde el punto de vista electromagnético*, *¡son prácticamente iguales...!*, la única variable de importancia *electromagnética será su longitud física*, principal responsable de su diagrama de radiación horizontal y su rendimiento.

En efecto, cuando la longitud de una antena comienza a ser apreciablemente mayor que media onda (lo cual sucede con casi todas las multibanda sin trampas: Hertz operando en armónicos, G5RV, Windom Carolina, hilos largos, etc.), el diagrama horizontal sufre variaciones muy notables que pueden resultar beneficiosas o desastrosas para los comunicados en ciertas direcciones. Compare los diagramas de radiación horizontal de la componente eléctrica de una antena de media onda con los de una de onda completa (en el ejemplo en el espacio libre) observe que cuando el alambre es media onda presenta máximos en la dirección 0°-180°, mientras que cuando es una onda completa, en esa misma dirección *¡hay un nulo!*. Eso nos lleva directamente a otra cuestión importante: *LA GANANCIA...*



Aceptémoslo con valentía aunque nos pese: *no hay ganancia sin directividad*. Las antenas son elementos pasivos y por tanto la única "ganancia" que podemos obtener de ellas siempre resultará de la *reubicación o reorientación espacial de la energía disponible en su punto de alimentación*.

Siempre que una antena "empuje energía" hacia una dirección será porque la roba de otra; realmente poco o nada es lo que podemos hacer seriamente para obtener "la mejor antena", más allá de no desperdiciar energía en calentar los cables o los alrededores producto de un montaje a baja altura o del uso de "alambre de fardo" en el irradiante.

Sin embargo podemos explotar algunas propiedades direccionales producidas por la longitud y/o la altura de las antenas sencillas y lograr una mejor antena o ganancia para *condiciones/direcciones particulares*. Se cuenta que Mr. Varney diseñó la conocida antena G5RV para obtener alguna ganancia adicional en las dos direcciones de habla inglesa con las que deseaba comunicar desde el QTH de su estación en Uruguay, es decir Inglaterra y USA.

Él sabía lo que estaba haciendo cuando desarrolló ese doblete de 3/2 ondas para veinte metros (más tarde vendrían las ya mitológicas virtudes "multibanda" del engendro, perdón, quise decir del ingenio...)

(Imágenes, gentileza de ARRL Antenna Book Ed. 2003)

La antena... ¡pero si es muy fácil! (2º Parte)

En el número anterior dimos un vistazo a la antena desde el punto de vista de sus propiedades electromagnéticas que se reflejan, como dijimos, en su diagrama directivo o de radiación, polarización, etc.

En esta entrega abordaremos su aspecto *eléctrico*, es decir: *la antena considerada como carga de un generador de corriente alterna de alta frecuencia*. Esta visión nos sitúa fuera de la radio llevándonos al reino de la electricidad convencional como cuando tratamos con una instalación de audio. Aquí podremos reemplazar la antena por un *circuito equivalente idealizado* con elementos de circuito discretos; resistores, capacitores e inductores.

Este procedimiento no dará lugar a conflictos con el comportamiento de la antena real, es un modelo científico probado y garantizado; podemos aplicarlo porque aunque la antena sea una sola y misma "cosa", tratarla desde diferentes perspectivas facilita la comprensión y el análisis (análisis quiere decir "dividir en partes").

Este enfoque se facilita cuando los fenómenos mantienen suficiente independencia unos respecto de otros como sucede afortunadamente con las propiedades eléctricas de las antenas, anote: *ellas no influyen en sus propiedades electromagnéticas*.

Es muy, muy importante recordarlo: asuntos tales como la resistencia, la reactancia, la impedancia, la ROE en la línea y demás *no afectan las propiedades de la antena como radiador*. Por eso podrá ser tan buen irradiante una antena cuya resistencia en el punto de alimentación sea 50 como si es 1000 ohms, que sea bastante reactiva o puramente resistiva o que la ROE que produzca en una dada línea sea 1:1 o 10:1.

Esta noción puede chocar al lector porque en el éter suelen oírse cosas muy diferentes (a veces de boca de profesionales lo cual es una verdadera desgracia porque habitualmente la palabra de ellos es estimada como de mayor valor). ¿Cómo lograr convencer a tal lector para que "crea" en esto?, ¡pues no lo intentaré!, ciencia y creencia no se llevan bien; tampoco utilizaré argumentos de autoridad fuertes. A lo sumo recomendaré en este sentido recurrir a buenos textos universitarios o libros bien chequeados de nuestra actividad tales como el ARRL Antenna Book, o los diversos manuales publicados por la RSGB o similares organizaciones de aficionados, con preferencia a listas de correo, revistas o sitios Web no bien controlados en cuanto a su rigor científico. También recomendaré analizar críticamente las opiniones de gente común como yo aunque hayamos estudiado, porque no hay que olvidar que los exámenes finales en la facultad aquí *¡se aprueban con cuatro...!*. Hecha la salvedad, continuamos....

