

LONGITUD DEL CABLE COAXIAL Y NODOS

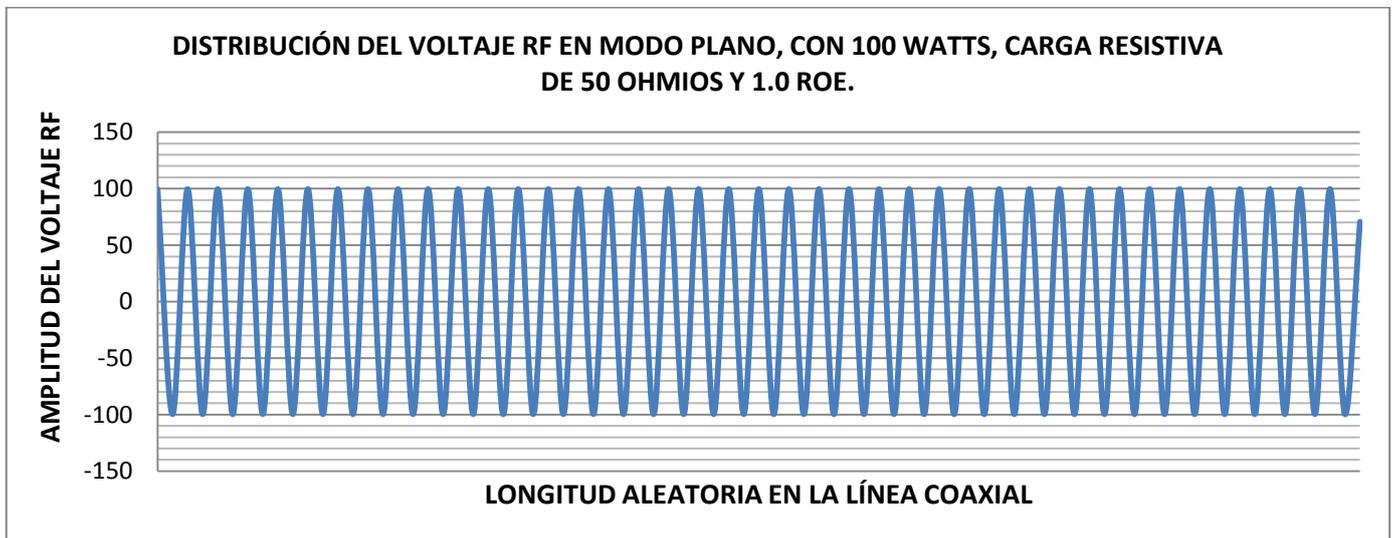


Por: Ramón Miranda, YY5RM (ramon.miranda811@hotmail.com)

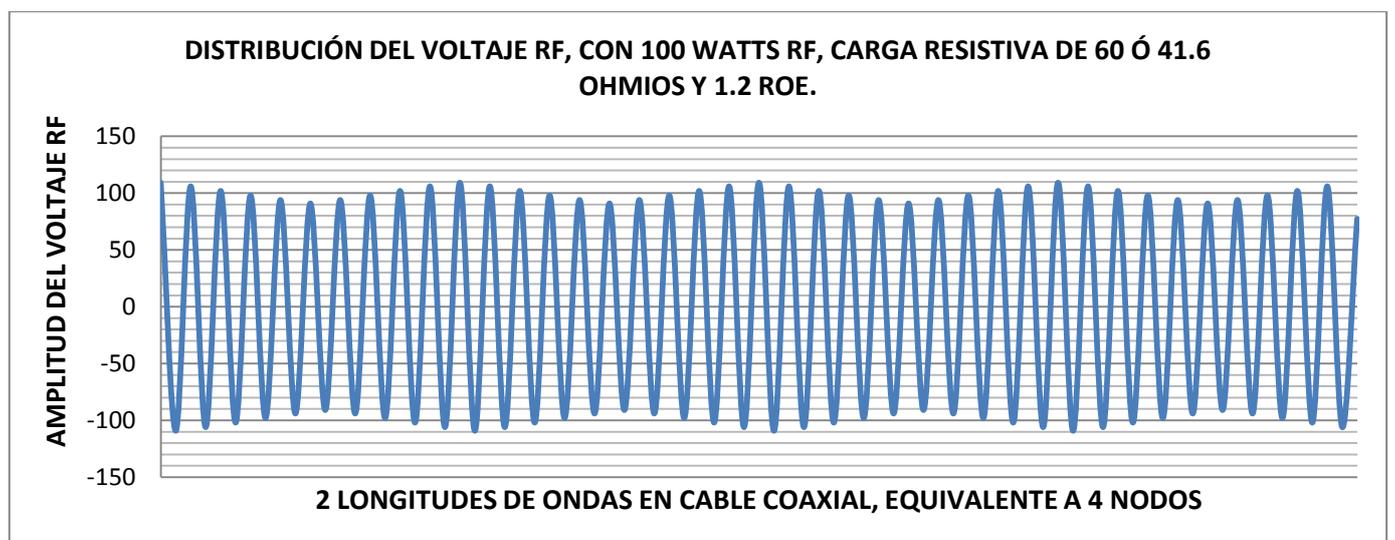
Saludos Colegas. Un tema de discusión y controversias, comúnmente entre Radioaficionados, que en la actualidad se ha erradicado gracias al conocimiento de la teoría, es el de las longitudes físicas a usar en los cables coaxiales de nuestros sistemas de antenas. Existen diversas opiniones y argumentos sustentados sobre bases teóricas, por internet se consigue suficiente información técnica bien completa sobre el tema, con alto nivel de ingeniería y **donde se demuestra la no dependencia de la longitud a usar el cables coaxiales**. Sin embargo cuando instalamos estaciones de radio, nos conseguimos con situaciones aparentemente fuera de lógica (Más notorias en HF de corta longitud de onda), **también indicadas en la teoría** y fácil de analizar, **no tomadas en cuenta por muchos expertos**, pero que nos hacen dependiente de la longitud en la línea, no la notamos y en muchos casos no la reconocemos. Debido a que no todos los lectores son conocedores del tema, trataré de explicar lo más sencillo y **resumido** posible sobre lo que **considero que no es tomado en cuenta, así como las ventajas que implica el uso de Nodos**, solo para Impedancias Características de 50 ohmios y con velocidades de propagaciones típicas existentes en el mercado. (La mayoría de estudios y artículos sobre líneas de transmisión, se **realizan considerando solo los sistemas ideales** y terminología confusa para principiantes. En oportunidades usaré un lenguaje familiarmente comprensible, con sus debidas aclaratorias al inicio o final del artículo). Espero sea de utilidad y sirva de herramienta inicial para la optimización de nuestras estaciones de radio.

Algo de teoría (Resumido. Observe lo que no se toma en cuenta)

1ra. Un cable coaxial es de 50 ohmios, si al conectarle una carga puramente resistiva de 50 ohmios en uno de sus extremos, también veremos 50 ohmios puros en el extremo opuesto, independiente de su longitud física y de la frecuencia usada. **En instalaciones de radio, esto solo aplica para el estricto caso donde la impedancia de antena sea 50 ohmios, sin componentes reactivos y con ROE perfecta (Solo aplica para 1.0 ROE).**

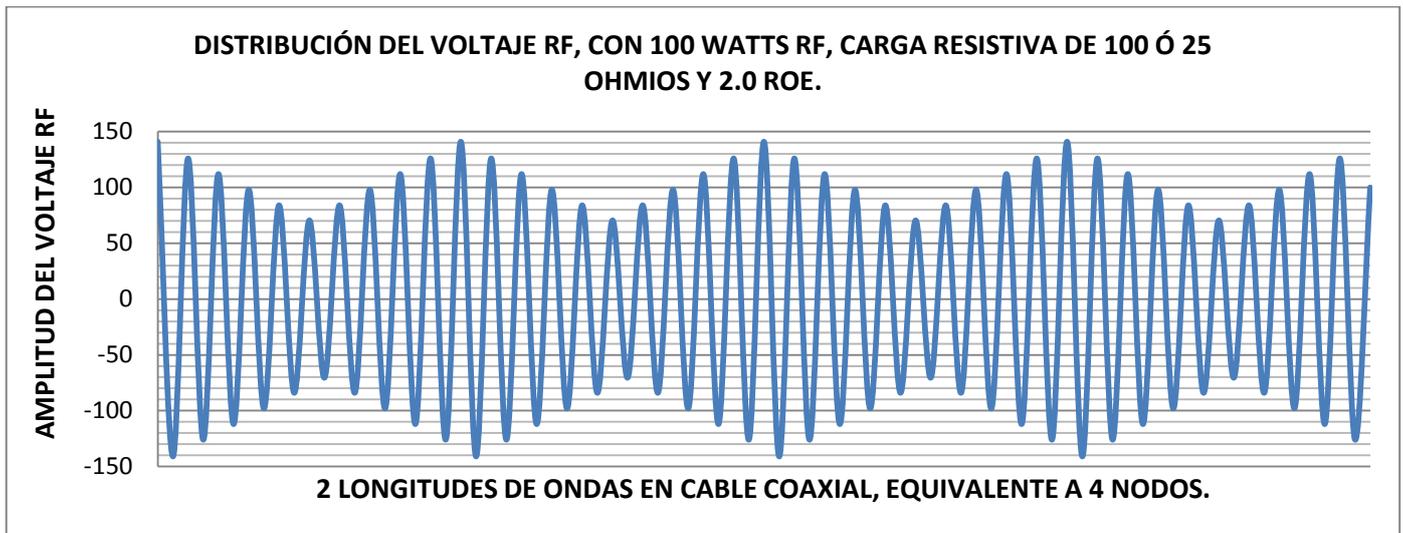


2da. Si la impedancia de la carga (Para este caso es la antena) no es igual a la del cable coaxial, en el extremo opuesto de éste veremos la **impedancia de la carga, más la que determine la línea en ese punto**. El **voltaje de RF** y la **corriente** variaran con amplitudes (Proporcional a la desadaptación) distintas en cada punto de la línea y que se repiten a cada 1/2 longitud de onda a lo largo de ésta. **Esto aplica para cualquier instalación donde exista ROE (Relación de Ondas Estacionarias), por muy ligera que ésta sea (Para 1.1 ROE la impedancia de antena puede aproximar a 45.4 ó 55 ohmios, con 1.5 ROE = 33.3 ó 75 ohmios y para 2.5 ROE = 20 ó 125 ohmios).**

