

# ANALIZADORES DE ANTENAS

conceptos básicos y circuitos de medida



*Joan Morros - Eduardo Alonso*

EA3FXF – EA3GHS

EA QRP CLUB

*sinarcas 2011*

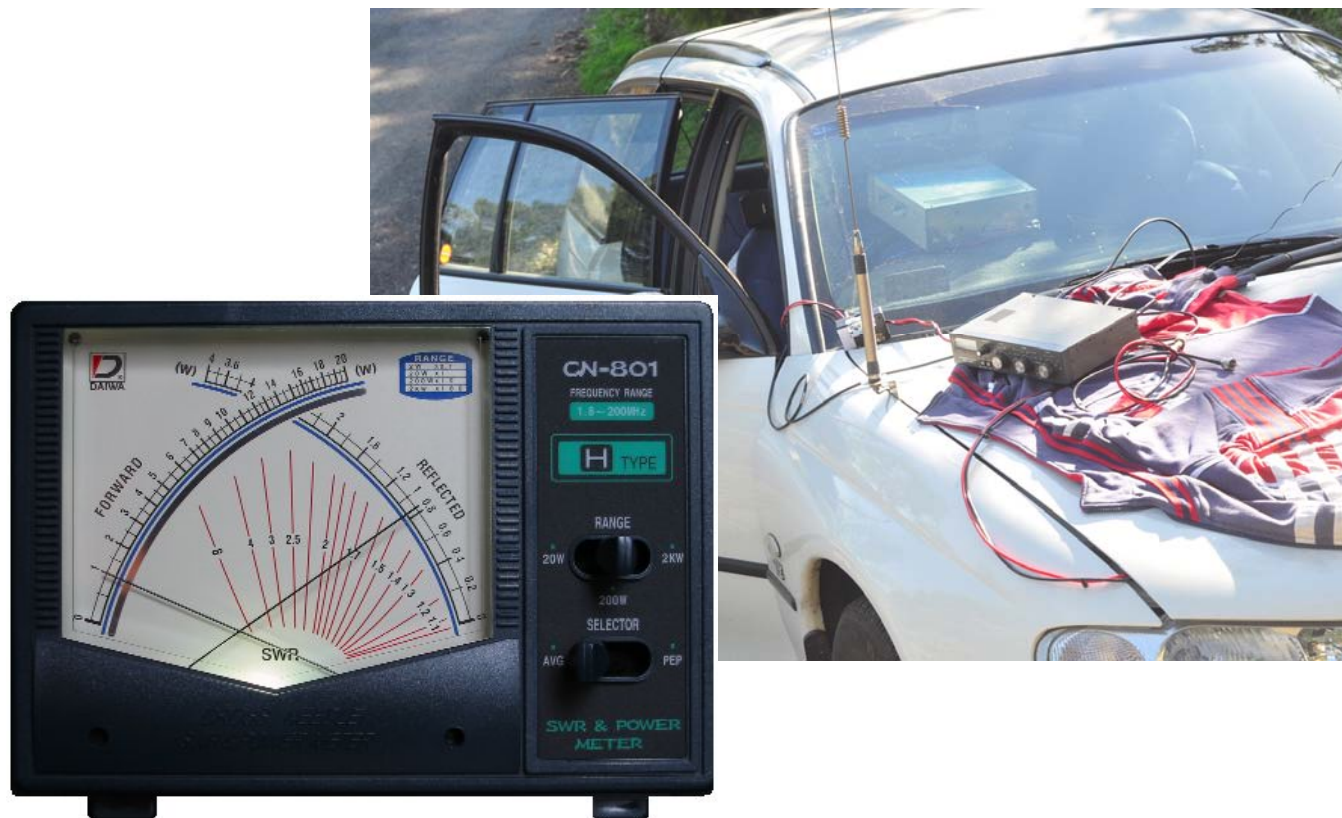
# índice

---

- motivación
- conceptos
  1. esquema básico
  2. medida con óhmetro
  3. coeficiente de reflexión
  4. animación
  5. coeficiente de reflexión de un dipolo
  6. ROE e impedancia
  7. efectos de la reflexiones
  8. aplicaciones
- circuitos
  1. problema: onda incidente y reflejada superpuestas
  2. puente reflectométrico
  3. procedimiento de ajuste
  4. circuito detector
  5. analizador de antenas: sistema completo
  6. analizador de antena con generador de ruido y receptor
  7. acoplador direccional
- miscelánea
- bibliografía

# motivación

- ❑ ¿que ocurre cuando medimos la ROE de una antena?
- ❑ ¿que interpretación tiene esta medida?
- ❑ ¿que circuitos me permiten medir la ROE de una antena?

