

# Primera vez con mmana-gal

LW9DDD - Carlos Alejandro Chiappini

## Abstract:

### ESPAÑOL

XQ2CG, Sergio Zúñiga, QTH en La Serena, Chile, publicó y continúa publicando en youtube videos instructivos para el uso de mmana-gal.

- *¿ Qué es mmana-gal ?*

Es un programa que permite simular antenas.

Recordemos algo que se popularizó bastantes décadas atrás, el simulador de circuitos electrónicos, por ejemplo Electronics Workbench. Este programa contiene componentes simulados que la persona puede seleccionar para formar el circuito que desea simular. Cada componente se ve en pantalla con el mismo símbolo que usamos para dibujar a mano un circuito. Contiene también lo necesario para interconectar componentes, es decir cables, nodos, etc. Instrumentos, por ejemplo voltímetro, amperímetro, osciloscopio. Fuentes de tensión y de corriente, más todo lo que podamos necesitar. Da opción de simular el circuito en condiciones reales, si escogemos modelos de componentes reales, o simular en condiciones ideales, si escogemos modelos ideales de los componentes.

- mmana-gal ha sido desarrollado con la misma filosofía. Tiene secciones que llenamos con datos de la antena. En la sección de geometría escribimos las medidas de las partes que la forman, la posición de cada parte en la estructura de la antena, etc. Una sección visual dibuja lo que hemos definido con los datos. Una sección de cálculo, donde el botón Start ( inicio ) activa el proceso de cálculo. Al completarse muestra los resultados, por ejemplo impedancia, ROE, ganancia y más. Otra sección muestra el patrón de radiación calculado. Permite verlo en corte plano y en figura 3D coloreada. La escala de colores indica ganancia y en cada parte del patrón vemos el color que corresponde a la ganancia en la dirección de emisión correspondiente. Esta síntesis alude a una fracción pequeña de las presataciones de mmana-gal, la fracción que al radioaficionado le resulta más familiar. Ofrece más prestaciones, que pueden interesar a quienes desean desarrollar proyectos personales de sistemas irradiantes.

### ENGLISH

XQ2CG, Sergio Zúñiga, QTH in La Serena, Chile, populated and continues to post instructional videos on youtube for the use of mmana-gal.

- *What is mmana-gal ?*

It is a program that allows you to simulate antennas.

Let's remember something that became popular several decades ago, the electronic circuit simulator, for example Electronics Workbench. This program contains simulated circuit components that the person can select to form the circuit that he wishes to simulate. Each component is seen on the screen as a symbol, like drawing a circuit by

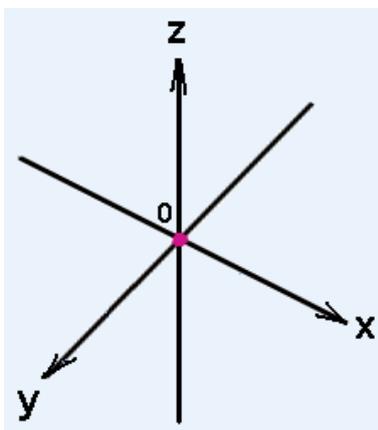
hand. It also contains what we use to interconnect components, that is, cables, nodes, etc. Instruments, for example voltmeter, ammeter, oscilloscope. Voltage and current sources, plus everything we may need. Gives option to simulate the circuit under real conditions, if we choose real component models, or simulate under ideal conditions, if we choose ideal component models.

- mmana-gal has been developed with the same philosophy. It has sections that we fill with antenna data. In the geometry section we write the measurements of the parts that form it, the position of each part in the structure of the antenna, etc. A visual section draws what we have defined with the data. A calculation section, where the calculate button activates the calculation process. Upon completion it displays the results, for example impedance, SWR, gain and more. Another section shows the calculated radiation pattern. It allows to see it in flat cut and in colored 3D figure. The color scale indicates gain and in each part of the pattern we see the color that corresponds to the gain at that direction. This list refers to a small fraction of the mmana-gal performances, the fraction that is most familiar to the radio amateur. It offer more features, which may interest those who wish to develop personal projects of irradiating systems.

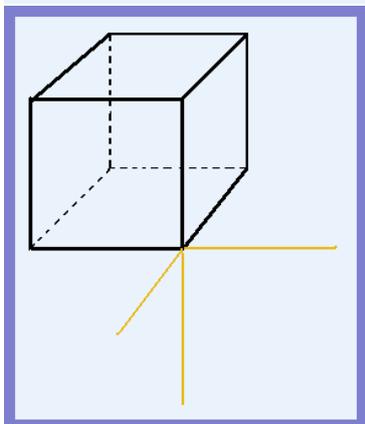


## Empezar sin sofocarse

### CAPÍTULO 1 - mmana-gal utiliza la geometría más simple posible



La figura muestra los ejes de las coordenadas cartesianas ortogonales. Cada eje es una recta y los 3 ejes se intersectan ( se cruzan) en un punto. Cada eje es perpendicular a los otros dos. Es decir  $x$  es perpendicular a  $y$  , también es perpendicular a  $z$  . A la vez  $y$  es perpendicular a  $x$  , también es perpendicular a  $z$  . En la misma forma,  $z$  es perpendicular a  $x$  , también es perpendicular a  $y$  . Algo similar sucede en un cubo. Las 3 aristas que nacen de un mismo vértice son mutuamente perpendiculares, como muestra la figura siguiente.

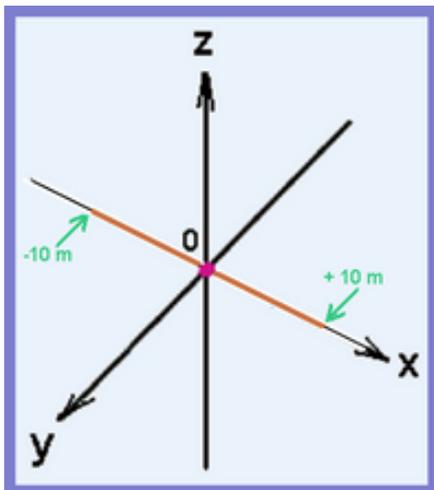


La figura representa un cubo. En color vemos las prolongaciones de 3 aristas que nacen del mismo vértice. Las 3 aristas con sus prolongaciones equivalen geoméricamente a las coordenadas cartesianas de la figura anterior, porque son 3 rectas mutuamente perpendiculares que se intersectan en un punto. El punto de intersección es el origen de coordenadas. Cada coordenada equivale a un par de reglas con escala de medidas.

¿ Por qué en cada coordenada un par de reglas y no una sola ? Porque a cada coordenada la dividimos en dos partes que van en sentidos contrarios. Desde el origen hacia un lado el sentido es positivo y hacia el otro lado negativo. En la primera figura cada flecha indica el sentido positivo de una coordenada. En la mitad positiva de cada coordenada usamos números positivos para ubicar puntos. Por  $x = 0,9 \text{ m}$  es la ubicación de un punto situado a 90 cm del origen del lado positivo de la coordenada. Y  $x = -0,3 \text{ m}$  es la ubicación de un punto situado a 30 cm del origen hacia el lado negativo. Por convención, en el valor positivo omitimos el signo + .

Supongamos que nos interesa usar mmana-gal para simular un dipolo extendido. Este dipolo está compuesto por dos ramas que nacen del centro. Ambas ramas se ubican en la misma recta. Podemos usar el eje  $x$  para ubicarlas. Los ejes  $y, z$  existen pero no los usamos, porque para el dipolo extendido no los necesitamos.

En un dipolo de media onda para banda de 40 m, cada rama mide 10 m. Ubicamos una rama en la mitad positiva del eje  $x$  y la otra en la mitad negativa. Una rama comienza en el origen de coordenadas (es decir en cero) y termina en el punto ubicado en  $x = 10 \text{ m}$  . La otra rama comienza en el origen de coordenadas y termina en el punto ubicado en  $x = -10 \text{ m}$  .



La figura muestra en color las ramas del dipolo. La sección de geometría de mmana-gal pide indicar el punto inicial y el punto final de cada hilo. En este ejemplo, cada rama del dipolo es para mmana-gal un hilo. Para esta finalidad el programa usa una planilla y cada fila ( cada renglón ) de la planilla especifica un hilo. En la fila siempre vemos las 3 coordenadas. El dipolo extendido no requiere usar las coordenadas  $y, z$  . Entonces en esas dos coordenadas el punto de inicio y el punto final son cero. Especificaremos en cada fila una rama. Por ejemplo, la rama puesta en sentido positivo de la coordenada  $x$  en primera fila. Entonces en esa fila tendremos punto inicial del hilo

$x_1 = 0$  y punto final  $x_2 = 10 \text{ m}$  . En la fila siguiente especificaremos la otra rama, poniendo  $x_1 = 0$  y  $x_2 = -10 \text{ m}$  . La planilla usa subíndice 1 para el punto inicial del hilo y subíndice 2 para el punto final. Subíndice es el número pequeño situado bajo la  $x$  . Y requiere escribir solamente la cifra de la distancia, sin agregar la  $m$  de metro, porque el usuario está obligado a poner la cifra de la medida en metros.

## CAPÍTULO 2 - La planilla donde especificamos los hilos

Lo primero que mmana-gal muestra cuando lo abrimos es la sección View, donde se ve gráficamente la antena simulada. Cuando es un archivo nuevo, sin datos especificados, solamente vemos el sistema de coordenadas. A la izquierda del botón View está el botón Geometry, que muestra la planilla donde especificaremos los hilos que componen la antena. Ya sabemos qué escribiremos en las filas primera y segunda en el ejemplo del dipolo.

Cada fila tiene 8 casilleros. Los 6 primeros pertenecen a las coordenadas, el anteúltimo al radio del hilo irradiante utilizado y el último al número de segmentos. El programa viene

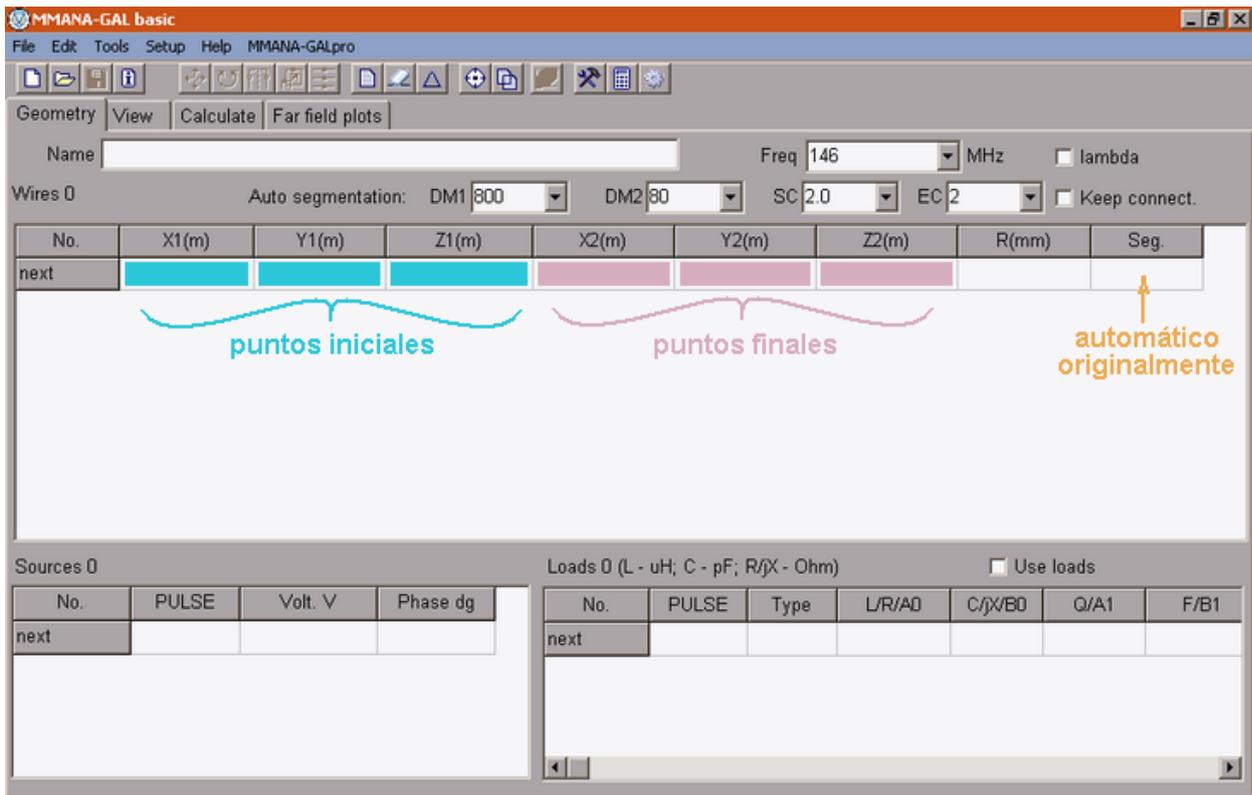
originalmente predispuesto para llenar automáticamente el último casillero. Mientras mantengamos la predisposición original, no necesitaremos encargarnos de ese casillero.

¿ Cómo denomina mmana-gal a los puntos en cada coordenada ?

Aviso → mmana-gal agrega un subíndice  $m$  en el símbolo de cada coordenada. Por ejemplo  $x_{1m}$  , para recordar que necesita las medidas de los hilos en metros. En este documento prescindiremos del subíndice  $m$  y escribiremos  $x_1$  . Lo mismo en las otras coordenadas.