Aunque las propiedades electromagnéticas de la antena no dependan de sus propiedades como carga, eso no implica que podamos descuidarlas o que no estén relacionadas; significa que podemos independizarlas para tratarlas por separado sabiendo que unas no influirán sobre las otras haciéndolo así.

Eléctricamente nos interesa transferir eficazmente la energía desde el transmisor hacia la antena, para ello y desde el punto de vista del transmisor, hay que disponer las cosas para que la línea le presente la carga necesaria a él para que funcione *como previeron sus diseñadores* (olvide el teorema de "la máxima transferencia de energía", no es necesario ni tampoco lo aplicamos para comprender el acoplamiento entre un transmisor real y su carga, ese concepto en estas circunstancias solo sirve para "embarrar la cancha"). Véalo de este modo más simple que es correcto y productivo en esta situación.

Para que el transmisor funcione adecuadamente y genere la potencia nominal de diseño se lo debe conectar a carga que posea el valor de impedancia especificado por sus diseñadores; por eso no importa si esa impedancia de carga es una resistencia, una lamparita, una línea de transmisión o una antena, *¡solo tiene que ser la especificada!* (usualmente 50 ohms).

Para acotar el problema a lo esencial imaginemos que deseamos conectar *directamente* el transmisor a los terminales de antena sin línea de transmisión de por medio. Si la antena casualmente tuviera la impedancia que espera el transmisor sería buenísimo pues entonces solo bastaría con conectarlo y listo, si ese no fuera el caso, se nos presentan alternativas:

- Construir una antena cuya impedancia coincida con la que necesita nuestro TX (esto es difícil en general, pero en la práctica suele darse porque los equipos se diseñan para facilitar la coincidencia).
- Diseñar el transmisor para que funcione bien sobre la carga que presente la antena que se piensa usar. Es posible aunque engorroso en general, sin embargo lo hacemos para una típica clase de antena ¿adivina?, si, aquellas que presentan aproximadamente 50 ohms.

También con equipos que operarán con un solo tipo de antena habitualmente incorporada al mismo, por ejemplo un Walkie Talkie, teléfono inalámbrico doméstico o celular.

- Intercalar algún dispositivo transformador que convierta la impedancia de la antena (cualquiera sea) en la que precisa el transmisor (algo muy corriente). Tal dispositivo frecuentemente está físicamente instalado sobre la misma antena y parece formar parte de ella, por ejemplo el "Gamma match" de una Yagi.
- Ídem con el dispositivo adaptador física y claramente diferenciado. Obviamente es el mismo caso anterior.

Nótese que no hemos mencionado para nada la ROE, ¡es natural!, no habiendo línea de transmisión... ¡entonces no puede haber ondas estacionarias en la inexistente línea!, podrá haber cosas "feas", pero ondas estacionarias, definitivamente NO (las ondas estacionarias que siempre nos preocupan solamente habitan en las líneas de transmisión, recuerde lo siguiente: si intercalamos un medidor de ROE común entre el equipo y la antena él no indicará la ROE que "hay", sino la que "habría" ¡se si intercalara una línea de 50 ohms entre ellos! (a veces el medidor intercala una pequeña sección de línea para hacer la medición). No hay mucho más... es simple si no nos enredarnos con conceptos contradictorios. Igualmente en bien de la curiosidad agregaremos datos adicionales.

El primer caso (emplear una antena que se "hermane" bien con el TX) es usual en nuestra actividad: una de las antenas elementales (la Hertz alimentada al centro o "dipolo de media onda") presenta una impedancia predominantemente resistiva y próxima a los 50 ohms en su punto de alimentación, pudiendo vincularse directamente a un equipo que a propósito fue diseñado para operar con ese valor de carga.

Para el resto de las situaciones, el tercero y cuarto caso son muy comunes: se intercala un dispositivo transformador de impedancias entre la antena y el equipo; únicamente importa que este aparato haga su trabajo de *transformación* de impedancia sin introducir pérdidas significativas (anote que escribimos "*transformación*" no "*adaptación*", no estamos "*adaptando*" la impedancia del punto de alimentación de la antena a la impedancia de salida del transmisor sino transformando la Z_{in} de la antena a la que *precisa* el equipo, que es cosa muy distinta).

¿Por qué escribí la explicación sin emplear línea de transmisión?, pues para que resulte más claro que la cuestión fundamental es obtener directamente (o convertir) la impedancia de antena a la que precisa el transmisor y *hacerlo con pocas pérdidas*. Conseguido esto no habrá mucho más que hacer para mejorar los resultados del irradiante excepto utilizarlo inteligentemente y aprovechar las condiciones de propagación...

¿Y la línea de transmisión?