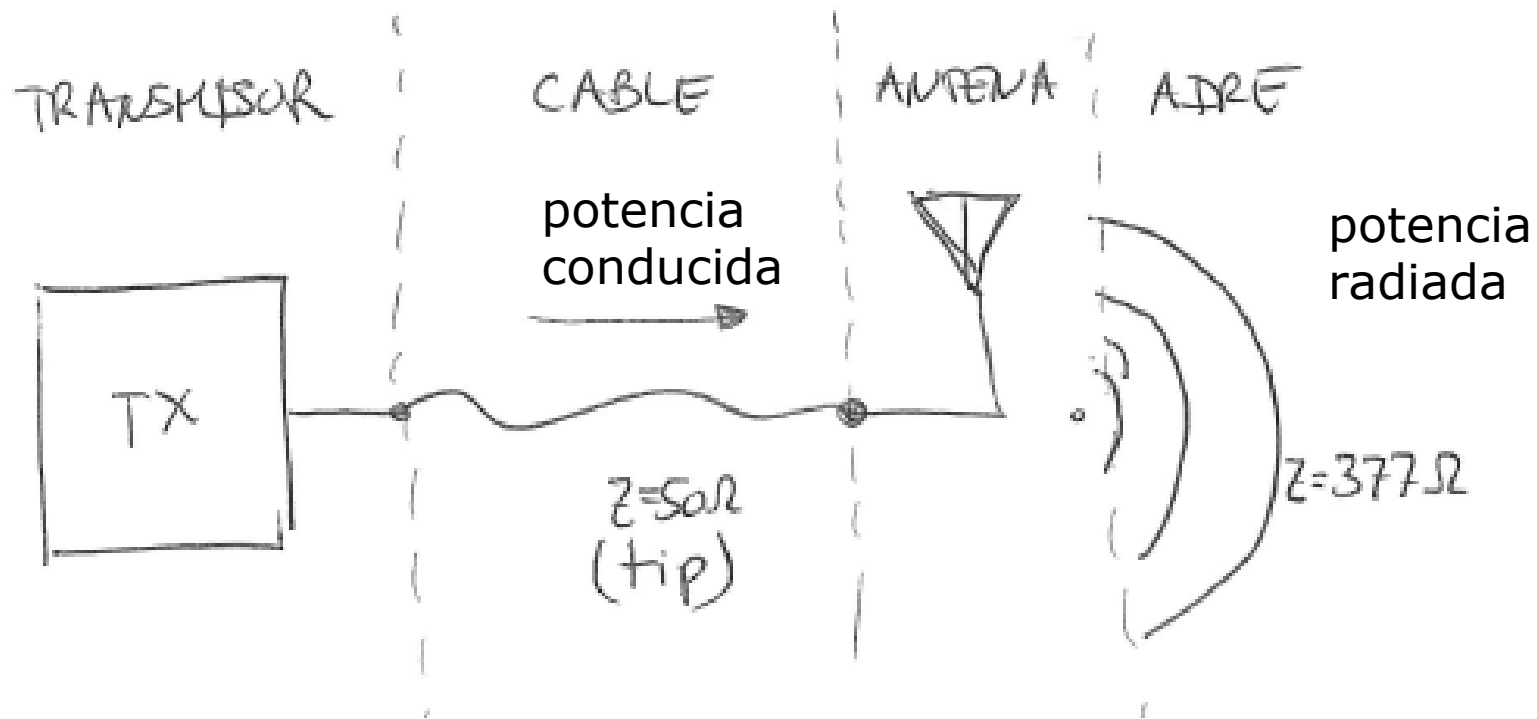


# conceptos

---

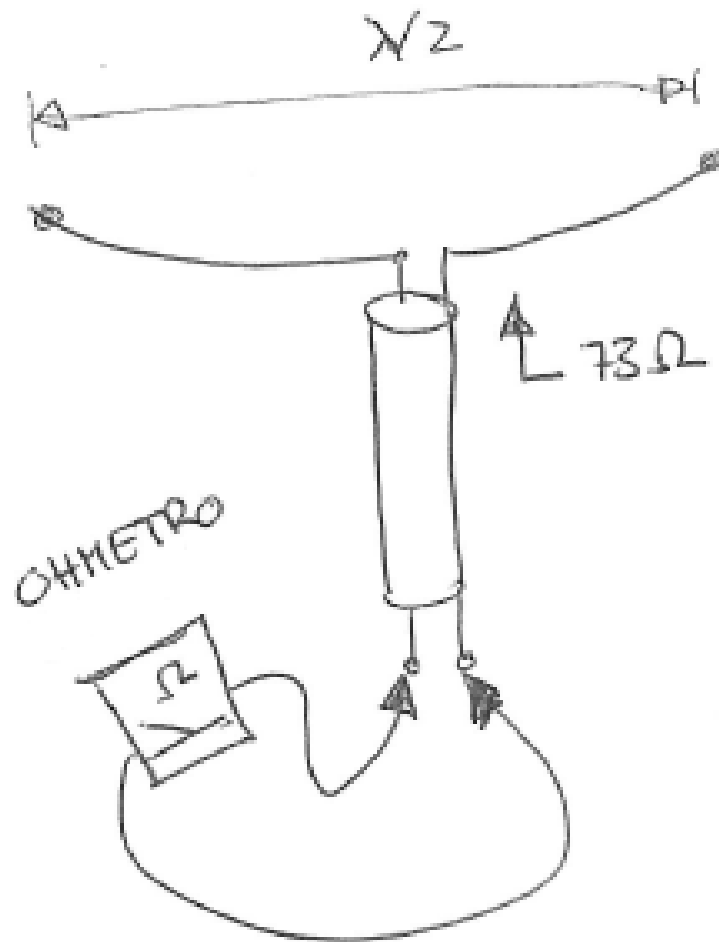
1. esquema básico
2. medida con óhmmetro
3. coeficiente de reflexión
4. animación
5. coeficiente de reflexión de un dipolo
6. ROE e impedancia
7. efectos de la reflexiones
8. aplicaciones

