



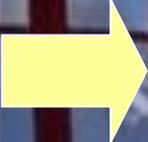
# Combatiendo el ruido en HF: aspectos prácticos

Ávila 14 septiembre 2019



EA5DY Salva Doménech  
URE Sección Local Denia

# Indice



## ■ Principios básicos

- Reduciendo el ruido captado
- Reduciendo el ruido emitido
- Aumentando la señal/ruido
- Conclusiones

# Interferencia es toda señal no deseada que afecta a nuestra recepción

THE BEST SOLUTION:  
NEVER ANY PROBLEMS  
WITH TVI!



D  
L  
3  
B  
A  
A

Call	Day	Month	Year
UTC	Frequency	Mode	RST

Michael Reinhardt  
Klingbachstrasse 27  
76831 Heuchelheim-Klingen  
JN49AD - DOK O49

**RUIDO:** Interferencia causada por una fuente de radiación electromagnética no deseada AJENA A LA COMUNICACIÓN

**NO ES RUIDO:**

- DISTORSIÓN POR SOBRECARGA EN EL RECEPTOR
- IMD - ESPUREAS
- INTERFERENCIAS / "BARBAS"

# Algunas fuentes de ruido típicas



## TRADICIONALES

- Trafos
- Motores
- Chispas, bujías
- Cebadores neón
- ...



## ACTUALES

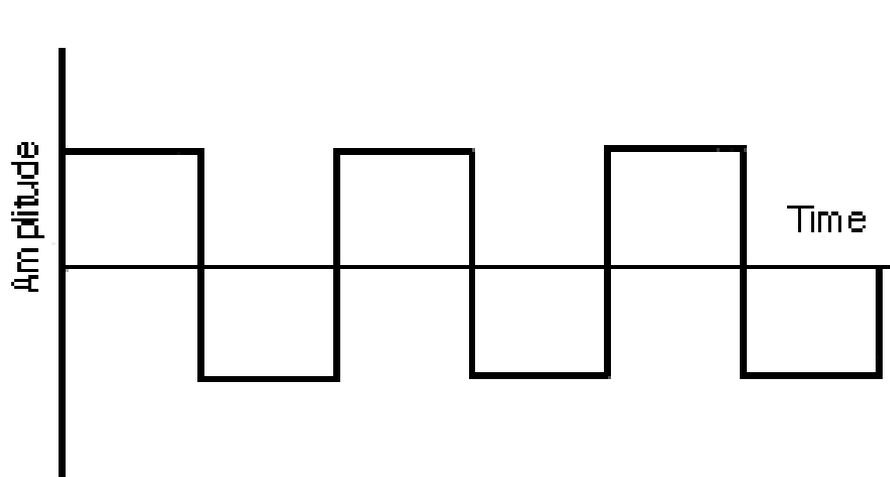
- Fuentes conmutadas
- Líneas de datos (Ethernet, ADSL, etc)
- Luces LED (sus fuentes de alimentación)
- TV de plasma
- Compresores de AC
- Ordenadores, USBs
- Módems
- PLC



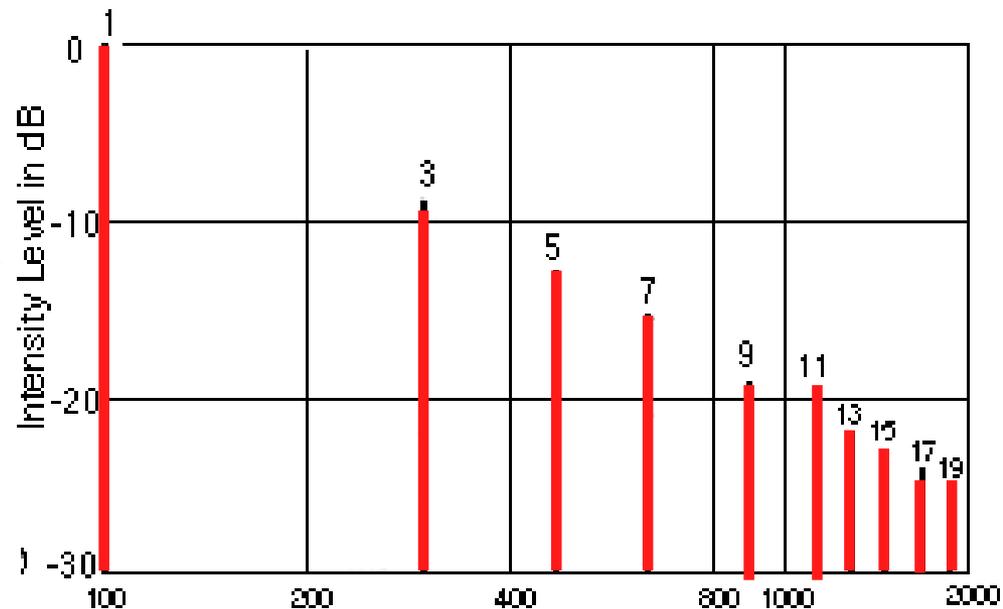
## FUTURAS

- WPT, *Wireless Power Transfer*
- 5G
- IoT, *Internet of Things*
- ...

# Las transiciones rápidas de energía son el principal generador de ruido de amplio espectro



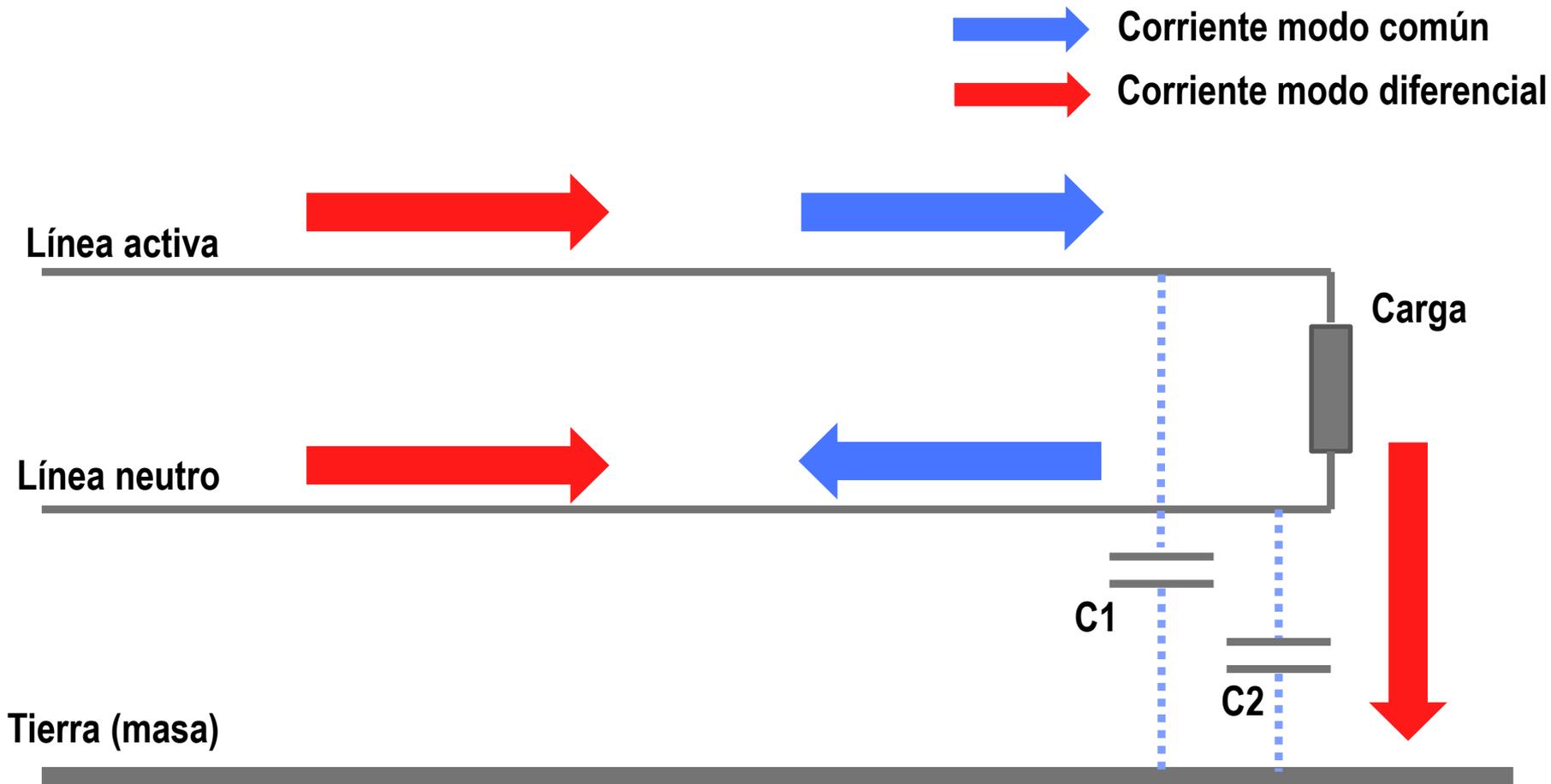
$$\frac{A}{\pi} \left( \sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots \right)$$



DOMINIO DEL TIEMPO

DOMINIO DE LA FRECUENCIA

# Corrientes en modo común vs corrientes en modo diferencial

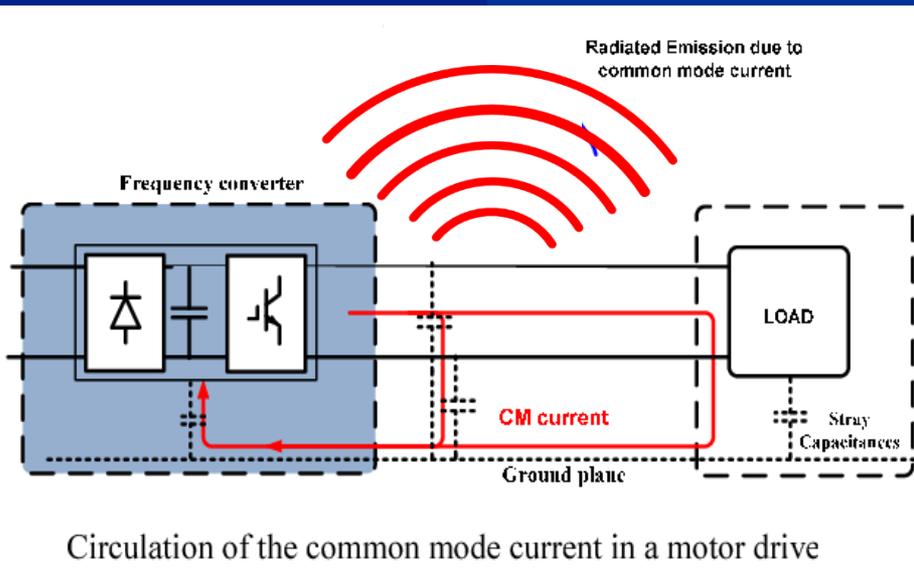


- Las corrientes en modo diferencial llevan las señales deseadas
- Las corrientes en modo común llevan el ruido

# La aparición de corrientes en modo común es la principal causa de ruido

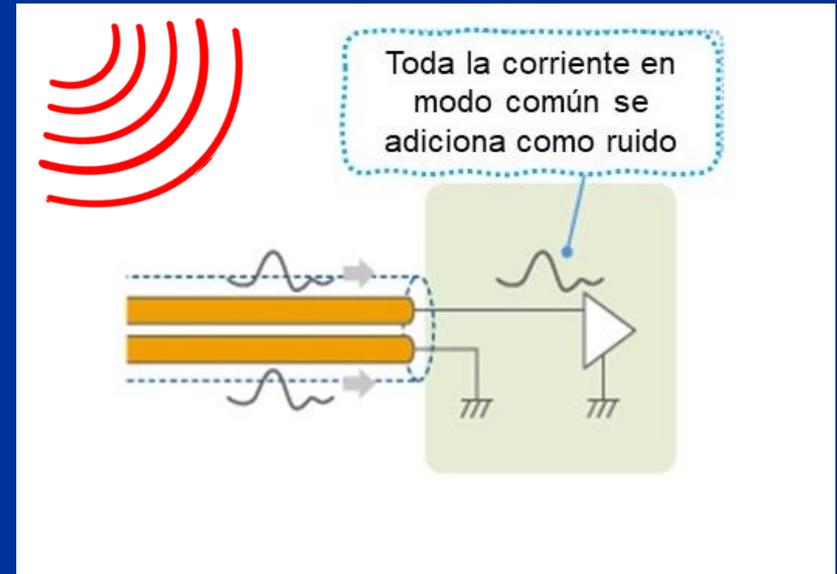
## EN EL GENERADOR DE RUIDO...

- Las líneas con corrientes en Modo Común se convierten en ANTENAS



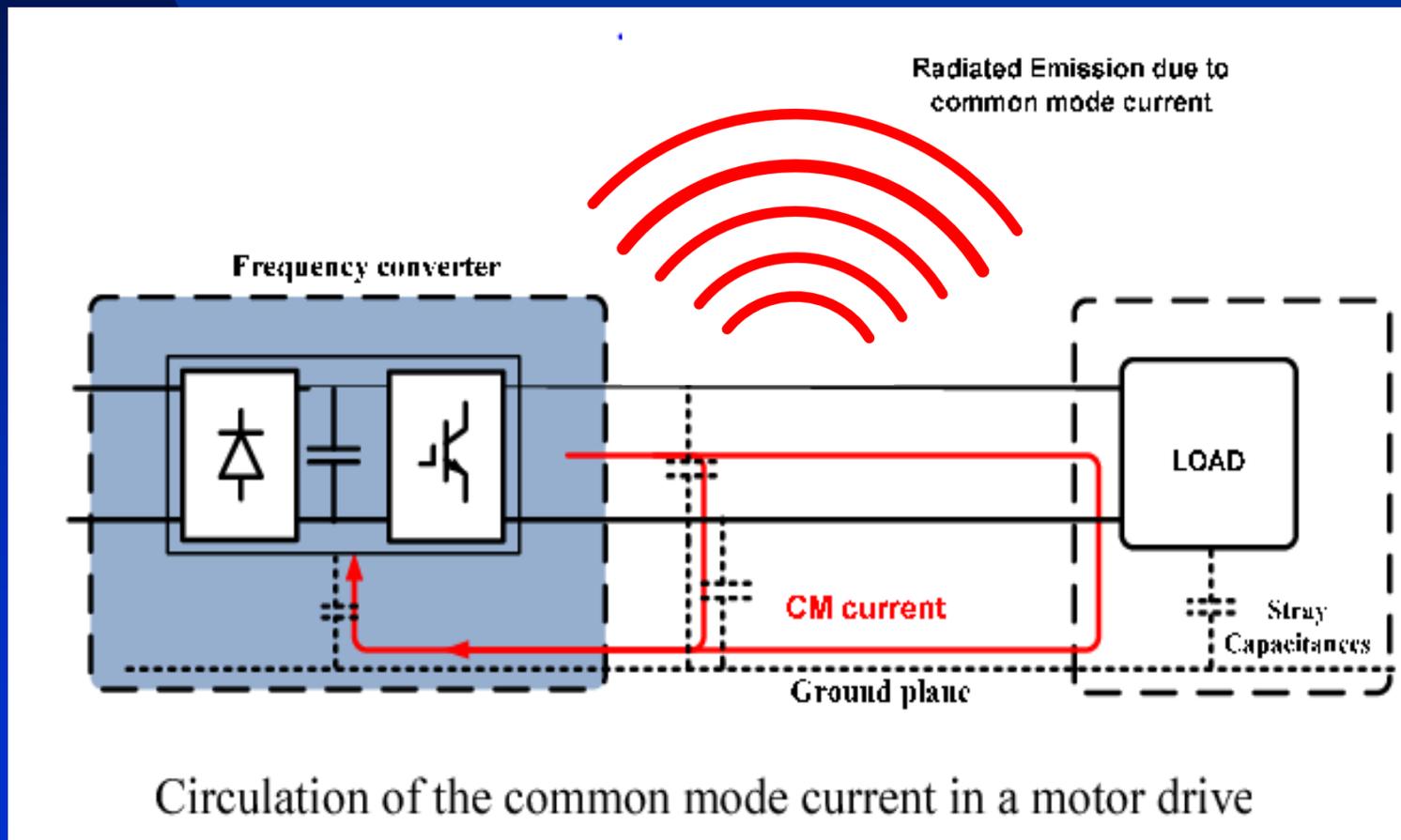
## ... Y EN NUESTRO RECEPTOR

- Las líneas con corrientes en Modo Común inducen RUIDO



# En el dispositivo generador de ruido:

- Los cables con corrientes en Modo Común se convierten en ANTENAS que radían RF

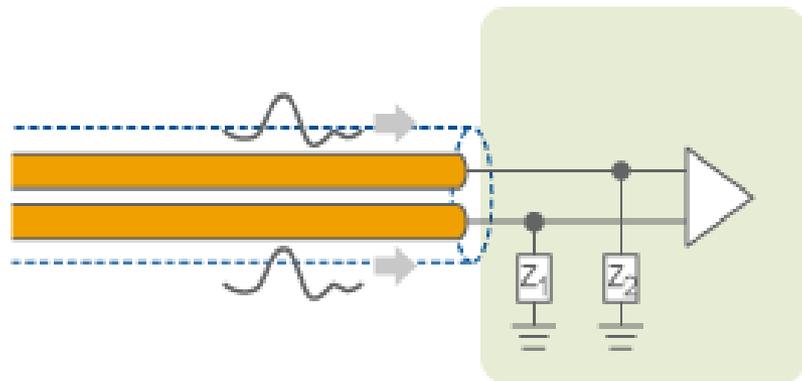


# En el cuarto de radio:

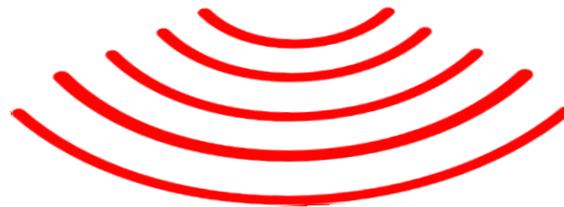
- Las cables con corrientes en Modo Común inducen voltajes en las entradas del receptor

Si  $Z_1 \neq Z_2$ , parte de la corriente en modo común pasa a modo diferencial y entrará ruido