Aquí trataremos de no embrollarnos con posibles ideas preexistentes, no pierda de vista lo que hemos dicho el ítem anterior:

Para no tener al equipo *colgado* directamente de una antena exterior normalmente lo interconectaremos a ella mediante una línea de transmisión. Usándola *también* precisaremos:

- Presentarle al equipo el valor de impedancia de carga para el que fue diseñado.
- Tratar que la mayor cantidad posible de energía suministrada por el transmisor llegue a la antena.
- Lograr que cualquier transformación de impedancias que se produzca por la inclusión de la línea en el circuito (o sea preciso realizar

por cualquier razón) se haga con la menor cantidad de pérdidas posible (las líneas de transmisión suele trabajar como transformadores de impedancia, no hay que perder esto de vista).

Estos puntos se resuelven en la práctica casi sin esfuerzo disponiendo de una antena que ofrezca una impedancia cercana a los 50 ohms acoplada a una línea de transmisión corriente de 50 o 75 ohms de no muchas pérdidas, vinculada a un equipo proyectado para operar con cargas de aproximadamente 50 ohms.

En este caso especial la línea trabaja sin ondas estacionarias -o con muy pocas- (se dice entonces que la línea funciona como "línea plana o aperiódica").

Por suerte esta situación es muy frecuente pues como dijimos no es casual porque la mayoría de los ingredientes responde a un *diseño inteligente*.

Situación casi idéntica se presenta cuando intercalamos un buen dispositivo transformador *entre la antena y la línea* para lograr que la línea "vea" al conjunto Transformador de $Z + \text{Antena}$, como una resistencia pura de valor cercano a 50 ohms.

A este artificio se recurre con dispositivos transformadores de impedancia que aun cuando están "en la antena" no forman parte de ella más que físicamente. Puede ser el "Gamma Match" de una Yagi, el *aro adaptador (O Ring)* (no "gamma") de una Ringo, un "Hairpin" o cualquier otro invento parecido ("transformador de impedancia" será cualquiera de los dispositivos que solemos llamar "*Adaptadores de impedancia*": transformadores comunes con o sin núcleo de ferrite, redes L-C, líneas, transmatches, etc.)

En la práctica se pueden presentar dos situaciones especiales o una combinación de ellas

a) La impedancia de la antena no coincide con la de la línea de transmisión y la línea es un coaxil de 50 ohms de tipo más o menos común.

b) La impedancia de la antena no coincide con la de la línea de transmisión pero la línea es coaxil o abierta *de muy bajas pérdidas* a la frecuencia de operación.

En ambos casos se generarán ondas estacionarias en la línea por la diferencia de impedancias carga-línea, esas ondas estacionarias darán lugar a tres efectos principales.

- 1- Producen transformaciones de impedancia dependientes de la longitud de la línea. En general *el trasmisor verá una impedancia diferente de la que tiene la antena*.
- 2- Introducen pérdidas adicionales (no necesariamente elevadas).
- 3- Con altas potencias pueden producir tensiones elevadas que la línea u otros elementos asociados pudieran no ser capaces de soportar (conectores, aisladores, chisperos, etc.)

Caso "a" (línea común)

Cuando la antena no presenta una Z_{in} igual a la Z_0 característica de la línea estándar de 50 ohm lo usual será que la línea "abajo", no presente al trasmisor la impedancia para la que él fue diseñado (salvo que las cosas hayan sido dispuestas intencionalmente para soslayar el efecto transformador de la línea, por ejemplo haciéndola de media onda eléctrica, o aprovechar dicha transformación a nuestro favor), esta situación se resuelve comúnmente mediante un circuito de *adaptación* (transmatch o similar) instalado del lado del equipo. *Es una solución absolutamente correcta e idónea*, no se trata de una *trampa* o "engaño al equipo para que no vea ROE" *ni nada de esos "cucos" con que nos asustan en el éter*, se trata de una legítima práctica estándar en la ingeniería de radio.

Las pérdidas adicionales por utilizar la línea con ondas estacionarias pueden calcularse previamente *y decidir si son o no aceptables*, este cálculo no es intuitivo ni inmediato y debemos saber que la "Potencia Reflejada" que medimos con el wattímetro direccional no se pierde salvo en casos especiales, lo que se pierde sobre es normalmente mucho menos que ese valor indicado al punto que la mayoría de las veces la pérdida puede considerarse despreciable, sobre todo en las bandas más bajas de HF.

Si las pérdidas adicionales por estacionarias resultaran excesivas o inaceptables no quedará más remedio que adaptar la Z del lado de la antena *si se desea minimizarlas*, no hay reglas fijas, cada caso debe ser evaluado con buen criterio por el interesado.