- $x_1$  → punto inicial en la coordenada  $x$
- $y_1$  → punto inicial en la coordenada  $y$
- $z_1$  → punto inicial en la coordenada  $z$
- $x_2$  → punto final en la coordenada  $x$
- $y_2$  → punto final en la coordenada  $y$
- $z_2$  → punto final en la coordenada  $z$

Esos 6 puntos definen un hilo. En una coordenada no utilizada los puntos tienen valor cero.



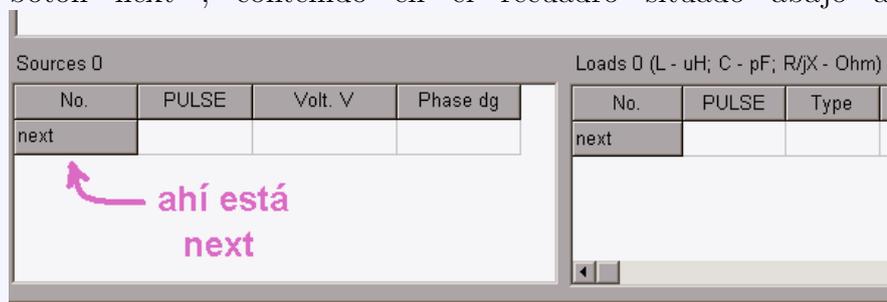
En la imagen vemos los casilleros coloreados, para reconocerlos más fácilmente. En el programa aparecen sin color.

Supongamos que el punto final en la coordenada  $x$  está situado a 49 cm del origen de coordenadas. Necesitamos expresar en metros los 49 cm . Es decir que en el casillero escribiremos 0.49 . No agregamos la  $m$  de metro porque el programa asume que todos los datos está expresados en metros.

mmana-gal no admite coma para escribir números con decimales, porque utiliza la convención de los países de habla inglesa, que usan el punto como separador entre la parte entera y los decimales del número.

Necesitamos saber algo imprescindible para que el programa acepte cada dato que escribimos en la planilla de coordenadas. Es el procedimiento siguiente.

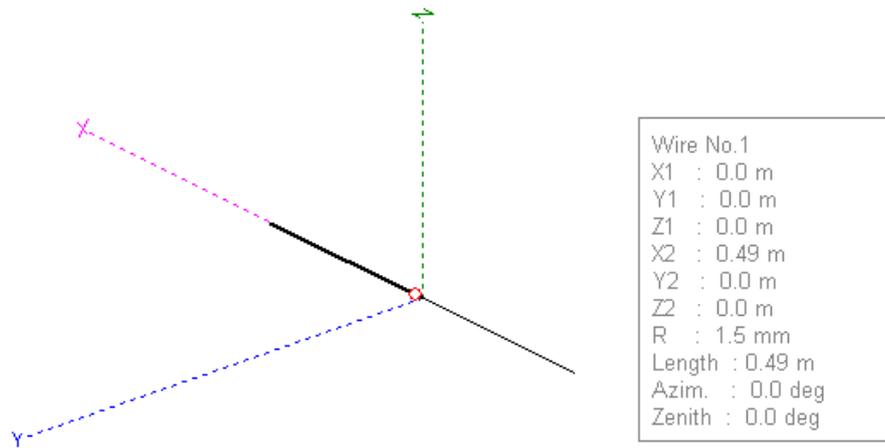
- Recordemos que este ejemplo corresponde a un dipolo extendido para banda de 40 m .
- En la primera fila escribimos el primer dato, que es  $x_1$  de la rama positiva. La rama comienza en el origen de coordenadas y por eso  $x_1$  es igual a cero.
- Antes de escribir otro dato, necesitamos aplicar el mouse sobre el botón *next* , contenido en el recuadro situado abajo a la izquierda.



- Eso produce dos efectos. Uno es lograr que mmana-gal acepte el dato. Otro es crear una fila nueva debajo de la fila donde hemos ingresado el dato.
- La fila nueva no interfiere a la fila anterior, donde  $x_1$  fue aceptado.
- Agregaremos sin problema el dato  $x_2$  ( que vale 10 ) y nuevamente aplicaremos el mouse en *next*, para que mmana-gal acepte el dato.
- Cada vez que agreguemos un dato, inmediatamente utilizaremos *next*. Procediendo así podremos ingresar todos los datos de la antena.
- Cuando hayamos ingresado todos los datos necesarios, veremos que mmana-gal ha preparado una fila nueva debajo de la última fila que hemos llenado. Eso no es problema, porque no interfiere a las filas que hemos llenado. Simplemente queda una fila vacía en la parte inferior de la planilla.

### CAPÍTULO 3 - Sección visual

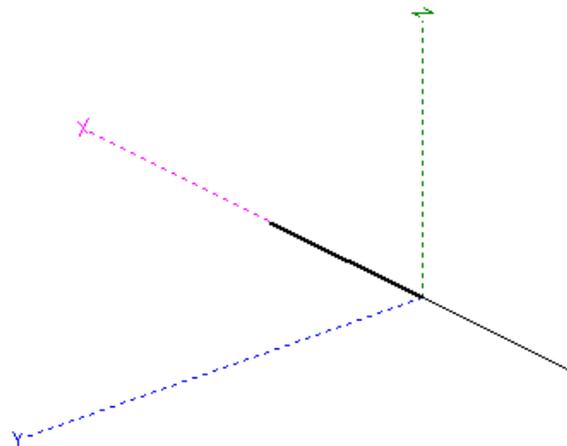
La sección visual de mmana-gal dibuja lo que hemos definido con los datos. Vemos en un gráfico la disposición geométrica de los hilos. Aunque es un gráfico esquelético, sirve para confirmar que los datos de la planilla corresponden a la antena que nos interesa. En caso de haber uno o más datos equivocados, la vista geométrica puede ayudar a comprender los errores y corregirlos. Vemos esos detalles en el gráfico siguiente.



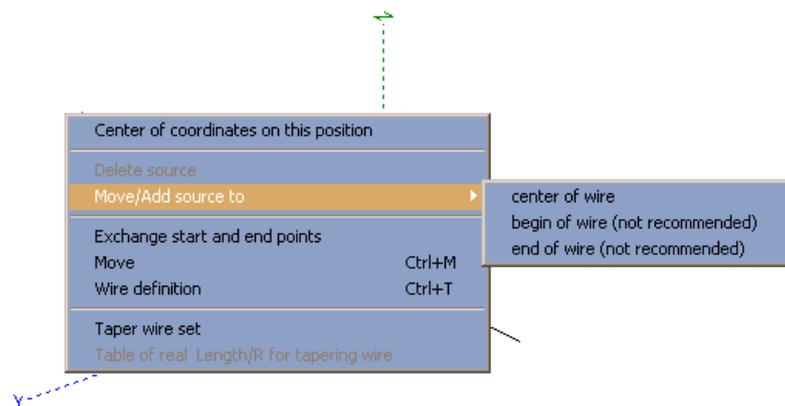
Dibuja cada hilo con una línea llena, uno en trazo grueso y otro en trazo delgado para reconocerlos fácilmente. Con línea llena solamente dibuja hilos. Las partes no ocupadas se ven en línea de trazos. Aunque el dipolo extendido no usa los ejes  $x, y$  los muestra, para tener completo el sistema de coordenadas. En un recuadro aparecen los datos de la planilla.

### - Fuentes

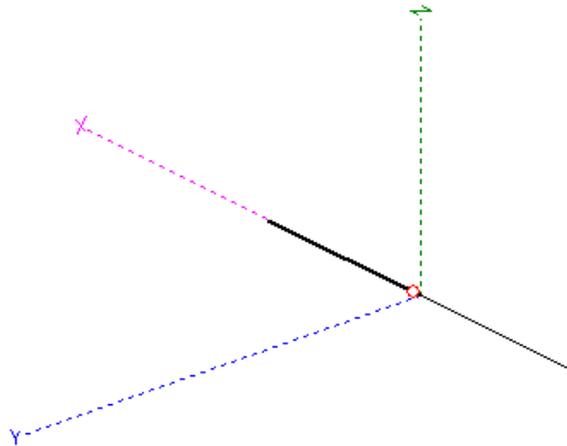
mmana-gal denomina fuente al punto de alimentación. Para agregar una fuente aplicamos el botón secundario del mouse sobre el gráfico de la geometría, que es el gráfico siguiente.



Abre un menú con 3 opciones. Una es **Move/Add source to**. La seleccionamos. Abre un submenú con 3 opciones, que permite decidir en cual parte del hilo (o de los hilos) pondremos la fuente.

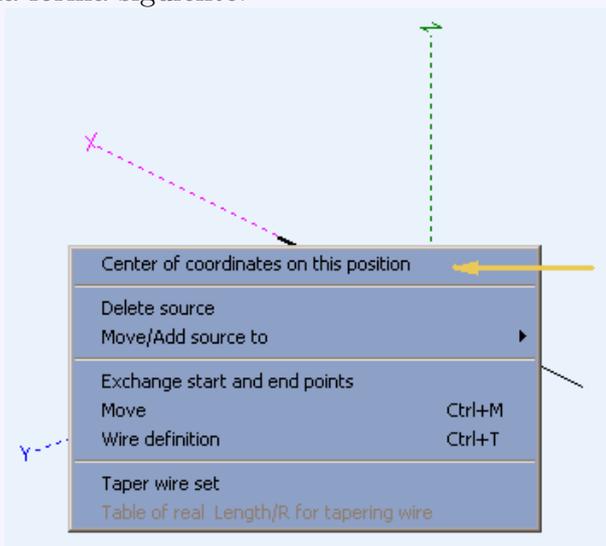


En el ejemplo la opción fue *Begin of wire (not recommended)* porque en el centro del dipolo está el comienzo de ambas ramas. La fuente aparece como un círculo rojo pequeño.



### La imagen de la geometría admite movimientos

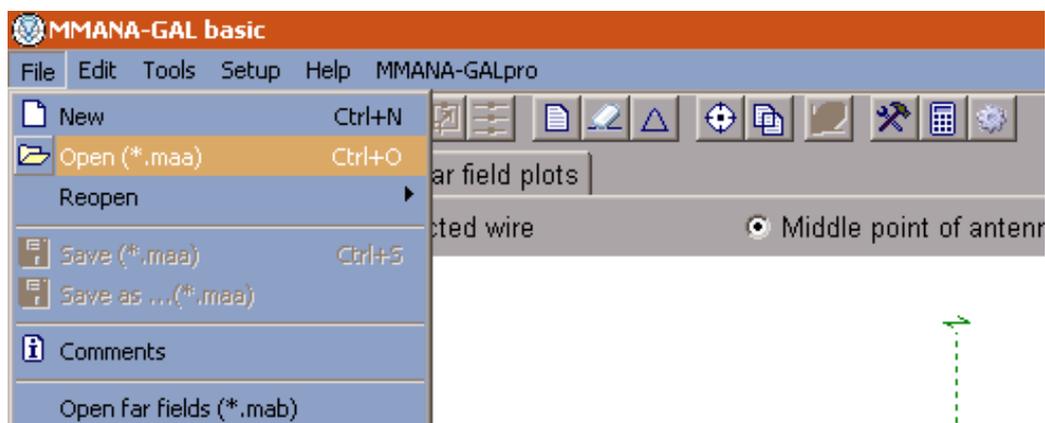
La sección de geometría permite cambiar el punto de vista, como haría una abeja que puede volar todo alrededor de la antena, mirando lateralmente, desde arriba, desde abajo, oblicuamente, etc. Con el mouse podemos hacer eso. También permite ubicar el origen de coordenadas donde el usuario indique. Esto se hace en la forma siguiente.



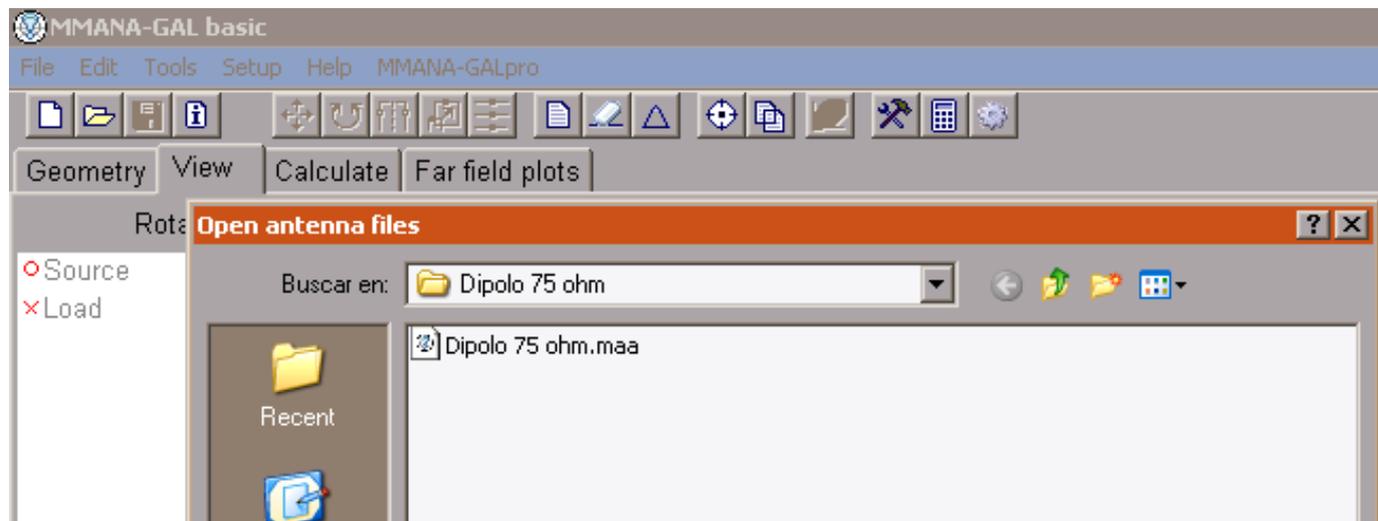
- 1. Ponemos el cursor del mouse (la flecha) en el punto donde queremos ubicar el origen de coordenadas.
- 2. Oprimimos el botón secundario del mouse. Aparece el menú que la figura muestra en celeste.
- 3. La primera opción es *Center of coordinartes on this position* . Significa *Centro de coordenadas en esta posición*. La activamos y todo el diagrama de la antena se mueve hacia donde pusimos el centro de coordenadas.

