

Antena vertical de cuarto de onda: diseño, radiales y ajuste para radioaficionados

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Alimentación

Etiquetas: Sin etiquetas

Antena vertical de cuarto de onda: diseño, radiales y ajuste para radioaficionados

La antena vertical de cuarto de onda ($\lambda/4$) es una de las antenas más utilizadas en radioafición y comunicaciones de emergencia por su patrón de radiación omnidireccional en el plano horizontal y su construcción relativamente sencilla. Consiste en un elemento radiante vertical cuya longitud es aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia de trabajo, complementado por un sistema de radiales que actúa como plano de tierra. Su impedancia teórica en el punto de alimentación es de 36Ω sobre un plano de tierra perfecto, lo que la hace adaptable a líneas de 50Ω con pocas modificaciones. Es la antena ideal para despliegues rápidos en campo, operaciones de emergencia y estaciones base de VHF/UHF.

Fundamentos teóricos y cálculo de dimensiones

La longitud del elemento vertical se calcula con la fórmula clásica $L(m) = 71,25 / f(\text{MHz})$, que incorpora un factor de velocidad de 0,95 respecto al cuarto de onda teórico ($75 / f$) para compensar el efecto de los extremos del conductor. Esta fórmula es válida para conductores de diámetro fino (tubo de aluminio de 10–25 mm o varilla).

Banda

Frecuencia central (MHz)

Longitud del vertical (m)

Longitud de cada radial (m)

80 m

3,65

19,52

19,52

40 m

7,10

10,04

10,04

20 m

14,175

5,03

5,03

15 m
21,225
3,36
3,36

10 m
28,5
2,50
2,50

2 m (VHF)
145,0
0,49
0,49

70 cm (UHF)
435,0
0,164
0,164

Para elementos de mayor diámetro (tubos de 30–50 mm), la longitud se reduce entre un 2 y un 4 % adicional. En la práctica, siempre se corta ligeramente más largo de lo calculado y se recorta progresivamente midiendo la ROE con un analizador de antenas.

Sistema de radiales: teoría y práctica

Los radiales constituyen la mitad inferior del dipolo en que se basa la vertical. Sin radiales adecuados, la antena presenta alta resistencia de pérdidas en tierra, reduciendo la eficiencia dramáticamente. Existen dos configuraciones principales según el montaje.

Radiales elevados (a $\lambda/4$ del suelo o más): Con solo 4 radiales de $\lambda/4$ a 45° respecto al vertical, la impedancia sube a unos 50 Ω , coincidiendo con la impedancia de la línea coaxial. Es la configuración más práctica para operación de emergencia. Los radiales deben ser simétricos (a 90° entre sí).

Radiales enterrados o sobre el suelo: Se necesitan un mínimo de 16 radiales para un rendimiento aceptable. Con 32 radiales la eficiencia mejora notablemente, y con 60 o más se alcanzan pérdidas inferiores a 2 dB respecto al plano de tierra perfecto. La longitud óptima es $\lambda/4$, pero radiales más cortos distribuidos densamente también funcionan.

Puesta a tierra directa: No sustituye a los radiales. Una pica de tierra ayuda a la protección contra rayos y reduce ruido, pero no mejora la eficiencia de radiación de la antena.

Número de radiales
Resistencia de tierra (Ω)

Pérdida estimada (dB)

Eficiencia aproximada

2

35-40

6-8

15-25 %

4 (elevados)

12-15

1,5-2

60-70 %

16 (sobre suelo)

10-15

2-3

50-65 %

32 (sobre suelo)

5-8

1-1,5

70-80 %

60 (sobre suelo)

2-3

0,5-0,8

85-90 %

120 (sobre suelo)

1-2

0,2-0,5

90-95 %

Alimentación y adaptación de impedancia

El punto de alimentación se sitúa en la base del elemento vertical, donde se conecta el conductor central del coaxial al radiante y la malla al sistema de radiales. La impedancia depende del ángulo de los radiales y del número de estos.

Radiales a 0° (horizontal): Impedancia de alimentación $\approx 36 \Omega$. ROE con coaxial de $50 \Omega \approx 1,4:1$. Aceptable para la mayoría de transmisores sin necesidad de adaptador.

Radiales a 45° (inclinados hacia abajo): Impedancia $\approx 50 \Omega$. ROE $\approx 1:1$. Configuración ideal con 4 radiales elevados. Es la más recomendada para operación de campo.

Choke balun 1:1: Se recomienda colocar un choque de RF (varias espiras de coaxial en un toroide FT-240-31 o anillos apilados) a pocos centímetros del punto de alimentación para evitar que corrientes de modo común circulen por el exterior de la malla del coaxial, lo que deformaría el diagrama de radiación.

El cable coaxial recomendado para la bajada depende de la frecuencia y la distancia. Para HF con tiradas menores de 30 m, RG-213 (pérdida de 1,5 dB/100 m a 14 MHz) es adecuado. Para VHF/UHF o tiradas largas, usar Aircom Plus o Ecoflex 10 (pérdida Ajuste práctico con analizador de antenas

El ajuste final requiere un analizador de antenas (NanoVNA, RigExpert o similar) conectado en el punto de alimentación. El proceso es iterativo y debe hacerse con la antena en su posición definitiva, incluyendo el mástil y todos los cables.

Paso 1: Medida inicial: Conectar el analizador y barrer la banda deseada. Localizar la frecuencia de resonancia (punto de mínima reactancia, $X \approx 0 \Omega$). Si la resonancia está por debajo de la frecuencia deseada, el elemento es demasiado largo.

Paso 2: Recorte progresivo: Cortar el extremo superior del vertical en incrementos de 5–10 mm para VHF o 10–30 mm para HF. Después de cada corte, volver a medir. La frecuencia de resonancia subirá proporcionalmente.

Paso 3: Verificar ROE: En la frecuencia deseada, la ROE debe ser inferior a 1,5:1. Si la resistencia es correcta (40–55 Ω) pero hay reactancia residual, ajustar ligeramente la longitud de los radiales.

Paso 4: Verificar ancho de banda: Medir la ROE en los extremos de la banda. Una vertical de HF típica cubre un ancho de banda del 2–5 % con ROE

Precaución: Nunca ajustar la antena con el transmisor emitiendo. Usar siempre un analizador de antenas o un puente de medida. La RF en HF puede causar quemaduras por contacto con el elemento radiante durante la transmisión.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.