

# Antena de VHF con Medidas Escalares VHF Antenna with Scalar Measures

Carlos Alejandro Chiappini

ESPAÑOL:

Esta antena para VHF es geoméricamente similar a una antena tipo ground plane. La novedad está en las medidas del irradiante y de los radiales, que predisponen a la antena para crear la onda excitando el campo escalar, en vez de crearla excitado los campos vectoriales. El patrón de radiación es multilobulado, simétrico y compacto, con un ángulo de disparo bastante bajo. En la práctica exhibe muy buen rendimiento en Rx y en Tx, apto para comunicar con estaciones distantes.

ENGLISH

This VHF antenna is geometrically similar to a ground plane type antenna. Novelty is in the measurements of the irradiant and the radials, which predispose the antenna to create the wave by exciting the scalar field, instead of creating it by exciting the vector fields. The radiation pattern is multilobed, symmetrical and compact, with a firing angle quite low. In practice, it exhibits very good performance in Rx and Tx, suitable for communicating with distant stations.

## Parte 1 - Geometría y medidas



Geoméricamente no hay novedad. Es un irradiante vertical con tres radiales perpendiculares al irradiante. El irradiante mide 613 mm y cada radial 327 mm . En eso está la novedad. Nuestro primer impulso es hacer cuentas con la intención de explicar esas medidas como fracciones racionales de la longitud de onda. La explicación en realidad se basa en la solución

exponencial compleja de la ecuación de onda electromagnética en el vacío, vinculada con la polarización natural de ese medio, que sucede a cualquier frecuencia mayor que cero. Es decir sucede a todas las frecuencias, desde el valor menor posible hasta el valor mayor posible en la naturaleza.

Quien desee revisar el desarrollo que da origen a las medidas encontrará el documento en el enlace siguiente.

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

Es un documento de 130 páginas, con la mayoría de ellas dedicadas a desarrollos matemáticos. Para entender las medidas de la antena no necesitamos conocer el contenido completo del documento, pues basta llegar hasta la página 23. Intentaré resumir aquí los conceptos mínimos.

Quien alguna vez haya oído algo respecto a la teoría cuántica, sentirá el impulso de buscar en esa teoría un poco de esclarecimiento. Casi no existen en la teoría cuántica detalles accesibles a la divulgación. Por eso los pocos detalles accesibles adquieren gran difusión. Uno de ellos es la distribución discreta de la radiación, que aparece como un conjunto de unidades elementales. Cada unidad elemental posee la cuota elemental de energía dada por la fórmula de Planck. Veamos esa fórmula.

$$E = h \nu \quad (1)$$

$E$  → energía elemental

$h$  → constante de Planck

$\nu$  → frecuencia de la radiación

La constante no cambia. Por eso la energía elemental depende solamente de la frecuencia. Por ejemplo si la frecuencia cambia de 300 a 900 MHz , es decir se triplica, la energía elemental también se triplica.

Nada en la teoría cuántica permite atribuir forma geométrica a la unidad elemental de radiación. La imposibilidad de atribuir forma llega al extremo de formular teoremas que tratan a la unidad elemental como un punto sin tañño, punto puro, energía sin volumen donde alojarse.

En el documento mencionado, el desarrollo comienza con la solución exponencial compleja de la ecuación de onda para el caso del vacío. Aunque el objetivo del análisis no es hallar algo relacionado con la distribución discreta, las leyes básicas del electromagnetismo conducen inmediatamente a esa distribución. Dan la forma geométrica de la unidad elemental, la fórmula de la energía elemental y todo el conjunto de propiedades físicas elementales, sin que intervenga la teoría cuántica. Es decir, las leyes del electromagnetismo son suficientes para encontrar, explicar y formular la distribución discreta. La fórmula electromagnética de la energía elemental también informa que esa energía es directamente proporcional a la frecuencia. En vez de la constante de Planck aparece un conjunto de constantes electromagnéticas, que da como resultado un valor casi idéntico al valor de la constante de Planck. En ese contexto, la constante de Planck queda como un símbolo  $h$  que representa al conjunto.