Para muestra basta un botón: se proyectaron satélites artificiales que trabajaban con ROE de hasta 4:1 (las antenas de los Tiros-ESSA operaban con 150 - 100 ohms, una ROE de 4:4 sobre su línea, y su trasmisor solo producía *¡escasos 30 mW...!* La adaptación de Z se realizaba del lado del TX dentro del cuerpo del satélite, es decir paradójicamente "*abajo*". Las sobretensiones en la línea rara vez son importantes con equipos comunes pero hay que considerarlas cuando se opera con amplificadores cerca del kW, esto quizás también sobreexija al adaptador o transmatch, pero *¿no se supone que para eso fueron hechos?*

Caso "b"

La antena no se adapta a la línea pero la línea *es de muy bajas pérdidas a la frecuencia de trabajo*.

A las románticas, bonitas y eficientes líneas abiertas las trataremos junto a los coaxiales de muy bajas pérdidas pues lo que importa para nuestro análisis es únicamente las *bajas pérdidas* a la frecuencia de trabajo.

Quiero destacar muy especialmente que nuestras reconocidamente eficaces líneas abiertas fueron desde siempre utilizadas con muy altos valores de ROE, del orden de *10:1*, esto de por sí debería otorgar absoluta tranquilidad acerca de la eficacia que se puede alcanzar aún con altos valores de ROE *si las líneas tienen bajas pérdidas*.

Dijimos que cuando hay ondas estacionarias las líneas se comportan como transformadoras de impedancia y a menos que se tenga en cuenta tal efecto para aprovecharlo a nuestro favor normalmente producirán del lado del equipo variados valores de Z, en general diferentes de los de la antena, con los que deberá ser capaz de lidiar el acoplador elegido.

Deseche posibles e injustificados prejuicios negativos que pudiera haber adquirido acerca de operar las antenas con medianas o altas relaciones de ondas estacionarias. En ocasiones esto no es conveniente sin embargo en muchas otras no solo *no tiene ninguna importancia* sino que resulta beneficioso hacerlo así, por ejemplo cuando empleamos una línea abierta cuyas ventajas compensan con creces sus normalmente altos valores de ROE en operación (10 o más). La clave para operar las líneas con ROE radica en conocer "*las pérdidas adicionales*"¹ y presentarle al equipo la impedancia de carga que precisa: si las pérdidas adicionales son bajas y la impedancia puede manejarse con el transmatch o dispositivo transformador adecuado, entonces *¡adelante!*

La autorresonancia no importa...

¿Cuántas veces habremos oído que las antenas comunes para ser eficientes radiadores deben ser autorresonantes?; es decir que deben cortarse muy cuidadosamente para un desempeño óptimo en sus posibilidades de comunicación, ¿verdad? Pues bien, se trata de otro error conceptual muy común (en el que frecuentemente incurren también profesionales de las

comunicaciones) que nos fuerza a cumplir con una condición totalmente innecesaria.

Una antena no tiene porqué ser *autorresonante* para ser un efficacísimo radiador, existen ejemplos bien populares de ello: la antena de 5/8, la Zeppelin doble extendida o la rómbica son archiconocidas (existen otras). Justificarlo físicamente escapa a los alcances de este artículo.

Aceptaremos que la *autorresonancia* es una condición *conveniente* en *ciertas situaciones* (por ejemplo para acoplar directamente un dipolo abierto de media onda a una línea coaxil común) que trataremos de aprovechar cuando nos convenga y que descartaremos sin temor cuando no haga falta.

Lo que sí importa es conseguir hacer circular la máxima corriente sobre la antena; en la *autorresonancia* esto se da automáticamente si la impedancia del generador es puramente resistiva. *¿Qué sucederá, por ejemplo, si la antena es más corta o más larga y no autorresuena?*

En esa situación no se establecerá automáticamente la máxima corriente sobre la antena porque ella presentará reactancia capacitiva o inductiva; entonces, para maximizar la corriente en la antena ;basta con cancelar esa reactancia con otra igual de signo opuesto...! Esto *no quitará eficiencia de radiación* a menos que los componentes utilizados para ese fin tengan pérdidas excesivas.

La cancelación de reactancia podemos realizarla sobre la propia antena no obstante frecuentemente será posible hacerlo "*abajo*", es decir del lado del equipo mediante un servicial acoplador, tanque Pi incorporado al equipo o transmatch (explicar por qué también escapa al alcance del presente artículo).

Con estos sencillos procedimientos conseguiremos maximizar la corriente sobre la antena llevando a resonancia *al conjunto Antena + Reactancia agregada*.

¿Se ve?, el efecto buscado no depende exclusivamente de que la antena sea puramente resistiva por sí misma, se logra exactamente lo mismo cancelando su reactancia, a eso también lo llamamos "resonancia" pero ya no implica una propiedad que la antena deba satisfacer por si misma sino que comprende *dos elementos como mínimo*: la antena y la bobina, condensador o stub asociado que llevan al *sistema* a resonancia.