# esquema básico



- la antena transforma el medio de propagación de la energía de conducido (cable) a radiado (aire)
- ¿cuanto eficiente es esta transformación? → proporcional al coeficiente de reflexión

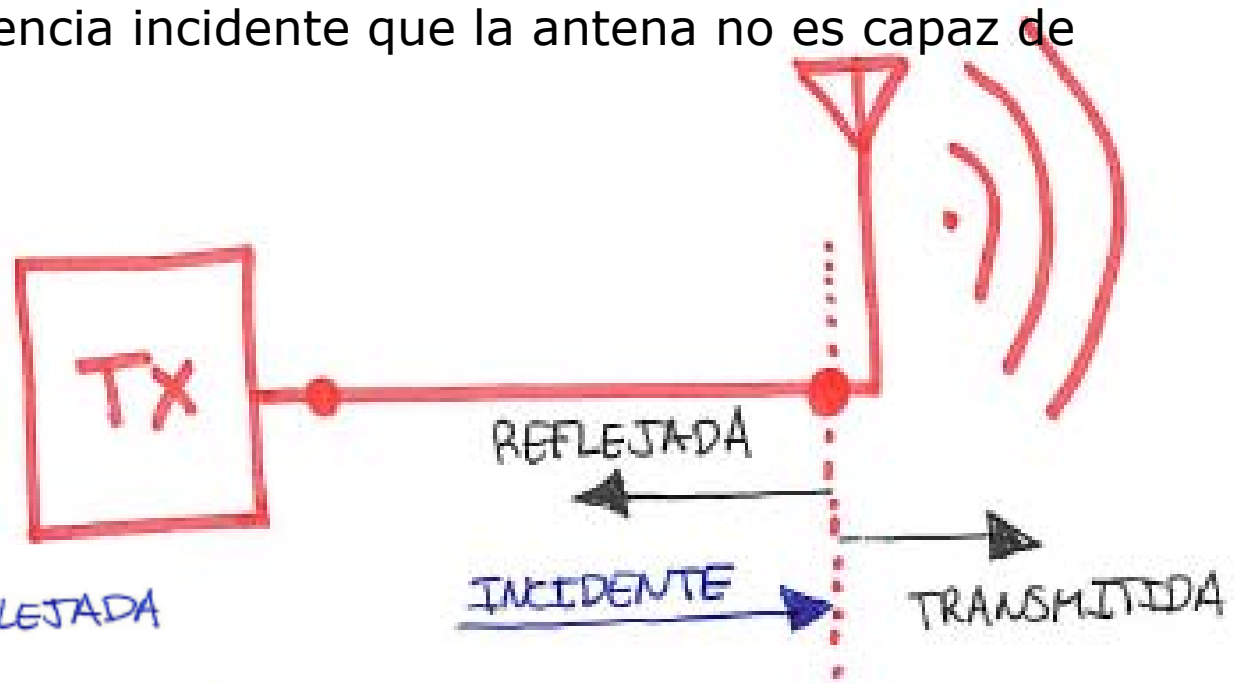
# medida con un óhmmetro



- es conocido que un dipolo tiene una  $R_{rad}=73\Omega$
- un ohmetro mide en corriente continua ( $f=0\text{Hz}$ )
- en  $0\text{Hz}$ , el dipolo se comporta como un circuito abierto  $R_{ant}=\infty$
- el dipolo se ha de medir en la frecuencia de trabajo, por ejemplo  $7000\text{ kHz}$
- en corriente alterna de alta frecuencia es más fácil medir potencia que medir resistencia directamente

# coeficiente de reflexión, $\Gamma$

- **Pincidente**, potencia generada por el transmisor
- **Ptransmitida**, parte de la potencia incidente que es efectivamente radiada por la antena
- **Preflejada**, parte de la potencia incidente que la antena no es capaz de radiar, y que se refleja.