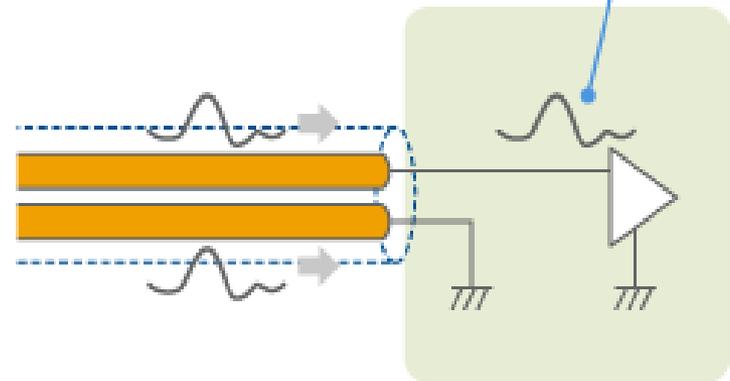
Equipo



Circuito menos susceptible al ruido

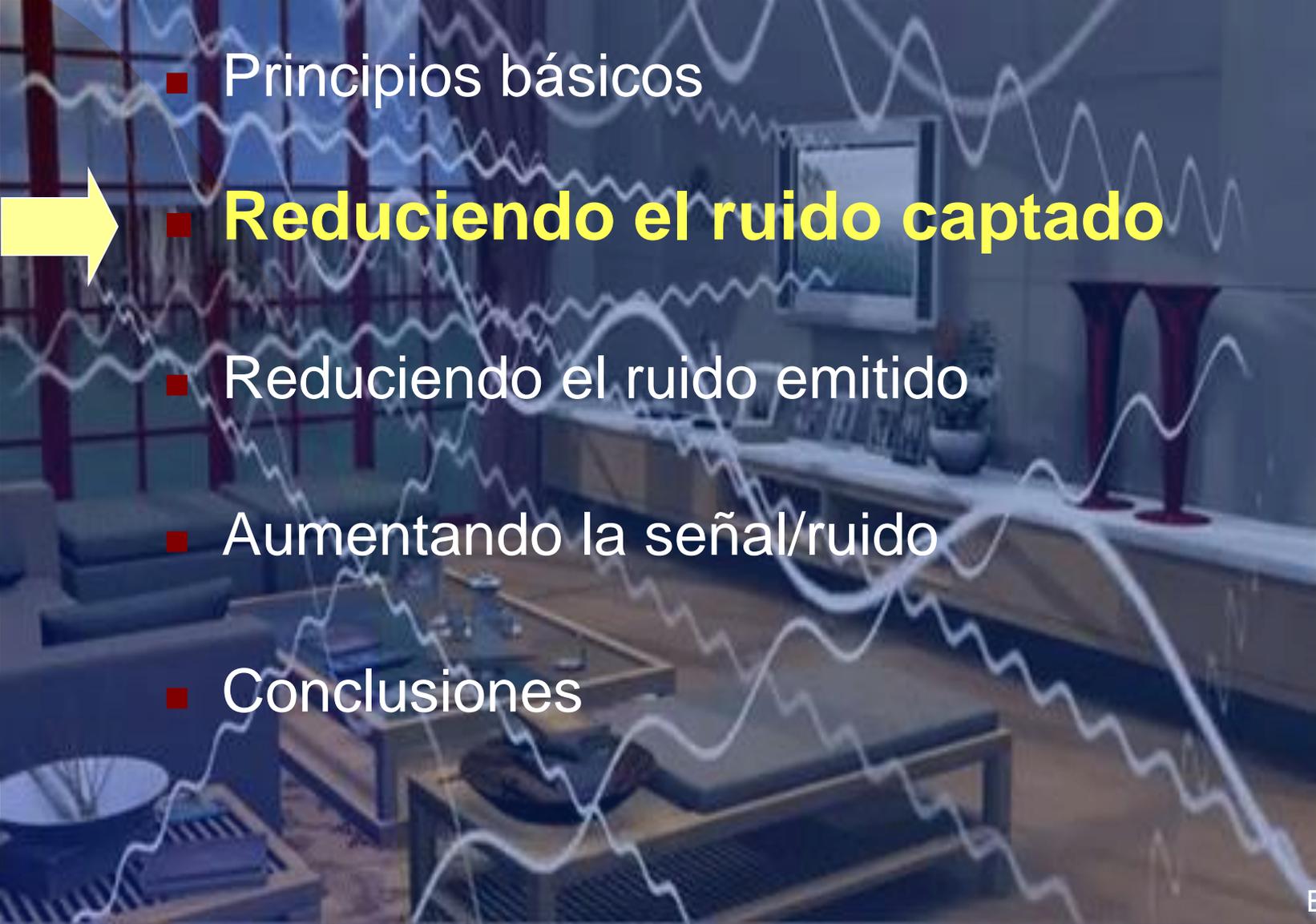


Toda la corriente en modo común se adiciona como ruido

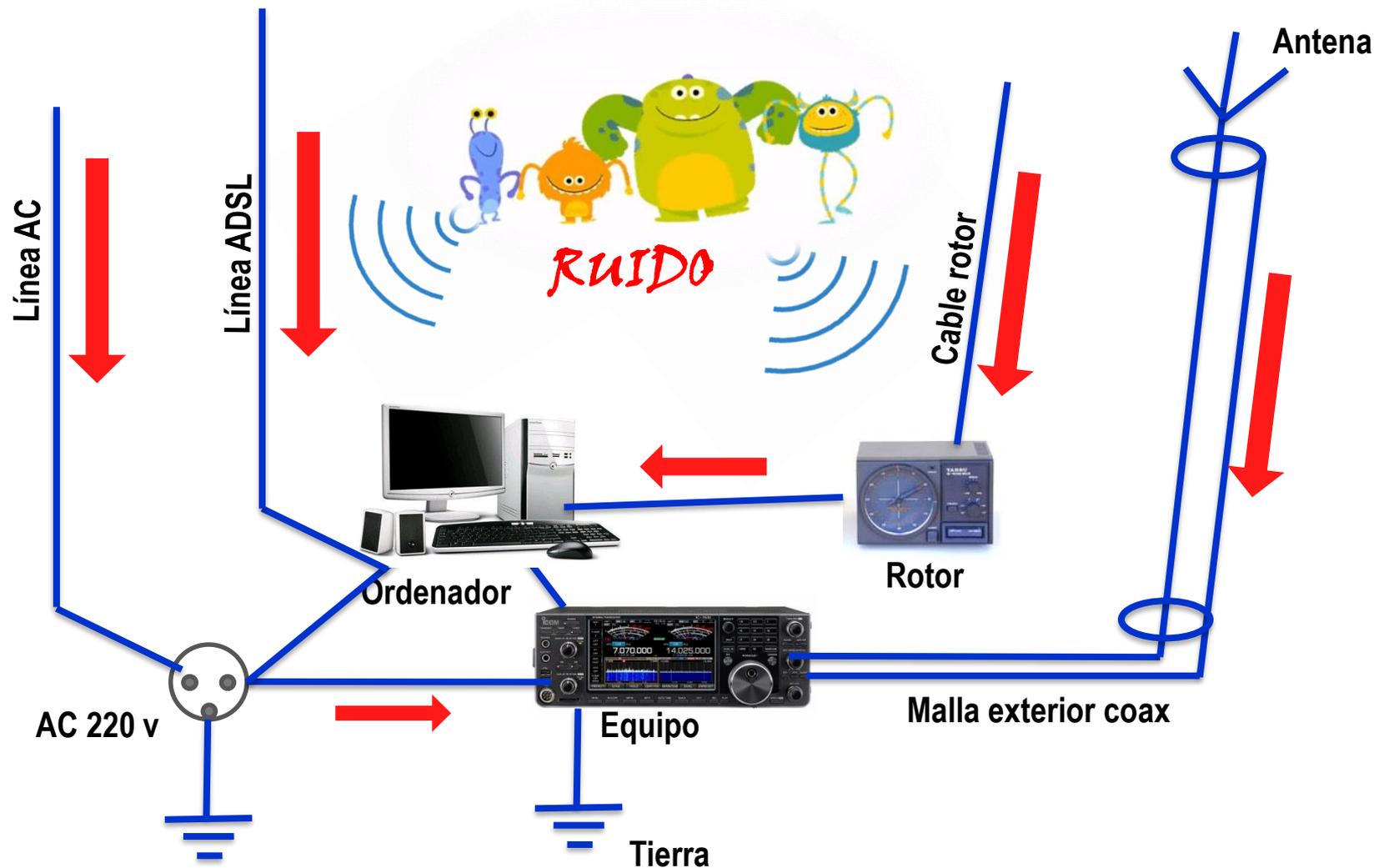


Circuito muy susceptible al ruido

# Indice

- 
- Principios básicos
  - **Reduciendo el ruido captado**
  - Reduciendo el ruido emitido
  - Aumentando la señal/ruido
  - Conclusiones

# Nuestra estación nunca tiene una única antena



# El enemigo a batir son las corrientes en modo común

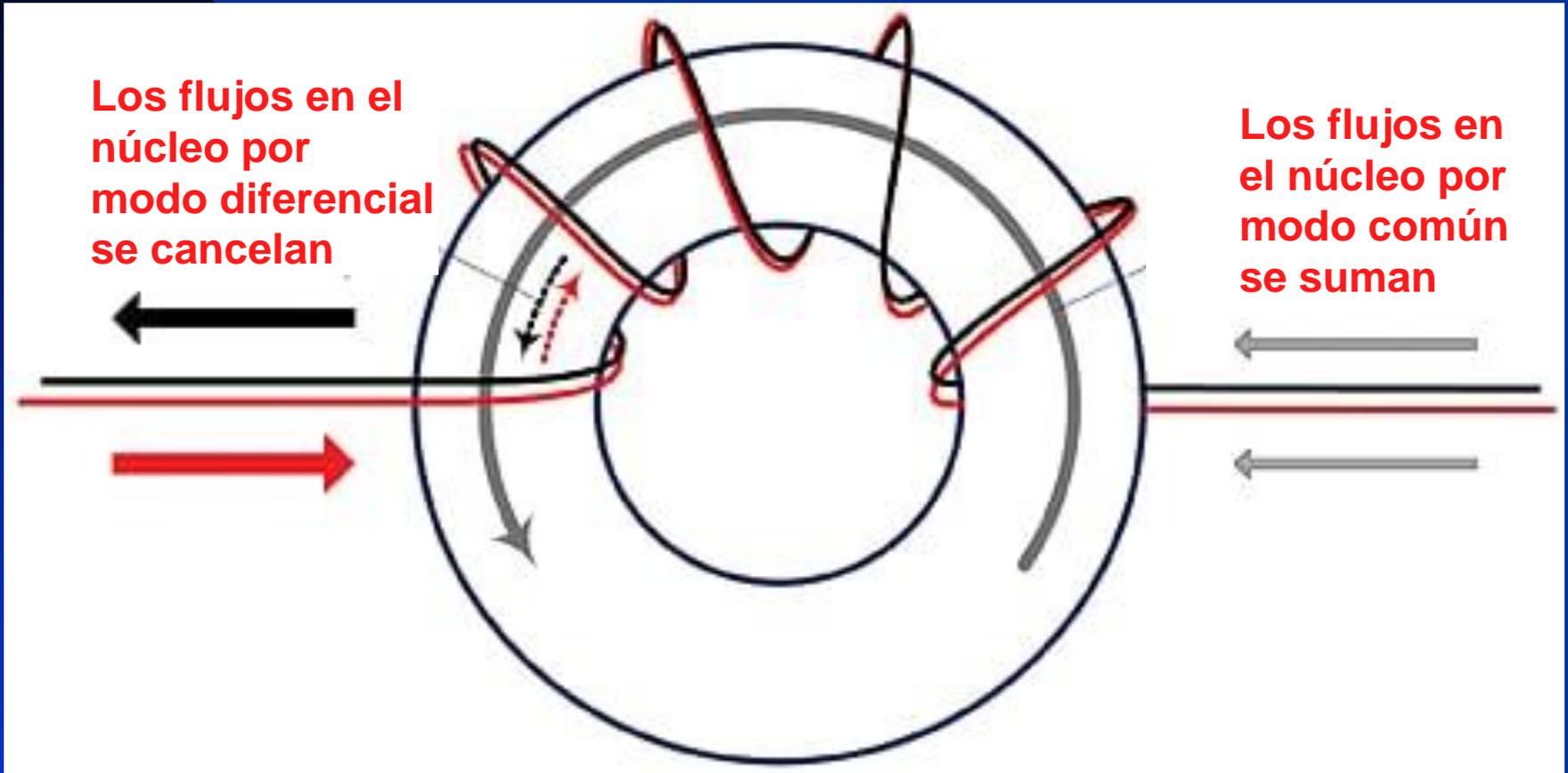
- El ruido es voltaje entre los conductores y la masa de los equipos.
- Este voltaje induce corrientes que circularan por la carcasa o incluso por el interior del equipo
- Toda la energía de RF captada acabará pasando por la masa de la estación
  - Y será ruido si induce tensiones entre masa y la entrada del receptor
- Cualquier imperfección en el blindaje producirá la entrada de ruido

# Quien tiene un choque de ferrita tiene un tesoro



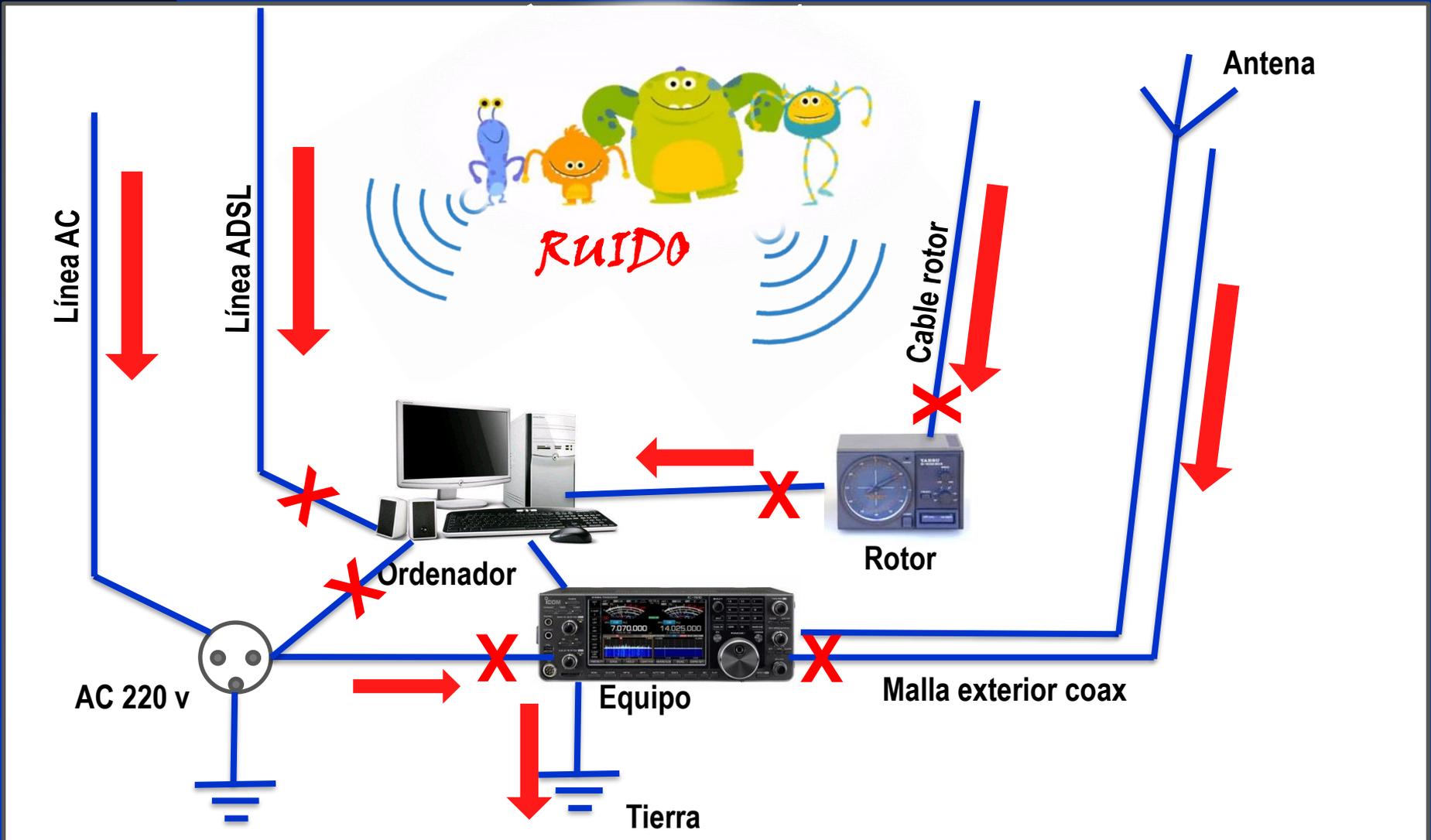
- ❑ Los choques eliminan las corrientes en modo común manteniendo intactas las corrientes diferenciales en el interior del cable

# ¿Cómo funciona un balun de corriente?

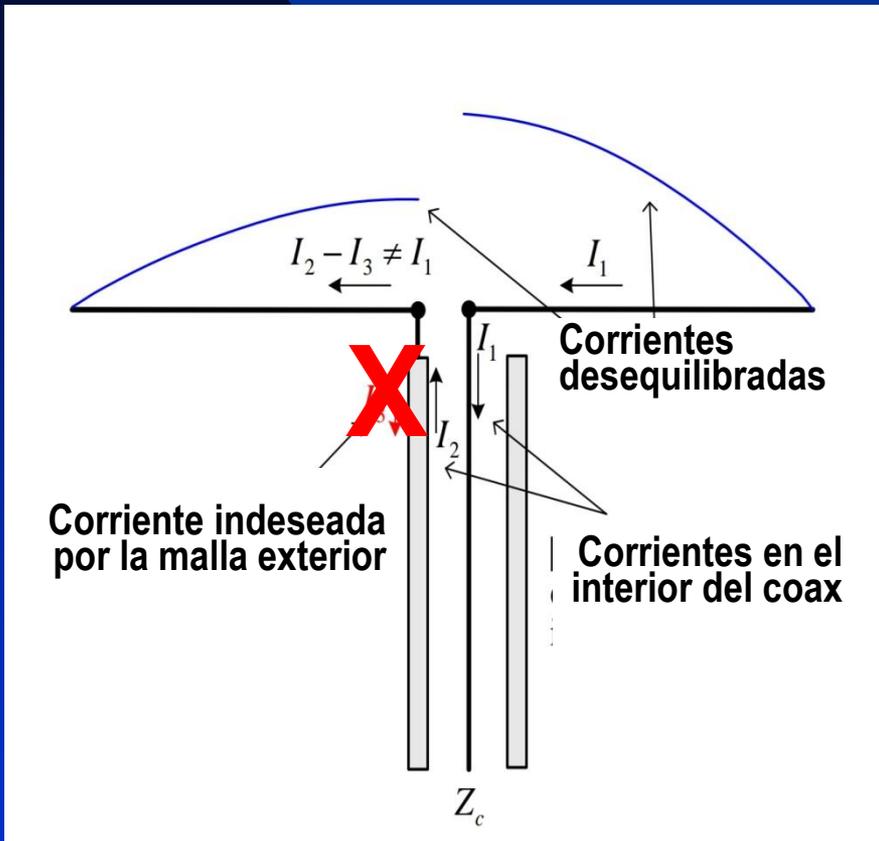


- Las corrientes en modo diferencial no son afectadas
- Las corrientes en modo común ven una inductancia muy alta

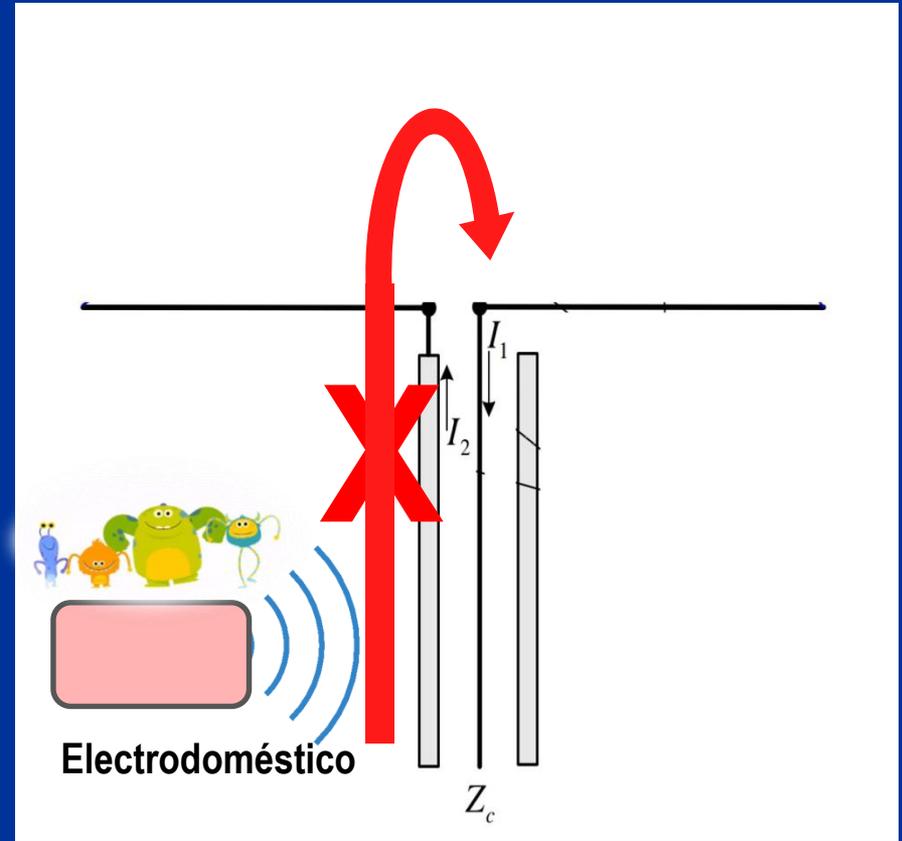
# Con los choques eliminamos las corrientes de modo común captadas por las antenas parásitas



# Un balun en la antena no solo es fundamental en transmisión



En TX el balun equilibra las corrientes en ambas ramas...



... y en RX evita que entre el ruido captado por la malla del coaxial

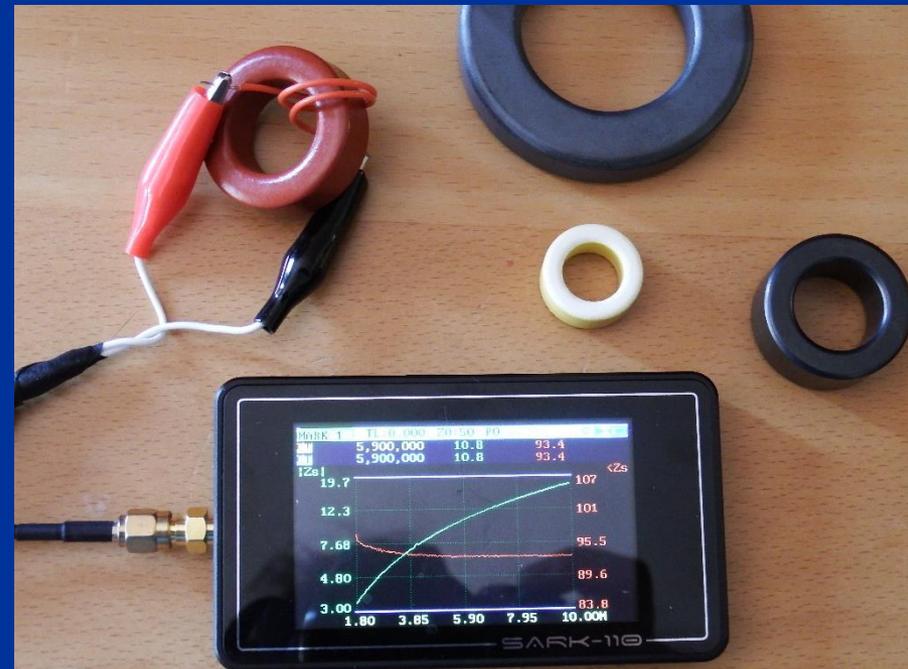
# ¿Cómo elegir un buen toroide en una feria de Radio?