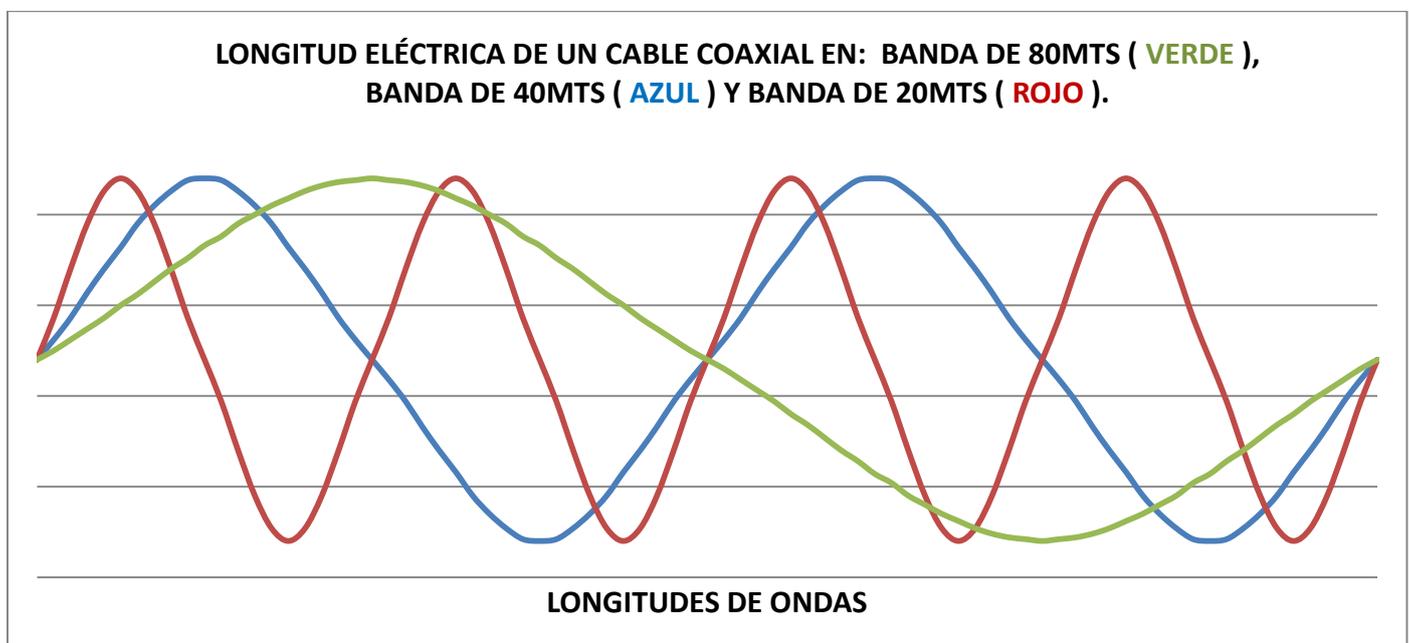


3ra. Al igual que las antenas, las líneas de transmisión tienen longitudes resonantes (**Uso de Nodos**). Una línea también se hace resonante cuando es de longitud aleatoria, pero con ROE perfecta (**1.0**).

4ta. Una línea es de impedancia transparente, solo cuando no hay pérdidas y cuando su longitud es múltiplo de 1/2 longitud de onda (Una línea resonante, o terminada en Nodo no transforma impedancia. La relación entre el **voltaje RF** y la **corriente** determinará la impedancia en cualquier punto. observe en la gráfica como se repiten valores a cada 1/2 onda o Nodo):

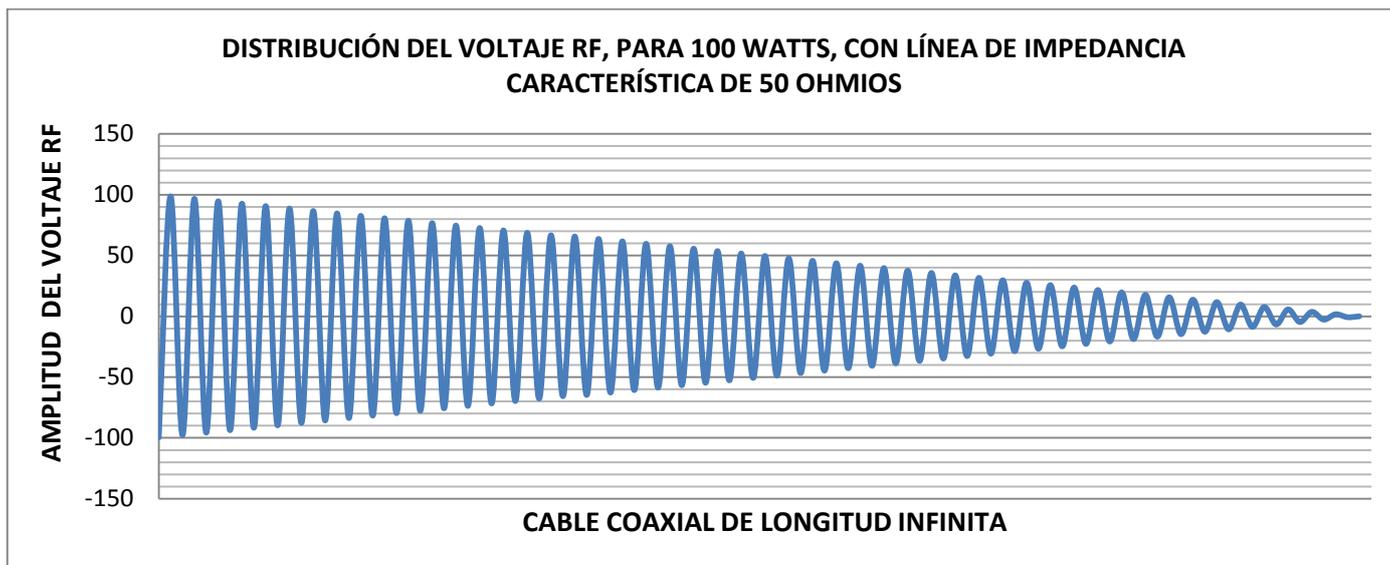


5ta. La **Longitud Eléctrica del Cable Coaxial** está determinada por el número de longitudes de ondas que caben en él. Es decir, **un tramo de cable coaxial de aproximadamente 55 metros de largo, es solo 1 longitud de onda para banda de 80 metros** (Cable corto), en la gráfica puede observar que **el mismo tramo de cable en banda de 20 metros equivale 4 longitudes de ondas** y para banda de 2 metros serían **aproximadamente 40 longitudes de ondas** (Cable muy largo. No indicado en la gráfica).



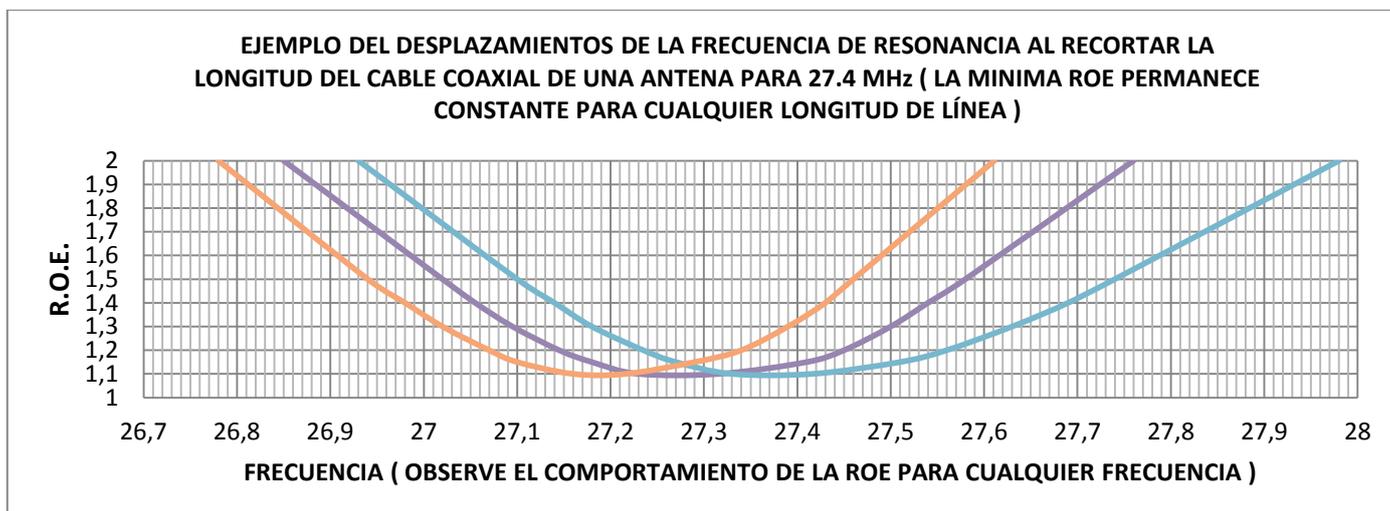
6ta. Una línea coaxial **de longitud que tiende al infinito**, sabiendo que no existe carga conectada en dicho extremo que tiende al infinito, desde el extremo que conecta al transmisor se verá su Impedancia Característica (Esto explica porque en VHF con líneas muy largas y UHF en adelante, debido a la gran **pérdida por atenuación que ofrece la longitud física del cable coaxial**, indiferentemente del desequilibrio

existente entre línea-carga, siempre predominará la Impedancia Característica del cable coaxial y desde el extremo del transmisor observamos un buen equilibrio).