Este concepto no viola los principios básicos conocidos acerca de los fenómenos de la resonancia porque ahora estamos hablando de la longitud *eléctrica* del irradiante, simplemente quita límites *artificialmente impuestos* por una simplificación excesiva de la teoría involucrada que por otro lado está perfectamente explicada en los libros de la especialidad.

Si la antena es bastante más corta de lo necesario la progresiva pérdida de rendimiento a medida que disminuye su longitud *no se debe a la falta de autorresonancia* sino a la disminución de la resistencia de radiación respecto de su resistencia de pérdidas totales que es *harina de otra bolsa* (estas, aunque también incluyen las de la bobina y la propia antena están influida por las de las del terreno y objetos cercanos). Cuando la antena es más larga (por ejemplo una de 5/8 l), *no sufriremos dicha merma* y la antena resultará usualmente más eficiente que una autorresonante de media onda.

(1) Ver <http://lu6etj.host-argentina.com.ar/lu6etj/tecnicos/roe/roe.htm>

La antena ;pero si es muy fácil! (3º parte)

Las antenas en recepción

En esta tercera y última entrega veremos algo de las antenas empleadas para recepción. Más que repetir conceptos básicos que se encuentran en los buenos libros y apuntes de nuestra actividad, intentaré hacer hincapié en cuestiones menos divulgadas.

La antena en TX y en RX

Generalmente los aficionados utilizamos la misma antena para transmisión y recepción, no obstante esto obedece más una cuestión de comodidad y practicidad que a conveniencia técnica.

Casi siempre una antena puede operar como trasmisora o receptora y una buena antena trasmisora normalmente puede resultar bastante adecuada para recepción (no necesariamente a la inversa), sin embargo esto no siempre es lo óptimo porque requisitos que son esenciales o convenientes para una función pueden resultar secundarios o innecesarios en la otra. Esto es una consecuencia del llamado "*Teorema de reciprocidad*" que demuestra que las características de una antena en TX son iguales a sus características en RX y esta igualdad de características es lo que a veces *no* conviene por distintas razones, veamos.

En transmisión estamos interesados en el *rendimiento eléctrico*: queremos que la mayor cantidad de energía entregada al irradiante se transforme en campo electromagnético y poca se pierda en calor.

Si se trata de una direccional para comunicaciones quizás no nos interesen demasiado sus lóbulos de radiación laterales o su relación frente-espalda, sino maximizar la ganancia y el rendimiento o lograr una buena adaptación entre el alimentador y la antena. Esas serán casi con seguridad las prioridades del aficionado medio que comprende razonablemente bien el funcionamiento de sus *chiches*.

En recepción, tratándose de las direccionales usuales probablemente preferiremos una buena relación frente-espalda y un lóbulo de radiación "*limpio*" que provea una discriminación más precisa para atenuar las señales provenientes de direcciones diferentes de la que nos interesa. Sobre todo en HF y especialmente en sus frecuencias más bajas la eficiencia eléctrica de la antena *receptora* (rendimiento) no será tan importante como en transmisión porque los ruidos externos de origen natural o artificial son superiores al ruido propio del receptor y esto nos obsequia un generoso margen para operar con antenas *eléctricamente ineficientes* pero con propiedades útiles en otros sentidos, como pequeñas antenas de cuadro, Beverage, etc.

Comprender y explorar estas posibilidades ayudará a sacar mejor provecho de nuestros sistemas receptores.

El ruido y las antenas

Ruido es un término ambiguo si no se especifica con precisión su contexto. Técnicamente en la teoría de la información un ruido no transporta ninguna, un ejemplo de esto sería el conocido *ruido blanco* que escuchamos al abrir el *scquelch* de nuestro VHF-FM.

Simultáneamente, lo que nosotros consideramos un *ruido molesto* puede ser una señal vital para comprender otros asuntos, *¡la radioastronomía nació del trabajo de un ingeniero para eliminar un molesto ruido en los receptores que no provenía de las tormentas!* (venía del espacio). *Karl Jansky* fue tal ingeniero, sucedió en 1932, así, lo que un día se consideró *ruido* nos obsequió la cosmología moderna...

¿Es ruidosa mi antena?

Es común oír que tal o cual antena es más *ruidosa* o más *silenciosa* que otra sin especificar a qué tipo de ruido se refiere el juicio.

Ciertamente hay diferentes tipos de *energías barulleras* que pueden llegar hasta nuestra antena.