## CAPÍTULO 4 - Sección Calculate

Cuando hemos completado los datos en la sección Geometry y hemos guardado el archivo de la antena, después podemos abrirlo con mmana-gal para continuar la tarea o para perfeccionarla. Para abrir un archivo de antena hacemos lo mismo que en casi todos los programas para abrir un archivo. Mouse en File. Abre el menú donde esta *open (\*.mma)* . Seleccionamos esa opción.



Abre el explorador de Windows, para que podamos ir a la carpeta donde hemos guardado el archivo de antena, que aparece con el nombre terminado en .mma . Por ejemplo Dipolo 75 ohm.mma , que es nuestro dipolo guardado en mi computadora.

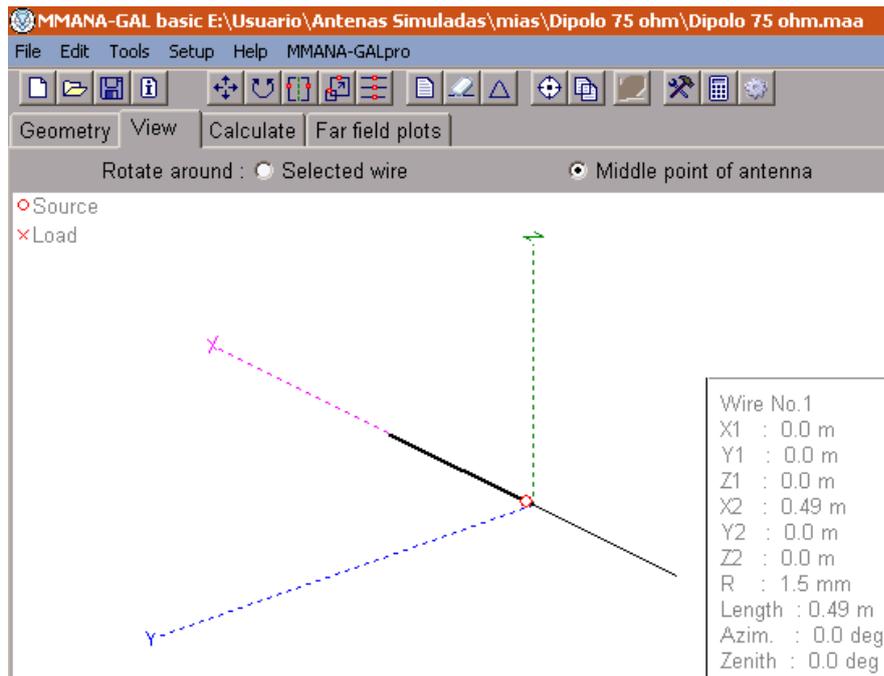


Mouse en el archivo que nos interesa y mmana-gal muestra esa antena. La imagen de este paso está en la página siguiente porque aquí no cabe.

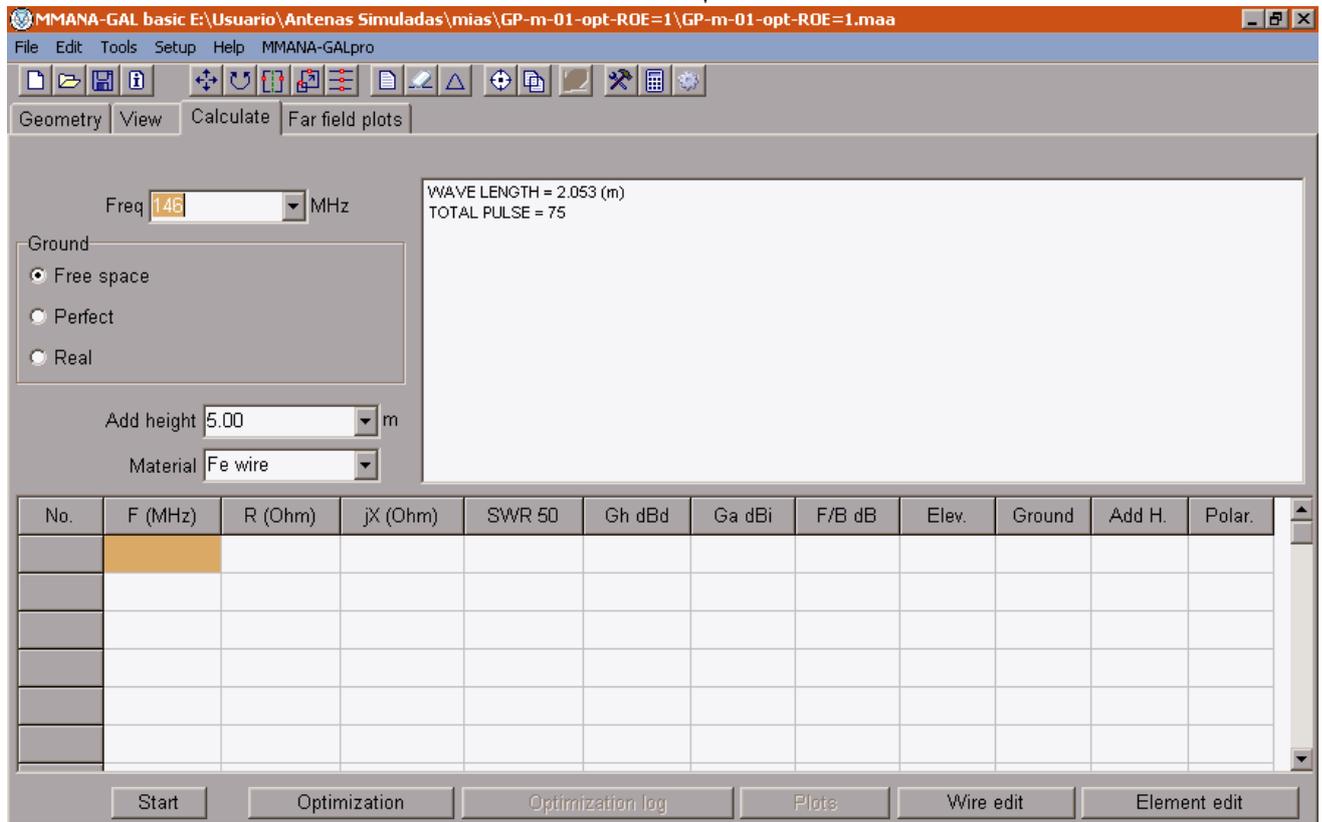
Cuando mmana-gal abre la antena muestra la sección View . A la derecha de View está Calculate. Ahí aplicamos el mouse y se abre la planilla de cálculo, que aparece vacía porque falta iniciar el proceso de cálculo

Para iniciarlo aplicamos el mouse en Start. Comienza el proceso de cálculo. Cuando se completa los casilleros se llenan con los resultados. La figura está en la página siguiente.

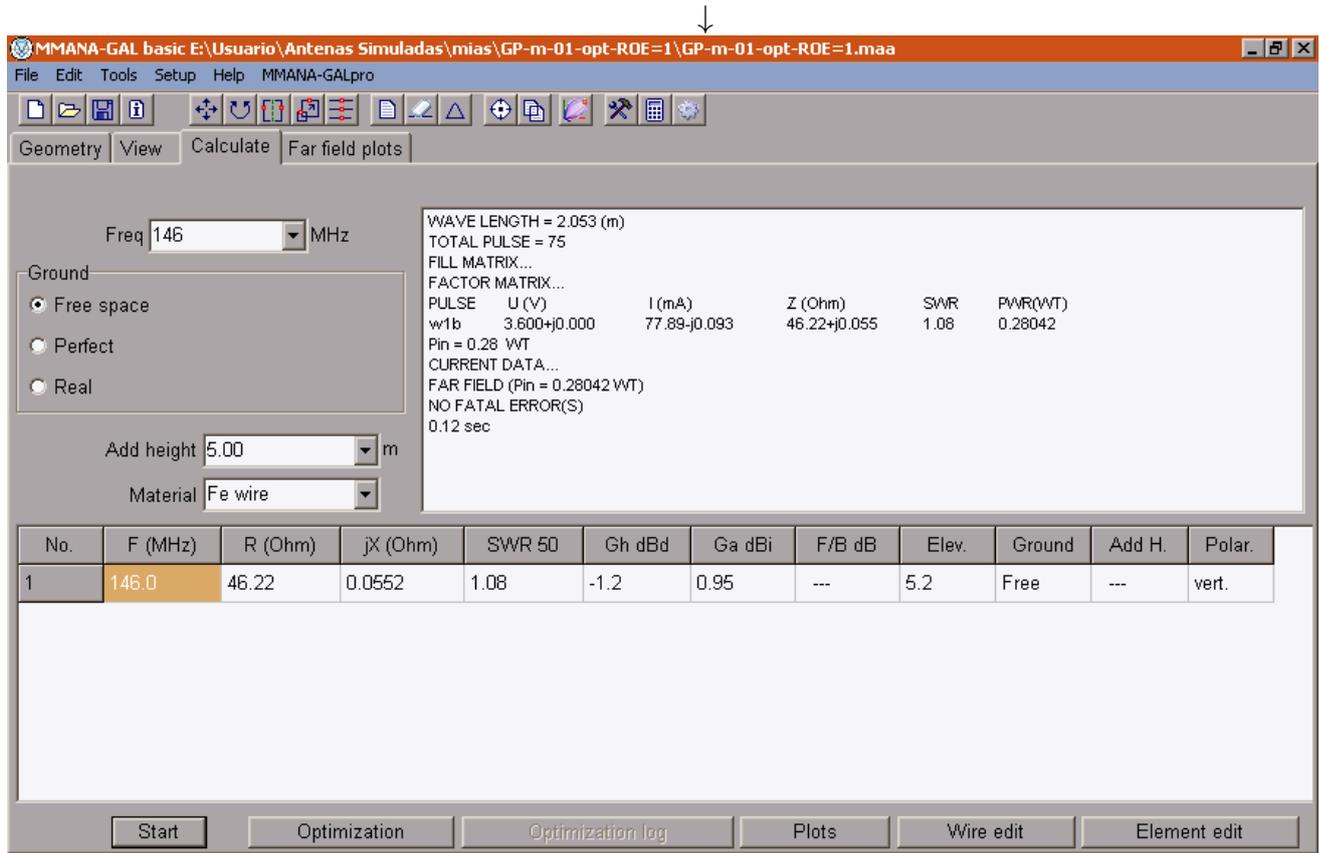
Muestra la antena



Mouse en Calculate y muestra lo siguiente



Mouse en Start y muestra lo siguiente



Después de activar Start aparecen las condiciones y los resultados del cálculo. Verifiquemos que sean las condiciones que nos interesan, como F(MHz) en 146 y Ground en Free para nuestro ejemplo.

La ganancia aparece expresada en dos unidades, dBd (comparación con un dipolo) y dBi (comparación con un radiador isótropo).

¿ Qué es un radiador isótropo ? Nos ayudará la analogía siguiente. Pensemos en una esfera maciza de metal que es calentada hasta quedar al rojo. Todos los puntos de la superficie esférica tienen la misma temperatura. Esa esfera irradia calor, es decir emite ondas electromagnéticas de frecuencias más altas que las frecuencias de radio, pertenecientes a la banda del infrarrojo. Si esa esfera está en el espacio libre sin objetos alrededor, irradia parejamente en todas direcciones. Un radiador isótropo hace eso, sea cual fuere la frecuencia que esté emitiendo. Puse el ejemplo de la esfera caliente porque la energía no le llega por un cable. Una antena de radio utiliza el cable y aunque nuestro deseo sea darle forma esférica, en el punto de alimentación se interrumpe la perfección de la forma. La definición de dBi no está referida a un radiador casi esférico. Está referida al radiador perfectamente esférico, como la bola metálica caliente.

¿ Por qué la planilla de resultados no muestra la impedancia  $Z$  que nos interesa para finalidades prácticas ? Sucede lo siguiente. El funcionamiento de las antenas ( y de otros sistemas que operan con ondas) no se limita a tener resistencia. También tiene reactancia. Por eso al lado de la resistencia  $R$  mmana-gal muestra la reactancia  $jX$  incluyendo el signo correspondiente, que puede ser negativo o positivo. ¿ Nos quita mmana-gal la posibilidad de conocer el valor de  $Z$  ? No. El cálculo de  $Z$  es breve teniendo los dos datos que mmana-gal ofrece. Veamos eso.