7ma. **La impedancia y resonancia pueden cambiar al variar la longitud física del cable coaxial, pero la ROE debería ser constante a lo largo de la línea y solo cambiaría si existen pérdidas** (Aclarado en la estrofa 6ta y 8va.), el cable no garantiza impedancia, está mal construido, **irradiando** (La mayoría de antenas verticales, o cualquier otra que genere irradiación en la línea, resulta casi imposible adaptar la **Carta de Smith** para analizar) y transportando corrientes de modo común.

8va. **No siempre la frecuencia de resonancia de la antena, es la misma frecuencia de resonancia vista desde el extremo del transmisor.** Ejemplo: Si ajustamos una antena para 27.4 MHz, directamente al analizador o con una **línea terminada en Nudo** y logramos 1.1 ROE, **al conectarle un cable coaxial de longitud aleatoria**, la 1.1 ROE continuará constante para cualquier longitud de línea, pero desde el extremo del transmisor la acción transformadora del cable coaxial hará ver desplazada la frecuencia de resonancia (**Color naranja de la gráfica = 27.18 MHz**), para este caso indicándonos **1.33 ROE en 27.4 MHz** y que debemos reajustar recortando la longitud en la antena, hasta lograr volver a 1.1 ROE en 27.4 MHz. Igualmente, si recortamos la longitud de la línea podemos normalizar el sistema: **Color violeta = Ancho de Banda** al recortar 25 cm en el cable coaxial y **color azul = 2do. recorte de 25 cm en el cable coaxial.**



9na. Cuando un circuito (O una antena) se hace resonante, la Impedancia quedará puramente resistiva, haciendo que la corriente que circule por dicho circuito (O antena) y el voltaje estén en fase, esto debido a que las magnitudes de la reactancia capacitiva (XC) y reactancia inductiva (XL) toman iguales valores, pero ambos se encuentran desfasados a 180 grados (Se cancela la componente reactiva). La combinación de medidas resonantes en la antena y cable coaxial garantizan mayor ancho de banda y posibilidad de componente puramente resistiva en la frecuencia de resonancia original de la antena.

Longitud del Cable Coaxial

Las Ondas Electromagnéticas, en el espacio libremente viajan a la velocidad de la Luz, pero dicha velocidad puede variar dependiendo del medio en que se propague. La RF que se transporta por la línea de transmisión, tiene una velocidad de propagación un poco más lenta (60% a 95% menos).

Para cualquier impedancia de cable coaxial, la Longitud Resonante se calcula usando múltiplos de 1/2 longitud de onda, multiplicado por la Velocidad de Propagación (VP) del tipo de cable coaxial que se use (Longitud equivalente al Nodo) Ejemplo: Para la banda de 40 metros, usando 7,1 MHz como frecuencia central del rango y empleando cable coaxial RG8/U con VP de 0.66, el cálculo sería: 150 dividido entre 7,1 y multiplicado por 0,66, el resultado = 13,94 metros (Las medidas posibles a usar: 13.94 metros, 27.88 mts, 41.82 mts, etc.).

$$\text{NODO} = \frac{150}{\text{FRECUENCIA (MHz)}} \times \text{VP}$$

Generalmente en el mercado se consiguen tres tipos de cables coaxiales, con diferentes VP (0.66, 0.70 y 0.82), visualmente reconocible por el material empleado como aislante central. Si dicho aislante es transparente o se observa que es de cualquier material polietileno, la VP es 0.66 (Imagen siguiente izquierda). Para aislante de teflón sólido la VP = 0.70 (Imagen central). Para espuma de teflón, la VP = 0.8 (Imágen derecha. No siempre, pero en este caso se adiciona papel de aluminio entre la malla y el aislante central). Existen otros tipos de aislantes, tales com, hule, aire con separadores espirales de diferentes materiales, etc. La gráfica siguiente muestra (En color verde) longitudes físicas equivalentes a un Nodo, o medidas múltiplos a usar para los tres tipos de cables coaxiales típicos en el mercado:

LONGITUDES FÍSICAS EQUIVALENTES A UN NODO PARA DISTINTAS FRECUENCIAS DE RADIOAFICIONADOS (1/2 LONGITUD DE ONDA EN UN CABLE COAXIAL, DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL MISMO)

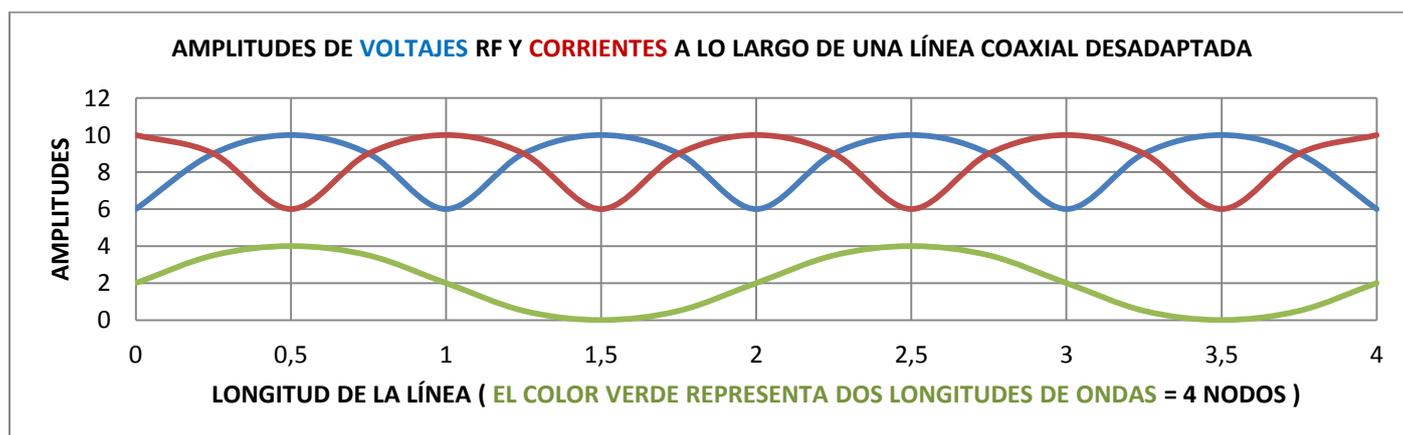
VP	HF								VHF			UHF
	3.8MHz	7.1MHz	10.12MHz	14.2MHz	18.12MHz	21.3MHz	24.94MHz	28.35MHz	52MHz	146MHz	223MHz	435MHz
0.66	26.05	13.943	9.782	6.971	5.463	4.647	3.969	3.492	1.903	0.678	0.443	0.227
0.70	27.631	14.788	10.375	7.394	5.794	4.929	4.210	3.703	2.019	0.719	0.470	0.241
0.82	32.368	17.329	12.154	8.661	6.788	5.774	4.931	4.338	2.365	0.842	0.551	0.282



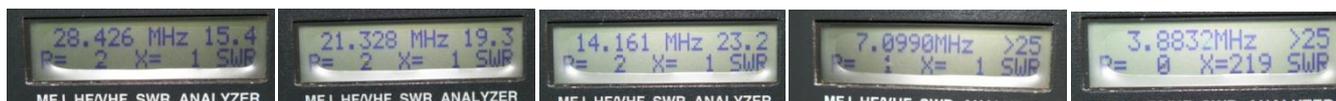
¿Porque el uso de Nodos?