En esas 23 páginas del documento vemos que la unidad elemental de radiación abarca un ciclo entero en la dirección de propagación. La polarización del vacío es dinámica y cíclica. En

cada punto del vacío polarizado hay una cantidad infinitesimal de carga eléctrica. La densidad de carga en cada punto varía cíclicamente, acompañando al ciclo de la propagación. En el transcurso de un semiciclo la densidad de carga tiene signo positivo y en el transcurso del otro semiciclo tiene signo negativo. El valor de la densidad en cada punto varía senoidalmente. No hay transporte de carga. Físicamente no hay carga en movimiento. La variación senoidal de la densidad es un fenómeno que sucede localmente en cada punto del espacio. Lógicamente, la secuencia ordenada de todos los puntos produce la apariencia de carga en movimiento. Esto es análogo a una pantalla de monitor o de televisor, formada por celdillas fijas, con iluminación variable en cada una. Coordinando la variación lumínica de todas las celdillas la computadora y el televisor logran producir imágenes móviles, aunque físicamente cada celdilla permanece fija. El movimiento es aparente. Eso no inhibe al movimiento de energía. Si la iluminación avanza de un lugar a otro de la pantalla, la energía lumínica hace lo mismo. En la onda electromagnética sucede algo análogo. Si la densidad de carga cumple una secuencia a lo largo de la dirección de propagación, la energía cumple la misma secuencia. Eso implica movimiento de energía.

Veamos la fórmula de la energía elemental de la radiación electromagnética.

$$E = 2 \pi \mu_o C Q_o^2 \nu \quad (2)$$

Repitamos aquí la ecuación (1) .

$$E = h \nu \quad (1)$$

Comparando (2) con (1) notamos que, según las leyes del electromagnetismo, la constante de Planck es igual a la combinación de constantes siguiente.

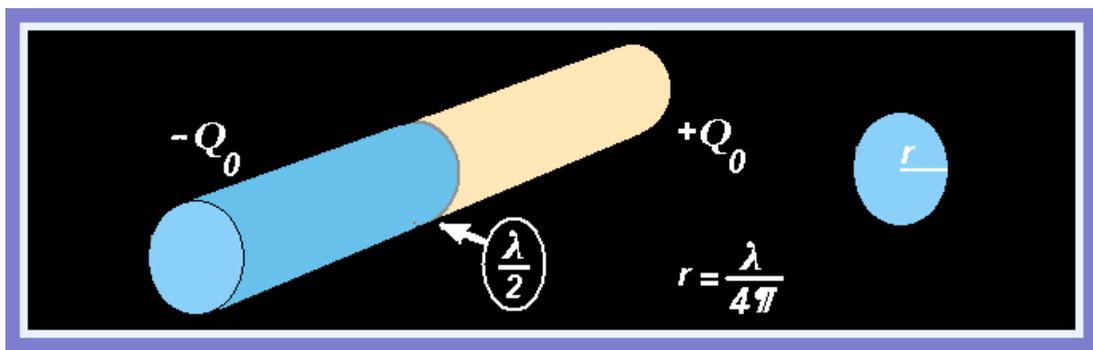
$$h = 2 \pi \mu_o C Q_o^2 \quad (3)$$

$\mu_o \rightarrow$  permeabilidad magnética del vacío

$C \rightarrow$  velocidad de propagación electromagnética en el vacío

$Q_o \rightarrow$  carga de polarización del vacío en un semiciclo de la unidad elemental de radiación

Las leyes del electromagnetismo determinan forma cilíndrica para la unidad elemental de radiación en el vacío.



La longitud del cilindro es igual a la longitud de onda  $\lambda$  . El radio del cilindro es igual a  $\lambda$  dividida por  $4 \pi$  . En el semiciclo negativo la carga de polarización asociada es  $-Q_o$  y en el semiciclo positivo  $+Q_o$  .