Primero calculamos  $Z^2$  en la forma siguiente ( relacionada con el teorema de Pitágoras )

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

La planilla indica  $R = 77,19\Omega$  y  $jX = -0,3276\Omega$  . Para el cálculo indicado no interesa el signo de  $jX$  , porque solo interesa el valor absoluto. Ponemos los datos en la fórmula.

$$Z^2 = 5958,2961 \Omega^2 + 0,10732176 \Omega^2 = 5958,40342176 \Omega^2$$

Ahora solamente queda aplicar raíz cuadrada.

$$Z = \sqrt{5958,40342176} \Omega = 77,19 \Omega$$

Ahora conocemos el valor de  $Z$  que necesitamos para armar la estación.

## CAPÍTULO 5 - Plots

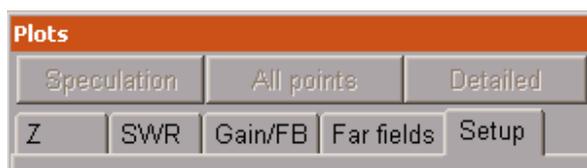
La sección Plots de mmana-gal permite ver las curvas de los análisis siguientes.

- Impedancia (  $Z$  ) en función de la frecuencia.
- ROE ( SWR ) en función de la frecuencia.
- Ganancia ( Gain/FB ) en función de la frecuencia.
- Campos lejanos ( Far fields ) . Es el patrón de emisión que se observa en un lugar que no esté muy cerca la antena. La cercanía se mide en longitudes de onda. En muchos casos una distancia equivalente a 7 longitudes de onda es suficiente.

El botón de acceso a Plots está en la sección Calculate. En la franja inferior es el cuarto botón desde la izquierda.

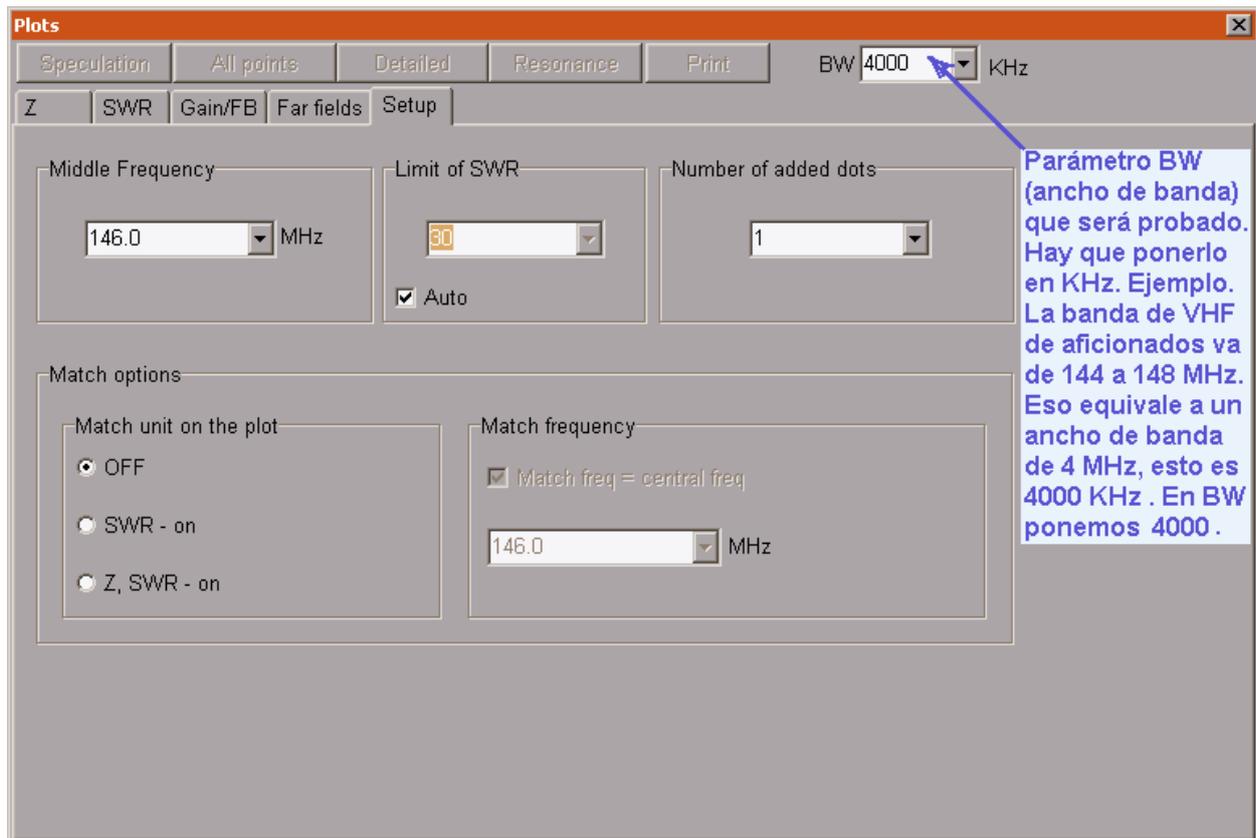


Cuando accedemos vemos 5 secciones.



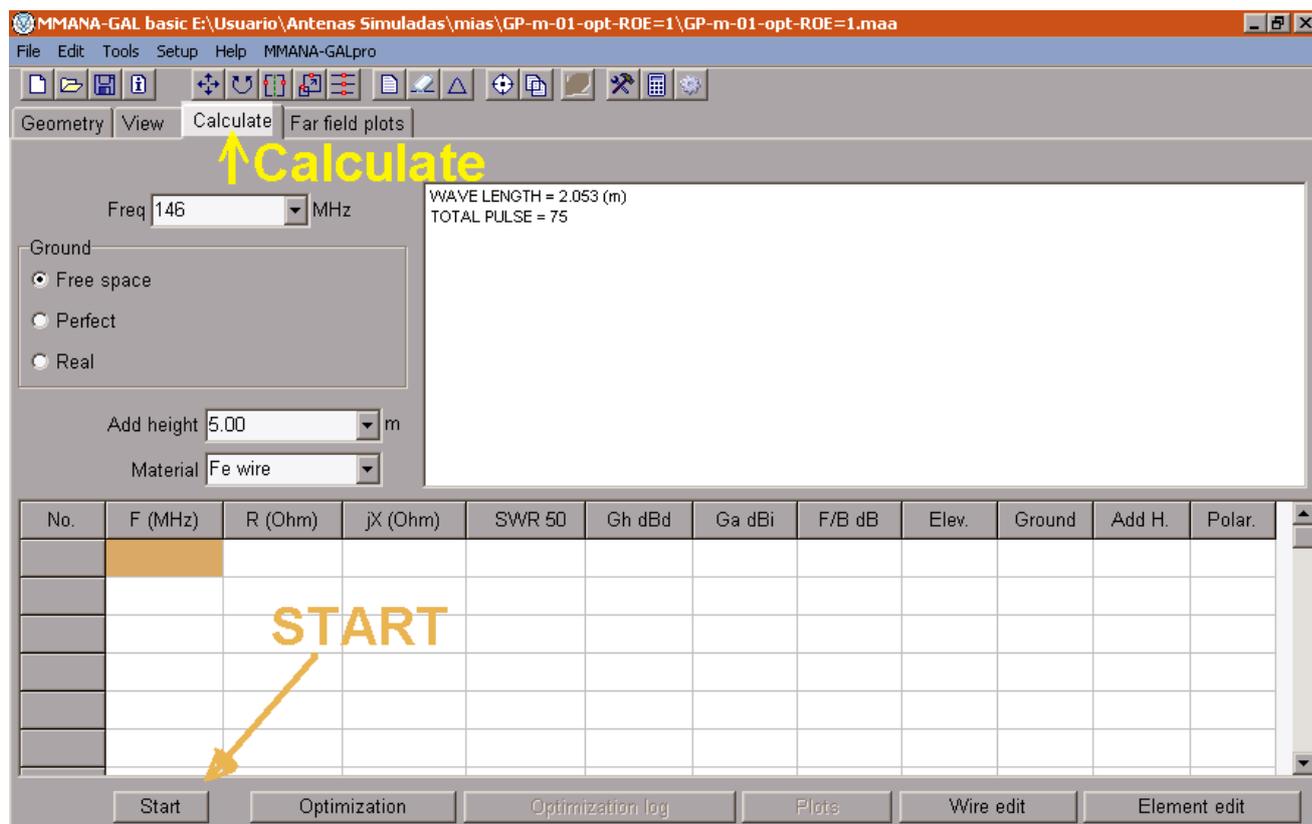
Las primeras 4 fueron nombradas en la lista anterior. En la ventana de trabajo son los botones  $Z$  , SWR , Gain/FB y Far fields .

El quinto botón es Setup, que habilita la posibilidad de especificar las condiciones de cada análisis. Para especificarlas aplicamos el mouse sobre ese botón y accedemos al cuadro de condiciones. Ahí encontramos lo siguiente.

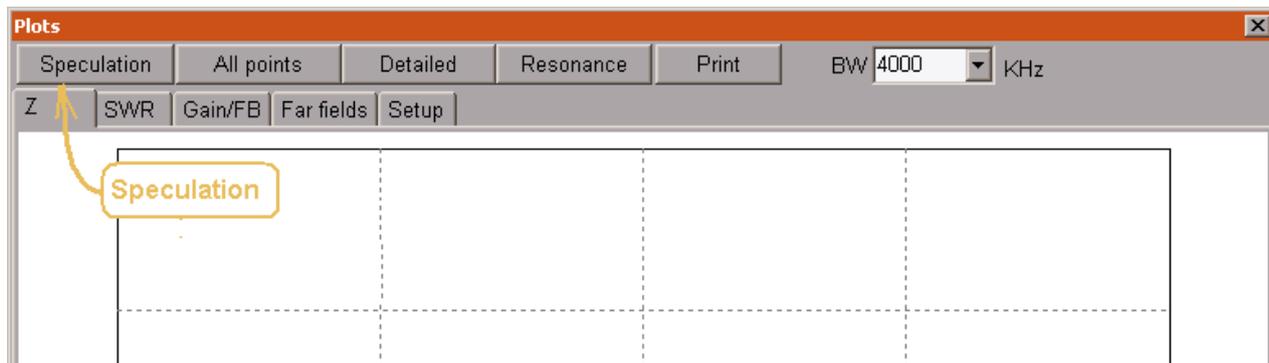


- Middle Frequency. Es la frecuencia central del intervalo de análisis. Ejemplo. La banda de 2 m de radioaficionados se extiende desde 144 hasta 148 MHz . Eso, expresado en KHz, es desde 144000 hasta 148000 KHz. El centro de banda es 146000 , porque mmana-gal expresa la frecuencia en KHz . En la mayoría de los casos es útil la ubicación de Middle Frequency en el centro de la banda que nos interesa.
- Limit of SWR , es decir límite de ROE. Especifica la ROE máxima que el análisis admitirá. Si la ROE de la antena supera ese límite la imagen que muestra mmana-gal parece vacía, porque la línea de ROE choca contra el borde superior de la ventana y se confunde con el marco. El programa tiene automatizado el límite de ROE y en la mayoría de los casos no necesitamos especificar el dato. En caso de necesitarlo, Usted puede hacerlo.
- Number of added dots ( Número de puntos agregados ). Establece cuántos puntos de referencia habrá en el trazado de la curva. En realidad no es una curva. Es una línea poligonal semejante a una curva. En geometría el perímetro de un polígono se asemeja más a una curva cuanto mayor es el número de lados y en consecuencia, el número de vértices. Los vértices son los puntos de referencia por donde pasa esa línea quebrada poligonal que se asemeja a la curva. En mmana-gal los puntos agregados funcionan como vértices de la poligonal.

Para que operen las funciones descritas previamente necesitamos usar los comandos de activación. ¿ Cuáles son ? **Start** y **Plots** .