Nosotros, los Radioaficionados, aplicamos diferentes técnicas para instalar sistemas de antenas sin depender de la **Longitud Resonante en el cable coaxial** y por ende transmitir fuera del Nodo. En HF por lo general usamos cables coaxiales de 50 ohmios, a cualquier medida, de pocas longitudes de ondas, con antenas Dipolos horizontales o en V invertida y **corregimos las desadaptaciones, ajustando parámetros, recortando o alargando los extremos en la antena, hasta optimizar con mínima ROE en la banda de mayor uso, que es lo que realmente se requiere**, sin darle prioridad a las debidas longitudes resonantes en el cable coaxial (En oportunidades imposibles de lograr en MF 160 metros y HF 80 metros) y de la misma antena, en la práctica siempre ha sido así y pocos Colegas reconocemos la importancia. En frecuencias más altas, con menores longitudes de ondas (Ejemplo: Antenas comerciales de longitudes fijas, para de banda 11 metros) generalmente usamos antenas verticales, montadas a una altura de varias longitudes de ondas sobre el suelo y con líneas que si presentan pérdidas por longitud física significativamente apreciable, después que se ha realizado dicho montaje, resulta casi imposible corregirla en impedancia, ajustarle el adaptador (En caso de tenerlo) o recortarle y alargarle longitudes para optimizarlas, por esta razón muchos de nosotros nos conformamos con la desadaptación que nos quede, solucionamos acoplando con equipos sintonizadores, ajustamos el circuito Pi en la salida del transmisor, y otros **Colegas que aún conociendo la teoría, sin aparente explicación lógica, logran un buen acople entre el transmisor y la línea, (Matchar) recortando el coaxial y no en la antena.**

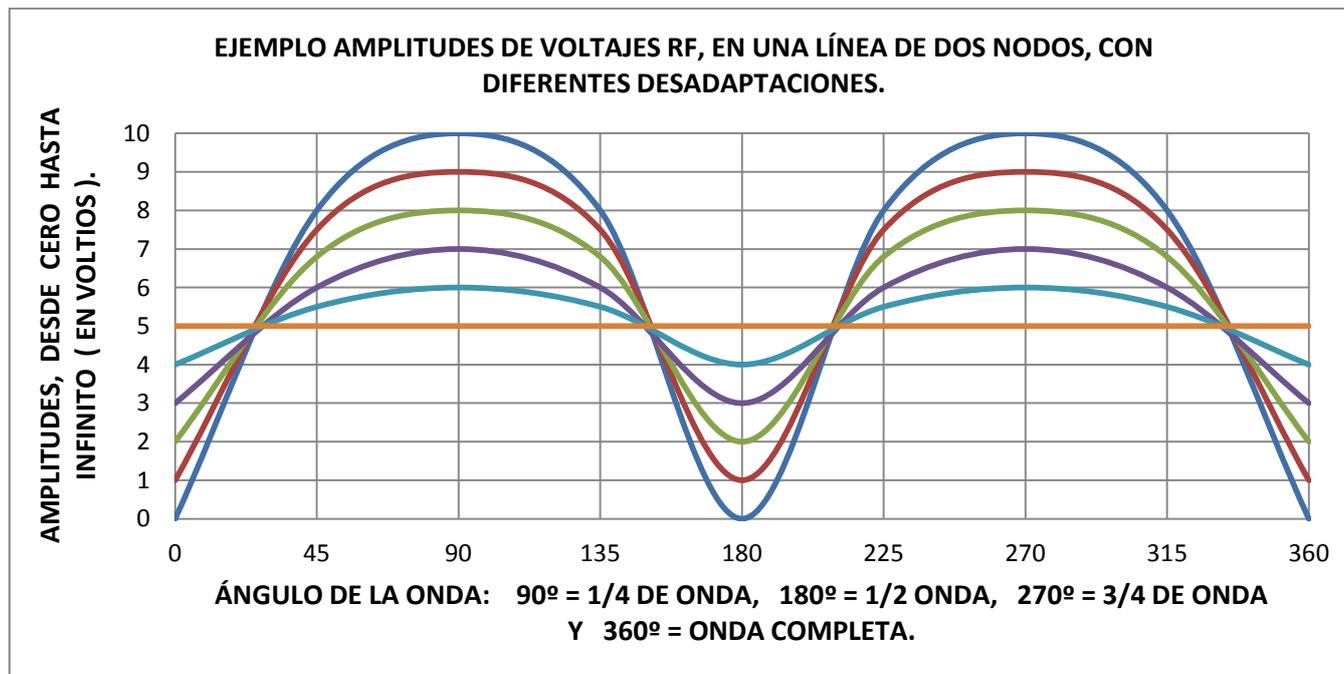
En la práctica, nuestros sistemas de antenas, por diversos factores **inevitablemente tendremos el típico desequilibrio ($> <$ de 1.0 ROE), que no logramos suprimir y que consideramos como normal.** Un tramo de cable coaxial con longitud terminada en Nodo, nos ayuda a minimizar la mayoría de situaciones desfavorables, **en especial al realizar ajustes**, debido a que si variamos parámetros en la antena, las lecturas de éstos valores continúan siendo garantizados a cada $1/2$ longitud de onda (**Nodos**), a lo largo de la línea de transmisión. Si en un extremo de la línea cortocircuitamos, abrimos el circuito, o conectamos cualquier carga con impedancia diferente a la del resto del sistema (Desadaptada), **en el extremo opuesto de ésta, solo se apreciará su valor real, si dicha línea es de longitud terminada en Nodo**, de lo contrario lo que se verá, será la impedancia de la carga (Antena) más la que determine la línea a dicha longitud física aleatoria. En la gráfica siguiente, se representan las amplitudes de voltajes (**Azul**) y corrientes (**Rojo**), distribuidos a lo largo de una línea coaxial desequilibrada (Con ROE), equivalente **2 longitudes de ondas (4 Nodos)**, observe que dichas magnitudes se encuentran desfasadas a 90 grados y sus amplitudes son similares solo en los puntos 1, 2, 3 y 4 del eje X (C/U distanciados a $1/2$ longitud de onda). En este caso, suponiendo que no hay pérdida de potencia por longitud y empleamos línea coaxial de longitud aleatoria, la relación entre el **voltaje RF** y la **corriente** nos harán ver una impedancia errónea de la antena.



Otra ventaja es que nuestro tramo de cable quedará sintonizado específicamente para frecuencias de bandas para Radioaficionados **y futuramente nos permitirá usarlo como herramienta para ajustar o analizar antenas (Para Radioaficionados)**. Ejemplo: Una longitud calculada para banda de 80 metros, igualmente quedará sintonizada para bandas 40, 20, 15, 10 metros y otros, es decir, **la línea también permitirá menor desequilibrio al usarla en Frecuencias Armónicas**). En las fotografías siguientes muestro un ejemplo de cable RG8/U (De mi antena HF), calculado para transmitir en banda de 40 metros (7.1 MHz), cortocircuitado en el extremo que conecta a la antena (Igualmente sucederá con carga diferente de 50 ohmios). Observe que solo hay resonancia (Donde X=0 ohmios, o aproximado) en frecuencias armónicas, mientras que en banda de 80 metros no hay resonancia (3.8MHz, X=219 ohmios).



La relación entre el **voltaje de RF** y la **corriente**, determinan la impedancia en cualquier punto de la **línea de transmisión**, en la gráfica siguiente se representa solo la distribución del voltaje RF (En el eje Y, 10 representa voltaje infinito) en un tramo de línea equivalente a una longitud de onda o dos Nodos (Eje X = 360 grados). En el extremo 360° colocamos una carga que puede variar su valor resistivo desde 0 (Cero) hasta 50 Ohmios. **El color naranja** muestra amplitudes constantes del voltaje RF a lo largo de toda la línea de transmisión (Línea adaptada = 1.0 ROE = 50 ohmios en la carga), en la medida que incrementamos la desadaptación, hasta llegar al valor de carga en cero ohmios (**Cortocircuito**), en la misma proporción se reduce el voltaje en dicha carga, hasta llegar a cero voltio (**Color azul**). La relación existente entre las amplitudes máximas y mínimas, determinan la relación de ondas estacionarias (ROE). **Si la carga es un cortocircuito**, observe que en 270° y 90° el **color azul** toma amplitudes de voltajes que tienden al infinito (**Similar a un circuito abierto**), mientras que en 180° y 0° las amplitudes de los voltajes se repiten y siempre serán las mismas que en la carga (360°). Este efecto será igual para la corriente, pero desfasado a 90°, como se indica en la gráfica anterior.



Un ejemplo semi-abstracto, pero típico en HF de corta longitud de onda, sería: Un transmisor de 100 vatios, para operar con carga de 50 ohmios, entregaría a la línea coaxial de 50 ohmios, 70.7 voltios, con una corriente de 1.4 amperios, pero si en el otro extremo de la línea conectamos una antena monobanda con impedancia de 60 ohmios, la desadaptación línea-carga será: 60 dividido entre 50 = 1.2 ROE. Una

antena ó cualquier carga de 60 ohmios, con los mismos 100 vatios, requiere 77.45 voltios y una corriente de 1.29 amperios. Debido a que **en presencia de ROE, las amplitudes de los voltajes y las corrientes no son constantes a lo largo de la línea y sabiendo que la relación entre estas magnitudes determinarían la impedancia en cualquier punto de dicha línea, entonces si matchamos recortando la longitud física en el cable coaxial, podemos conseguir el punto exacto donde la impedancia sea la que mejor se adapte a la salida del transmisor.** Esta es la explicación lógica de lo que muchos Colegas en CB 11 metros, le llaman “**Matchar en el cable coaxial** “. Debemos recordar que existen otras situaciones que pueden alterar la impedancia y desplazar la frecuencia con mínima ROE vista desde el extremo del transmisor al variar la longitud física de la línea (7ma. y 8va. aclaratoria al principio del artículo). Situación que **sería imposible para el caso de una línea trabajando en Modo Plano (Color naranja de la gráfica anterior) donde indiferentemente de la longitud física, la línea también se hace resonante**, hay un perfecto equilibrio (1.0 ROE), con acoples de impedancias iguales en ambos extremos de la línea, **sin las típicas pérdidas**, con amplitudes de los voltajes y corrientes constantes a lo largo de dicha línea (**Sistema ideal**), **esta es la razón principal, por la que muchos Colegas Técnicos y Radioaficionados concedores de la teoría, toman como un mito el procedimiento antes descrito, que es típico y usado en CB 11 metros.** Analizando esto y si conoce la **Carta de Smith**, también le explicaría de forma sencilla, la razón de los cortes (Matchar en el cable coaxial).