## Parte 2 - Maneras de crear la onda en una antena

Antenas con medidas iguales a  $\lambda$  ,  $1/2 \lambda$  ,  $1/4 \lambda$  ,  $5/8 \lambda$  , etc. , inician el proceso de emisión originando campos vectoriales, que son los campos  $\vec{E}$  y  $\vec{B}$  mencionados habitualmente. Esas medidas son fracciones racionales de la longitud de onda, es decir que el numerador y el denominador de la fracción son números naturales.

El diámetro del cilindro no es una fracción racional de  $\lambda$  . Veamos la expresión matemática.

$$d = \frac{1}{2 \pi} \lambda \quad (4)$$

El denominador de la fracción es número irracional, porque es múltiplo de  $\pi$  .

¿ Podría funcionar eficientemente una antena con medidas basadas en el diámetro  $d$  de la unidad elemental de radiación ?

Intentamos responder por analogía. Pensemos en una barra cilíndrica de porcelana o de cristal, que pueden ser quebradas utilizando sonido. La barra se quebrará cuando la frecuencia del sonido sea igual a la frecuencia de resonancia de la barra o igual a una de las frecuencias armónicas. Si la intensidad del sonido crece gradualmente, no se quebrará en cualquier punto. Se quebrará en segmentos que sean fracciones racionales de la longitud de la barra, es decir que las barras más cortas resultantes de la quebradura resonarán a frecuencias que corresponden a armónicas respecto a la barra primitiva. Este tipo de quebradura es producido por ondas transversales, es decir ondas que provocan en la barra vibraciones perpendiculares al eje del cilindro.

Algo análogo sucede en una antena. Para construir una antena menor que la longitud de onda podemos escoger una de las medidas armónicas. En este caso estaremos construyendo una antena convencional, que inicia el proceso de emisión excitando los campos vectoriales  $\vec{E}$  y  $\vec{B}$  . Estos campos son perpendiculares al eje del cilindro y, consecuentemente, transversales a la dirección de propagación.

El diámetro del cilindro y sus fracciones no son medidas armónicas para la dirección axial (dirección del eje). Si la intensidad del sonido crece gradualmente, una barra cilíndrica de cristal o de porcelana nunca se quebraría en segmentos de esas medidas. Esto significa que esas medidas no facilitan las vibraciones transversales. En la propagación electromagnética existe un campo que no es transversal. Es el campo escalar mencionado en un párrafo anterior, es decir, la densidad de carga de la polarización del vacío. La polarización es un campo vectorial longitudinal, es decir, su dirección coincide con el eje del cilindro y, consecuentemente, con la dirección de propagación. Evitemos confundir la polarización, que es un campo vectorial, con la densidad de carga asociada con esa polarización, que es un campo escalar.

Una antena con medida basada en el diámetro del cilindro es apta para iniciar el proceso de propagación excitando el campo escalar. Por eso la denominación *antena escalar*.

Si pensamos en la unidad elemental de radiación, el segmento máximo en la dirección del eje es igual a  $\lambda$  . En la dirección del diámetro el segmento máximo es  $d = \lambda/2 \pi$  . Con esta medida una antena escalar debe rendir lo mismo que una antena convencional de medida  $\lambda$  . Obviamente, por ser más corta, la antena con medida  $d$  no tiene la misma impedancia que la antena con medida  $\lambda$  . No podemos reemplazar una antena de medida  $\lambda$  por una antena de medida  $d$  sin tener en cuenta que las impedancias distintas. La antena escalar será eficiente

cuando sean iguales la impedancia de la antena y la impedancia de la fuente de radiofrecuencia que la alimenta. Esta condición rige en todos los casos.