$$P_{\text{INCIDENTE}} = P_{\text{TRANSMITIDA}} + P_{\text{REFLEJADA}}$$

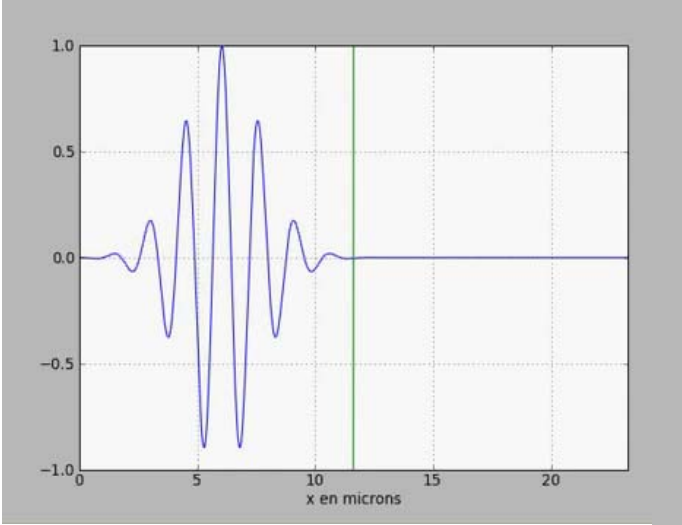
$$\frac{P_{\text{REFLEJADA}}}{P_{\text{INCIDENTE}}} = \text{COEFICIENTE REFLEXION}$$

$$P_{\text{INCIDENTE}}$$

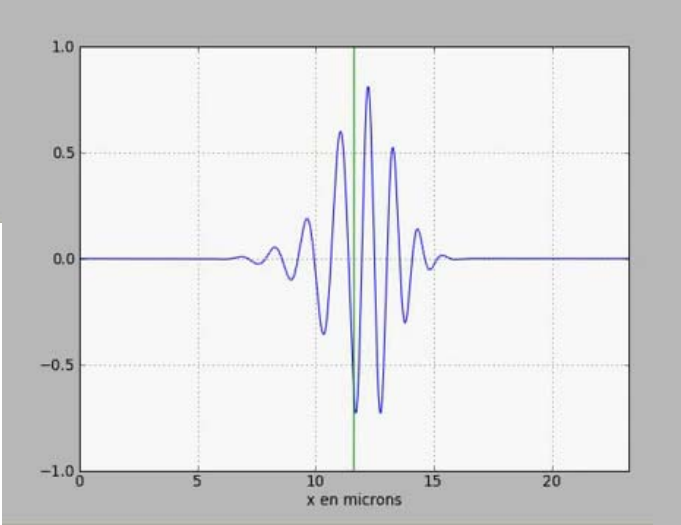
$\Gamma \approx 0$  reflexión baja, buena adaptación cable-aire, alta eficiencia de radiación  
 $\Gamma \approx 1$  reflexión alta, mala adaptación cable-aire, mala eficiencia de radiación