Otro de los **motivos por la cual muchos Radioaficionados consideran esta situación como un mito**, es que resulta poco **apreciable y antieconómico** el corte de longitud del cable coaxial en bandas con grandes longitudes de ondas, donde en oportunidades no contamos con la distancia necesaria que nos determine por lo menos un Nudo y **donde los recortes de 10 ó 20 centímetros serían eléctricamente tan pequeños, que no observaríamos cambios significativos**, sino que habría que realizar recortes de 1 y hasta de 2 metros por cada tramo (Generalmente RG8/U, RG213 o equivalente), razones por las cuales para bandas HF hasta 40 metros, garantizar y facilitar el ajuste de nuestros sistemas de antenas en condiciones normales, **convendría mejor respetar el uso de Nodos en cables coaxiales.** Para el caso de HF 80 metros ó MF 160 metros y situaciones de condiciones extremas en espacio, baja altura o cualquier otra que afecte la impedancia ideal, **aportar un poco más de dinero y adquirir equipos o instalar dispositivos que resuelvan problemas de acoples transmisión-línea (Transmatch).**



Entre otros motivos a considerar como mito, es para los Colegas que solo instalan antenas fijas VHF y UHF en adelante, **debido a su pequeña longitud de onda generalmente las líneas son eléctricamente largas**, dificultando las medidas exactas para determinar Nodos, principalmente habrán mayores pérdidas de Potencia a causa de su longitud física, haciendo que la pérdida por ROE sea despreciable, minimizando la posibilidad de apreciar el verdadero desequilibrio existente en el extremo que conecta en la antena, por consecuencia típicamente apreciarán buen o excelente equilibrio (Aparente modo plano), mínimos riesgos de daños en el transmisor y **además el predominio de la Impedancia Característica del cable coaxial hará que el uso de Nodos o acoples de impedancias transmisor-línea no les representen mayores problemas.**

De no respetar el uso de Nodos

No hay que preocuparse, de lograr perfecto equilibrio (1.0 ROE real), la línea también se hará resonante y no será afectada por los problemas explicados en el presente artículo.

Si logra buen equilibrio con mínima ROE (Desde 1.1, hasta 1.5), el sistema será óptimo y aunque la antena esté fuera de su longitud resonante original, la acción transformadora del cable coaxial hará que el sistema funcione bien y con pocos riesgos de daños en la etapa final del radio.

Una antena con parámetros alterados no necesariamente emite mal, uno de los problemas sería para el caso en que los ajustes generen **acortamiento significativo en su longitud física** (Generalmente apreciable en antenas móviles y de considerables longitudes reducidas), posiblemente afecte negativamente su Diagrama de Radiación (**Diferencias desproporcionales entre la medición de ROE e intensidad de campo**, alrededor de la antena). También habrá mayor posibilidad de **desadaptación al cambiar de bandas**, entre otros detalles cuya importancia resultan de poca relevancia para muchos Colegas instaladores de antenas.

¿ Que Longitud de Cable Coaxial debería usar ?

Es de libre escoger entre depender o no, de la Longitud Resonante en el cable coaxial. Particularmente **recomiendo en HF, con pequeñas longitudes de ondas** (Ejemplos: Antenas comerciales, de longitud fija, para bandas 10, 11 y 15 metros), **usar antenas cortadas a la medida teórica y cables coaxiales con medidas ligeramente más largas de las que se aproximen a uno de sus Nodos**. Luego que se realice el montaje, preferiblemente cortar un fragmento de cable coaxial y si varían satisfactoriamente las lecturas en los instrumentos, continuar matchando en el cable coaxial, hasta conseguir mínima ROE en la frecuencia central del rango original de la antena. Al culminar, verifique también que haya mejorado el ancho de banda.

Para el resto de las bandas HF (**No siempre posible en 80 y 160 metros**), **recomiendo usar cables coaxiales cortados a medidas teóricas** (Puede usar múltiplos de las medidas sugeridas de la tabla indicada en la 5ta página del artículo, longitudes resonantes calculadas, o si es posible use el analizador) y en caso de antenas caseras (Dipolos), cortarlas un poco más largas de las medidas teóricas y **en el momento del montaje matchar en dicha antena**, variando sus longitudes físicas y ajustando parámetros (Sugeridos en el artículo “ **ENSAYOS CON DIPOLOS** “) hasta optimizar con mínima ROE en la frecuencia central del rango deseado. Si cuenta con instrumento analizador, éste nos ayuda a conseguir la longitud resonante de la antena, independientemente de la desadaptación de impedancias que nos quede. Para corregir dicha desadaptación, existen técnicas para modificar la relación de conversión de impedancias en baluns y en el artículo “ **Balun, Centro de Antena y Dipolos** “ las indico.

Para minimizar desequilibrios al cambiar de bandas, en caso de transmitir con **antenas dualband, multibandas o por armónicos**, sugiero usar medidas que se aproximen al mínimo común múltiplo de las frecuencias, ejemplo: Para una Dipolo multibanda (10, 15, 20, 40 y 80 metros), con cable coaxial RG8/U de VP 0.66, sería conveniente usar medida aproximada a 27.88 metros, 55.76 metros, 83.64 metros, etc.

En caso de antenas móviles para automóviles, por la incorporación de bobinas y ajustes de longitud física, no sugiero medida específica en el cable coaxial, pero dependiendo de la longitud de onda (En especial CB 11 metros), igualmente se puede probar matchar en el cable y dará resultado (Resultaría mejor que recortar la longitud física de la antena), puede comprobarlo midiendo señal RFS cercana de la antena. Para saber hacia cual dirección emite mejor señal, con ayuda del mismo medidor RFS puede girar 360 grados alrededor del automóvil, a una distancia constante de la antena y verificar la dirección con mayor escala.



Para antenas fijas VHF y UHF, antes de realizar el montaje, sugiero ajustar dicha antena empleando un cable patrón (Línea eléctricamente corta y aproximadamente terminada en Nodo) y al culminar los ajustes es conveniente conectar el cable definitivo para volver a chequear las mediciones. Si



eventualmente instala antenas VHF y UHF, de ser posible **compruebe los cables patrones con instrumento analizador** (Procedimiento indicado en manual del MFJ259, " Testeo y sintonizado de adaptadores y líneas de transmisión ", desde 1.8 hasta 170 MHz). Si cuenta con instrumento analizador, puede conectarlo directamente instalado en la antena.

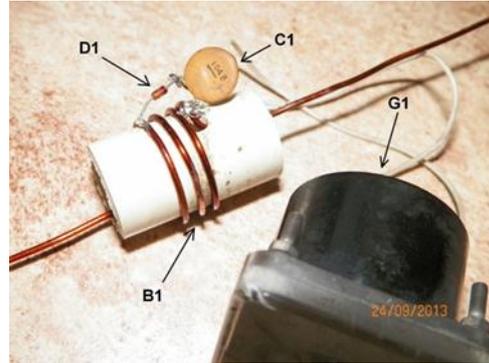
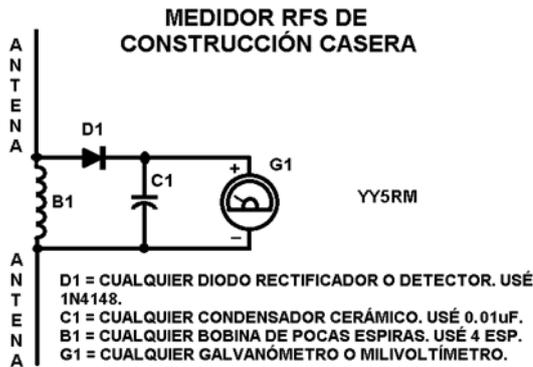
Al emplear instrumentos medidores de ROE en VHF y HF de corta longitud de onda, recuerde que al desconectarlo puede quedar desplazada la frecuencia de resonancia y de mínima ROE, por lo tanto sugiero leer las instrucciones, en relación de la longitud sugerida para el tramo de cable coaxial asociado al instrumento. En caso de desconocerlo, puede probar con longitudes resonantes.



Verificar la transparencia del cable coaxial (Posibilidad que tiene la línea para transformar impedancias). Sugiero comprobar resonancia cortocircuitándolo en el extremo que conecta a la antena y el otro extremo directo al analizador: Debería indicar aproximado cero ohmios resistivos y reactivos (Dependiendo de calidad del cable y longitud física), de no ser así, recomiendo matchar recortando la longitud del mismo cable coaxial hasta obtener resonancia (Donde la indicación X tiende a cero ohmios). Recuerde que igualmente indicará resonancia en frecuencias armónicas y que no siempre es posible en bandas HF donde la longitud de la línea no determine por lo menos un Nodo. A continuación un ejemplo, con resonancia en 7.1 MHz, observe que desde 6.975 MHz y 7.187 MHz ligeramente comienza a perder resonancia.