Conviene primero aclarar que siendo la propiedad fundamental de una antena convertir ondas electromagnéticas en señales eléctricas si ella no cumpliera con esa tarea con alguna forma de energía *electromagnética* estaría fallando a su propósito; en ese sentido las antenas son muy leales e invisten su propio código del honor. Por eso, si una antena no captara cierto ruido *electromagnético* ;*tampoco captaría una señal útil con características similares...*! (polarización, dirección, etc.) ;significa esto que existen fuentes de ruido no electromagnéticas?, pues si, las más comunes son dos: ruido inducido en la antena por fuentes cercanas de carácter eléctrico o magnético y ruido generado sobre la misma antena por descargas de tipo corona o chispas debido a cargas electrostáticas propias o inducidas.

Campos magnéticos, eléctricos y electromagnéticos, un detalle importante

En la teoría eléctrica básica aprendemos que un campo magnético variable puede inducir una fuerza electromotriz sobre un conductor cercano, sin embargo un campo magnético variable *no constituye un campo electromagnético en regla*. De igual modo un campo eléctrico variable capaz de inducir perturbaciones eléctricas sobre un conductor cercano tampoco puede alcanzar a ser un campo electromagnético en el lugar perturbado...

Esto es importantísimo para nosotros porque hace a un concepto fundamental de lo que es la radio y colateralmente nos sirve para diferenciar diferentes clases de ruido que pueden afectar a nuestro sistema receptor pues todos estos campos son susceptibles de ser captados por nuestra antena aunque unos sean legítimas y aristocráticas *ondas de radio* y otros plebeyos subproductos de diversos *chisperíos* humanos o naturales.

Un campo electromagnético u onda de radio es una combinación muy especial de campo eléctrico y campo magnético (variables en el tiempo) que posee propiedades diferentes a las de sus constituyentes, por eso hacemos la distinción: nos gustaría que una antena de radio responda *únicamente* a campos electromagnéticos y no lo haga a campos puramente eléctricos o puramente magnéticos (los campos eléctricos y magnéticos que nos producen ruidos en recepción normalmente se producen por aparatos eléctricos que originan chispas o corrientes oscilatorias intensas).

La diferencia esencial entre una y otra clase de campo está en su *alcance*. Los fenómenos de inducción magnética o eléctrica disminuyen su intensidad *con el cuadrado de la distancia* (esto quiere decir que lo hacen muy rápidamente, en cambio la intensidad de una onda de radio disminuye en forma inversamente proporcional a la distancia (sin elevarla al cuadrado), esa es una virtud y ventaja de las ondas hertzianas y gracias a ella pueden alcanzar grandes distancias antes de atenuarse demasiado para llegar a ser perceptibles.

También, gracias a que una onda electromagnética contiene ambas clases de campo, podemos proyectar antenas capaces de blindarse (o ser menos sensibles) a un campo eléctrico perturbador, por ejemplo una antena de cuadro apantallada que aunque está blindada para el campo eléctrico permite que la componente magnética de la señal puede inducir corriente en sus espiras, de allí que también las conozcamos como antenas "*magnéticas*". Lo mismo vale a la inversa, aunque no son tan frecuentes. Lamentablemente un ruido magnético o eléctrico "*puro*" a pocos metros de su fuente se *metamorfosea* en campo electromagnético y como tal ya no podremos blindarlo o apantallararlo sin que al hacerlo simultáneamente eliminemos las señales deseadas porque se ha convertido en *ruido*

electromagnético con sus componentes que ya no están separadas sino ligadas, por esto la antena ya *no podrá distinguirlo del codiciado DX* (esta diferencia en las propiedades de los campos cerca de la antena y lejos de ella hace que le demos justamente el nombre de *campo cercano* y *campo lejano* del irradiante (también campo de inducción y campo radiado). Naturalmente, consideraremos *irradiante* a cualquier conductor capaz de irradiar energía incluyendo por supuesto a los dispositivos y/o cableados que transportan ruido, como por ejemplo el cableado domiciliario). Siempre convendrá tratar de evitar la inducción directa de campos eléctricos o magnéticos montando la antena alejada de los tendidos y aparatos que producen ruidos eléctricos o magnéticos puros; en nuestras zonas urbanas la altura hará gran diferencia en el nivel de ruido; gracias a la ley de la inversa de los cuadrados uno pocos metros más suelen disminuir el ruido suficientes decibeles como para justificar el esfuerzo de elevarlas.

¿Una antena puede recibir menos estáticos que otra?

Entendiendo por *estáticos* señales producidas por descargas eléctricas en la atmósfera relativamente alejadas de la antena, diremos que *sí y no*, pues dependerá de en qué dirección estén siendo generados esos estáticos. La cuestión de fondo es que aunque los estáticos no nos gusten, son *legítimas ondas de radio* con iguales derechos que las de nuestros corresponsales, *¿por qué habría de discriminar una antena a unas de otras si no goza de inteligencia para discernir?* No puede... es mala noticia y no me complace darla, a cambio, lo que si puede hacer -y a veces muy bien- es discriminar señales provenientes de diferentes direcciones (lo advirtamos o no), y esto puede ayudar a evitarlos, veamos: Imaginemos la antena "A" con un importante lóbulo de radiación dirigido hacia arriba y la antena "B" con un nulo hacia arriba pero con un generoso lóbulo omnidireccional sobre la rosa de los vientos en ángulos bajos. ¿Cuál será menos ruidosa si justo tenemos un pequeño frente de tormenta pasando justo sobre nosotros?, evidentemente la "B" ¿verdad?, por el contrario, si estamos interesados en contactos locales con señales reflejadas en la ionosfera que provienen de ángulos elevados y hay tormentas eléctricas distantes, la antena "B" (de bajo ángulo) escuchará esos estáticos con mayor intensidad que la "A" y oirá menos a nuestros corresponsales.