- Analizador de antena + sonda con 2 espiras en el toroide a probar



**EXCELENTE**

$$Z_{10\text{MHz}} = 400 \Omega$$



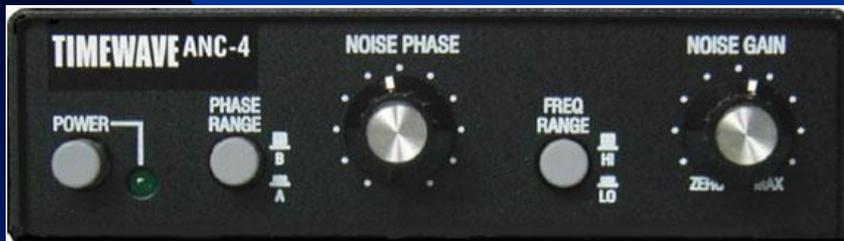
**PÉSIMO**

$$Z_{10\text{MHz}} = 18 \Omega$$

# Un choque efectivo debe tener al menos una Z de 1k ohm

- ❑ En una línea con carga de  $200 \Omega$  esto supone una atenuación de 11 dB
- ❑ Si no se alcanza  $1K \Omega$  con un solo choque podemos colocar varios en serie
  - ❑ En ocasiones es necesario aumentar hasta  $3K \Omega$  ó más
- ❑ Es preferible emplear varios choques en serie que uno con demasiadas espiras amontonadas
  - ❑ El efecto capacitivo entre espiras hace reducir la Z efectiva

# Canceladores de ruido, alternativas comerciales



**TIMEWAVE ANC-4**

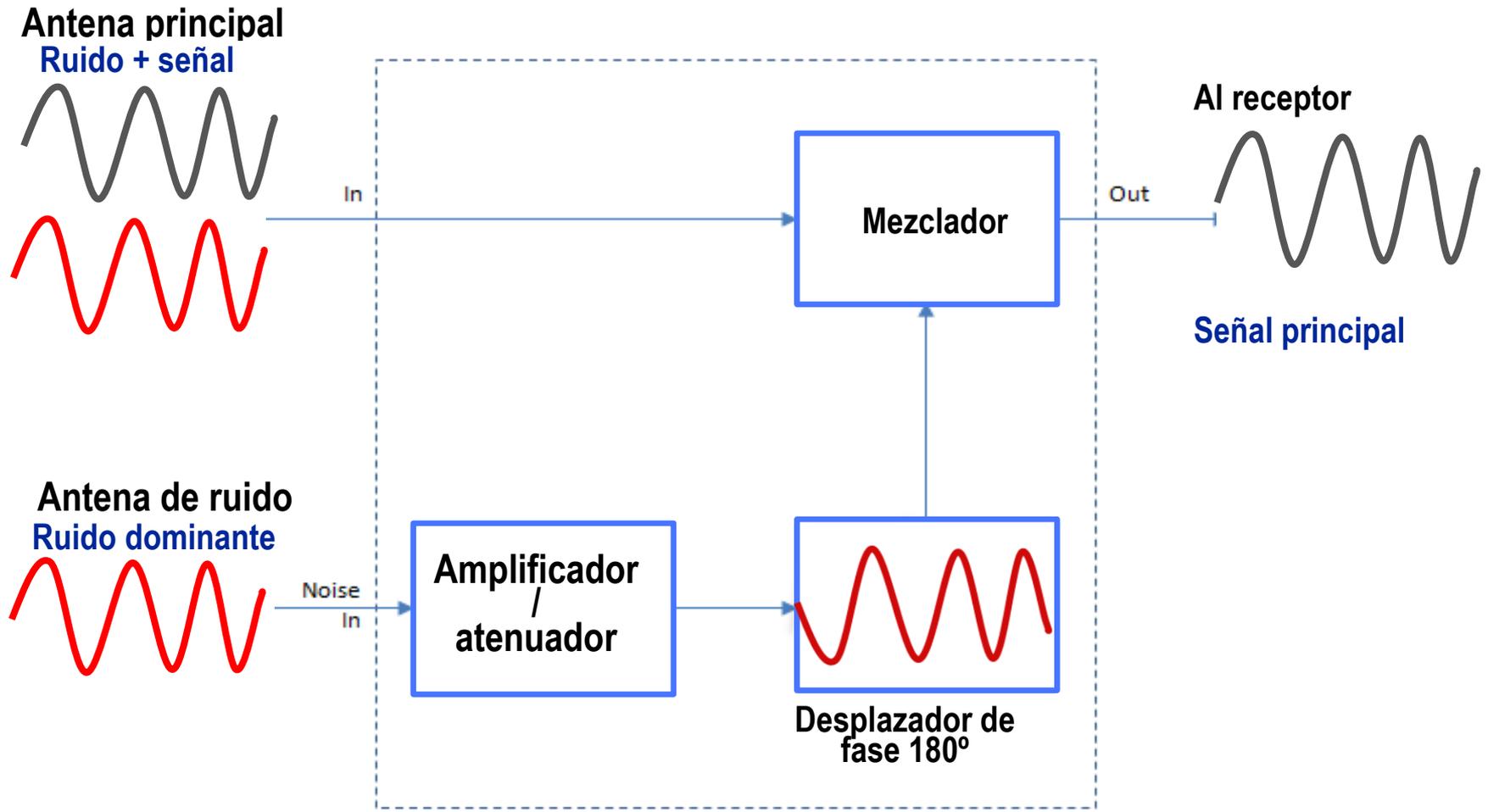


**DX-ENGINEERING NCC-1**



**MFJ - 1026**

# Canceladores de ruido: principios de funcionamiento



— Señal deseada  
— Ruido

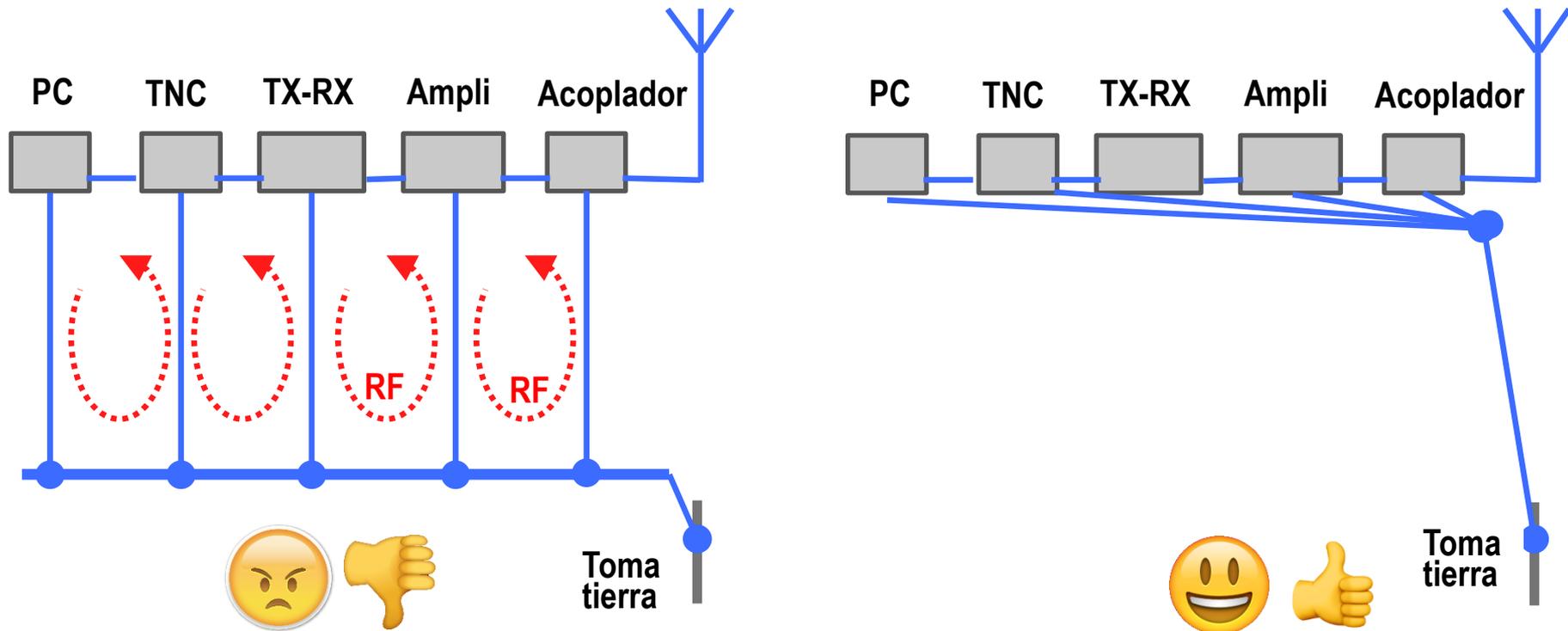
# Aspectos prácticos de los canceladores de ruido

- ❑ La antena de ruido (sonda de ruido) no debe captar la señal deseada, tan solo el ruido
- ❑ Es muy deseable contar con varias sondas de ruido conmutables
  - ❑ Hilo en el interior de la vivienda o muy baja altura
  - ❑ Cable próximo a la línea de tensión C.A.
- ❑ Únicamente funciona contra el ruido local, no es eficaz frente al QRN o ruido de DX

# El mito de las tomas de tierra

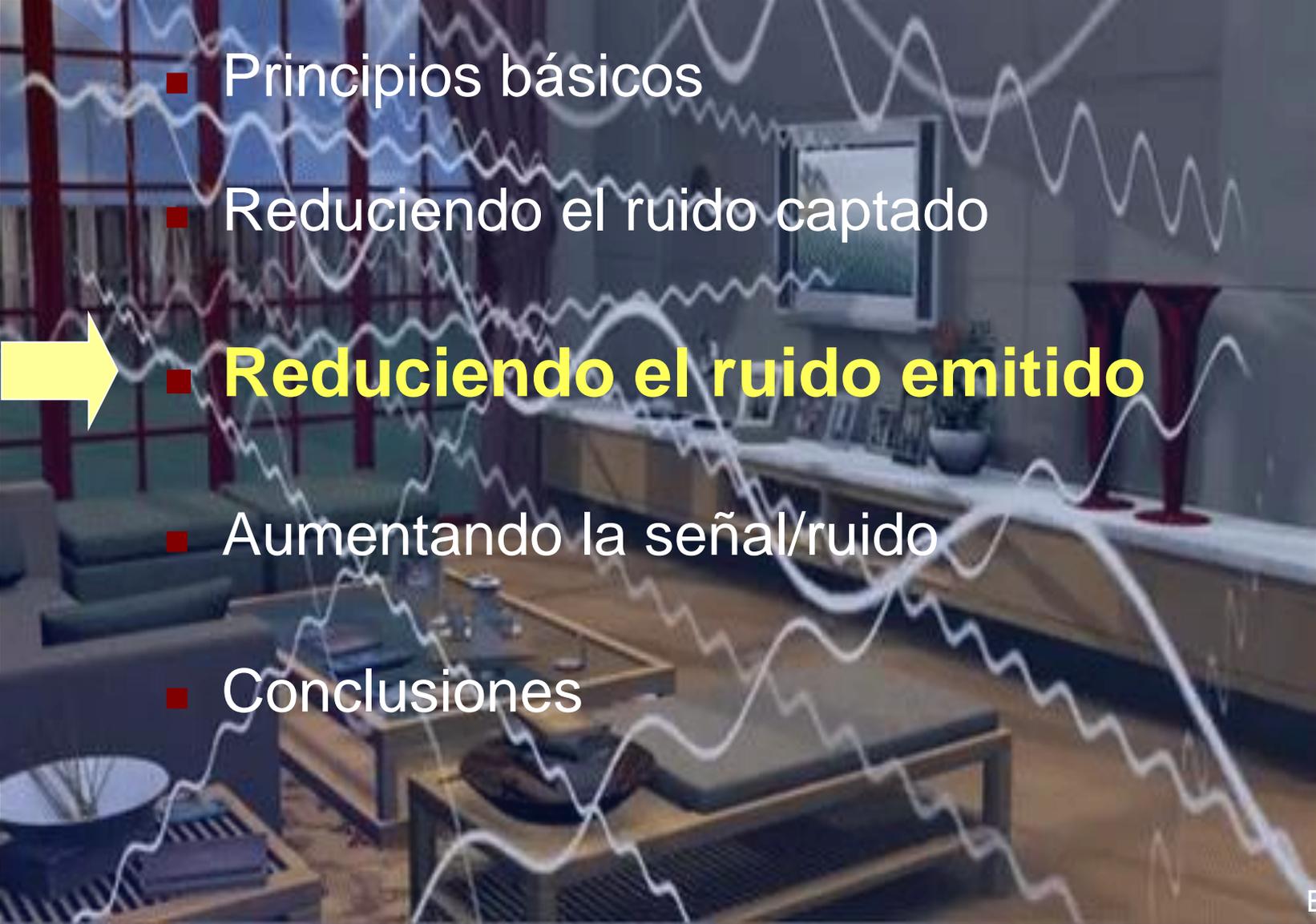
- ❑ La toma de tierra NO es un sumidero para la RF en el cuarto de radio
- ❑ Las tomas de tierra son esenciales como elemento de seguridad eléctrica y descargas atmosféricas ...
  - ❑ ... pero no existe el concepto de TIERRA de RF en el cuarto de radio
- ❑ El concepto TIERRA de RF aplica en antenas cuando queremos captar las corrientes de retorno (verticales, long-wire, etc), ...
  - ❑ ... corrientes que nunca queremos dentro del Shack
- ❑ Los cables de toma de tierra presentan Z a la RF y contribuyen a la captura de corrientes de RF

# Las tomas de tierra deben adaptarse para minimizar la captura de RF



- ✓ Evitar la formación de bucles de RF
- ✓ Conexiones lo más cortas posibles y juntas entre sí
- ✓ Choque de RF si la conexión de tierra es muy larga (solo si hay derivador anti-descargas atmosféricas)

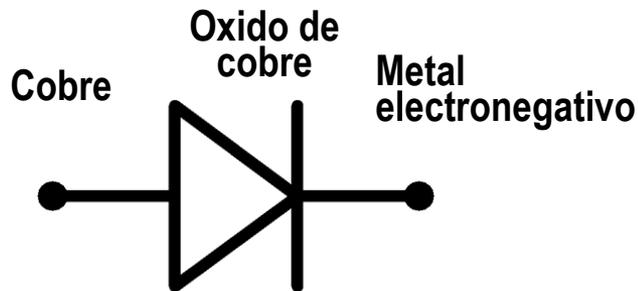
# Indice

- 
- Principios básicos
  - Reduciendo el ruido captado
  - **Reduciendo el ruido emitido**
  - Aumentando la señal/ruido
  - Conclusiones

# Empecemos siempre eliminando los generadores de ruido de nuestro *Shack*

- ❑ **Diodos de óxido en malas conexiones**
- ❑ **Equipamiento con pobre EMC**
- ❑ **Conectores y cables USB inadecuados**

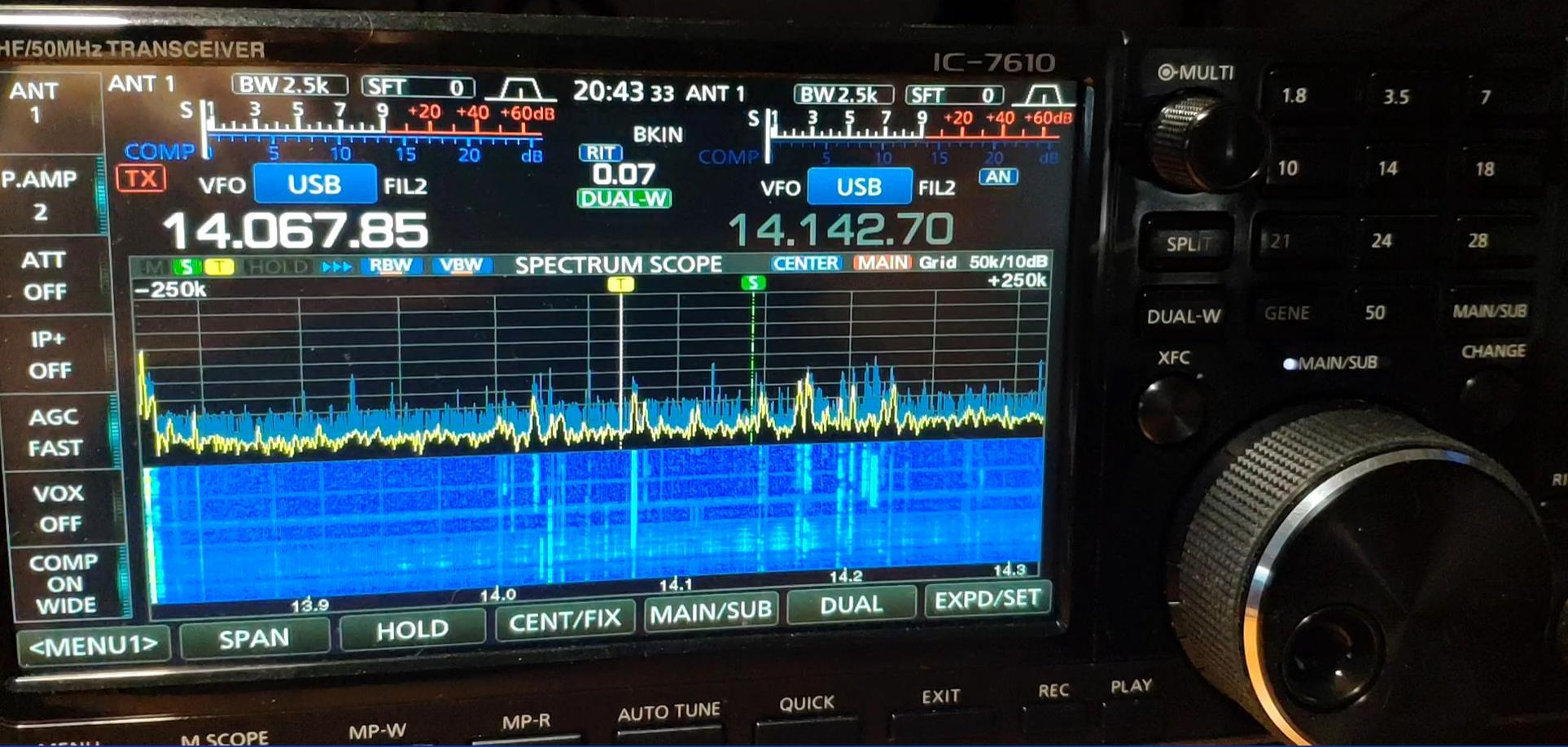
# Los diodos de óxido de cobre son una fuente habitual de ruido



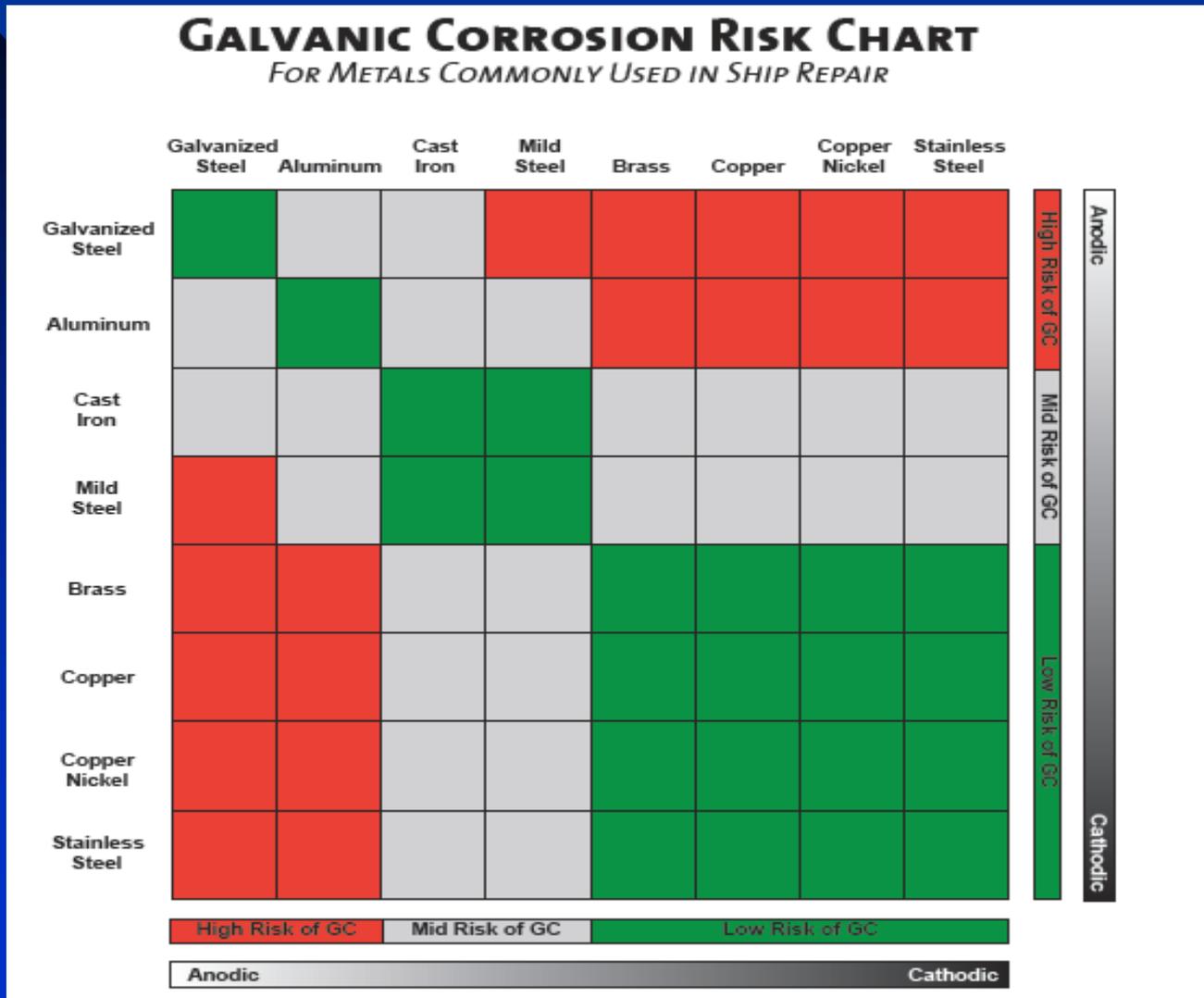
© www.petervis.com

- El cobre en contacto con metales y agua sufre corrosión galvánica
- El óxido de cobre forma un excelente diodo
- Este diodo en presencia de corrientes de RF actúa de mezclador generando armónicos
- Si nuestra antena está próxima a este diodo habrá interferencia segura
  - ¡¡¡ Y muy fuerte si el diodo de CuO se forma en nuestra línea de alimentación !!!