Para cualquiera de los procedimientos anteriores, sugiero **comenzar a matchar, en la frecuencia más baja del rango** y de ser posible complementar con la mayor indicación RFS alrededor de la antena. Si lo desea, el siguiente **medidor RFS de construcción casera (Improvisado)** lo he sugerido en varios artículos publicados en la WEB, el mismo se construye con material de desecho y de poca importancia en los valores de componentes (No requiere selectividad de frecuencia, solo medir RF):



Compruebe experimentando

1ra Prueba: Si empleamos una carga resistiva (Carga fantasma sin componentes reactivos) de igual impedancia a la del cable coaxial, simplemente con uso del medidor ROE se **comprueba que es real la teoría y que con cualquier longitud física de la línea, en cualquier frecuencia dicha ROE será mínima y constante, por consiguiente son 100% confiables todas las informaciones publicadas en artículos sobre el tema, pero solo aplicable en sistemas ideales.**

Compruebe las situaciones no tomadas en cuenta:

2da Prueba: Si en su estación cuenta con una antena **VHF** 2 metros, con menos de 14 longitudes de ondas en cable coaxial (RG58/U con aproximadamente 20 metros de largo), **con ligera indicación de ROE** y desea desplazar la frecuencia de resonancia o con mínima ROE (Ejemplo: Con 144.5 MHz en el centro de su ancho de banda y desea desplazarlo a 146.5 MHz):

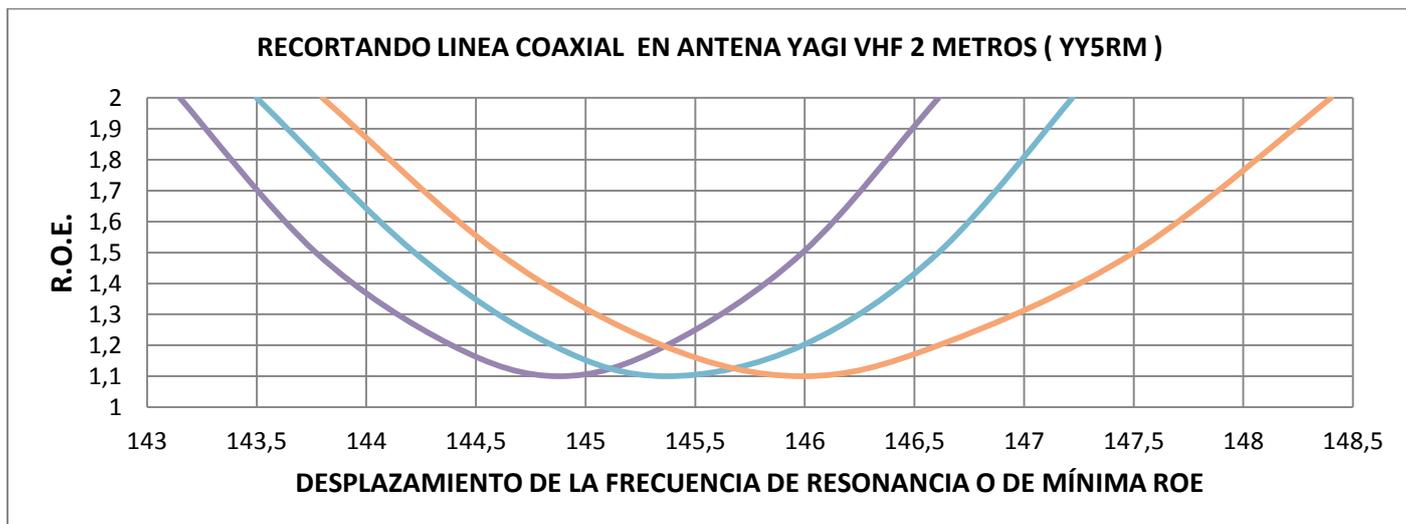
2.a Desde el conector, marque 1/2 longitud de onda en el cable coaxial (Allí se repetirán las mediciones).

2.b Realice cortes en el cable coaxial, de aproximadamente 5 centímetros C/U y verifique si desplaza favorablemente el ancho de banda, hacia frecuencia la deseada.

El experimento anterior lo apliqué al mudar se sitio una antena Yagi, con aproximadamente 20 metros de longitud en cable coaxial, teóricamente calculada para frecuencia de 146.9 MHz (<https://www.dropbox.com/s/i1elr23qjr8flnx/ANTENA%20YAGI%20%20METROS.pdf?dl=0>), e inicialmente ajustada con cable patrón (Tramo de cable coaxial eléctricamente corto, o de pocas longitudes de ondas), determinando 1.02 ROE con resonancia en 146.8 MHz, la cual estuvo montada en la punta superior de un mástil (1.08 ROE) y que luego se trasladó quedando con cable coaxial de mayor longitud y una torre detrás del elemento reflector, alterando sus parámetros (Solo debió haber modificado la relación recho-espalda, pero la frecuencia de resonancia se trasladó a 144.45 MHz). Bajo estas circunstancias, hay que decidir entre volver a subir varias veces en la torre para reajustar la antena, o desde la seguridad y comodidad del cuarto de radios matchar en el cable coaxial. Resultados (En la medida que recorto el cable coaxial,



la mínima ROE se mantiene constante pero la resonancia se observa trasladada hacia otra frecuencia, **Iniciando en 144.45 MHz, 1er. recorte en 144.88 MHz, 2do. recorte en 145.37 MHz, 3er. recorte 145,99 MHz y último recorte finalizando en 146.610 MHz.** Igualmente **observe como mejora el ancho de banda en la medida que aproximamos a la frecuencia de resonancia original de la antena = 146.8 MHz):**



3da Prueba: Si en su estación cuenta con una antena de parámetros standard, en longitud, altura, impedancia similar al cable coaxial (50 Ohm), preferiblemente de **HF** en bandas 10 u 11 metros, con menos de 6 longitudes de ondas en cable coaxial (44 metros), etc., en la frecuencia de resonancia debería tener una impedancia puramente resistiva (Con pequeños residuos reactivos), una ROE aceptable y probablemente algo de irradiación en la línea. Si le agregamos un tramo equivalente a una longitud de onda en el cable coaxial y a éste le recortamos pequeños tramos de 10 ó 15 centímetros C/U, **en cada medición seguramente se aprecien cambios en la frecuencia de resonancia, ancho de banda, impedancias y sin causa aparente también en la ROE para una frecuencia específica** (Aclarado en la gráfica de la octava teoría, al inicio del artículo).

Los procedimientos anteriores aplican para cualquier banda (**No aplicables para Modo plano**), **mientras mayor sea la ROE y a mayor frecuencia, menor cantidad de cable coaxial debe recortarse para desplazar la frecuencia de resonancia** (Vista desde el extremo del transmisor). En las fotografías siguientes demuestro solo un corte de 15 centímetros, con 1.3 ROE en la frecuencia de resonancia 26.491 MHz. Observe como **se conserva la misma ROE, pero desplazada la frecuencia de resonancia** hasta 26.640 MHz. Si continúo recortando puedo llevarla hasta frecuencia de resonancia original de la antena (27.205 MHz = Canal 20 de CB 11 metros):



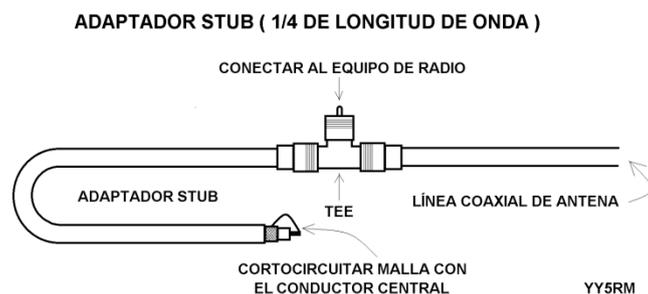
En la gráfica siguiente muestro un caso típico de posible respuesta desde 1.1 hasta 1.2 ROE. Analizando se dará cuenta que si intenta ajustar la antena con longitud aleatoria en cable coaxial (Fuera del Nodo), la

longitud física de la antena quedará con menor tamaño para cual se calculó, pero si dicha antena es de longitud fija, deberá usar otro método para corregir:



¿Que otro uso puedo darle a las longitudes específicas en el Cable Coaxial?

1. **Usar su antena en frecuencias vecinas de la original:** De resultarle positivos los experimentos anteriores (No posibles cuando hay perfecto equilibrio o modo plano), no se preocupe, ni intente corregir, puede aprovechar la situación para usar su antena HF 15 metros, CB 11 metros, VHF 2 ó 6 metros (O similares), con respuestas aceptables en frecuencias vecinas, con solo **adicionar tramos de cables coaxiales en serie a la línea.**
2. **Usar su antena fuera del Ancho de Banda original:** Igualmente pueden lograr desplazamientos significativos, pero bajo otros principios teóricos de acoplamiento (Admitancias) con resultados garantizados. Para estos casos se adicionan **Adaptadores Stub**, que consisten en conectar en paralelo a la línea, instalando una Tee en el conector de salida del transmisor, donde se conectará un tramo de cable coaxial de 1/4 de longitud de onda, cortocircuitado en el extremo más distante (Igualmente se puede emplear un tramo de 1/2 longitud de onda, abierto en el extremo). De ser necesario se debe matchar recortando la longitud del Stub.