Podemos decir que en este sentido la propiedad fundamental de la antena que puede conseguir alguna diferencia es *su directividad* (estemos o no conscientes de ella).

La polarización de la antena puede ayudar también, especialmente cuando la señal la conserva o varía lentamente si es que podemos controlar la de nuestro sistema de recepción. Resulta útil contar con dos antenas una de polarización predominantemente horizontal y otra vertical conmutándolas manualmente a la más favorable (o construyendo un receptor con dos canales capaz de elegir la mejor señal).

¿Hay antenas más ruidosas por causas no electromagnéticas?

Sí, por ejemplo son más ruidosas aquellas que fácilmente se cargan electrostáticamente con el viento o la nieve y poseen puntas por las que esas cargas se disipan (u otros lugares donde formen ángulos agudos). Tales descargas producen ruido molesto en la recepción (efecto *corona*). Otra forma de carga electrostática generadora de ruido se produce por los denominados *estáticos de las precipitaciones* generados por el arribo a la antena de gotas de agua cargadas (también nieve, granizo, polvo, etc.)

Nótese que en estos casos los ruidos se producen en la misma antena y no se deben a ondas electromagnéticas que arriben propagándose por el espacio como las descargas atmosféricas generadas por tormentas.

Un dipolo abierto puede resultar más ruidoso que uno dipolo plegado o cuadro (loop) simplemente porque los segundos a menudo le ofrecen a la carga electrostática un camino para disiparse en la tierra que los primeros a veces no le brindan por no haberse tomado las provisiones necesarias.

Ese descuido a menudo les da a los dipolitos corrientes una mala fama que no merecen pues bastaría con adosarles algún elemento que haga posible el drenaje de las cargas electrostáticas a tierra (puede ser un simple inductor o resistor entre los terminales) para evitarlo.

Hay antenas en las que se inducen más fácilmente campos eléctricos, como los provenientes de chispas y descargas de carteles de neón, por presentar más superficie, o aquellas que son más sensibles a los campos magnéticos originados por picos transitorios de altas corrientes en dispositivos de conmutación, como las de pequeños o grandes cuadros. Sabiendo que *la polarización no se conserva en la ionosfera* podemos aprovechar este conocimiento y recurrir a una antena vertical -quizás descartada por su mayor susceptibilidad a los ruidos artificiales- para aprovechar en transmisión sus ángulos bajos de radiación cuando no es posible montar una hertz a la altura conveniente para lograrlos empleando la hertz bien balanceada para recepción.

No hay que culpar siempre a la antena

Un buen día Pedro decidió cambiar su antena y descubrió sorprendido que la nueva le regalaba una recepción más limpia que su antiguo dipolo, a partir del alentador resultado no dudó en proclamar las bondades de la recién descubierta "*joyita*". Juan hizo lo propio y también obtuvo las mismas ventajas, sin embargo José no notó ninguna diferencia (él casi apostaba que la nueva era un poco más "*sordita*") ¿quién tendrá razón? Veamos una posible causa: imaginemos que los receptores de Juan y Pedro son "*palanganas*", poca selectividad de entrada, notables y variados productos de intermodulación y presto a sobrecargarse, mientras que el de José es un "*estado del arte*" en materia tecnológica.

¿Qué sucedería si a las *palanganas* las conectamos a una antena que de por sí sea bastante selectiva? (podría ser intrínsecamente selectiva como una antena de cuadro o magnetic loop), por poseer algún circuito sintonizado agregado con propósitos de adaptación o ser algo más selectiva como una *Doble bazooka*.

Con esas antenas algo selectivas los pobremente construidos receptores de nuestros amigos quizás funcionan mejor porque la antena les dio aquello que estaban precisando para funcionar más correctamente, entonces, ¿la antena nueva, es más *silenciosa* o el receptor es un *cachivache*?

Siempre convendrá intercalar en la entrada del equipo un buen preselector (sin ganancia) antes de sentar un juicio en esta materia, especialmente con los pequeños equipos modernos que a menudo sacrifican muchas de sus obligaciones en aras del tamaño reducido, anchura de banda, etc.

¡Una nueva...! la ROE en recepción...