# Ruido creado por conexiones oxidadas, un ejemplo:



# Debemos buscar conexiones entre metales compatibles



# Sustituir todo equipamiento con probada capacidad de crear ruido



# Hay fuentes de alimentación tan ruidosas que incluso tienen un mando de sintonía...

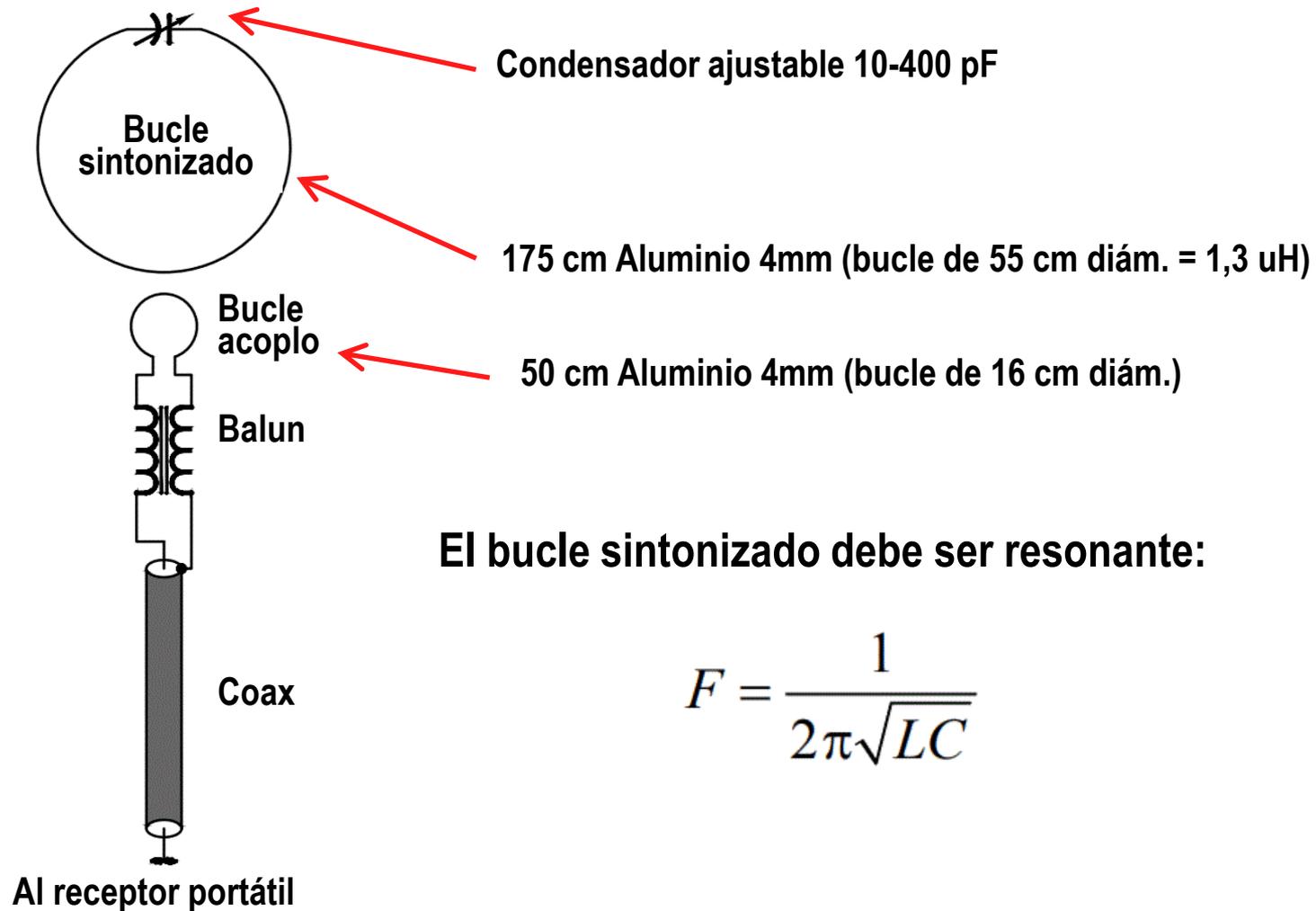
!!! ...para que te molesten en la frecuencia que tú quieras!!!



!!!NOISE OFFSET!!!



# Buscando interferencias en HF: antena portátil

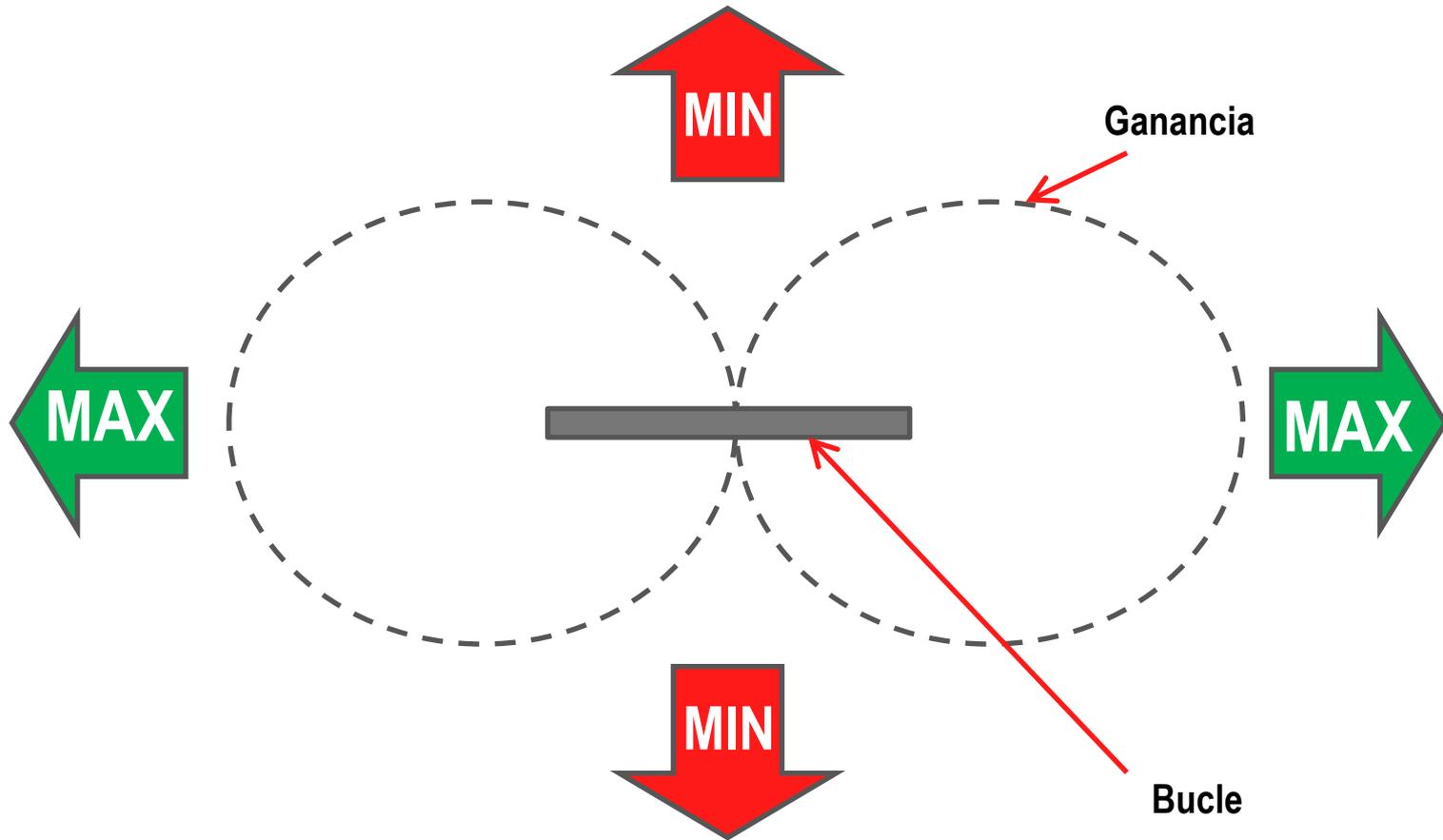


# El tamaño definitivo de la antena portátil no es crítico...



*... siempre que mantenga la resonancia en la frecuencia de trabajo*

# La antena portátil tiene un mínimo perpendicular al bucle



# Una vez localizado el dispositivo ruidoso y si no es posible su cambio:

**Choques en E/S**

- ✓ Evitar la radiación de corrientes MODO COMUN
- ✓ Choques en todas las entradas/salidas, incluida la alimentación



**Blindaje**

- ✓ Crear una JAULA DE FARADAY
- ✓ Conectar el blindaje a la masa de todas la entradas/salidas



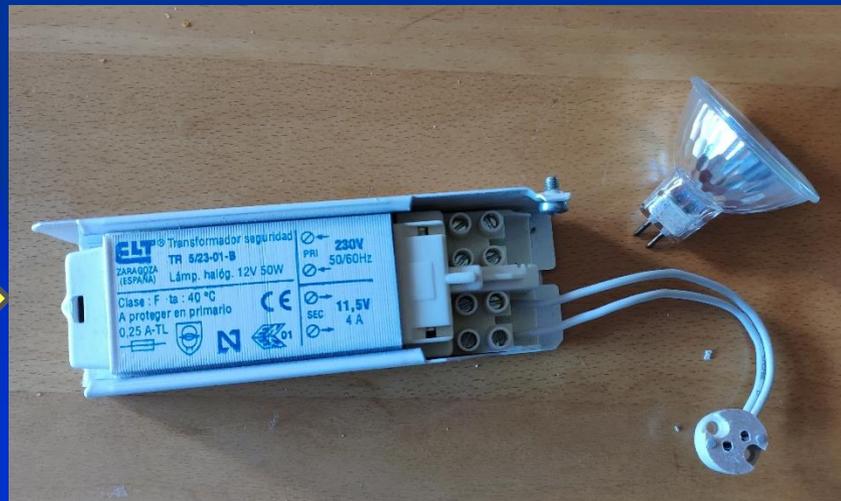
# Diodos LED: posibles soluciones

FILTROS DE RED



- ✓ Evitan que la línea de alimentación se convierta en ANTENA
- ✓ Debe situarse lo más próximo a la fuente conmutada o al LED

ALIMENTACION  
A 12 V



- ✓ LED tipo GU5.3
- ✓ Un trafo alimenta hasta 10 LEDs

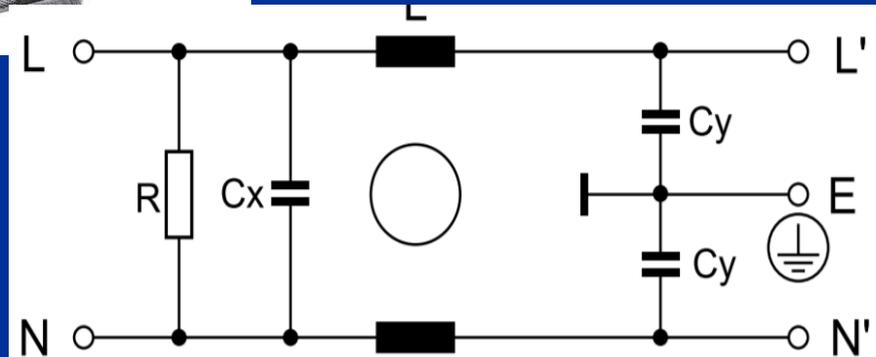
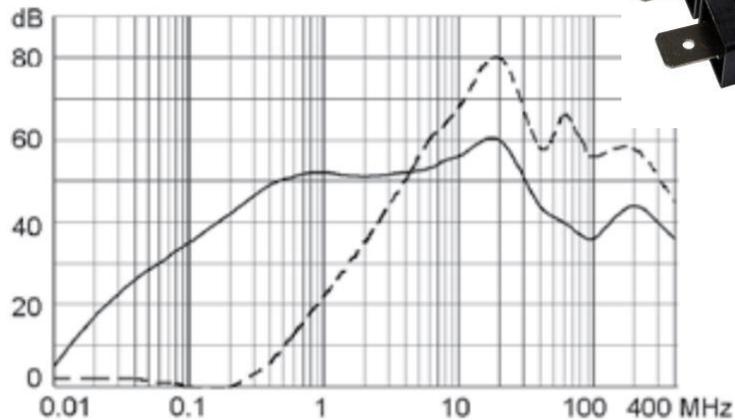
# Cables y puertos USB:

- Las cables USB son grandes generadores de ruido RF



- ✓ Emplear solo cables USB con malla coaxial de alta calidad
  - ✓ Hay enormes diferencias entre distintos cables
- ✓ La masa exterior del conector debe tener contacto directo con la masa del PC/dispositivo
- ✓ Colocar choques de RF en ambos extremos

# En un PC ruidoso instalaremos filtro de red en la entrada de su alimentación



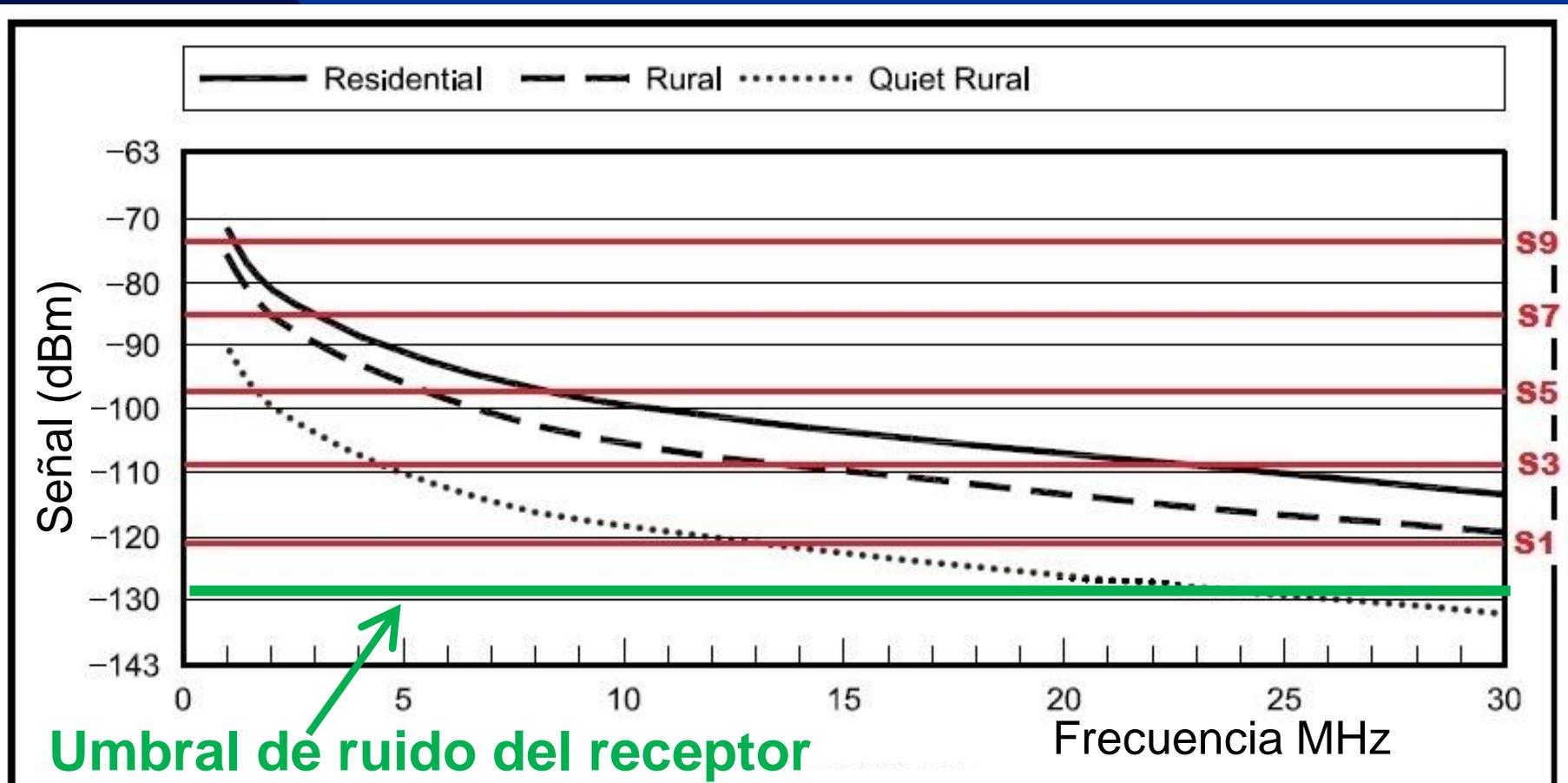
- ✓ Es una solución barata y extraordinariamente eficaz
- ✓ Emplear filtros de red únicamente de fabricantes reputados
- ✓ Instalar el filtro en el interior de la carcasa y conectado a su masa

# Indice

- Principios básicos
- Reduciendo el ruido captado
- Reduciendo el ruido en origen
- ➔ ■ **Aumentando la señal/ruido**
- Conclusiones