# animación

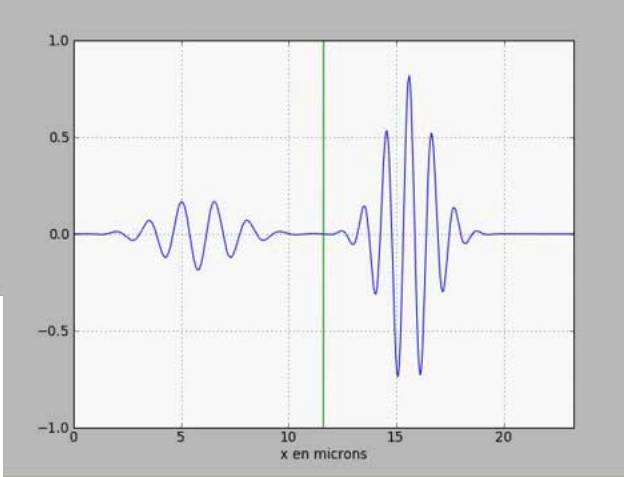
cable ←    → aire



cable ←    → aire

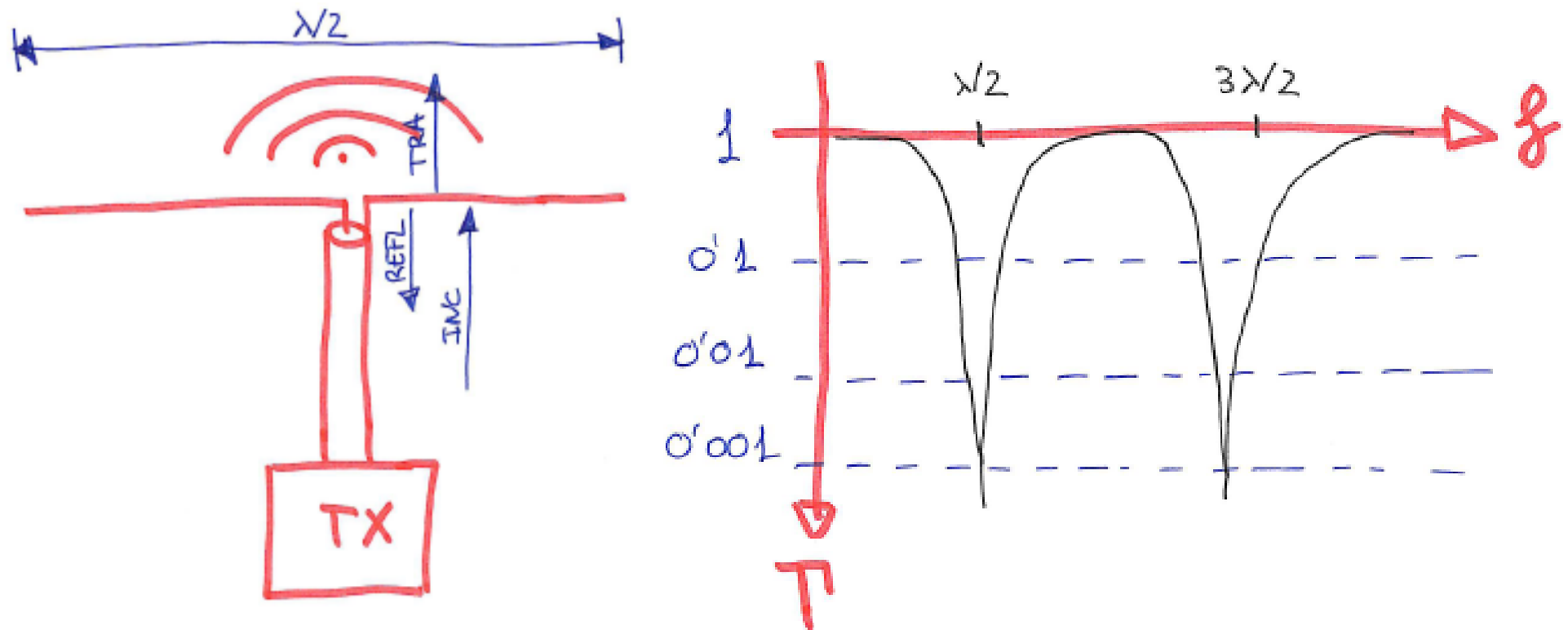


cable ←    → aire





# coeficiente de reflexión de un dipolo



si barremos en frecuencia y medimos coeficiente de reflexión, se observan unos puntos "calientes":  
en 3.5 14, 28,... MHz (si longitud dipolo = 40 metros)

# ROE e impedancia

---

- relación de ondas estacionarias:  $ROE = |(1+\Gamma)/(1-\Gamma)|$
- impedancia de antena:  $\Gamma = (Z-Z_0)/(Z+Z_0)$

$\Gamma$	$\Gamma/\text{dB}$	ROE	%PREF	%PTRA	ZANT
0.002	-26.4	1.1	0.2	99.8	
0.040	-14	1.5	4	96	
0.112	-9.5	2	11	89	
0.251	-6	3	75	25	
0.794	-1	18	80	20	
1.000	0	INF	100	0	

# efectos de las reflexiones

---

- una antena con coeficiente de reflexión elevado
  - la potencia reflejada calienta al transmisor
  - si temperatura muy elevada se quemar los transistores de salida del transmisor
  - la potencia transmitida es menor
  - el receptor nos escuchará con dificultad
- el problema existe también usando la antena en recepción
  - una antena con coeficiente de reflexión elevado,
  - parte de la energía que llega a nuestra antena es rechazada (reflejada) y
  - parte es transmitida hacia el cable coaxial y receptor

# aplicaciones

---

- Medida de antenas
  - Medida de la SWR
  - Ajuste de un acoplador de antenas
  - Frecuencias de resonancia de un dipolo, loop, hilo largo ...
  - Impedancia de una antena window (varia según altura)
  - Medida de la resistencia de pérdidas de una antena vertical: mejora de la eficiencia de radiación
  - ...
- Medida de componentes
  - Inductancia, capacidad
  - Parámetros de una línea de transmisión
  - Parámetros de un cristal de cuarzo
  - Q de un circuito resonante
  - Ajuste de un circuito resonante
  - Medida de redes de acoplo
  - ...