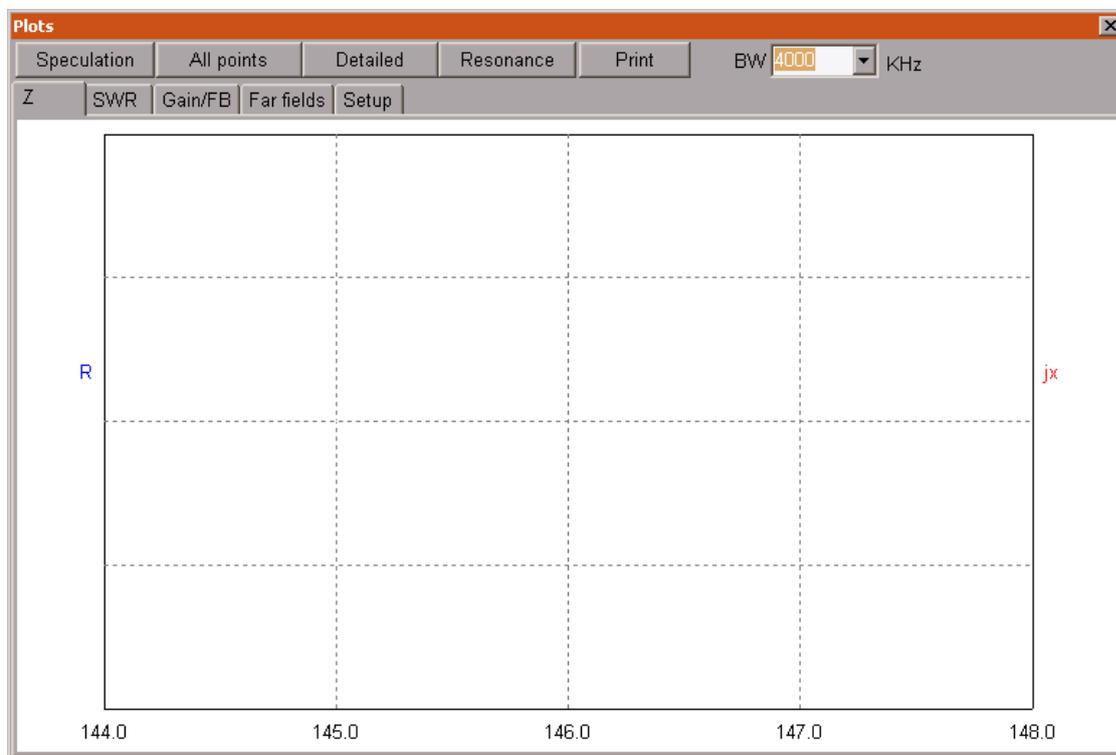
- Recordemos la sección Calculate, incluida en la primera etapa mmana-gal cuando abrimos el programa. En la línea inferior de esa sección está el botón Start , que es el primer comando activador. Con ese botón activamos el proceso de cálculo, necesario para que el programa pueda ofrecer los primeros resultados. Y necesario para que después, en caso de interesarnos, funcione el segundo comando de activación. Sin usar el primer comando, el segundo no podrá funcionar. La figura de ayuda está en la página siguiente.
- ¿Cuál es el segundo comando ? **Speculation** . Está dentro de la sección Plots. Cuando entramos a esa sección el programa muestra automáticamente el cuadro Setup. En ese cuadro están Z , SWR , Gain/FB y Far fields . Cuando aplicamos el mouse en una de esas 4 funciones se abre el cuadro de la función, que contiene el segundo comando activador, denominado Speculation .



Sin aplicar el mouse en Speculation las funciones de Plots aparecen vacías.

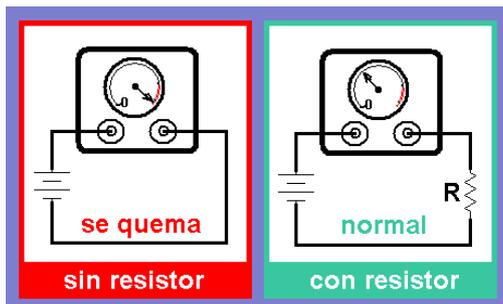
¿ Como accedemos al gráfico de impedancia en función de la frecuencia ?

Si ya hemos completado sin errores la tarea de la sección Calculate, podemos entrar a Plots . Ahí está el botón **Z**, primero desde izquierda, que abre la ventana de impedancia.



En ella necesitamos especificar el ancho de banda que será analizado, escribiéndolo en el casillero **BW**. El ejemplo corresponde a un dipolo para VHF y por eso el dato en BW es 4000.

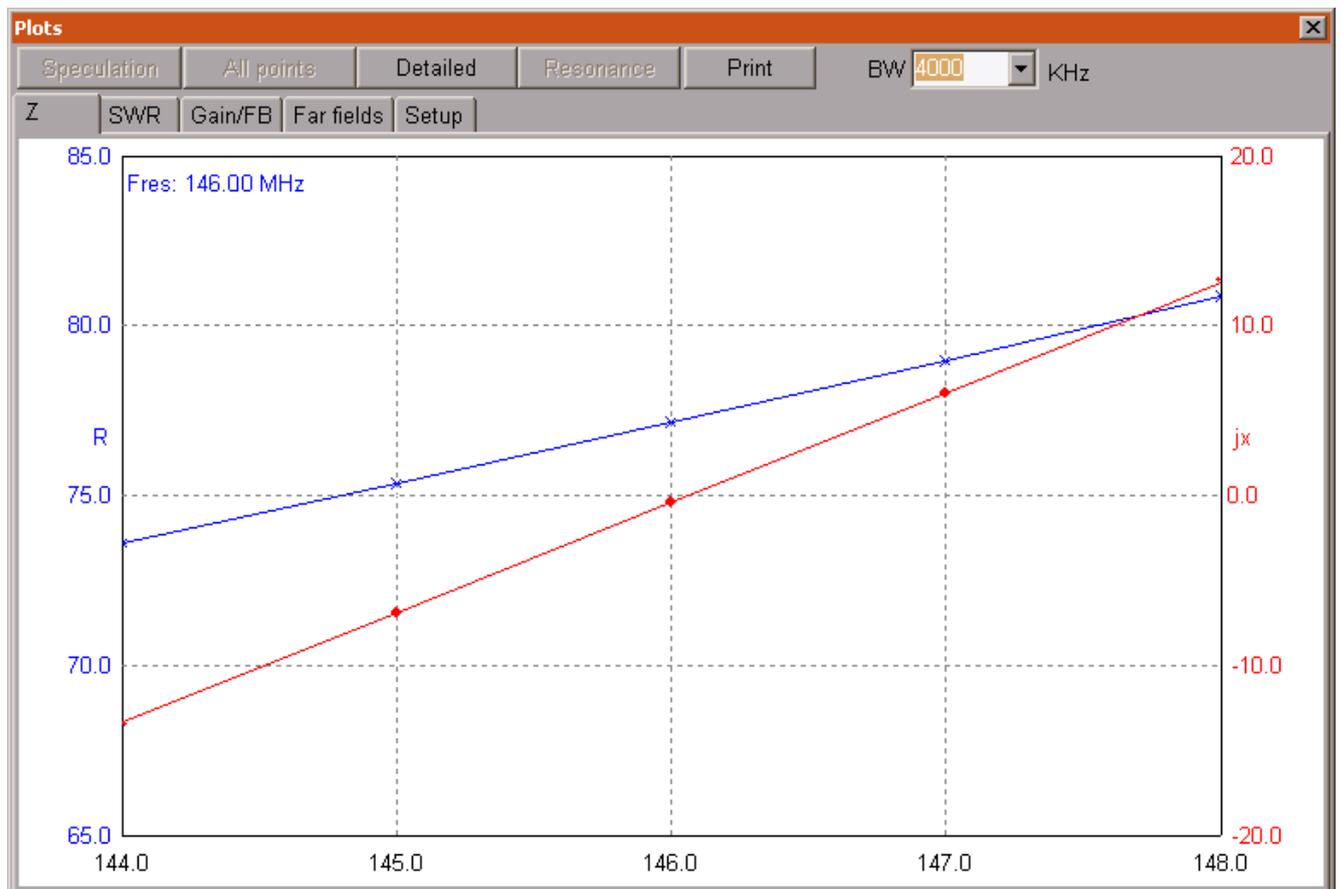
¿ Cuál es el concepto de impedancia ? Recordemos algo referido a corriente continua.



Resistencia es la propiedad que regula el flujo de corriente. Sin resistencia, o con una demasiado pequeña para las condiciones de operación, el sistema colapsa. En caso de ser un circuito material con fuente proveedora de energía y conductores, cuando colapsa se quema.

Las ondas electromagnéticas se propagan dentro de la materia y también en el vacío, que es donde mejor funciona la propagación. El vacío no es la nada, es decir no carece de propiedades en forma absoluta. Tiene propiedades específicas. En la región del vacío donde una onda electromagnética se propaga existe un sistema físico inmaterial, que regula el flujo de energía mejor que un sistema material. Por eso la onda se propaga sin colapso. En la corriente de un circuito material intervienen los electrones. Aunquen no hay electrones en el vacío, existe un campo denominado *desplazamiento eléctrico*. El funcionamiento dinámico del desplazamiento eléctrico produce campo magnético, es decir, tiene el mismo efecto que la corriente de un circuito material. El sistema inmaterial de la onda limita esta corriente virtual, como la resistencia limita la corriente en la materia. La semejanza justifica denominar **resistencia de radiación** al fenómeno que limita el flujo de energía en la propagación.

Para que mmana-gal efectúe el análisis de impedancia y el gráfico aparezca necesitamos utilizar el botón **Speculation**. Entonces el análisis se activa y después aparece el gráfico, que en el caso tomado como ejemplo es la figura siguiente.



La figura muestra que la impedancia del dipolo analizado crece cuando la frecuencia crece. Si Usted no esperaba este comportamiento porque tiene poca experiencia en radio, mmana-gal sirve como recurso didáctico. La impedancia del dipolo depende de la frecuencia de operación. Cada vez que la frecuencia cambia, la impedancia también.

Veamos la fórmula de ROE ( SWR ) como cociente de impedancias.

$$SWR = \frac{Z_{mayor}}{Z_{menor}}$$

Ejemplo. Equipo, línea de bajada, todo es de 50 Ω menos el dipolo del ejemplo, que por ser dipolo extendido tiene una impedancia cercana a 75 Ω para 146000 KHz . En este ejemplo la impedancia mayor es 75 Ω y la impedancia menor 50 Ω . Ponemos los datos en la fórmula y resolvemos la cuenta.

$$SWR = \frac{75 \Omega}{50 \Omega} = 1,5 \quad (1)$$

¿ Cuánta pérdida de potencia implica SWR = 1,5 ? Ya tenemos el dato básico para calcular la pérdida. Ese dato es SWR. Veamos la fórmula.

$$p\acute{e}rdida = \left( \frac{SWR - 1}{SWR + 1} \right)^2 \quad (2)$$

Ponemos nuestro dato de SWR .

$$p\acute{e}rdida = \left( \frac{1,5 - 1}{1,5 + 1} \right)^2$$

Hacemos la cuenta. .

$$p\acute{e}rdida = \left( \frac{0,5}{2,5} \right)^2 = (0,2)^2 = 0,04$$

Para expresar el resultado en porcentaje multiplicamos por 100 .

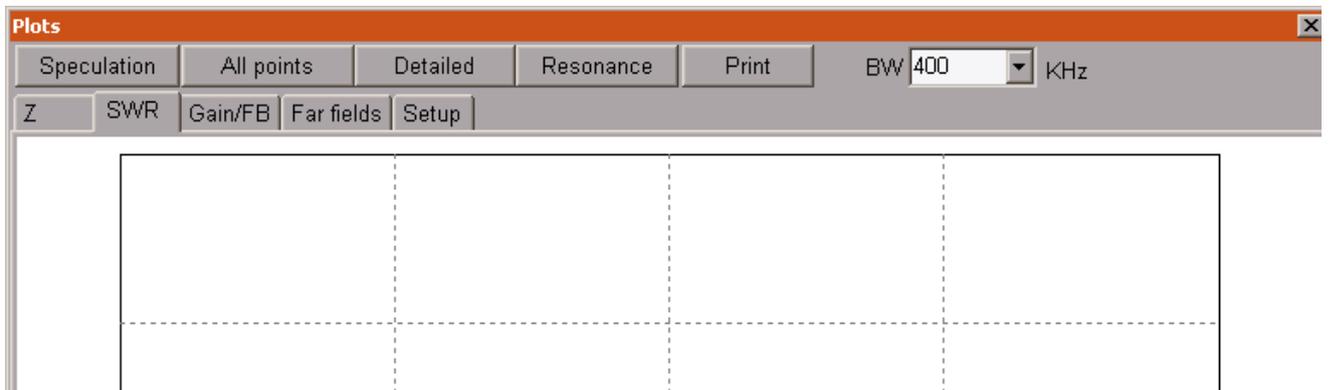
$$p\acute{e}rdida = 0,04 \cdot 100 = 4\%$$

Si el cable coaxial (o la línea que sea) entrega 30 W a la antena, la pérdida es 1,2 W . Es decir que la antena emite 28,6 W operando a 146000 KHz ( 146 MHz ) .