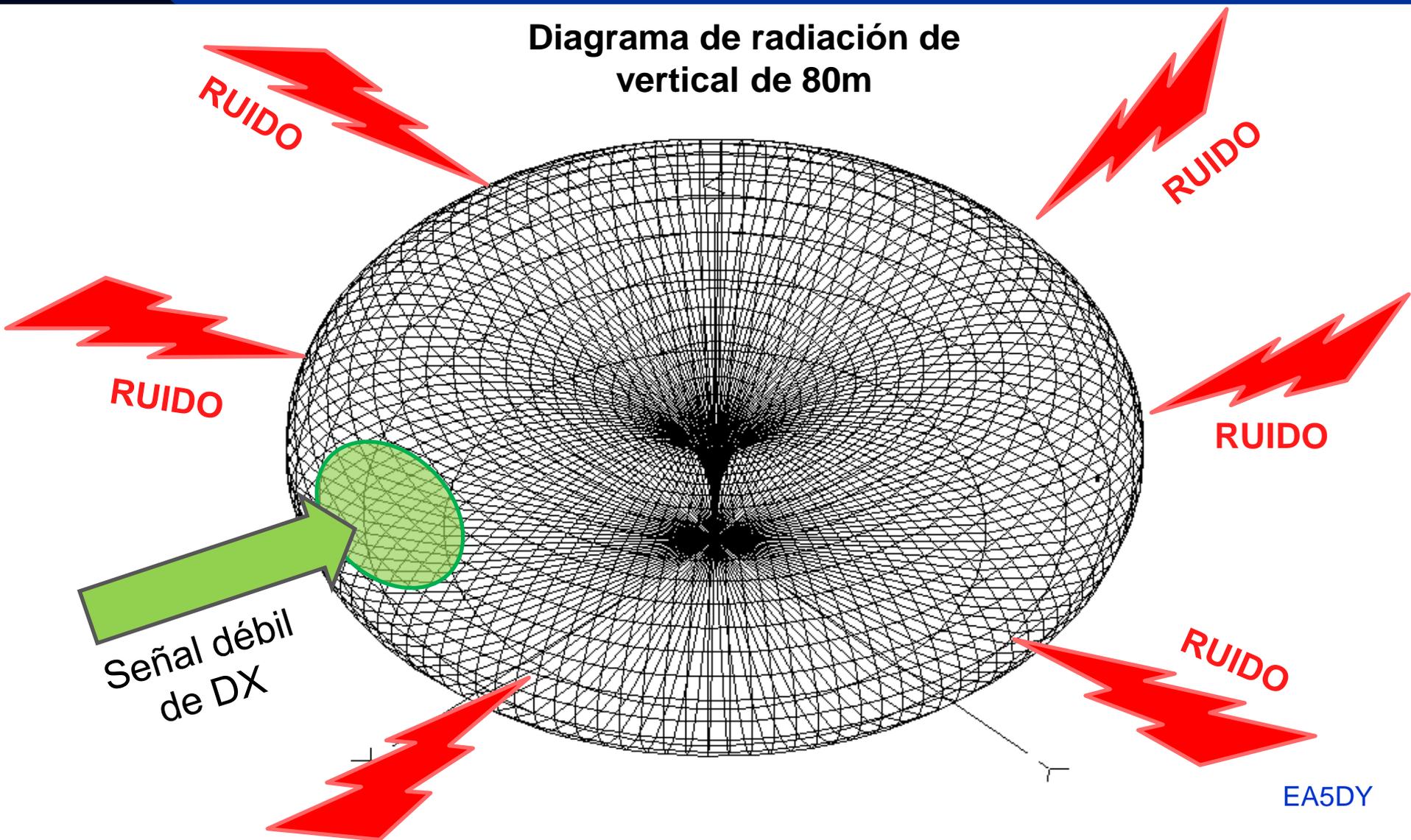
# En HF el ruido artificial es mayor que el umbral de ruido del receptor

Ruido de origen humano frente a frecuencia en diferentes entornos para 500 Hz de ancho de banda (Rec ITU P372.7)



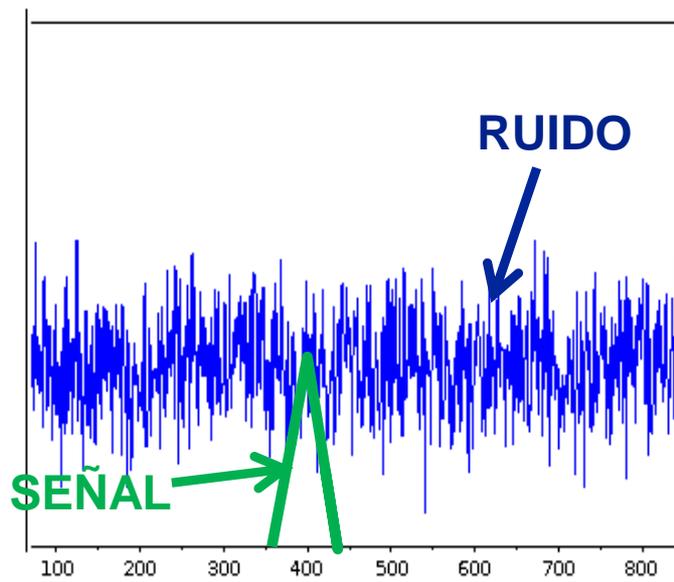
# A la señal recibida se suma el ruido externo de todas direcciones

Diagrama de radiación de vertical de 80m

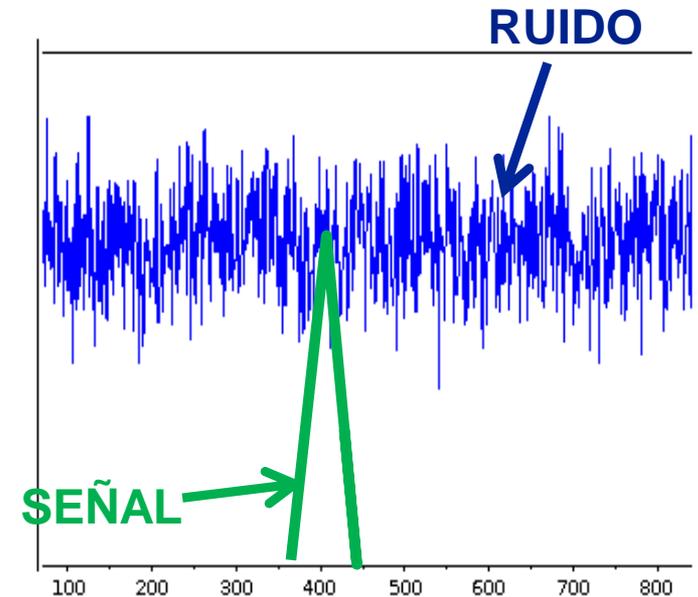
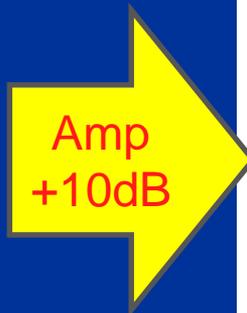


# Amplificar las señales débiles NO es una solución

Amplificar la señal recibida 10 dB implica aumentar tanto el ruido como la propia señal (más el ruido interno del amplificador)



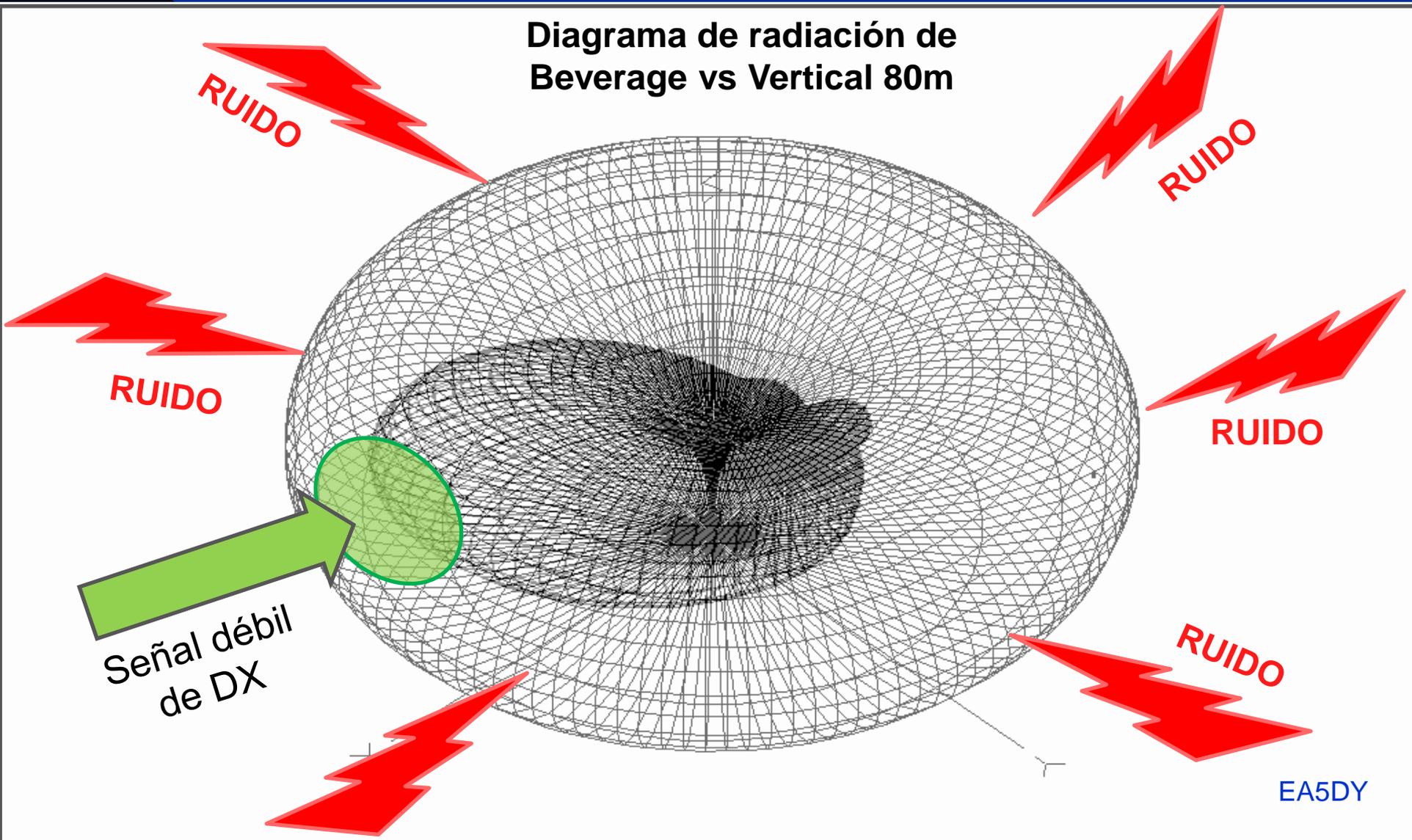
**S/N = 0 dB**



**S/N = 0 dB (o peor)**

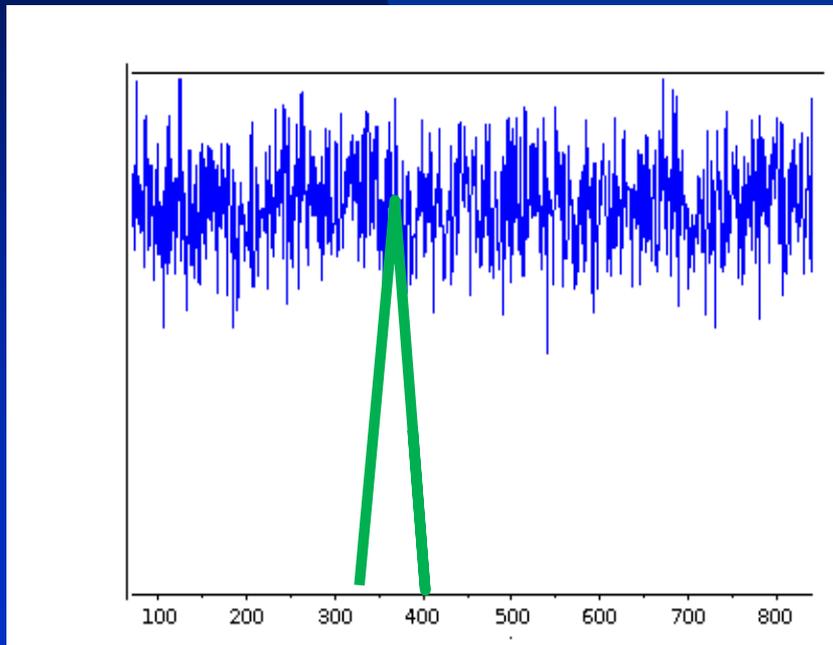
# Para eliminar ruido hay que reducir la ganancia en las direcciones que no son de interés

Diagrama de radiación de Beverage vs Vertical 80m

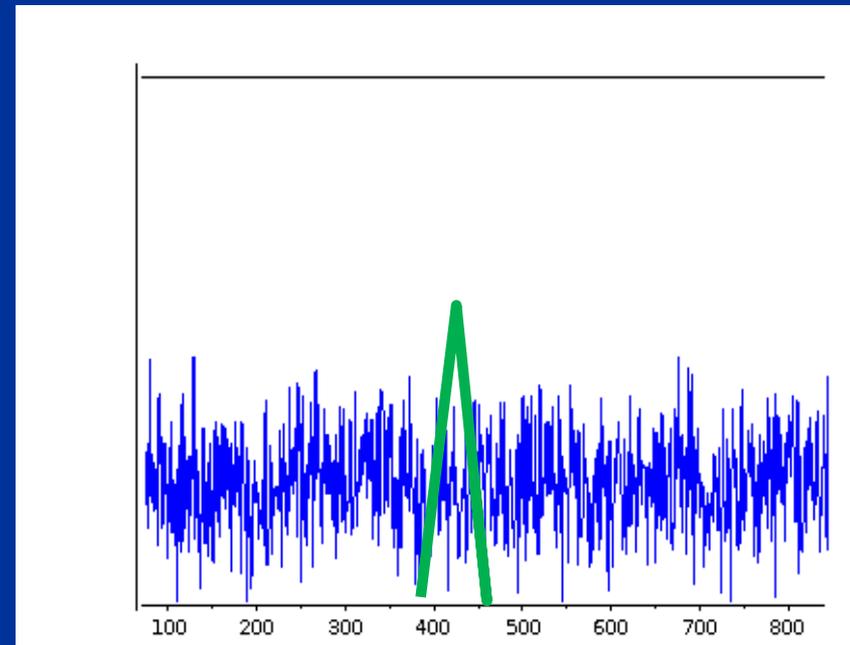


# Con la antena de RX la señal neta es más débil pero mejora la relación Señal/Ruido

El objetivo de una antena de RX es mejorar la relación S/N



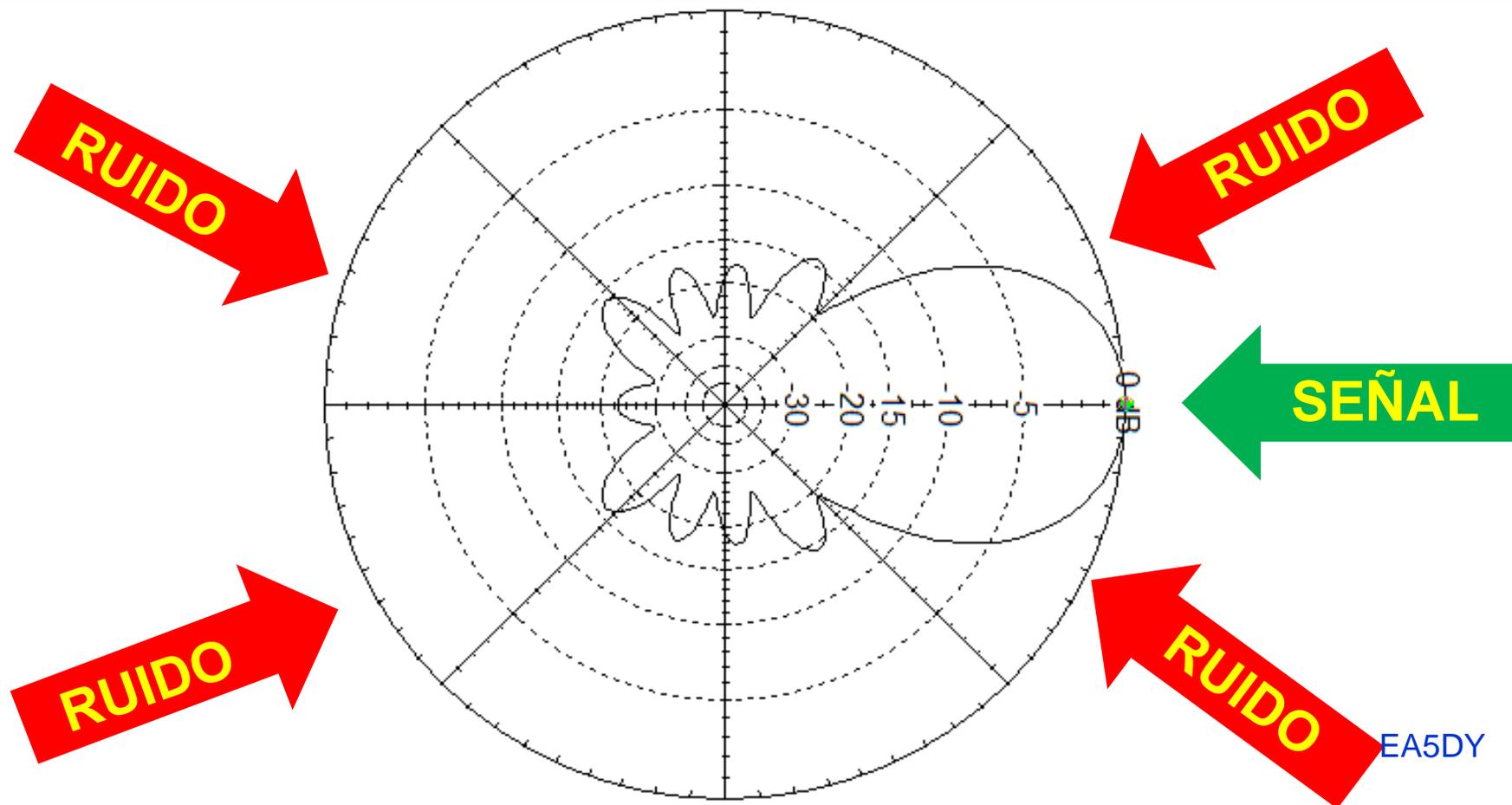
Recepción con vertical  
S/N = 0 dB



Recepción con Beverage  
S/N = 14 dB EA5DY

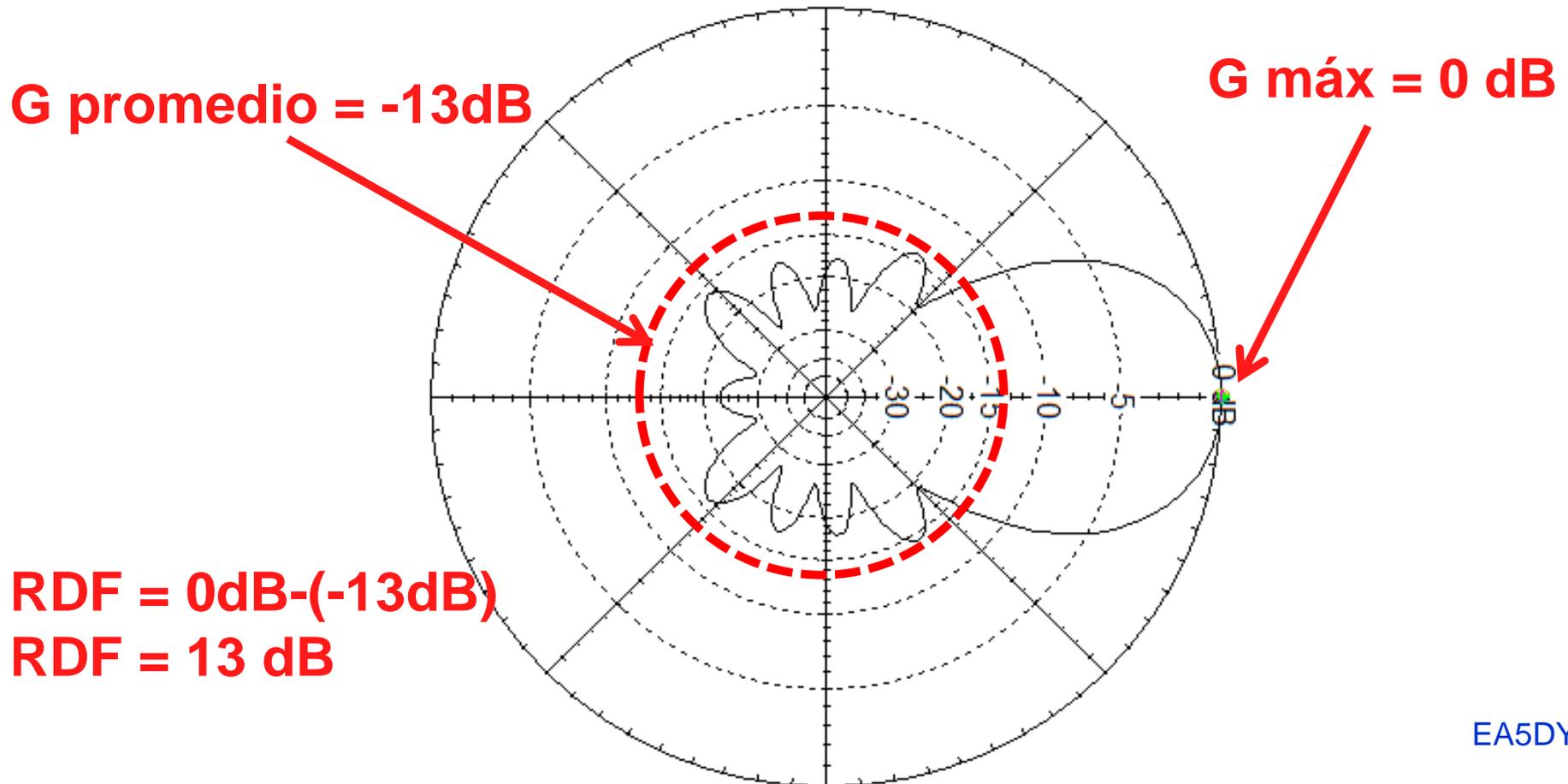
# La calidad de una antena de RX se suele medir con el factor RDF

RDF es la diferencia entre la ganancia máxima en una dirección y la ganancia promedio en todas direcciones



# El RDF es la capacidad de privilegiar una dirección respecto al promedio de todas las demás direcciones

- A mayor RDF, mayor capacidad de mejorar la S/N
- Buscamos altos RDF aunque sea a costa de obtener señales más débiles que con la antena de TX