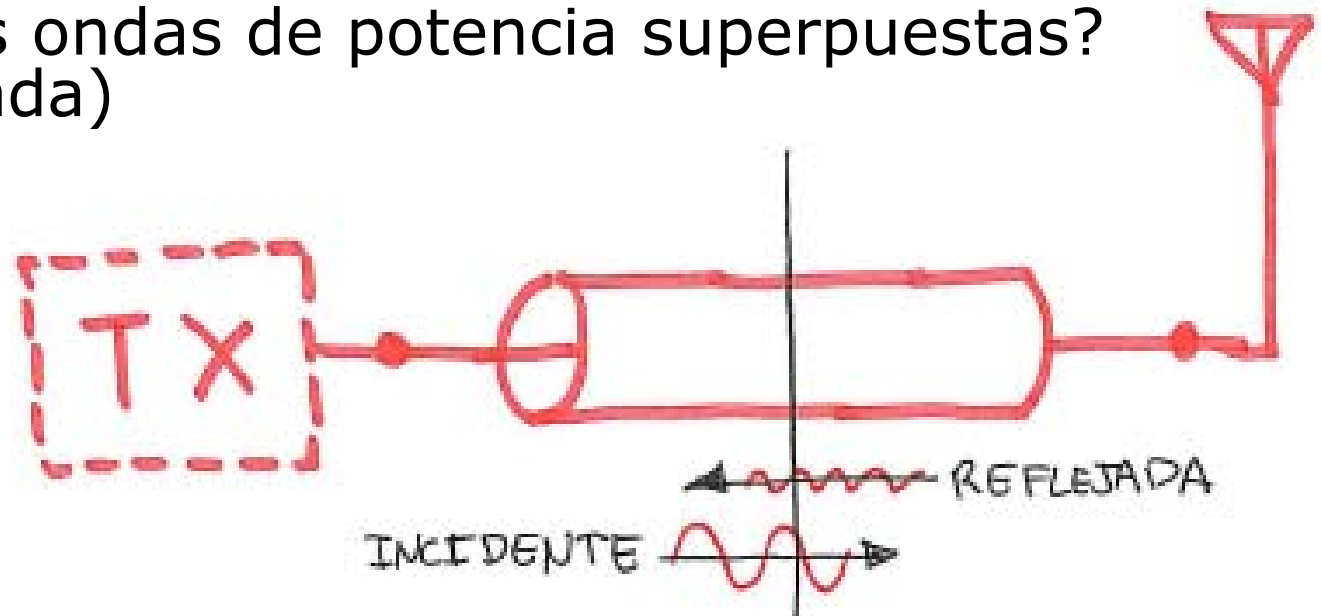
# circuitos de medida

---

1. problema: onda incidente y reflejada superpuestas
2. puente reflectométrico
3. procedimiento de ajuste
4. circuito detector
5. analizador de antenas: sistema completo
6. analizador de antena con generador de ruido y receptor
7. acoplador direccional

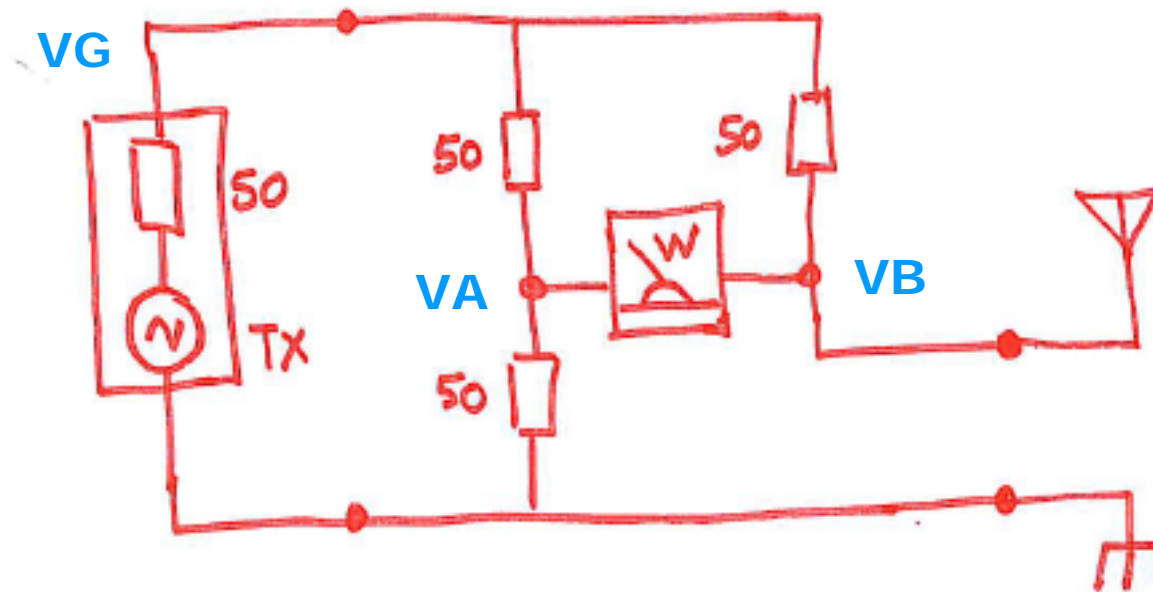
# problema

¿cómo separar dos ondas de potencia superpuestas?  
(incidente y reflejada)



- puente reflectométrico (swr bridge)
  - LF, MF, HF, VHF
  - basado en el puente de Wheatstone
  - introduce pérdidas al realizar la medida
- acoplador direccional (directional coupler)
  - HF, VHF, UHF, SHF
  - astuta variante del puente reflectométrico sustituyendo resistencias por transformadores
  - permite realizar medidas con pocas pérdidas
  - (sin quitar potencia al transmisor para realizar la medida)