La antena escalar presentada en este documento tiene las medidas siguientes.

$$m_i = \frac{15}{8} \cdot \frac{\lambda}{2\pi}$$

$$m_r = \frac{\lambda}{2\pi}$$

$m_i$  → medida del irradiante

$m_r$  → medida de cada radial

Previamente fue mencionada una hipótesis, referida a lograr con la medida escalar  $d$  el mismo rendimiento que logra la medida convencional  $\lambda$ , cumpliendo en ambos casos la igualdad de impedancia entre la antena y la fuente de RF que la alimenta. Si esta hipótesis es válida, la medida indicada en el recuadro debería lograr el mismo rendimiento que una antena convencional de  $15/8$  de  $\lambda$ . ¿Qué sucede con la impedancia? La medida indicada presenta naturalmente un valor próximo a  $50 \Omega$ . El programa EZNEC simulador de antenas muestra eso y la práctica lo confirma con un rendimiento excelente.

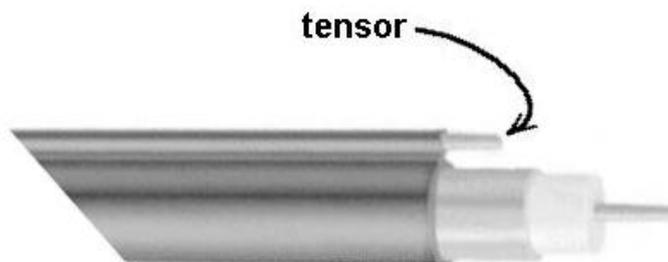
### Parte 3 - Construcción

Materiales necesarios

- Un conector SO239 macho y un conector SO239 hembra



- 1,7 m de alambre de 1,5 mm de diámetro, que tenga rigidez suficiente. En mi caso usé el tensor adosado al cable coaxial RG213, que es un alambre de esas características y está envainado.

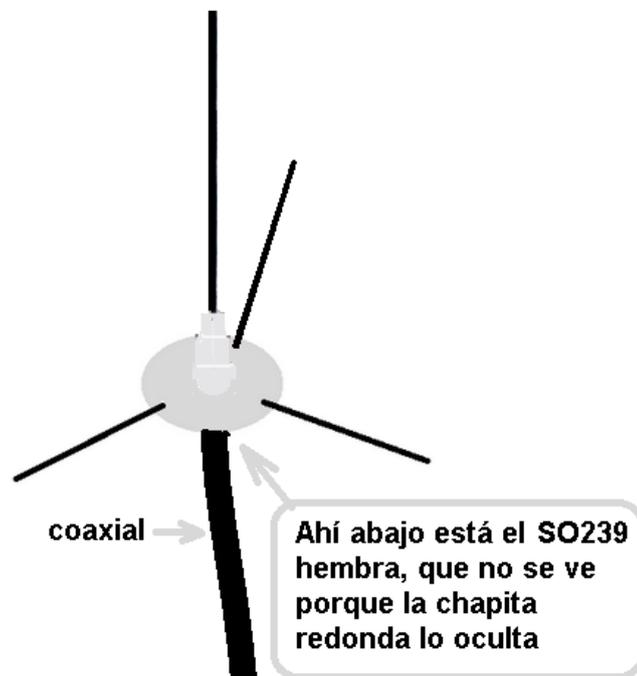


El tensor puede ser separado del cable coaxial y ser usado como alambre envainado.

- Una arandela de aluminio o de cobre de 52 mm de diámetro, que tenga en el centro un agujero de 15 mm de diámetro. Necesitamos que el conector SO239 hembra pase por el agujero de la arandela. En la arandela haremos 3 agujeros pequeños, para colocar los tornillos con tuercas y sus arandelas, destinados a sujetar los radiales.



Entre el equipo y la antena hay un cable coaxial. El extremo del cable situado en altura, donde está la antena, tiene un conector SO239 hembra. Esta hembra atraviesa la arandela. Del otro lado de la arandela asoma la rosca de la hembra, donde va colocado el macho que sostiene al irradiante de 613 mm. La arandela queda aprisionada entre ambos conectores, de modo tal que los radiales atornillados a ella tengan conexión a masa.



Ese es el concepto básico del armado. Agregaremos en el apartado siguiente algunos detalles delicados, que influyen mucho en el comportamiento de la antena.