### ¿ Como accedemos al gráfico de SWR ?

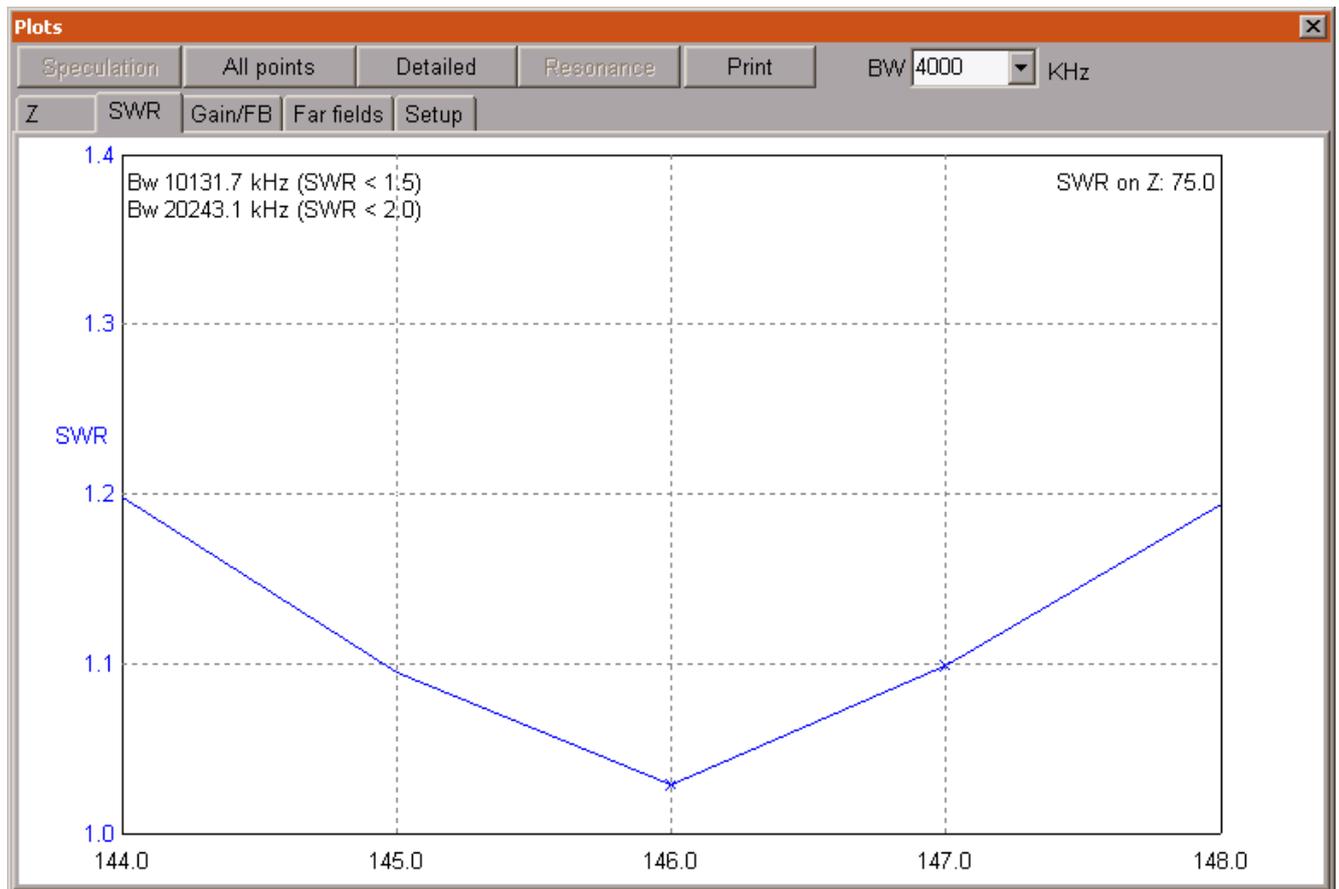
Porque somos debutantes en mmana-gal, repetiremos algunos conceptos previos. Quien los recuerde y no necesite la repetición, puede saltarla.

Si ya hemos completado sin errores la tarea de la sección Calculate, podemos entrar a Plots. Ahí está el botón **SWR**, que abre la ventana correspondiente.



Verifiquemos los datos, como frecuencia central del análisis (146000 en el ejemplo) , ancho de banda (4000 en el ejemplo). Estando bien todos los datos en esta etapa y en las etapas anteriores, el resultado será válido.

En esa ventana necesitamos especificar el ancho de banda que será analizado, escribiéndolo en el casillero **BW**. El ejemplo corresponde a un dipolo para VHF y por eso el dato en BW es 4000. Para que el análisis sea efectuado y el gráfico aparezca necesitamos utilizar el botón **Speculation**. Entonces el análisis se activa y después aparece el gráfico, que en el caso tomado como ejemplo es la figura siguiente.



La figura muestra que la SWR del dipolo analizado crece cuando la frecuencia se aparta del centro de banda. Esto sucede porque las medidas de las ramas están calculadas precisamente para el centro de banda, ese decir para 146000 KHz . Por eso en el centro de banda la SWR es mínima, bastante próxima a 1 .

Hay analizadores de antena que trazan la curva de SWR , como la traza mmana-gal . Esta es otra ventaja didáctica del programa, porque quien lo haya hecho en mmana-gal encontrará más sencillo el uso del analizador.

### ¿ Como accedemos al gráfico de Gain/FB ?

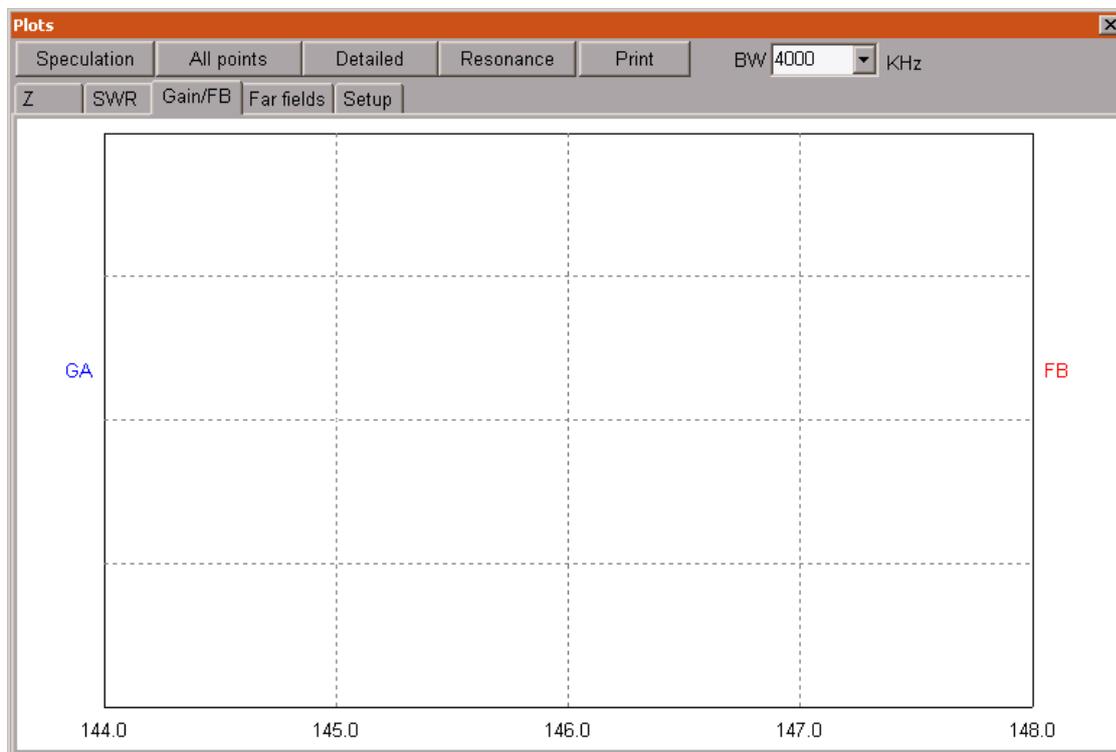
Gain es la palabra inglesa que significa ganancia. El programa efectúa el análisis de ganancia en dos orientaciones alrededor de la antena, una hacia adelante ( forward en inglés → F ), otra hacia atrás ( backward en inglés → B ). Si estuviésemos analizando una antena directiva, adelante y atrás serían palabras adecuadas. En el caso de un dipolo las dos

orientaciones son mutuamente perpendiculares. Una la entendemos imaginando que con cada mano tomamos una punta del dipolo y, en esa forma, miramos la antena en todo su largo. Nuestro cuerpo recibe radiación en la dirección que mmana-gal denomina forward, aunque la palabra no se adecue al caso. Y denomina backward a la radiación que recibimos cuando miramos al dipolo de punta y no podemos ver su largo. Para usar mmana-gal necesitamos interpretar las palabras en la forma siguiente.

- F → forward → dirección de mayor ganancia
- B → backward → dirección de menor ganancia

Porque somos debutantes en mmana-gal, repetiremos algunos conceptos previos. Quien los recuerde y no necesite la repetición, puede saltarla.

Si ya hemos completado sin errores la tarea de la sección Calculate, podemos entrar a Plots. Ahí está el botón **Gain/FB**, que abre la ventana correspondiente.

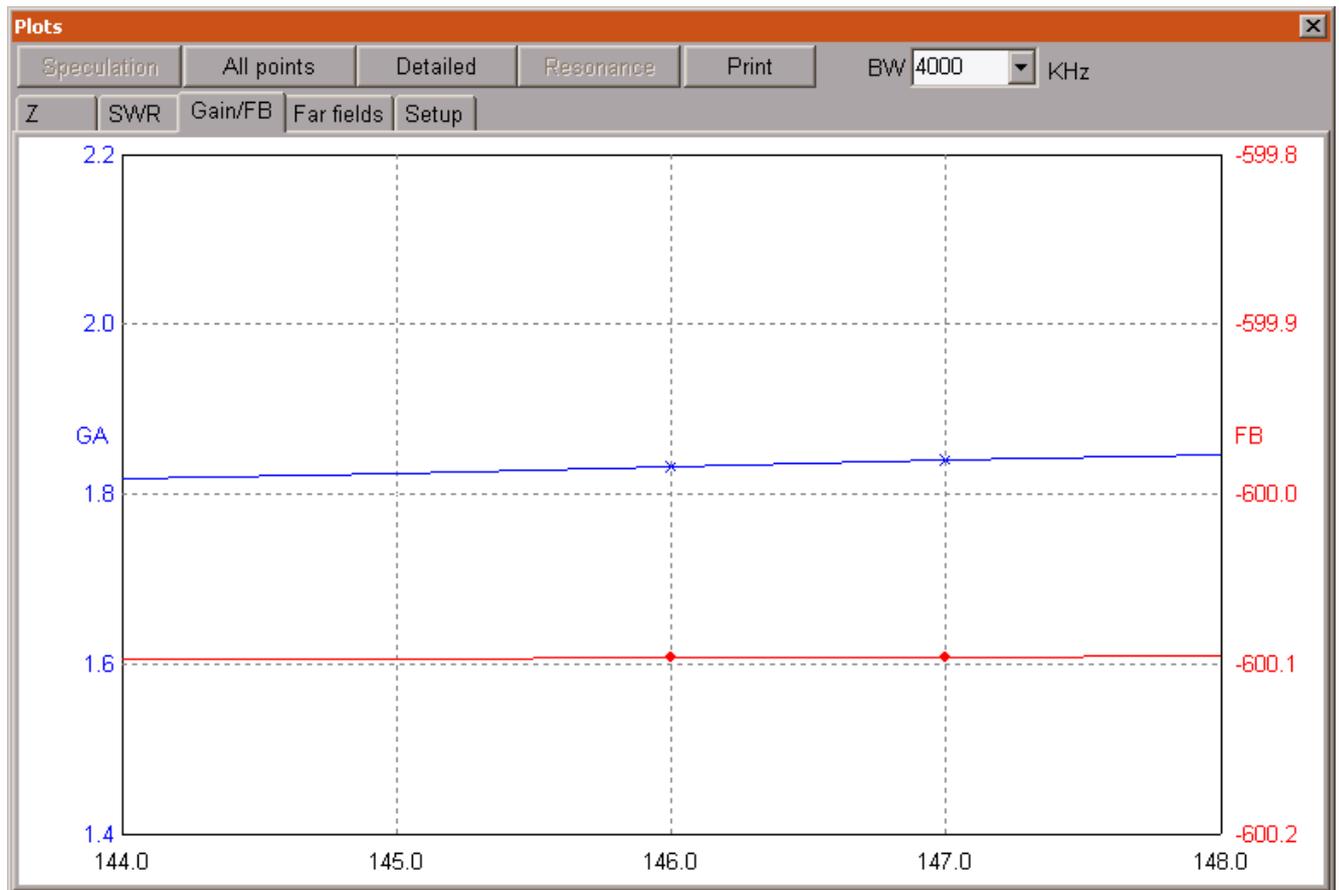


Verifiquemos los datos, como frecuencia central del análisis (146000 en el ejemplo) , ancho de banda (4000 en el ejemplo). Estando bien todos los datos en esta etapa y en las etapas anteriores, el resultado será válido.

En esa ventana necesitamos especificar el ancho de banda que será analizado, escribiéndolo en el casillero **BW**. El ejemplo corresponde a un dipolo para VHF y por eso el dato en BW es 4000. Para que el análisis sea efectuado y el gráfico aparezca necesitamos utilizar el botón **Speculation**. Entonces el análisis se activa y después aparece el gráfico, que en el caso tomado como ejemplo es la figura ubicada en la página siguiente.

La figura muestra una línea en azul que corresponde a forward, la orientación de mayor ganancia. La línea roja corresponde a backward, la orientación de menor ganancia. La línea azul aparece sobre la línea roja porque la altura se usa para la escala de ganancia.

En el dipolo del ejemplo hay poca diferencia de ganancia entre ambas orientaciones. En el centro de banda tenemos  $G_F \simeq 1,83$  y  $G_B \simeq 1,61$ . La línea roja muestra que  $G_B$  es independiente de la frecuencia y  $G_F$  está muy cerca de serlo.



### ¿ Como accedemos al gráfico de Far fields plots ?

Establezcamos conceptos.