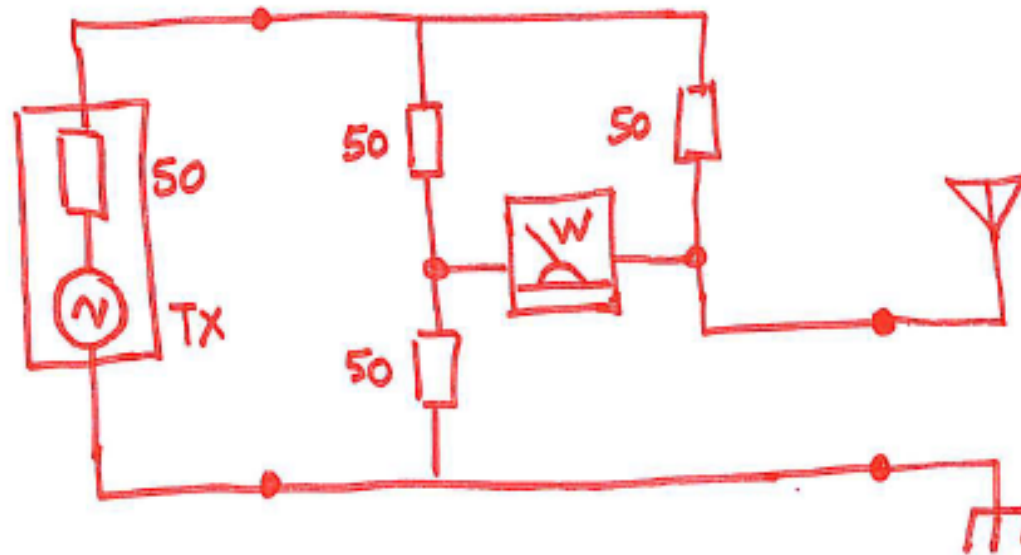
# punte reflectométrico



- 3 resistencias y un watímetro
  - de valores próximos a la impedancia de la antena  $Z=50\Omega$
  - indicación del medidor proporcional a la potencia reflejada
- $R_1=R_2=50\Omega \rightarrow V_A=V_G/2$
- si  $R_3=Z_{ant}=50\Omega \rightarrow V_B=V_G/2 \rightarrow V_A-V_B=0 \rightarrow P_{AB}=0 \rightarrow P_{refl}=0 \rightarrow \Gamma=0 \rightarrow$  puente equilibrado
- si  $Z_{ant} \neq 50\Omega \rightarrow V_B \neq V_G/2 \rightarrow V_A-V_B \neq 0 \rightarrow P_{AB} > 0 \rightarrow P_{refl} > 0 \rightarrow \Gamma > 0 \rightarrow$  puente desequilibrado

# puente reflectométrico, ajuste

---

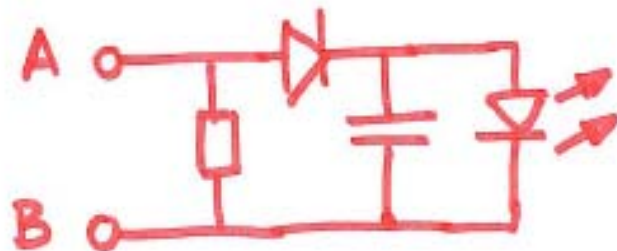
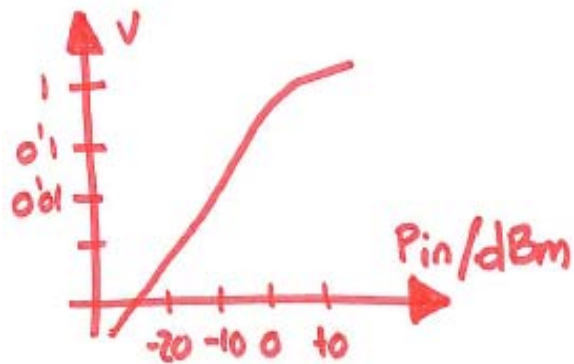
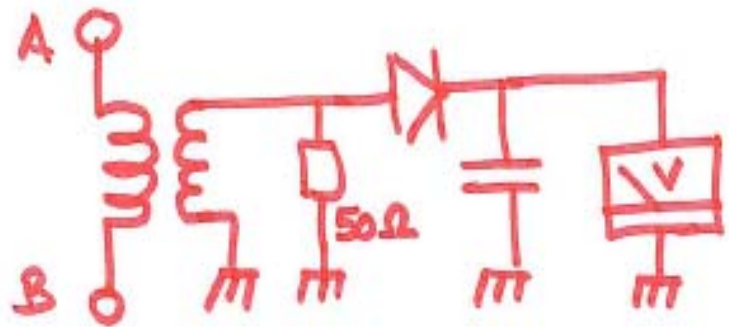


## procedimiento

- se desconecta la antena ( $Z_{ant} = \infty$ )
- toda la potencia incidente es reflejada ( $P_{inc} = P_{ref}$ )
- la lectura del instrumento es  $P_{incidente}$
- se conecta la antena
- la lectura del instrumento es  $P_{reflejada}$
- $\Gamma = \text{coeficiente de reflexión} = P_{reflejada} / P_{incidente}$