#### Parte 4 - Detalles delicados

- El irradiante de 613 mm se hace con el alambre tensor del cable RG213. Un tramo de alambre queda metido dentro del conector SO239 macho, para poder soldar el alambre al pin central del conector. El cuerpo del conector es blindaje, porque está conectado a masa. Entonces el tramo de alambre metido dentro no irradia. Solamente irradia la longitud de alambre que no está rodeada por el conector, es decir, la longitud que va desde la boca del conector hasta la punta del alambre. Los 613 mm se miden entre la boca del conector y la punta del alambre.

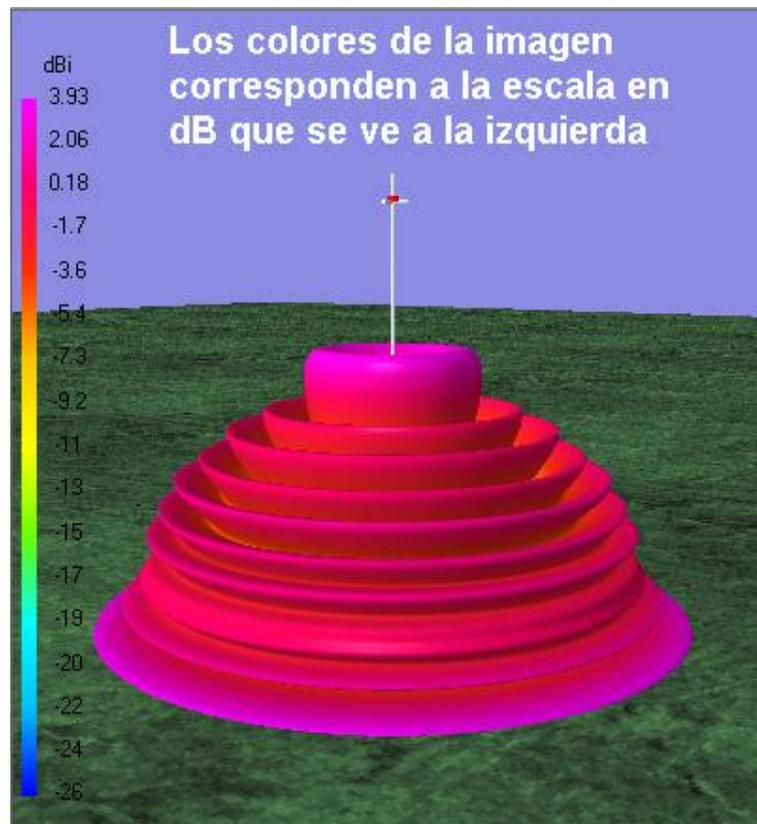
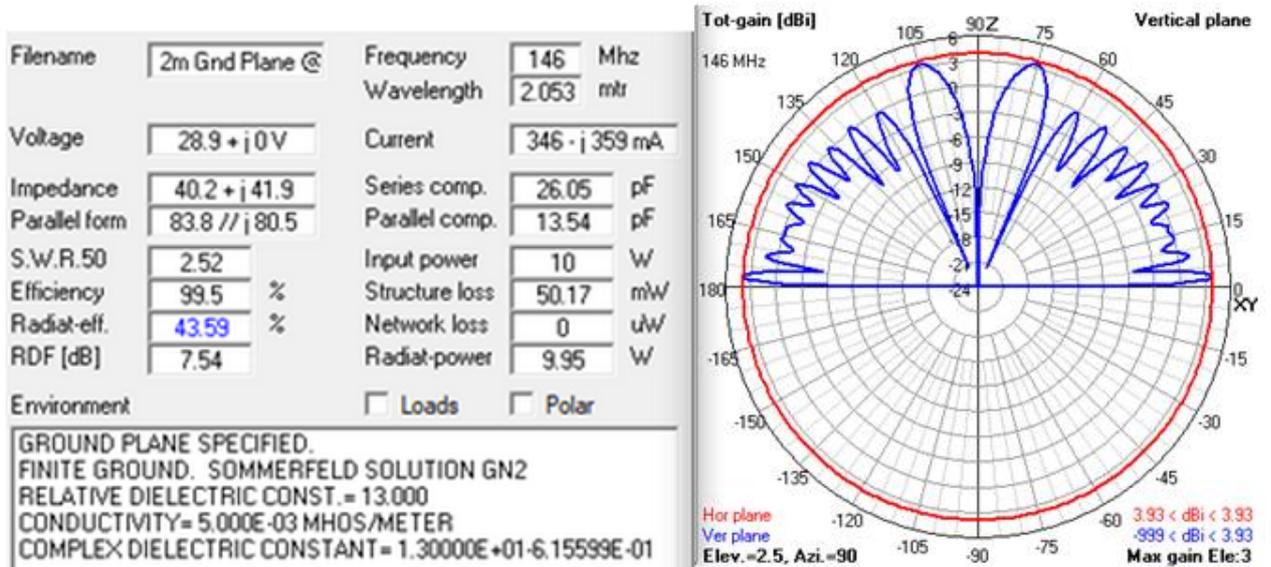