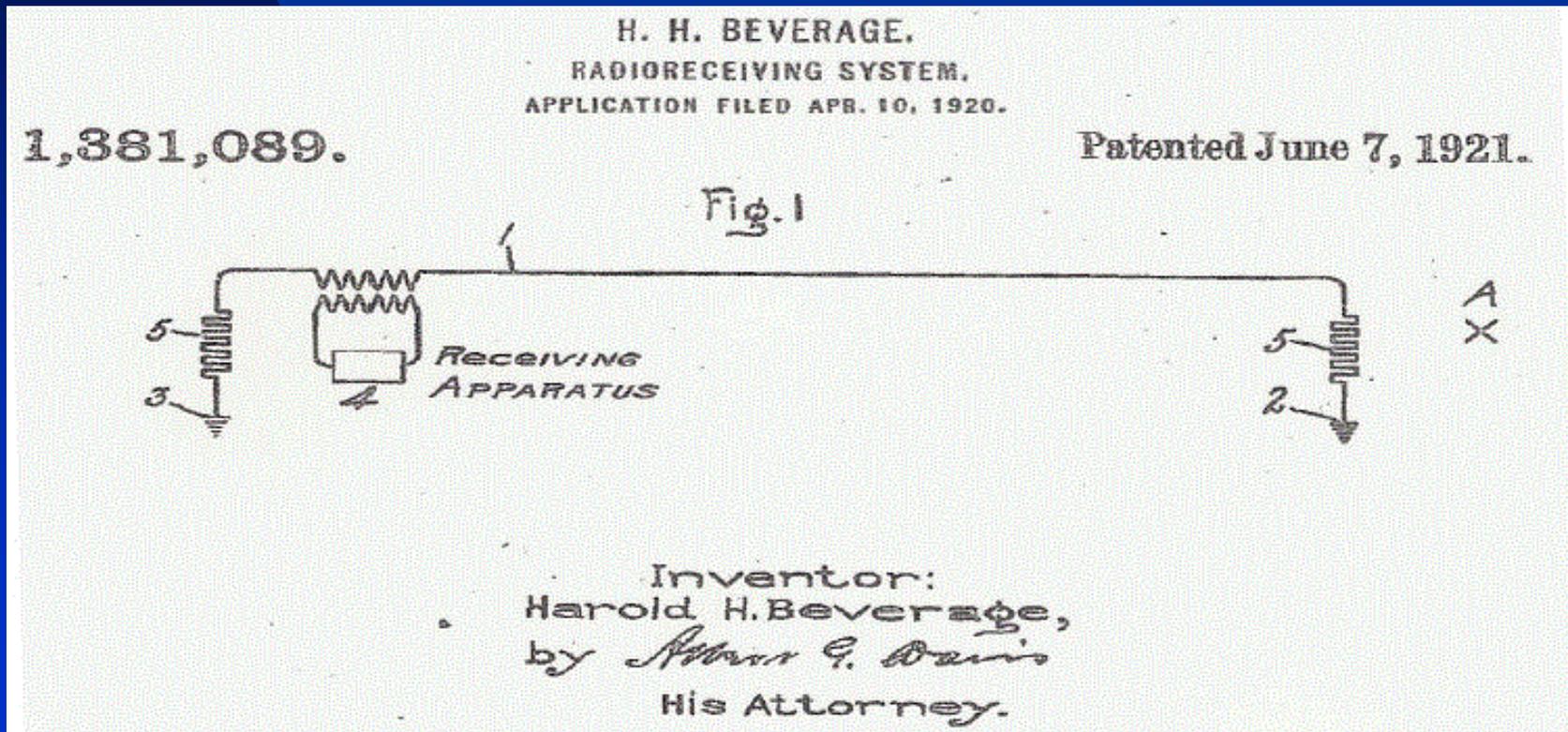
# Factor de mérito RDF de las antenas de RX más populares

La ganancia en RX no es relevante; lo importante es mejorar la relación S/N

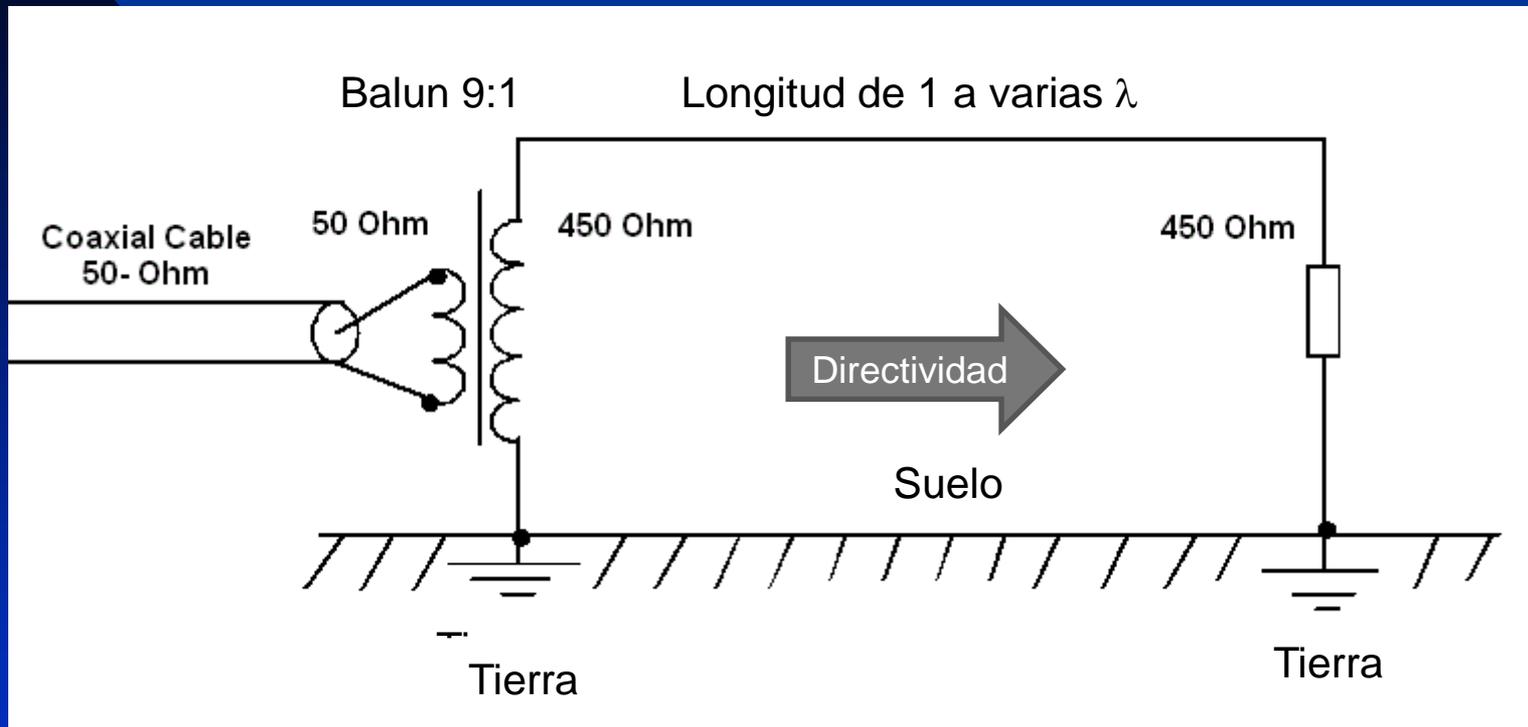
	RDF	Ganancia
Antena de aro 5 metros	5,0 dB	-16 dB
Bucle K9AY	7,5 dB	-24 dB
EWE 5x12 metros	7,7 dB	-20 dB
SAL 30 (10x10 metros)	9,7 dB	-24 dB
HiZ de 8 elementos en círculo de 65 metros	13,4 dB	-19 dB
Beverage de 300 metros	12,3 dB	-10 dB
Beverage de 450 metros	14,7 dB	-6 dB

# Antenas Beverage

Con casi 100 años siguen siendo las antenas de recepción de más prestaciones, más simples y más fiables



# Una *Beverage* es una línea de transmisión con carga final



- Longitud de 1 a 3 longitudes de onda (a partir de  $3 \lambda$  pierde prestaciones)
- Funciona en 160, 80, 60 y 40 metros. No requiere ser sintonizada
- Altura de 1 a 4 metros con buenas prestaciones (sólo afecta a la Z de la línea)

# Antenas *Beverage* de 450 m en ED5M

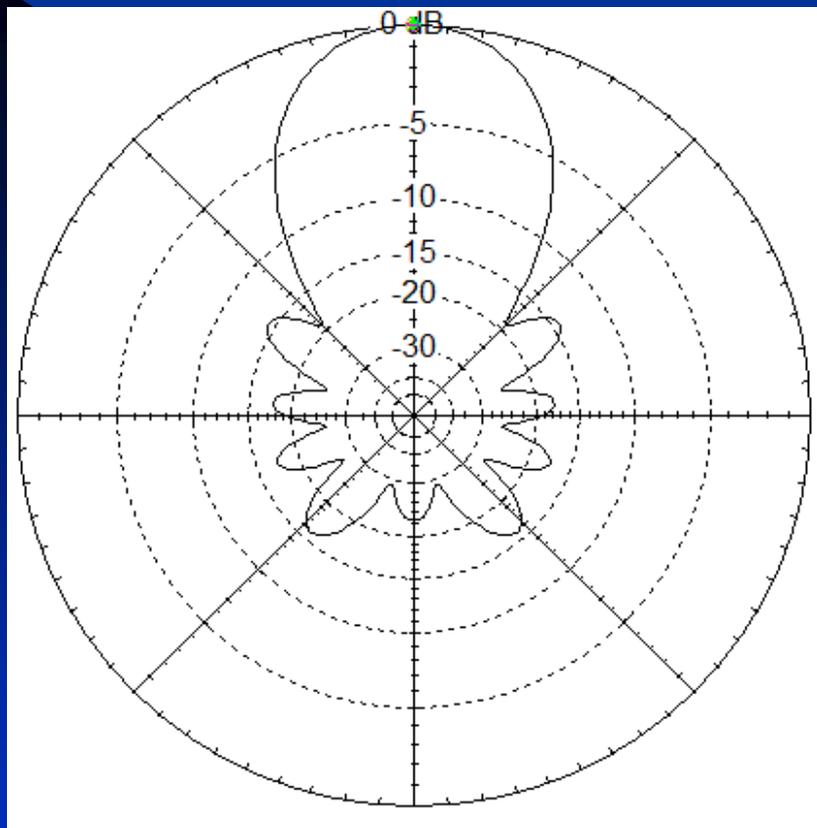
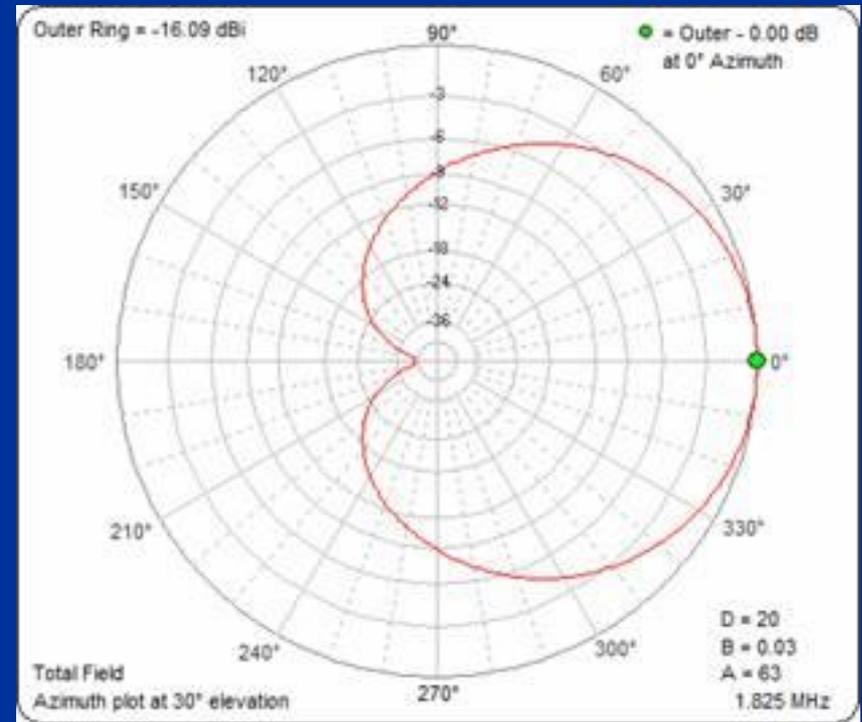


Diagrama de recepción a 21° de elevación  
= yagi de 6 elem. espaciado largo

EA5GVZ desplegando la  
Mochila-Beverage de 450 m

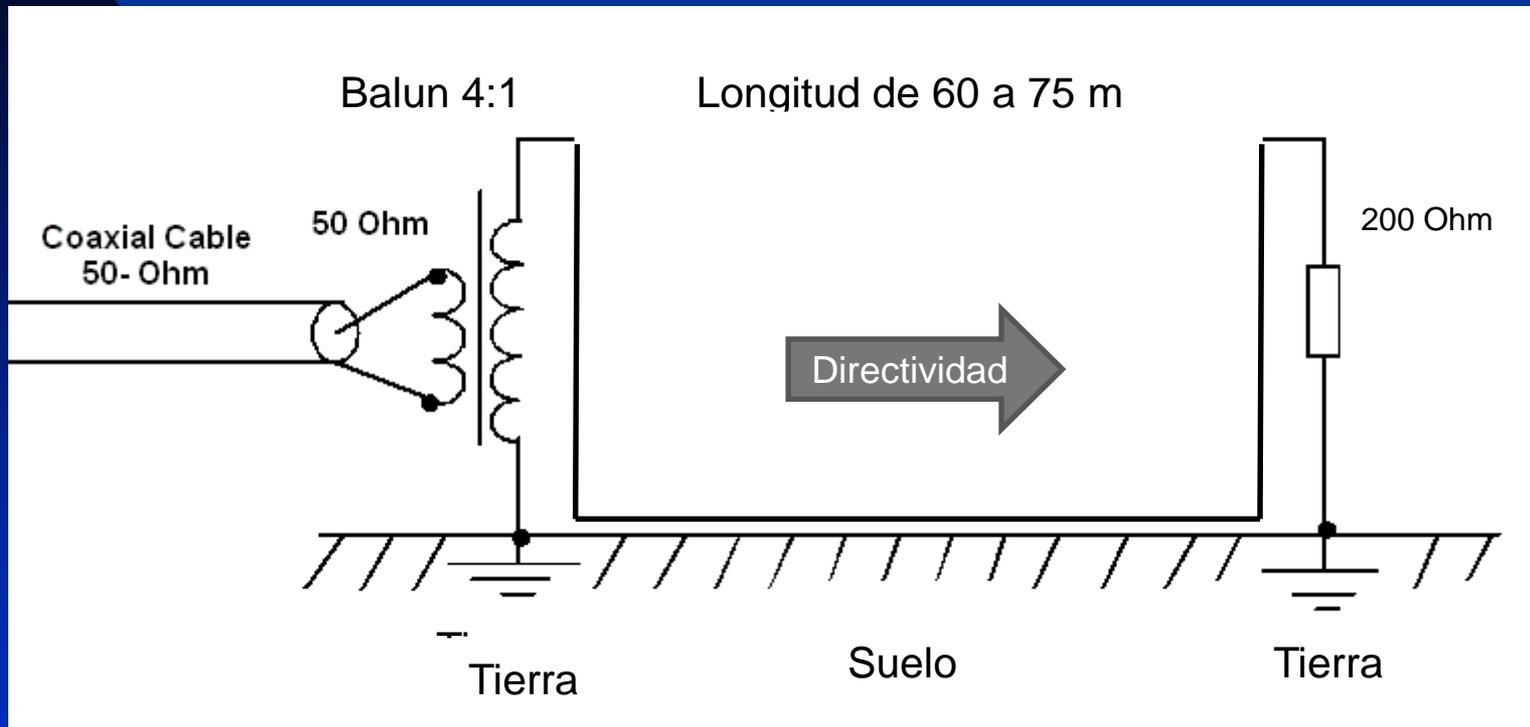
**CUBRIR TODOS LOS RUMBOS REQUIERE 20 HECTÁREAS (200.000 m<sup>2</sup>)**

# BOG, *Beverage On the Ground*: la Beverage de los pobres



- Un tramo de hilo de 60 a 75 m tendido sobre el suelo y con R terminal de 200 ohms
- A diferencia de las *Beverage*, las BOG son antenas sintonizadas y **SOLO FUNCIONAN EN 160M**

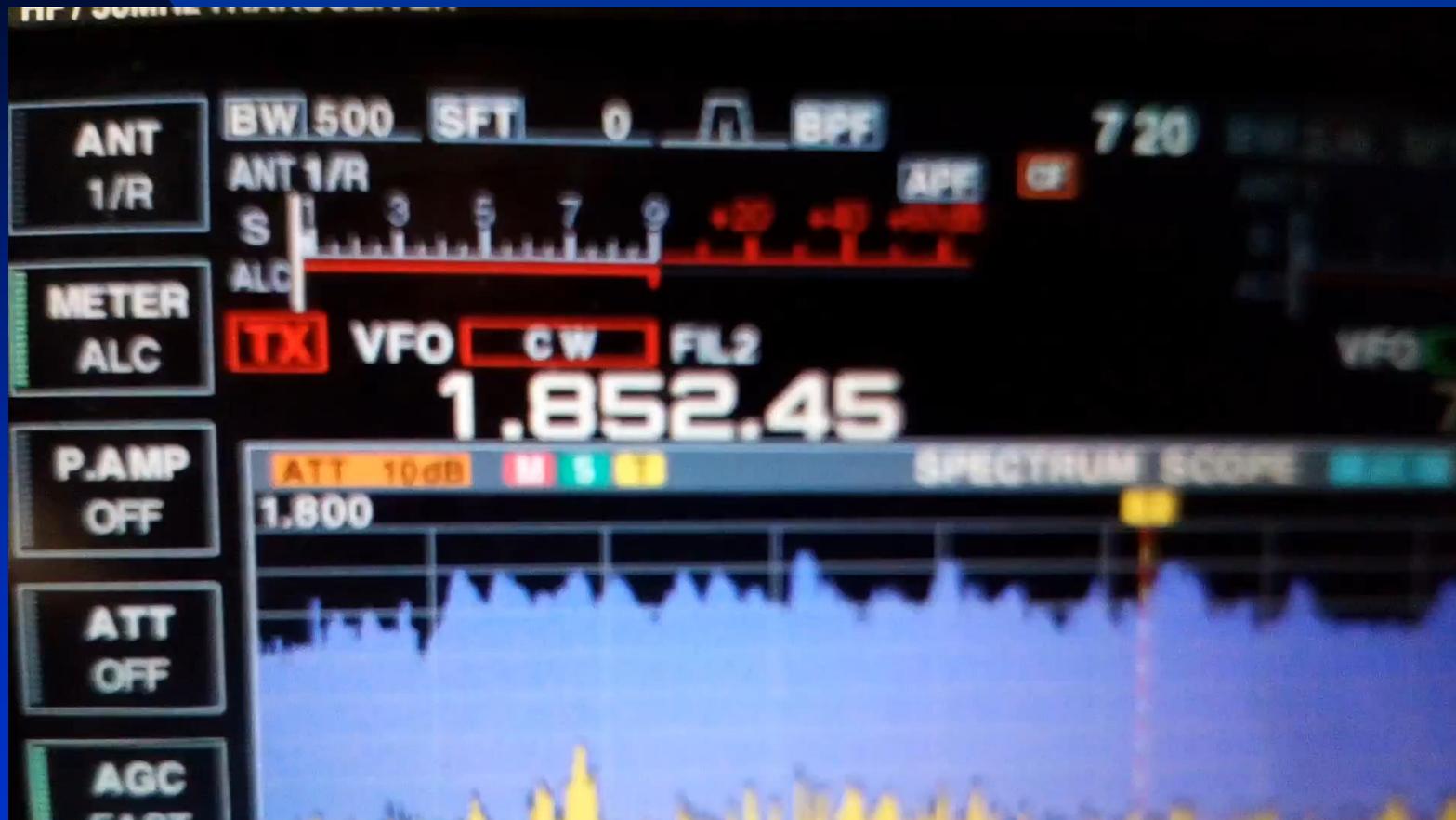
# BOG: Beverage On the Ground



- Longitud limitada a 75 metros, más larga no funciona
- Resistencia terminal de 200 Ohms y alimentación con balun 4:1
- A diferencia de la *Beverage*, la BOG solo funciona en 160m