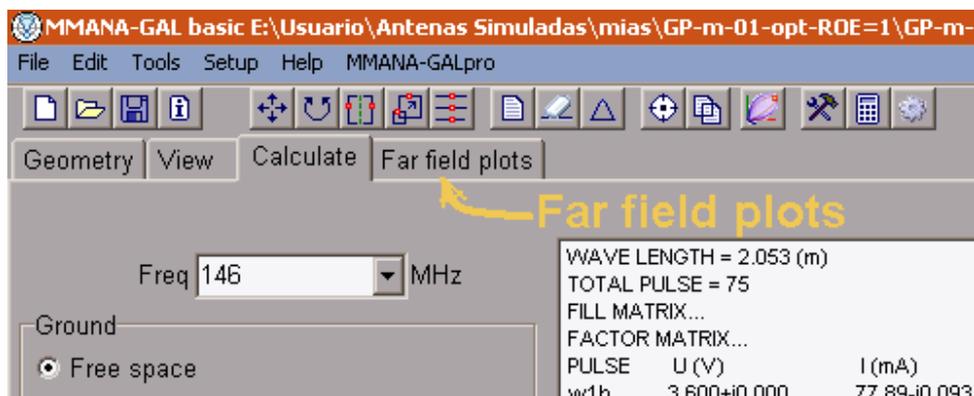
- Far field es la expresión inglesa que significa campo lejano. Habitualmente las condiciones de campo lejano se establecen a una distancia superior a 7 longitudes de onda. El campo lejano tiene comportamiento de onda que se propaga normalmente. La teoría de la propagación analiza bien ese comportamiento. Por eso mmana-gal analiza solamente el campo lejano.
- Near field es la expresión inglesa que significa campo cercano. Habitualmente las condiciones de campo cercano se establecen a una distancia menor que 7 longitudes de onda. El campo cercano es comparable con agua en condiciones turbulentas. En el agua serena se forman ondas que se propagan normalmente y la teoría de ondas puede analizarlas sin inconvenientes. Los científicos han pasado siglos analizando fluidos turbulentos y, en relación con todo lo avanzado en el estudio de fluidos serenos, muy poco han logrado en el estudio de la condición turbulenta. Lo mismo sucede en la teoría del campo electromagnético. El estudio de la zona cercana al emisor es tan difícil como el estudio de fluidos turbulentos.

Ahora sabemos por qué mmana-gal ofrece el análisis del campo lejano y no del campo cercano. En radio podemos operar razonablemente bien sin analizar la zona cercana.

Obviamente el análisis de esa zona podría aportar mejoras en más de un área de las telecomunicaciones. Recordemos que la energía se conserva. Esto significa que antes de llegar al campo lejano, la energía ha estado presente en el campo cercano. No son zonas mutuamente inconexas. Son zonas vinculadas mutuamente. En ambas existe el campo electromagnético. ¿ Por qué los comportamientos son diferentes, uno tumultuoso y otro en forma de ondas ? En la búsqueda de la respuesta las investigaciones oficiales han avanzado insuficientemente. Una versión extraoficial compara a la zona cercana con un circuito constituido por  $n$  inductores elementales y  $n$  capacitores elementales. No significa que el campo contenga los mismos componentes que usamos en electrónica. La capacitancia y la inductancia son propiedades que pueden existir sin presencia de materia. En esta forma existen cuando el campo electromagnético es dinámico, es decir cuando todo el tiempo está variando, tal como sucede en la emisión de una antena. Esos  $n$  inductores y  $n$  capacitores inmatereales y elementales funcionan en modo equivalente a estar todos en paralelo. Un inductor elemental con un capacitor elemental constituyen un sistema resonante elemental, que resuena a la frecuencia de la propagación. Consecuentemente, todo el conjunto resuena a esa frecuencia. La resonancia del conjunto entero es detectada por los instrumentos de medición convencionales, sin discernir las componentes elementales. La teoría en uso, como los instrumentos, no discierne esas componentes. Sin el discernimiento, el fenómeno es interpretado como un tumulto de oscilaciones locales.

Para ver el campo lejano en mmana-gal hacemos lo siguiente.

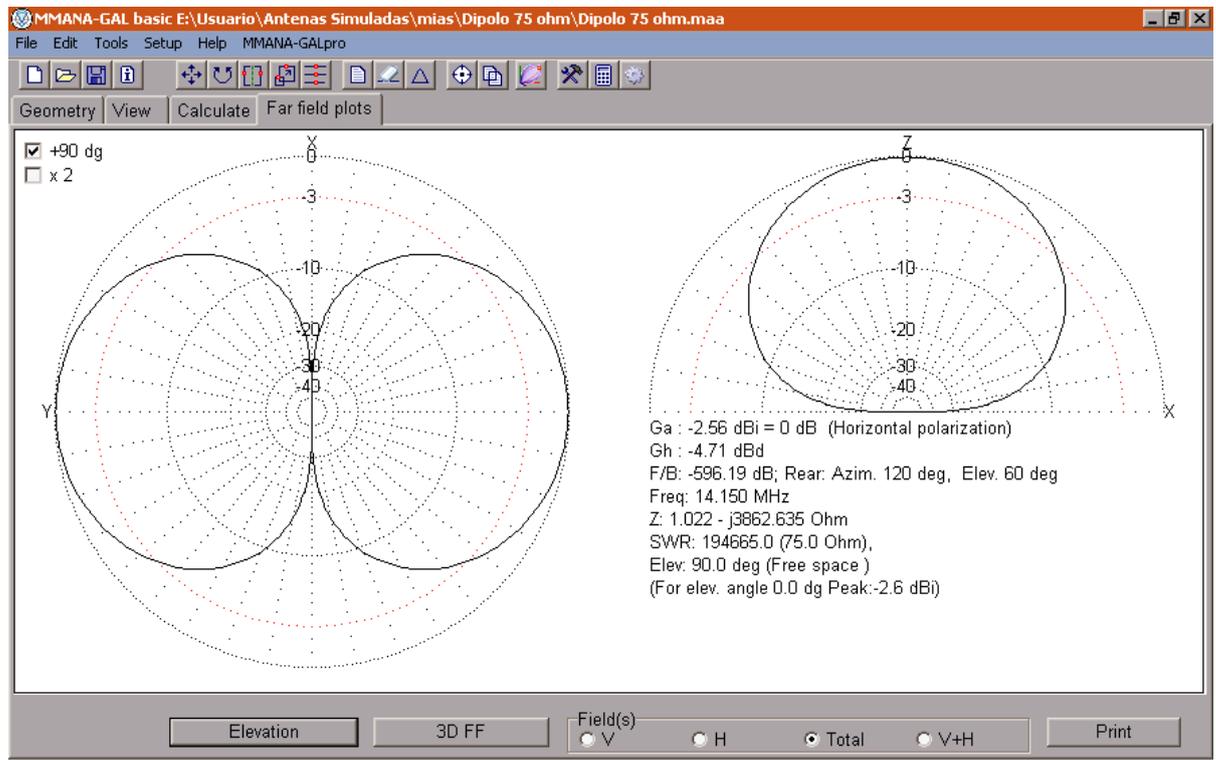
- Lo primero es ir a la sección Calculate, como ha sido descrito en apartados previos.
- Necesitamos establecer en esa sección la frecuencia de análisis, que aparece en MHz. Para el centro de la banda de 2 m de radioaficionados es 146 MHz y ponemos 146 en el casillero.
- Seleccionamos el material irradiante. En el ejemplo es Fe ( hierro ).
- Seleccionamos la condición de operación. El programa ofrece 3 opciones, Free space ( espacio libre ), Perfect ( tierra perfecta, es decir el equipo está conectado a tierra por un conductor ideal sin resistencia ) y Real ( conductor real con resistencia ). Si elegimos Free space, como en el ejemplo, el casillero para especificar altura no se utiliza. Si especificamos Perfect o Real necesitaremos especificar la altura de la antena respecto al suelo.
- Después de especificar esos parámetros aplicamos el mouse en Start. El programa hace cálculos y después muestra los resultados. Muestra impedancia, SWR, ganancia y el resto de los resultados.



- En la región alta de la ventana está Far field plots , como muestra la imagen anterior. Ahí aplicamos el mouse. Eso abre la ventana del campo lejano, mostrando un corte plano del patrón de radiación.

Si en una manzana hacemos un corte plano obtenemos dos mitades y cada mitad tiene una superficie plana donde fue cortada.

Geoméricamente podemos cortar el patrón de radiación y exponer la superficie plana que el corte produjo. Eso es lo primero que vemos cuando ingresamos a Far field.



- En la franja inferior de la venta de trabajo está el botón 3D FF . Aplicando el mouse ahí aparece una ventana pequeña que ofrece dos opciones, 5 y 10, que son los grados para la resolución de la imagen 3D.

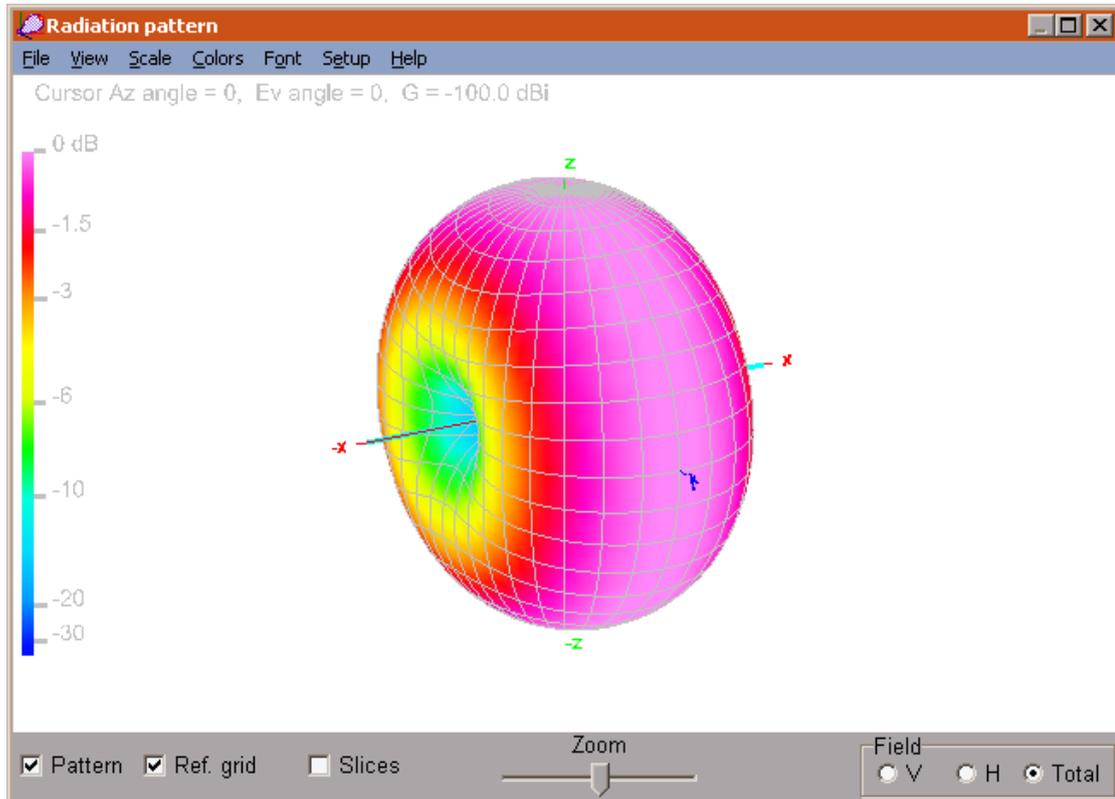


Aparece con valor 5 , que da la mejor resolución. Aplicamos el mouse en OK y acepta el valor 5 . En caso de simular un sistema irradiante que tenga geometría compleja, el valor 5 puede demorar la resolución. En ese caso antes de aplicar el mouse en OK cambiaremos a 10.

Cuando aplicamos el mouse en OK aparece la representación 3D . Lo vemos en la página siguiente porque aquí es insuficiente el lugar.

- Si en vez de una antena que emite radiación fuese una chimenea que emite humo, el patrón 3D sería la foto de la nube de humo que se forma alrededor de la chimenea. Lo que muestra mmana-gal equivale a una foto de la nube de campo electromagnético que hay alrededor de la antena. La palabra nube es un exceso verbal en el caso del campo electromagnético. La uso porque es efectiva didácticamente.

Veamos el patrón 3D que ofrece mmana-gal para el dipolo instalado en posición horizontal.



Aplicando el mouse podemos ver el patrón 3D en todas sus partes, desde los lados, desde arriba, desde abajo, oblicuamente, como vería una abeja que vuela alrededor de una manzana.