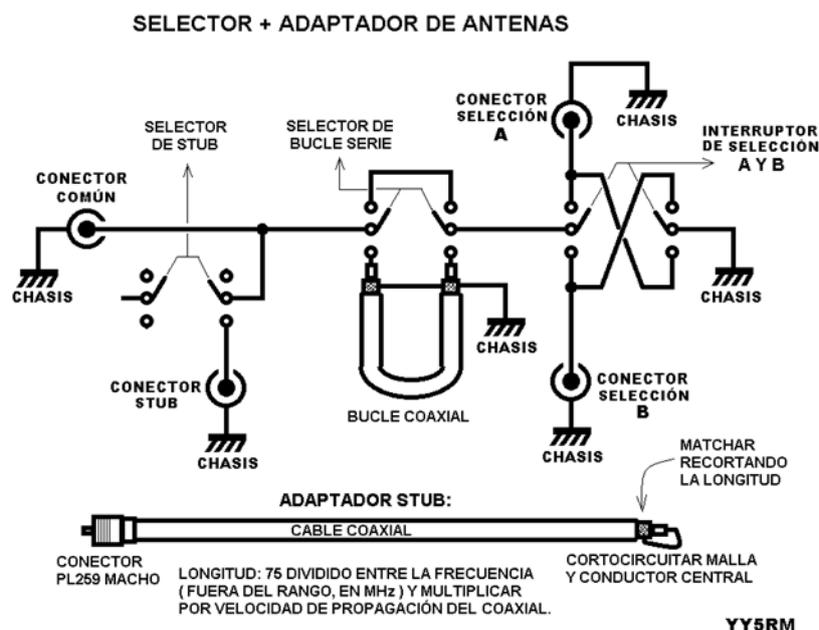


Cuidados al incorporar Stub o dispositivos en la línea coaxial: La medición de RF en el cuarto de radios, a causa de irradiación en el cable coaxial (Suprimible pero no en totalidad con ferritas, o Choques RF), resulta más crítico al incorporar equipos o dispositivos en la línea coaxial dentro del mismo cuarto de radios, razón por la que sugiero la **puesta a tierra en los equipos**, en caso de optar por el uso de Stubs o cualquier adaptador que acople impedancias entre la línea y el transmisor (Igualmente se debe colocar el borde del Stub, lo más distanciado posible del cuarto de radios) .

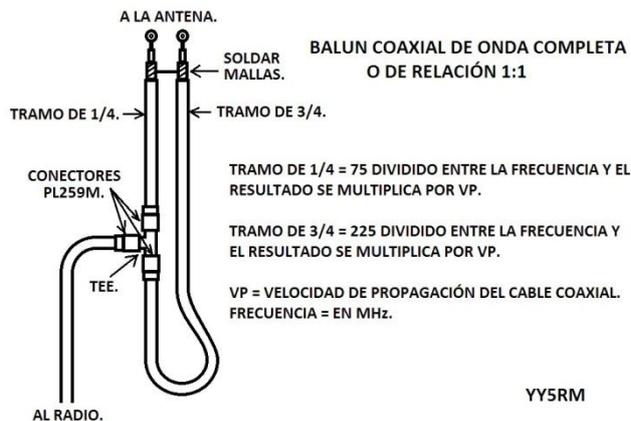
Ejemplo y forma de medir presencia de RF en el cuarto de radios: Usando una antena vertical Antron99 ajustada para banda de 10 metros, incorporando un Stub para transmitir con 1.05 ROE en banda de 15 metros. Colocando un medidor de intensidad de campo (Del tipo detector. Usé un Vatímetro-Roímetro-RFS común para CB 11 Metros) sobre el radio o aproximado a la línea (Sin conectar a nada).



Si desea, en la WEB he publicado la construcción de un sencillo adaptador línea-transmisor, que permite usar cualquier antena de corta longitud de onda, en frecuencias vecinas y de su ancho de banda original, con solo agregar o combinar tramos de diferentes longitudes de cables coaxiales, **el mismo lo construí con el propósito que el lector pueda comprobar algunas de las situaciones que suelen presentarse al variar la longitud física del cable coaxial o al adicionar pérdidas en el sistema.** A continuación el dibujo del circuito:

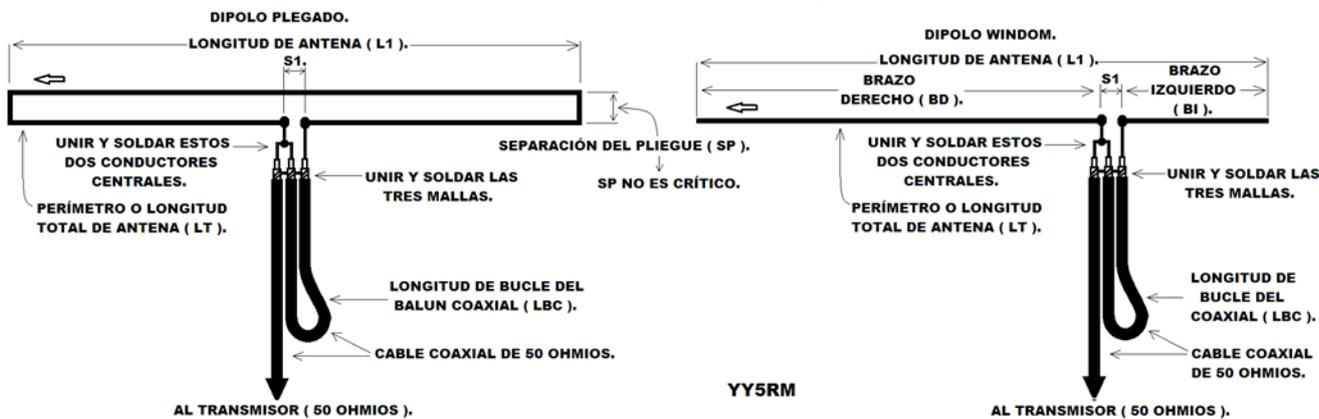


3. El cable coaxial de longitud específica, se puede emplear para **balancear o transformar impedancias** en Dipolos y otros sistemas de antenas, los Baluns Coaxiales más populares son los de relaciones **1:1 y 4:1**:
 - 3.1 El Balun coaxial re relación **1:1** no transforma impedancias, consiste en un arnés de una longitud de onda y que se conecta a 1/3 de ésta. La relación entre el voltaje RF y la corriente en sus extremos, son similares a los de la entrada.
 - 3.2 Balun coaxial de relación **4:1** consiste en un bucle de 1/2 longitud de onda, donde a causa del desfase de 180 grados, se duplica el voltaje RF por lo tanto la relación es de 2:1 entre sus extremos, por consiguiente la relación de conversión de impedancias es 4:1 (2 es la raíz cuadrada de 4).



4. Diseñar sistemas fuera de los standard: En la WEB he publicado dos antenas comunes (Windom y Dipolo Plegado) modificadas en longitud, superando los diseños originales **gracias a las bondades que nos ofrece el uso de longitudes específicas tanto en el cable coaxial, como en el Balun y en la misma antena.** Sus principios de funcionamientos se deben a que **solo para sistemas de 50 ohmios**, el Balun coaxial de longitud reducida (171 grados. Normalmente 180 grados) cumple doble función, la primera es realizar relación de conversión de impedancias de 3.8:1 (190 ohmios a 50 ohmios y viceversa. Normalmente 4:1, ejemplo: 200 ohmios a 50 ohmios) y la segunda es cancelar perfectamente las componentes reactivas causadas por la antena de longitud reducida (Lambda -10%. Normalmente Lambda -5%) situación que **determina excelente factor de calidad (Q = Relación existente entre impedancias reactivas y resistiva) en casi todo su extraordinario Ancho de Banda.**

ANTENAS DIPOLAS CON BALUNS COAXIALES, PARA IMPEDANCIAS DE 50 OHMIOS (MAYOR ANCHO DE BANDA Y ROE PERFECTA)

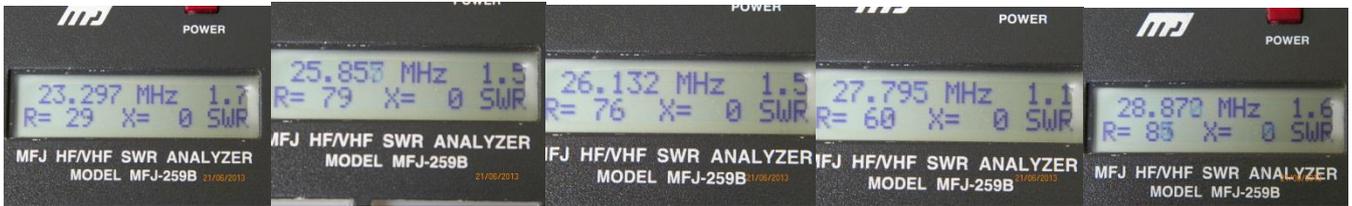


MEDIDAS Y CALCULOS:

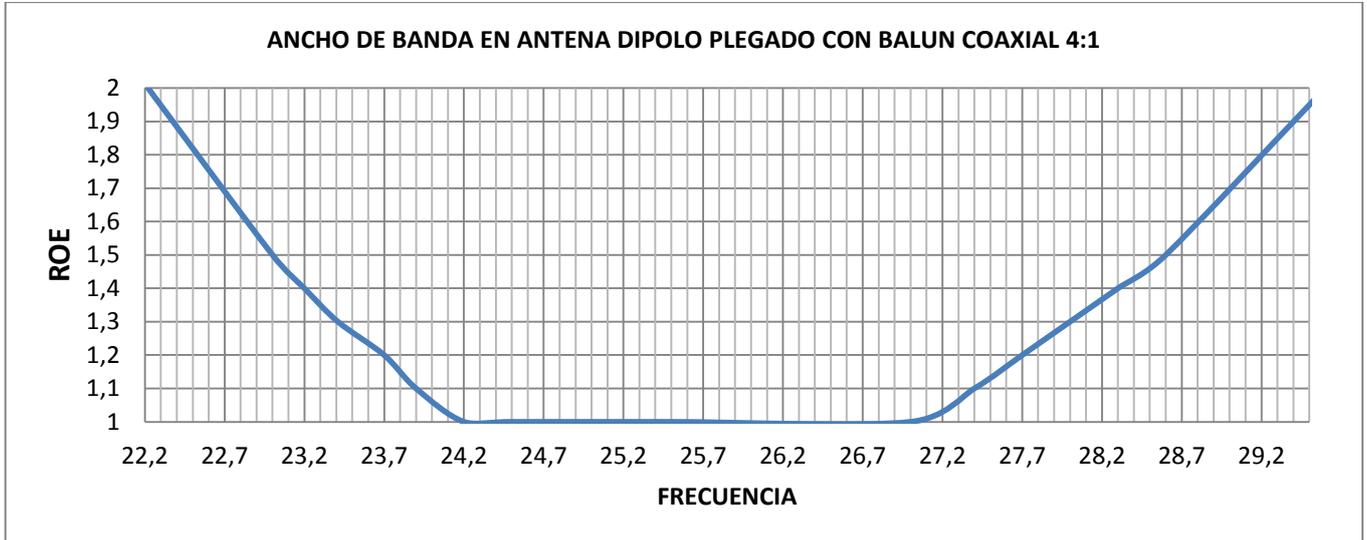
- * LONGITUD DE ANTENA: $L1 = 135 / \text{FRECUENCIA (MHz)}$.
- * LONGITUD DE BUCLE DEL BALUN: $LBC = 142.5 / \text{FRECUENCIA (MHz)} \times VP$.
- * PERÍMETRO DEL DIPLO PLEGADO: $LT = 270 / \text{FRECUENCIA (MHz)}$.
- * SEPARACION DE BORNES DE ANTENA: $S1 = \text{USAR LA TRADICIONAL EN DIPOLAS COMUNES}$.
- * LONGITUD DEL BRAZO DERECHO: $BD = 90 / \text{FRECUENCIA (MHz)}$.
- * LONGITUD DEL BRAZO IZQUIERDO: $BI = 45 / \text{FRECUENCIA (MHz)}$.
- * EN DIPLO PLEGADO $BD = BI$ (BRAZOS SIMÉTRICOS. ANTENA ALIMENTADA EN EL CENTRO.
- * SEPARACIÓN DEL PLIEGUE: $SP = \text{USAR LA TRADICIONAL EN DIPOLAS PLEGADOS COMUNES}$.
- * SP SUGIERO: 3.5MHz - 4.5MHz = 22cm, 7MHz = 16cm, 14MHz = 11.5cm, 30MHz = 9cm, 50MHz = 7cm, 146MHz = 5 A 6cm, UHF < 5cm.

NOTAS:

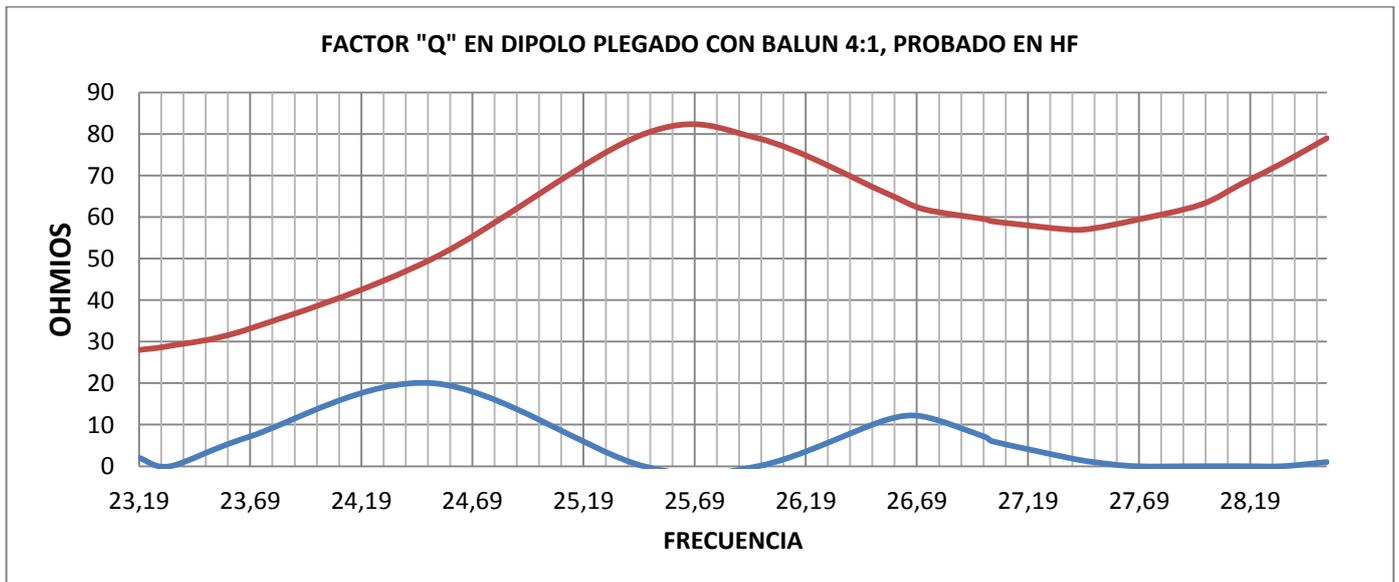
- * LAS LONGITUDES FISICAS EN ESTOS DOS TIPOS DE DIPOLAS, SON 5% MÁS CORTAS QUE EN DIPOLAS COMUNES, ES DECIR, LAMBDA - 10%.
- * EN EL DIPLO PLEGADO, LA LONGITUD DE ANTENA (L1), SE TOMA DESDE EL CENTRO DE LOS SEPARADORES EN LOS EXTREMOS DEL PLIEGUE (SP).
- * LOS BALUNS COAXIALES ESTAN CALCULADOS PARA DESFASE DE 171 GRADOS (EN DIPOLAS PLEGADOS COMUNES SE USA 180 GRADOS = 1/2 ONDA).
- * VP = VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL CABLE COAXIAL (DEPENDE DEL MATERIAL AISLANTE ENTRE DEL CONDUCTOR CENTRAL Y LA MALLA, TRADICIONALMENTE: ESPUMA DE TEFLÓN = 0.82, TEFLÓN SÓLIDO = 0.70, POLIETILENO = 0.66.
- * ← = BRAZO PRINCIPAL. ORIENTAR HACIA ARRIBA EN CASO DE POLARIZACIÓN VERTICAL.
- * LA POTENCIA MÁXIMA SE LIMITA POR LA CALIDAD DE SOLDADURAS Y DEL MATERIAL A USAR.
- * MAYOR INFORMACIÓN EN www.qrz.com/db/YY5RM.



Ancho de Banda visto con roímetro y aproximadamente 20 Watts RF:



Visto con 20 miliWatts del analizador (**Rojo = componente resistiva. Azul = componente reactiva**):



Por estas razones, más las extraordinarias relaciones señal-ruido, me permito recomendarlas como excelentes antenas (Hasta el momento no he determinado parámetros instalada como V invertida, solo la he usado para diseños de antenas HF de corta longitud de onda, VHF, UHF, incluso en Wifi 2.4 GHz).

Aclaratorias y comentarios:

Cuando generalizo el término " **Impedancia** ", para el caso de cables coaxiales realmente se trata de **Impedancias Características** y para el resto de los casos generalmente puede tratarse de **Impedancia**

Compleja, la cual puede tener presencia de componente reactiva y resistiva. Para el debido entendimiento solo he tomado en cuenta la componente resistiva, debido a que la componente reactiva casi no absorbe potencia del transmisor.

Matchar recortando la longitud física del cable coaxial no siempre es lo mejor, pero en casos específicos es preferible que volver a desmontar la antena para solucionar, además los resultados son satisfactorios.

Para evitar referenciar múltiples bibliografías, sencillamente sugiero lectura del **Manual de Instrucciones – MFJ256B**, Rev. 1, con fecha 22-02-2006 (Analizador de ROE para HF / VHF), se puede ubicar desde la WEB en formato PDF y **traducido al español, por el Colega Ezequiel Reinaldi (www.qrz.com/db/LU1FP)**.

Para culminar:

Desde temprana edad, como entusiasta y futuro Radioaficionado, participé en instalaciones de estaciones de radios, siempre admirando las técnicas y cálculos (Incluyendo el uso de Nodos) realizados por Colegas expertos de la época. Luego, en mi adolescencia, con el conocimiento heredado y como estudiante de Electrónica, en el área de las comunicaciones tuve particular interés en aprender la teoría que me permitió analizar situaciones y fenómenos casi inexplicables, que comúnmente afectan o favorecen nuestras instalaciones de antenas. **En la actualidad, con mayores recursos para el aprendizaje** y con más de 37 años optimizando empleando las bondades que nos ofrece el uso de longitudes resonantes en cables coaxiales, como aporte para mis Colegas Radioaficionados y profesionales que laboran en el área las comunicaciones, tuve la iniciativa de escribir el presente artículo, empleando recursos y lenguaje lo más sencillo posible (Sin perder lo didáctico), con la finalidad que el lector adquiera conocimientos básicos o aclarar posibles dudas, igualmente **sirve de reflexión para Colegas profesionales expertos que desinteresadamente y de buena voluntad publican en la WEB opiniones, comentarios o artículos para el conocimiento, pero considerando estas realidades como un mito, creando confusiones y discusiones innecesarias entre Colegas**. Si desea aportar alguna información para adicionar, favor ponerse en contacto vía correo electrónico: ramon.miranda811@hotmail.com , ramon.miranda811@yahoo.com , ramon.miranda811@gmail.com

Este y otros artículos que he escrito, son de **libre uso** y sus últimas versiones siempre estarán disponibles en www.qrz.com/db/YY5RM , o ingresando a www.qrz.com (YY5RM en el buscador). De ser necesario, sugiero frecuentemente su debida actualización.

Hasta la próxima. 73'S. QRV.



Ramón Miranda.