# Ejemplos de recepción con BOG

CQWW 160m Contest CW 2018 desde EA5DY/4

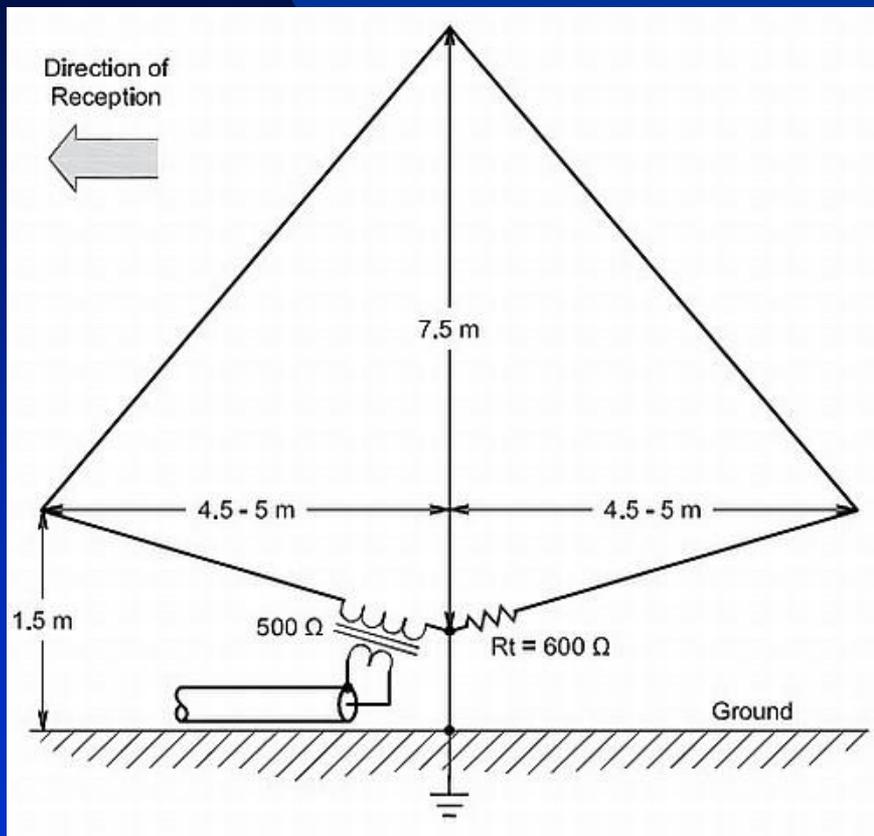


ZF9CW en 160m 28 ene 2018

EA5DY

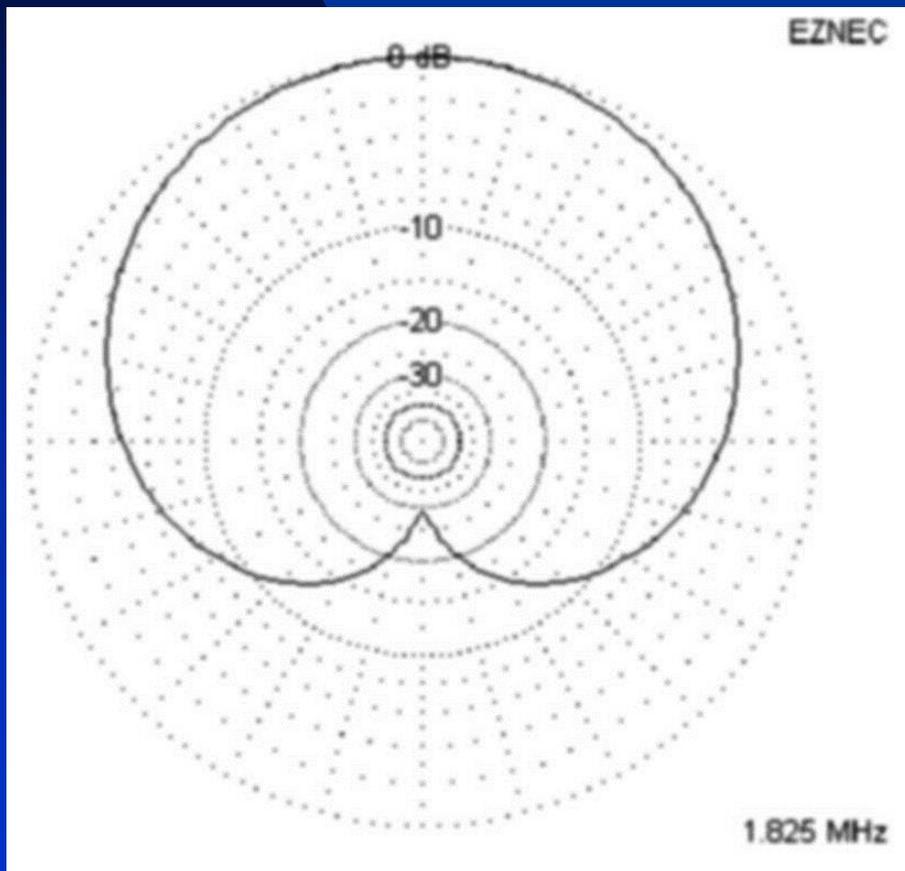
# Bucle K9AY

Antena direccional de SOLO recepción para bandas bajas



- ❑ Desarrollada por K9AY a finales de los 90
- ❑ Pequeño tamaño
- ❑ Precisa preamplificador
- ❑ Presenta un gran nulo en una dirección
- ❑ Necesita tener un buen suelo

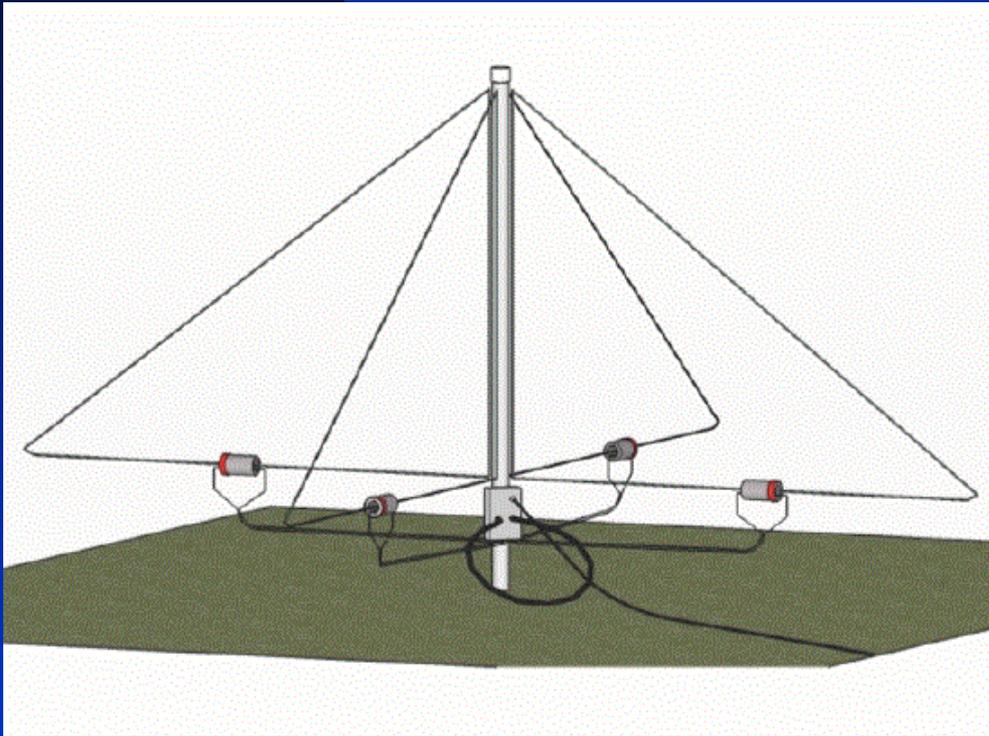
# Bucle K9AY: elimina el ruido de una sola dirección



- ❑ **Ganancia muy negativa: -24 dB**
- ❑ **Precisa preamplificador**
- ❑ **Factor de mérito RDF= 7,5dB**
- ❑ **Necesita tener un buen suelo**

# SAL: *Shared Apex Loop* o Bucle de Vértices Compartidos

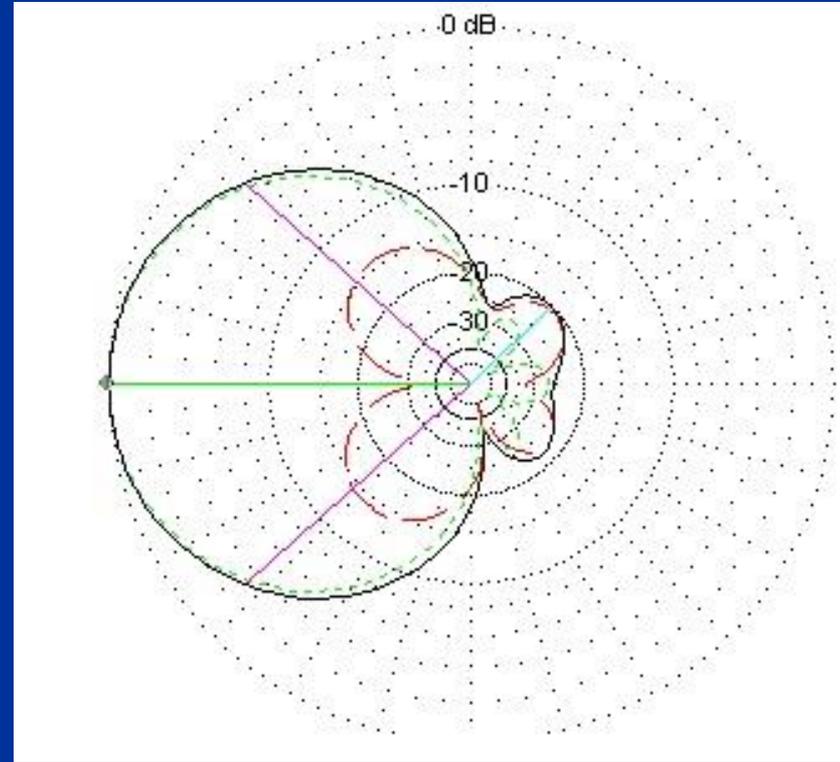
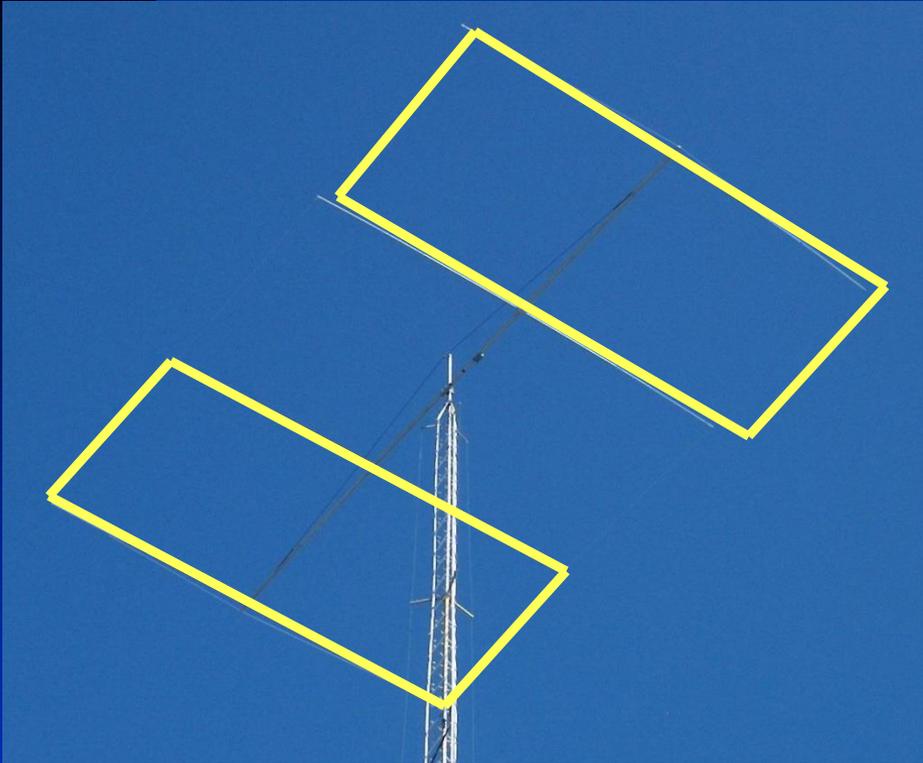
Antena direccional de SOLO recepción para bandas bajas



- ❑ Patentada en 2012 por Mark KB7GF
- ❑ Pequeño tamaño (10x10m)
- ❑ Excelente F/B
- ❑ Selecciona 8 rumbos
- ❑ Ajuste muy sencillo

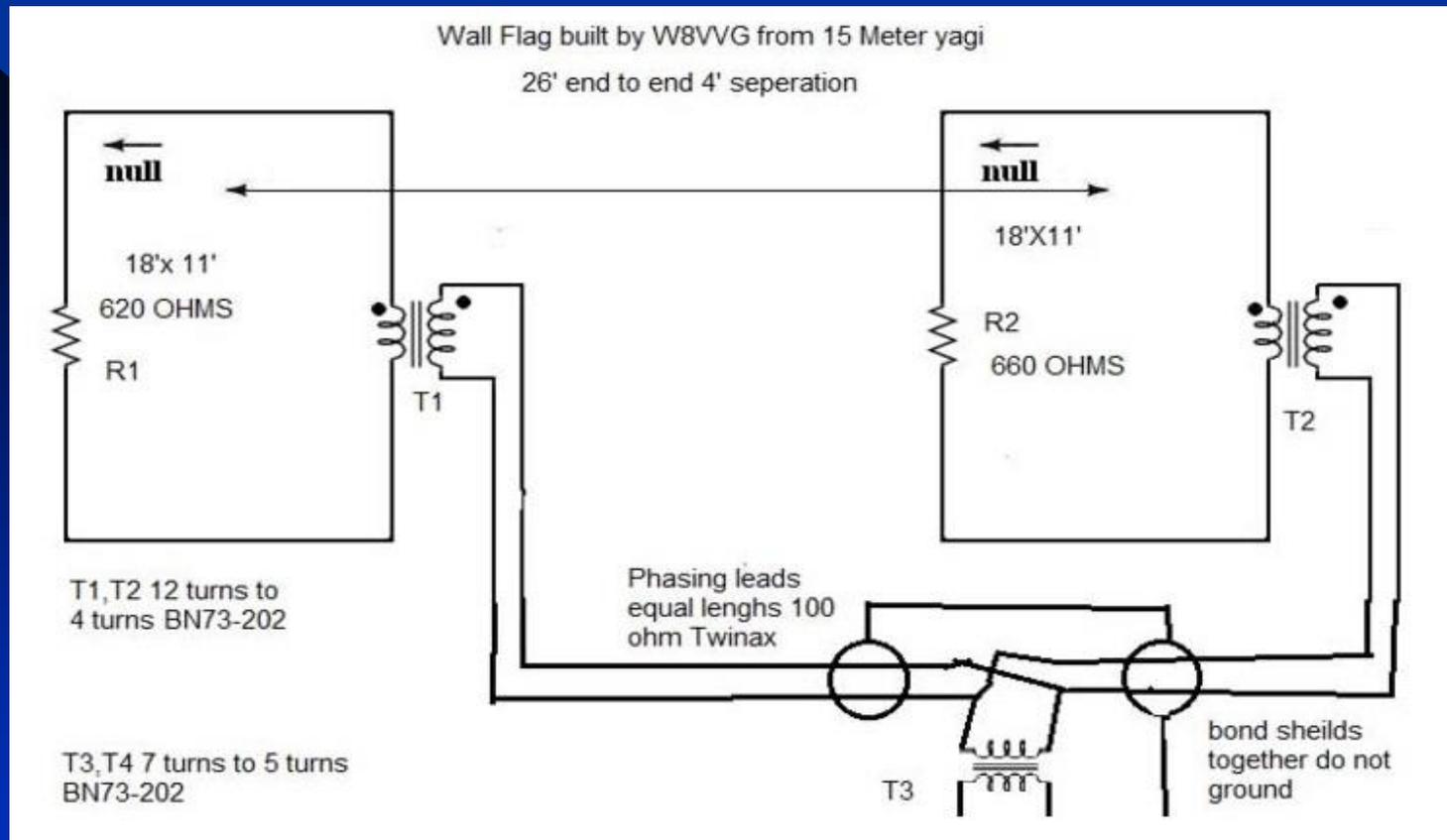


# HWF: *Horizontal Waller Flag*



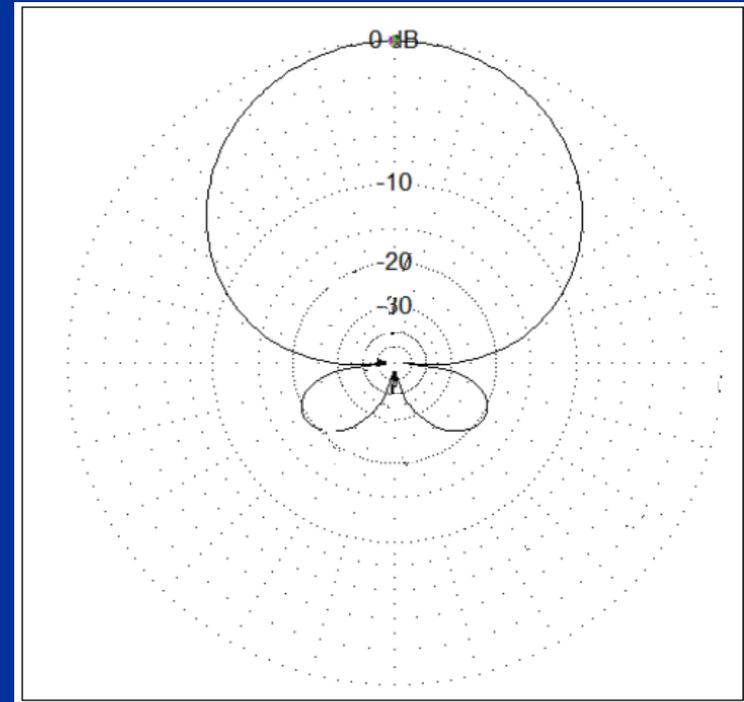
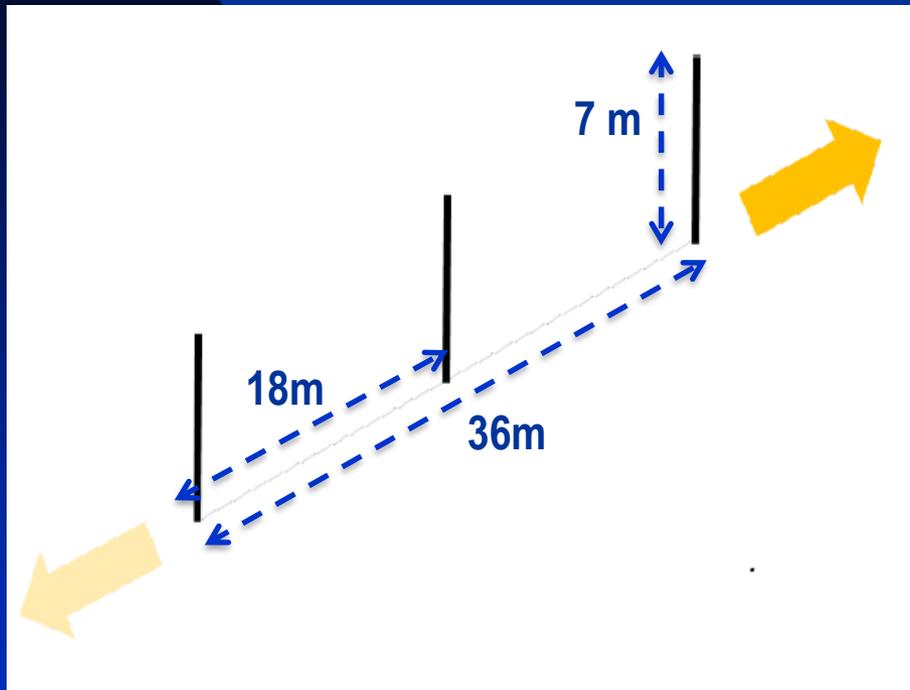
- 12 m de boom y elementos de 8 m
- Giratoria en torre + rotor
- RDF =11 dB