### Primeros beneficios de mmana-gal

Las funciones básicas del programa fueron presentadas con el ejemplo de un dipolo para VHF. Los resultados que ofrece el programa son confiables, coinciden bien con la realidad. El dipolo simulado exhibe poca variación de impedancia, de 70 a 80  $\Omega$  entre los extremos inferior y superior de la banda. Entre 70 y 80 el valor central es 75  $\Omega$ . Esto significa que la impedancia es 75  $\Omega \pm 6,7\%$  para los extremos de banda. En caso de no llegar a los extremos la variación es menor que 6,7%. Hemos visto la relación entre impedancia y SWR. Así entendemos que la ROE también variará poco y el rendimiento de la antena será muy parejo en toda la banda. ¿A cuántos dB equivale 6,7%? Hagamos cuentas.

$$A_T = 10 \log \left( \frac{x - 0,067x}{x} \right) \quad (3)$$

$$A_T = 10 \log \left( \frac{1 - 0,067x}{1} \right) \quad (4)$$

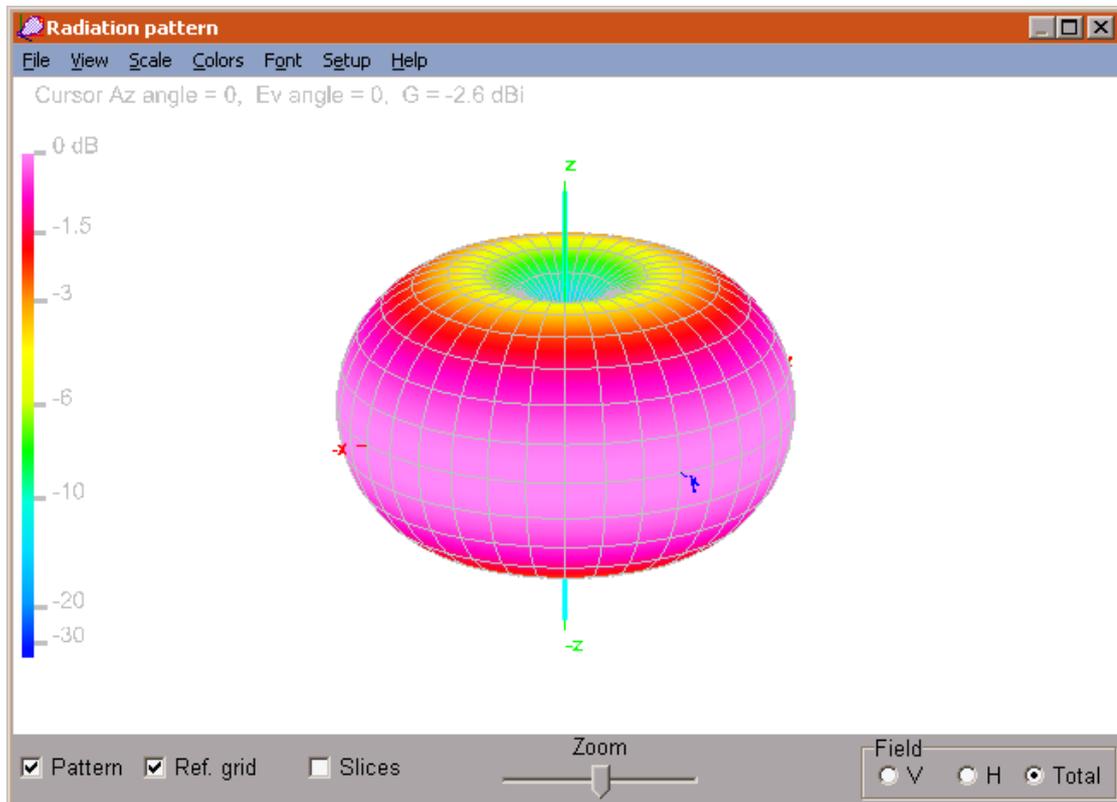
$$A_T = 10 \log (1 - 0,067) \quad (5)$$

$$A_T = 10 \log 0,933 = -0,301183(\dots) \quad (6)$$

$$A_T = -0,3 \text{ dB} \quad (7)$$

Esto significa que en el centro de banda tenemos el rendimiento máximo y en los extremos el rendimiento disminuye 0,3 dB . Es una disminución ínfima. Fuera de los extremos disminuye menos .

Otro detalle. La ROE se mantiene siempre menor que 1,2 como vemos en el gráfico de la página 17. Con el dipolo instalado horizontalmente el patrón de radiación es bidireccional y perfectamente simétrico ( parejo en todo el contorno ). Instalado verticalmente es omnidireccional ( aparece girado 90° en el gráfico ) y perfectamente simétrico.



La impedancia del dipolo extendido, como este del ejemplo, es siempre cercana a  $75 \Omega$  . Con la ramas en V puede llegar a  $50 \Omega$  .

Si quisiéramos construirlo en la práctica ¿ qué conviene más, disponerlo en V o usar cable coaxial de  $75 \Omega$  ? Lo segundo tiene las ventajas siguientes.

- El patrón de radiación no se altera.
- La impedancia de este dipolo extendido se mantiene muy próxima a los  $75 \Omega$  del cable coaxial. Esto optimiza el rendimiento en forma muy apreciable.
- La conexión entre el cable de  $75 \Omega$  y el equipo de  $50 \Omega$  puede ser hecha con adaptación. Sin construir un adaptador con bobinas y capacitores, podemos adaptar usando un tramo de cable coaxial de  $50 \Omega$  de longitud calculada. Es preferible RG58 por la flexibilidad y la facilidad para moverlo.
- ¿Cuál es el largo adecuado del tramo adaptador ? Dicen que es media longitud de onda, calculada para el centro de banda, incluyendo en el cálculo el factor de velocidad

del cable. Eso da 68 cm. En mi estación dio buen resultado un tramo de RG58 de 43 cm. Con eso tuve ROE=1. Manteniendo al equipo en  $T_x$  media hora ininterrumpida o más, no hubo calentamiento.

### Una función de mmana-gal optimiza la antena

El programa denomina Optimization a esta función. ¿ Hace algo ? Para averiguarlo no podemos usar el ejemplo del dipolo, porque su comportamiento cambia poco cuando las medidas se modifican en un par de centímetros o en algunos milímetros. Aplicando Optimization al dipolo no podemos apreciar la efectividad de la función.

Tomaremos como ejemplo una antena que por su geometría entra en la clasificación Ground Plane. Está formada por un irradiante vertical de 613 mm ( redondeando decimales ) y 3 radiales de 327 mm cada uno ( redondeando decimales ). Es la antena oficial de mi estación para VHF .



Quien desee ver detalles de la hechura puede descargar gratuitamente el archivo pdf en la dirección siguiente.

<https://vixra.org/abs/1711.0313>

Puse en mmana-gal las medidas en cifras redondas, es decir 613 mm y 327 mm. En la sección Calculate activé Start y apareció lo siguiente.

```

WAVE LENGTH = 2.053 (m)
TOTAL PULSE = 83
FILL MATRIX...
FACTOR MATRIX...
PULSE   U (V)           I (mA)           Z (Ohm)         SWR    PWR(WT)
w1b     3.600+j0.000     55.26-j37.94     44.27+j30.40    1.91   0.19895
Pin = 0.199 WT
CURRENT DATA...
FAR FIELD (Pin = 0.19895 WT)
NO FATAL ERROR(S)
0.14 sec

```

SWR=1.91

n)	SWR 50	Gh dBd	Ga dBi	F/B dB	Elev.	Ground
	1.91	-0.86	1.29	---	1.0	Free

Decidí probar Optimization. Apaereció lo siguiente.

Optim. Gain:33.3% F/B:33.3% jX:33.3%

Val	Para	R	jX	SWR	Ga	F/B	EI	
1	1	0.5664	44.3	30.4	1.91	1.29	0.00	2.0 *
2	1	0.5674	44.3	30.5	1.91	1.29	0.00	2.0
3	1	0.5654	44.3	30.3	1.90	1.29	0.00	2.0 *
4	1	0.5634	44.2	30.0	1.89	1.29	0.00	2.0 *
5	1	0.5594	44.2	29.4	1.87	1.29	0.00	2.0 *
6	1	0.5514	44.1	28.3	1.83	1.29	0.00	0.5 *
7	1	0.5354	43.9	26.1	1.76	1.29	0.00	0.9 *
8	1	0.5194	43.8	23.9	1.69	1.30	0.00	1.2 *
9	1	0.5034	43.6	21.8	1.62	1.30	0.00	1.6 *
10	1	0.4874	43.5	19.7	1.56	1.30	0.00	2.0 *
11	1	0.4554	43.2	15.6	1.44	1.31	0.00	2.7 *

No.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWR 50	Gh dBd	Ga dBi	F/B dB
1	146.0	42.51	-0.0008	1.18	-0.83	1.32	---

La optimización produjo SWR=1.18 ( antes era 1.91 ). Respecto a la ROE fue benéfica. ¿ Qué hizo con las medidas de los hilos ? Veamos.

No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.61276
2	0.0	0.0	0.0	0.3265	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	-0.163	0.16369	0.0
4	0.0	0.0	0.0	-0.163	-0.16369	0.0
next						

Constatemos los cambios.

$$613 \text{ mm} \rightarrow 612,76 \text{ mm}$$

$$327 \text{ mm} \rightarrow 326,5 \text{ mm}$$

Los tres radiales tienen la misma medida. Por eso no resuelvo las medidas de las otras filas de radiales. Se resuelven con el teorema de Pitágoras. Usted puede comprobarla solución, que es decir la hipotenusa y da 326,5 mm .

La ROE disminuyó notablemente variando pocas décimas de milímetro en las medidas de los hilos.

Calculemos el porcentaje de variación en cada caso.

$$613 \text{ mm} \rightarrow 612,76 \text{ mm} \rightarrow -0,999608 \% \simeq -1 \%$$

$$327 \text{ mm} \rightarrow 325,5 \text{ mm} \rightarrow -0,9984709 \% \simeq -1 \%$$

Variación de 1 % en las medidas de los hilos produjo 168 % de variación en la ROE.

¿ Es real confiable resultado ? Inmediatamente supe que es totalmente confiable. Veamos los valores calculados sin redondeo.

Esos valores están vinculados con teoremas deducidos de la ecuaciones de Maxwell, incluidos en el archivo pdf del enlace indicado previamente. Pongamos aquí las fórmulas finales.

$$medida\ irradiante = \frac{15}{8} \frac{\lambda_o}{2\pi} = 0,612758(\dots) m \quad (8)$$

$$medida\ radial = \frac{\lambda_o}{2\pi} = 0,326804(\dots) m \quad (9)$$

$\lambda_o \rightarrow$  longitud de onda en el centro de banda para el vacío

La función Optimization ha dado para el irradiante una medida sensiblemente igual a la medida del cálculo original. Para el radial ha diferido en 1,3 mm, es decir en 3,476 % . Esto muestra nítidamente que la función hace un análisis profundo y completo. Nada copia. Hace realmente los análisis que promete.

### ¿ Qué podemos aprender de esta experiencia ?

- La función Optimization es confiable y eficaz. Realmente mejora la antena.
- Dio valores muy próximos a los valores de las fórmulas e hizo la corrección en sentido adecuado, porque redujo las medidas. En caso de aumentarlas hubiese fallado y vemos que no falló. La optimización fue adecuada y exitosa, pues disminuyó la ROE notablemente.
- El tipo de antena derivado de esos teoremas es altamente sensible a las medidas. Basta una diferencia muy pequeña respecto a las fórmulas para estropear el comportamiento.
- ¿ Es en la práctica así sensible respecto a los valores calculados ? He tenido oportunidad de confirmarlo. Envié el archivo pdf de esta antena a algunos colegas. Ellos la hicieron a su modo y se quejaron por el mal resultado. Eso me sorprendió porque en mi estación la antena rinde muy bien. Justamente los colegas pidieron el pdf porque notan buen rendimiento en mi estación. ¿ Por qué ha fracasado lo que construyeron ?
- Antes de usar mmana-gal nunca pude averiguar por qué. Ahora con mmana-gal puedo comprenderlo. El pdf tiene recomendaciones de cuidar minuciosamente todos los detalles, medidas de los hilos, perpendicularidad entre irradiante y radiales, medida y posición de una arandela que soporta a los radiales, etc. No imaginé que pocas décimas de milímetro pueden estropear el comportamiento. Esto no fue avisado en el pdf, porque me faltaba el concepto. ¿ Cómo es mi temperamento en asuntos técnicos ? Obsesivamente cuidadoso. Intento lograr en la práctica la mejor precisión posible para respetar los cálculos. Por eso la antena de mi estación ha quedado bien. Y puede quedar bien en las estaciones de los colegas que procedan en cada detalle con precisión obsesiva.

### Algunos datos prácticos para quien desee construir el dipolo

- Cada rama del dipolo mide casi con exactitud 49 cm ( 48,981 cm según la optimización hecha por mmana-gal ).
- En la simulación se supone que no hay separación entre las ramas en el punto de alimentación. Esto significa que para equipos de 50 o menos watt sin amplificador lineal, es aconsejable en ese punto ponerlas lo más próximas posible. Una separación de 7 mm es suficiente para conectar la bajada de cable coaxial.

- Este dipolo no necesita aditamentos como bobinas, adaptadores, etc. Las ramas van directamente conectadas al cable coaxial.
- La impedancia del dipolo es  $75 \Omega$  . Consecuentemente necesitamos cable de  $75 \Omega$  , que puede ser conseguido sin gastar dinero. Las cuadrillas de Telecentro suelen abandonar en la via pública cable de  $75 \Omega$  marca Amphenol, con triple escudo (triple blindaje), apto para frecuencias de hasta 7000 MHz, muy superiores a lo que necesitamos en banda de 2 m . Es un súper cable. Una vez no pude encontrar ese cable en la via pública pero encontré a una cuadrilla y gentilmente me cedieron los metros necesarios, porque expliqué mi condición de radioaficionado y la finalidad que lo requería.
- Hemos visto en el documento que usando cable de  $75 \Omega$  con equipo de  $50 \Omega$  tenemos ROE=1,5 sin usar elemento adaptador alguno. Y la ROE implica una pérdida de 0,3 dB ( imperceptible ). Si usamos el tramo de RG58 para adaptar, la ROE será menor. En mi estación, con ese tramo quedó la ROE muy próxima a 1 en toda la banda.

### Saludo y nota final

Ante todo agradezco a las personas, mis colegas de radio , que reciben este pdf y dan una mano con buena voluntad. Abrazo y siempre QRV en todo lo que esté a mi alcance.

.....

Carlos Alejandro Chiappini

LW9DDD

lw9ddd@gmail.com

+54 9 1151537099