Muchos veteranos suelen afirmar en son de broma que las antenas funcionaban mejor antes que apareciera el medidor de ROE, en cierto modo es verdad: "*ojos que no ven corazón que no siente*", seguramente a muchos lectores jamás se les ocurrió medir la ROE de su receptor en esa santa obsesión por conseguir la máxima eficiencia, ¡grave pecado!, en RX la impedancia de entrada del receptor es a la línea lo mismo que en TX la impedancia de la antena a la misma línea.

Entonces, si la antena (que en recepción es el generador) no "ve" la impedancia de carga apropiada, tampoco podrá transferir bien la energía disponible. Esto lo sabían quienes construían sus etapas de entrada en VHF porque debían lograr la adaptación "justa" para alcanzar la mejor relación señal-ruido del preamplificador... *¿está seguro que su receptor no tiene ROE?...* le dejo este nuevo motivo de desesperación, eso sí ¡por favor!, Novicios: *¡no intenten medir la ROE del receptor con el medidor tradicional acoplado a un trasmisor!*

Si bien esto es absolutamente cierto no es mi intención habiendo escrito tanto para desmitificar la ROE traer nuevas preocupaciones al lector, pero si señalar que muchas veces cuando no estamos empleando la antena adecuada para la banda en un sistema común resultará conveniente intercalar entre el receptor y la línea un dispositivo adaptador de impedancias de modo que él presente a la línea una impedancia tal que proyectada en la antena le ofrezca a esta la impedancia de carga que precisa para intercambiar energía lo cual puede mejorar sustancialmente la recepción (de todas maneras si la ROE es muy alta, las pérdidas adicionales por ROE de una línea corriente seguramente se harán sentir).

Nota acerca de la polarización y el diagrama de radiación de los dipolos comunes

Solemos decir que un dipolo es una antena de "*polarización horizontal*"... y la afirmación es correcta sin embargo la polarización de un dipolo corriente montado horizontalmente, por ejemplo, *varía con el acimut*. Esto es porque definimos a la polarización de una antena como: "*la dirección del campo eléctrico en el sentido de la máxima radiación de la antena*". Considerar al dipolo una *antena de polarización horizontal* concuerda perfectamente con esta definición, pero... *¿qué sucede en otras direcciones?*; pues que a medida que observamos la dirección del campo eléctrico moviéndonos hacia las puntas de la antena este se va inclinando más y más hacia la vertical, hasta que en la dirección correspondiente al eje del dipolo la polarización resulta totalmente vertical. Esto nos lleva a reconsiderar nuestra imagen del diagrama de radiación acimutal en forma de ocho que comúnmente se atribuye a los dipolos (erróneamente), pues ese diagrama en forma de ocho corresponde al campo eléctrico horizontal *exclusivamente*. Cuando se considera simultáneamente la componente de polarización horizontal y la vertical (campo total) el diagrama se transforma en una especie de ovalo (aunque siga favoreciendo la dirección perpendicular al alambre), así resulta que el dipolo es bastante más omnidireccional de lo que habitualmente se piensa y en mi opinión esto constituye una ventaja a su favor.

Antenas inteligentes

Dijimos que las antenas no poseen *inteligencia* para discriminar las señales útiles de los ruidos o interferencias pero los humanos si alguna... y con ella podemos idear sistemas que empleen antenas "bobas" para mejorar la recepción, sobre todo ante condiciones cambiantes. Desgraciadamente en HF muchas de esas posibilidades no son accesibles al aficionado medio por razones de espacio. Un sistema precursor del concepto podría ser la recepción denominada "*Diversity*". Un posible sistema *Diversity* puede lograrse recurriendo a la recepción simultánea en dos o más frecuencias con la misma información, otro puede consistir en recibir en la misma frecuencia pero con más de una antena (o ambas cosas a la vez). Se trata de recibir señales que hayan arribado por diferentes caminos para que no resulten idénticamente afectadas por el desvanecimiento, esto se consigue separando las antenas bastante poco, a veces alcanza con

apenas unas pocas ondas, en 40 m por ejemplo el mejor espaciamiento es de 7λ a 10λ y como mínimo 4λ ; en 20 m: 10λ , siendo 6λ bueno y 4λ el mínimo útil¹. λ

Se pueden conmutar diferentes combinaciones de antenas simples o compuestas con el fin de conformar disposiciones con diferentes características directivas tanto en el plano vertical como horizontal además de elegir la polarización más adecuada. Con este arsenal de posibilidades, mediante un adecuado dispositivo de computación capaz de elegir "al vuelo", la combinación capaz de proveer la mejor recepción se consigue la maravilla.

(1) Ladner A. Stonner C.: "Short Wave Wireless Communication", John Wiley @ Sons, Inc.1943 Ed.- pag 464

Autor: Miguel Ghezzi (LU6ETJ)