# HWF: Horizontal Waller Flag



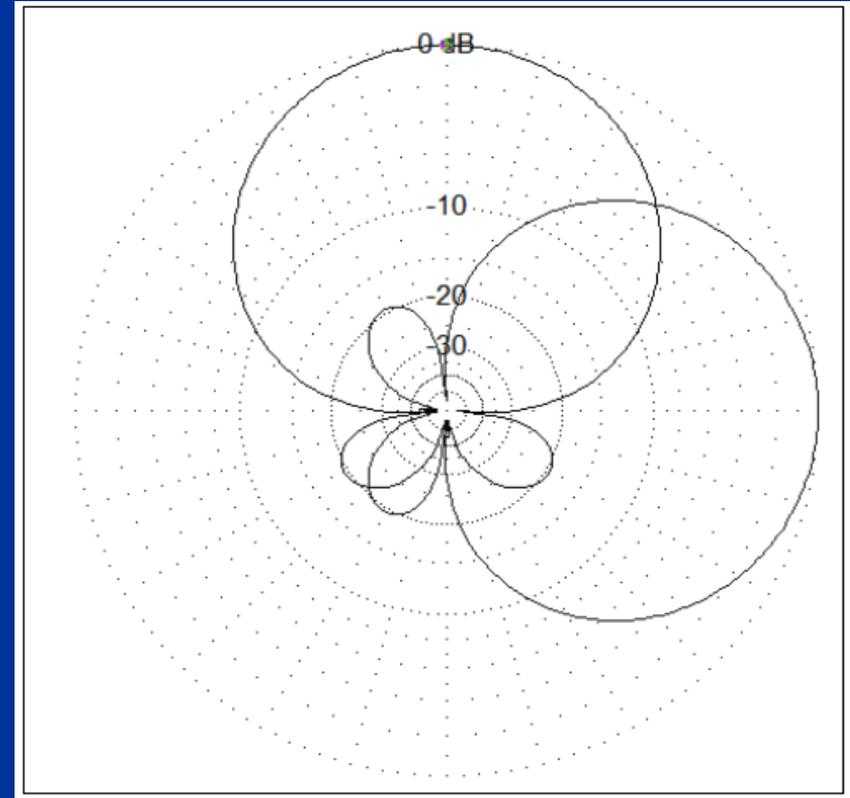
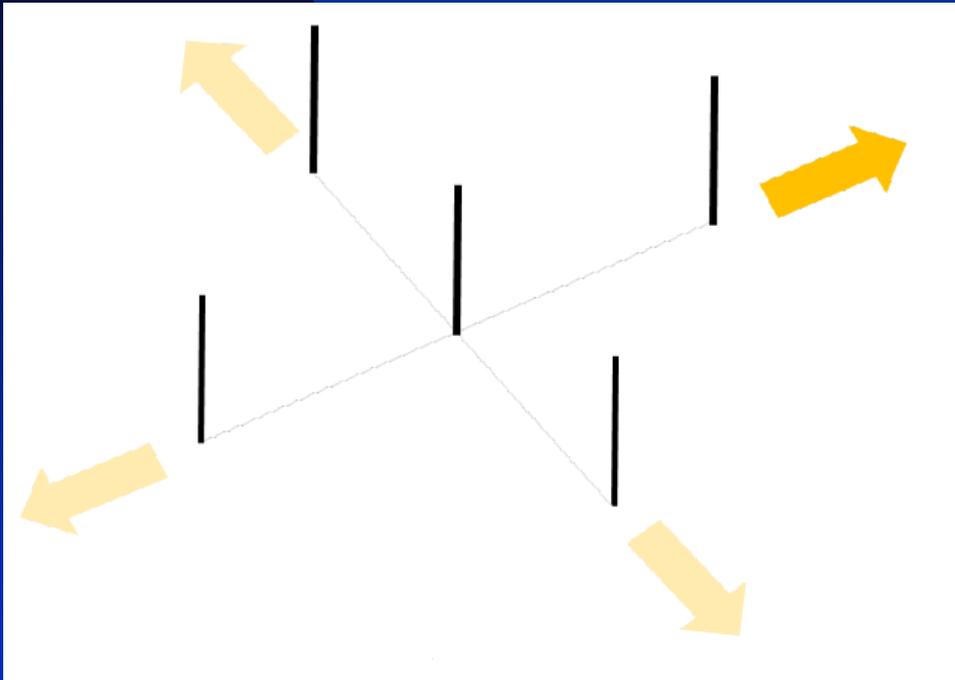
- ❑ Consiste en 2 bucles enfasados en *end-fire*
- ❑ No es sintonizada: funciona en 160 y 80 metros
- ❑ Muy baja ganancia: precisa preamplificador
- ❑ Existen versiones en vertical o incluso abatible horizontal-vertical

# Array de tres verticales cortas enfasadas del Yankee Clipper Contest Club



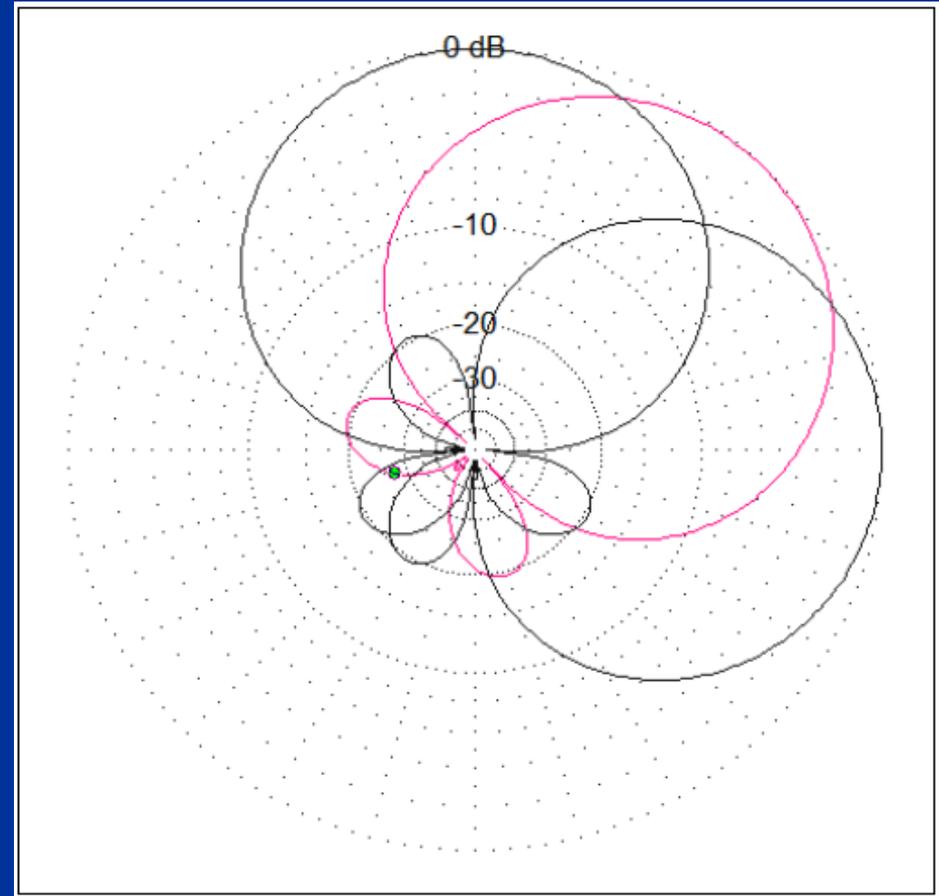
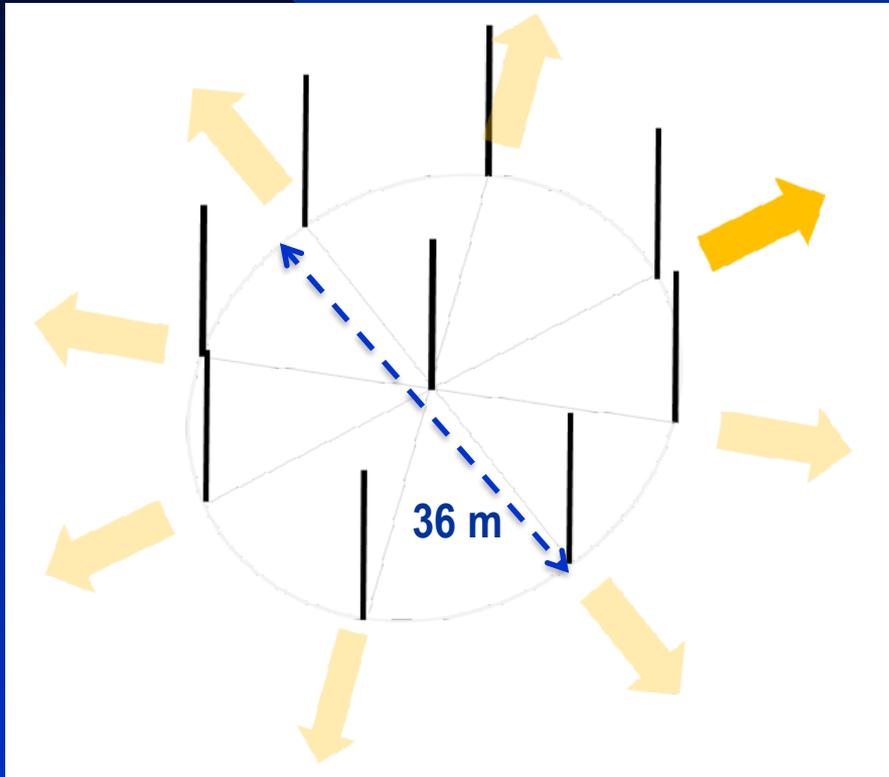
- ❑ Verticales de 7m sin plano de tierra y no sintonizadas
- ❑ Enfasadas mediante un combinador
- ❑ RDF = 12 dB

# YCCC: Con 5 verticales se cubren 4 rumbos



- Con un combinador se conmutan las tres verticales adecuadas para cada rumbo

# YCCC: Con 9 verticales se cubren 8 rumbos



- Con un combinador se conmutan las tres verticales adecuadas para cada rumbo



# BSEF: *Broad Side End-Fire* con 8 verticales cortas enfasadas

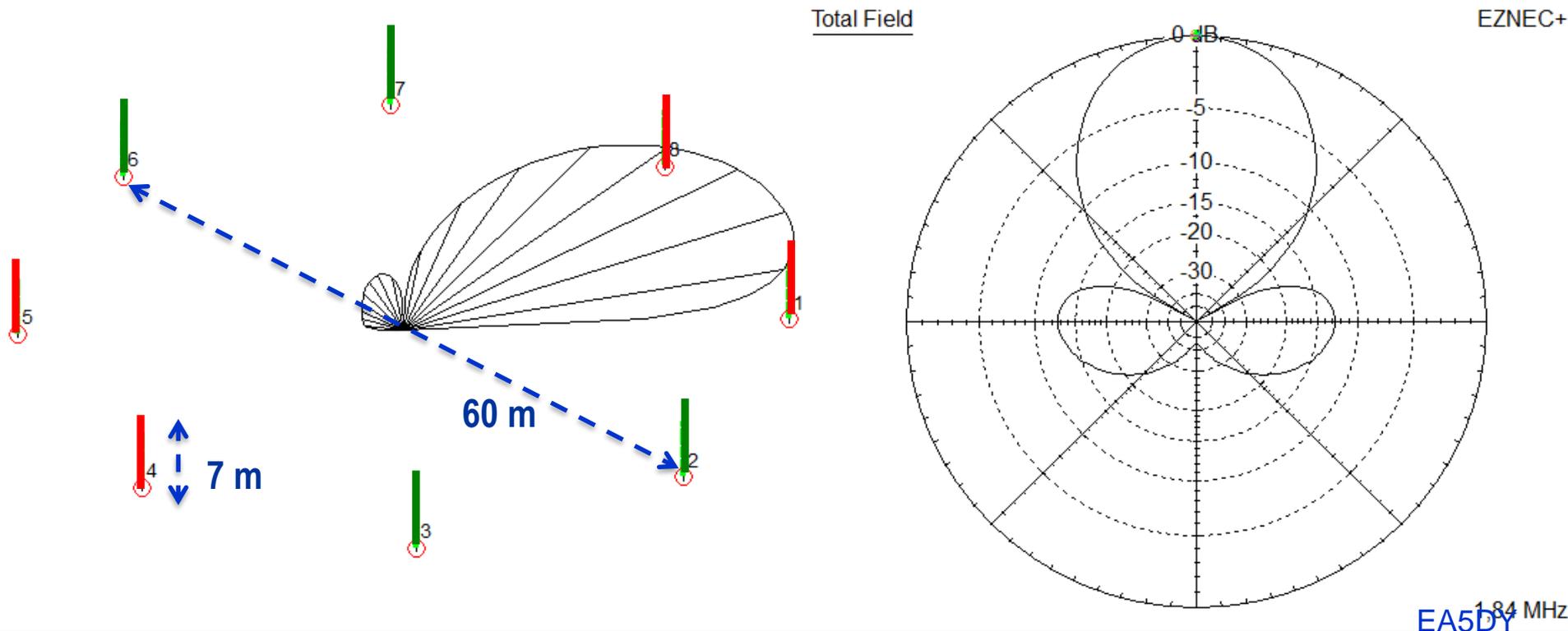
- ❑ RDF = 13,4 dB
- ❑ Superficie ocupada de 3200 m<sup>2</sup>
- ❑ Círculo de 65 m diámetro con 8 verticales de 7 m
- ❑ Ancho del lóbulo -3dB de 50° (equiv. a yagi de 5 el)

W3LPL

EA5DY

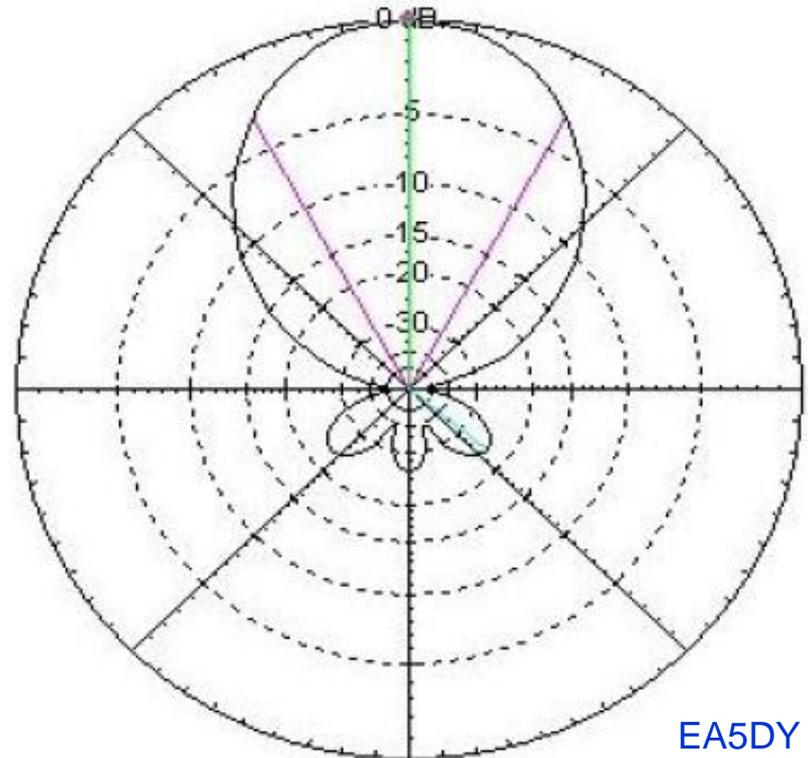
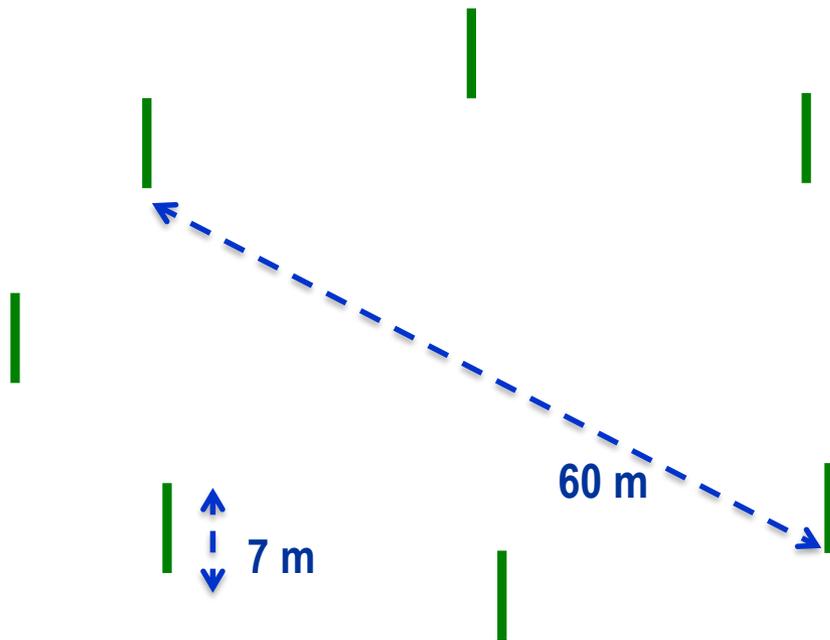
# BSEF: Broad Side End-Fire con 8 verticales cortas enfasadas

- 50° de ancho del lóbulo para -3dB
- En cada rumbo funcionan 2 pares de verticales en configuración *end-fire*



# HiZ-8: Array de 8 verticales cortas enfasadas

- 56° de ancho del lóbulo para -3dB. RDF=13,4 dB
- 8 verticales de 7m dispuestas en un círculo de 60m de diámetro



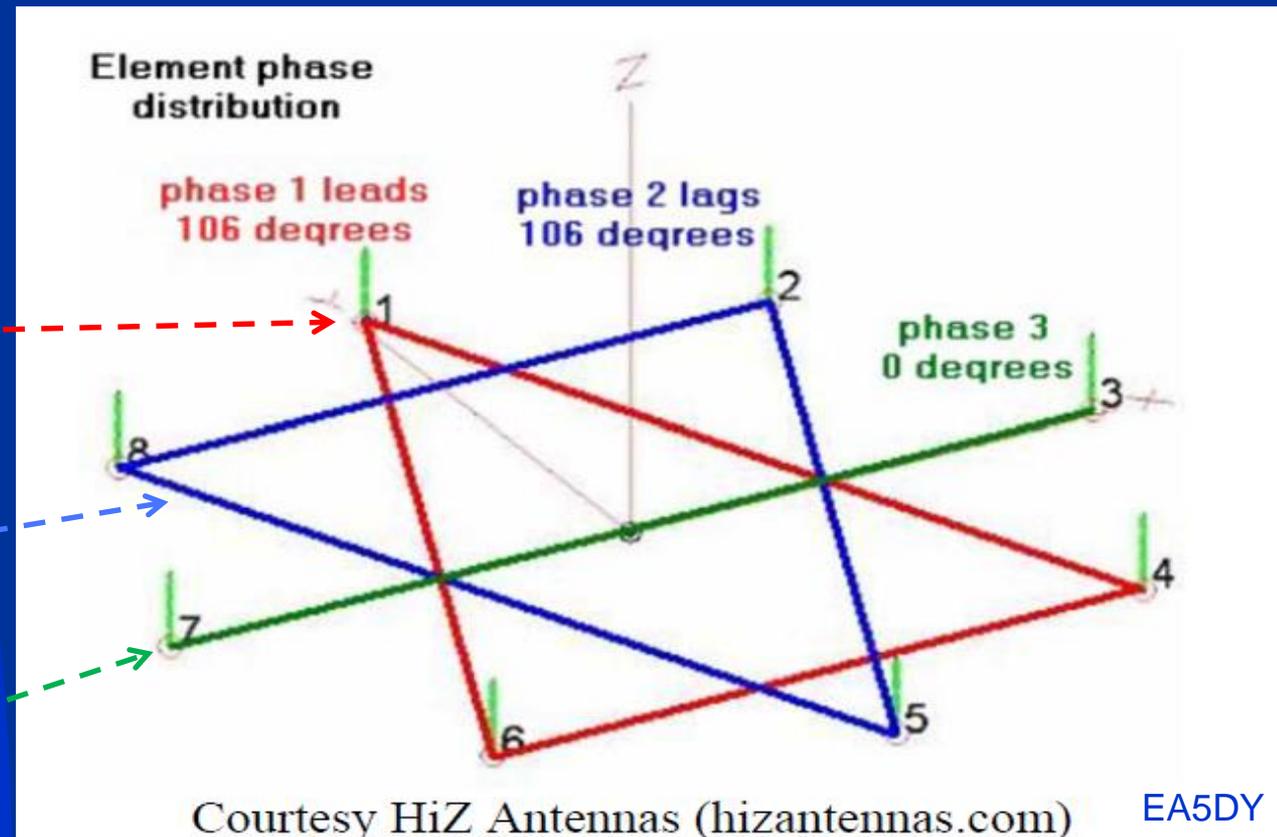
# HiZ-8: Array de 8 verticales cortas enfasadas

- Los rumbos se seleccionan aplicando retardos de fase diferentes a tres grupos de tres antenas

Fase 1 = +106 grados

Fase 2 = -106 grados

Fase 3 = 0 grados



# Indice

- Principios básicos
- Reduciendo el ruido captado
- Reduciendo el ruido en origen
- Aumentando la señal/ruido
- **Conclusiones**



# Conclusiones ( I )

- ❑ **El ruido artificial es hoy día el mayor problema para hacer DX en HF**
  - ❑ **Y es además un problema creciente**
- ❑ **El control de las corrientes en MODO COMUN es la clave para encontrar las soluciones**
- ❑ **Los choques de ferrita convenientemente ubicados son una gran herramienta para el control del ruido**

# Conclusiones ( II )

- **Debemos actuar en tres áreas simultáneamente**
  1. **Reducir el ruido captado por las “antenas parásitas” de nuestro cuarto de radio**
  2. **Reducir el ruido generado por dispositivos potencialmente ruidosos**
  3. **Aumentar la relación S/N con antenas de RX directivas**

**LA MAYOR PARTE DE LOS PROBLEMAS DE RUIDO  
TIENEN SOLUCIÓN ADECUADA**



**¡ MUCHAS GRACIAS !**