- Para sujetar los radiales a la arandela necesitamos tornillos, arandelitas y tuercas que puedan permanecer mucho tiempo sin causar corrosión. En mi antena son de bronce.
- Los 327 mm de cada radial se miden desde el tornillo que lo sujeta hasta la punta del radial.
- Puede suceder que los conectores encargados de aprisionar a la arandela de los radiales no cierren completamente el espacio intermedio y que la arandela quede floja. Esto no es problema porque podemos agregar una arandela de plástico, o de bakelita, o de pertinax sin cobre, que sirva como suplemento y logre aprisionar firmemente a la arandela de los radiales. La arandela suplementaria por un lado hará contacto con el cuerpo de uno de los conectores y quedará conectada a masa, dando a los radiales la conexión a masa necesaria.
- Necesitamos que estén protegidas de la humedad y del agua todas las partes que influyen en el funcionamiento. Hagamos una lista que sirva de ejemplo, aunque no esté completa.
  - El comportamiento del irradiante se altera cuando está mojado. En mi antena está protegido por un tubito de plástico transparente, muy liviano y suficientemente rígido para proteger también del viento, que puede curvar al irradiante en forma inconveniente.
  - Conectores, que permiten el paso del agua y de la humedad.
  - Extremo del coaxial situado en altura, por donde la humedad y el agua pueden penetrar.
  - La arandela de los radiales y todo lo que la sujeta.
  - El espacio entre los conectores que sujetan a la arandela.
  - Los tornillos, las arandelitas y las tuercas de los radiales.

Mi antena está instalada desde bastante tiempo atrás. Ha soportado tormentas con mucha lluvia, con viento, etc. , manteniendo siempre el buen funcionamiento. Ha permitido operar en los transcurros de esas tormentas con rendimiento pleno. La tarea de proteger a una antena pequeña como esta no presenta dificultad. Distinto es el caso de las antenas convencionales, mucho más grandes, más pesadas y más incómodas. En las antenas convencionales las partes delicadas suelen carecer de protección y en poco tiempo el funcionamiento se altera. Esto es lo que podemos y debemos evitar en la antena escalar.

## Parte 5 - Resultados en el programa simulador

La planilla de cálculo muestra la impedancia en forma de número complejo como  $40,2 + j41,9$ . Este dato es suficiente para calcular el módulo  $Z$  de la impedancia, es decir la impedancia resultante que es  $58,06581 \Omega$ . Con  $Z$  conocida es inmediato el cálculo de la ROE (SWR), que da 1,161. Y con la ROE conocida es inmediato el cálculo de la eficiencia, que da 99.5 % . El simulador encuentra en esta antena esas características. Veamos los gráficos.



- El desarrollo teórico que posibilita el cálculo de las medidas es obra original del autor de este documento.
- También es criterio original del autor la medida  $15/8$  de  $\lambda/2 \pi$

Quilmes, 9 de julio de 2022