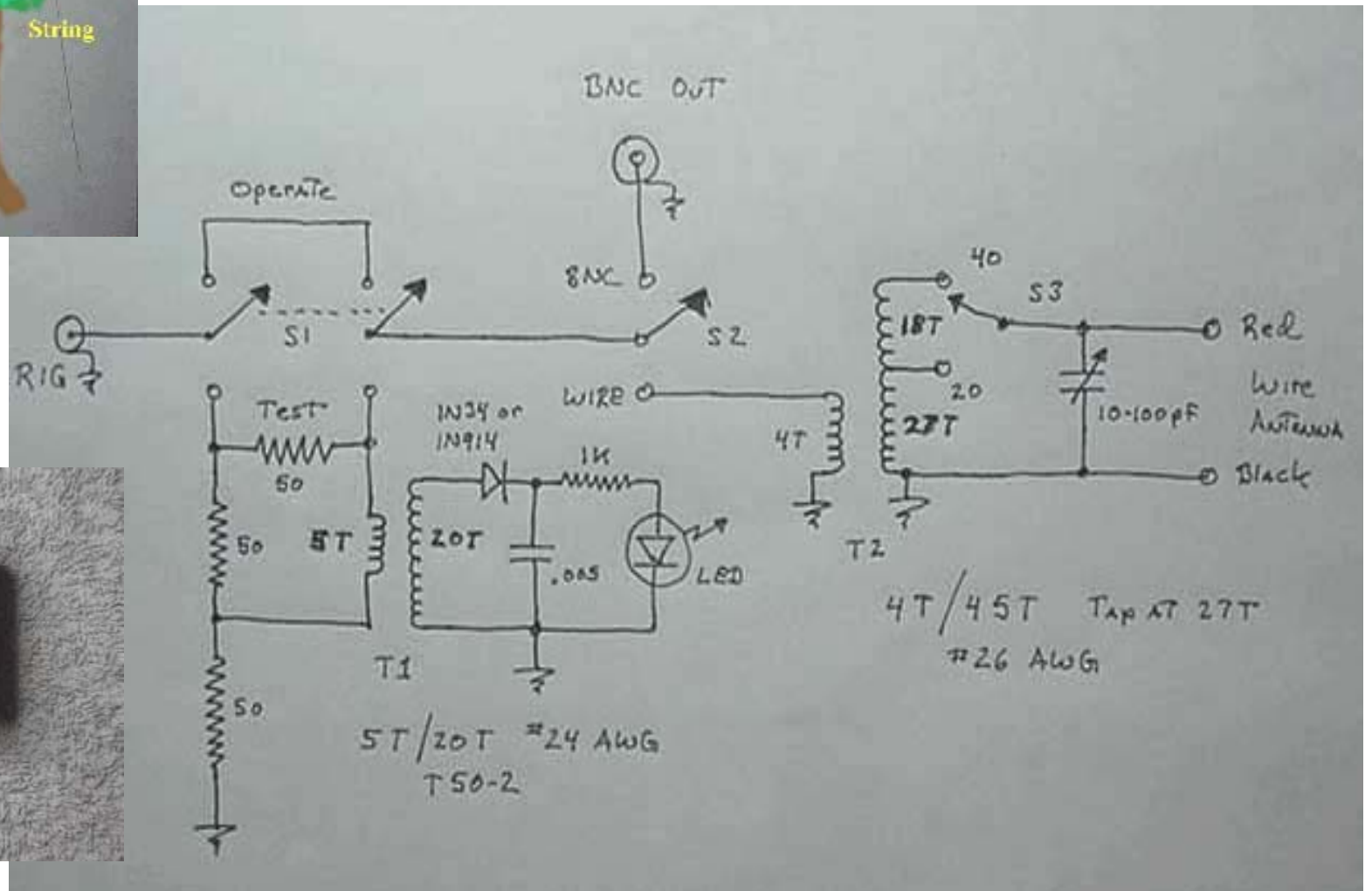
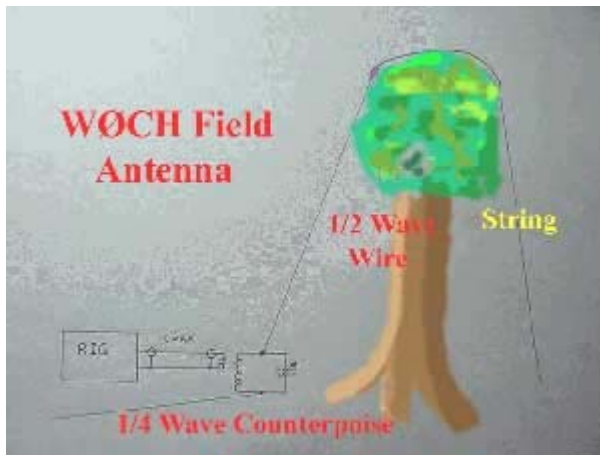


# circuitos detectores: watímetro



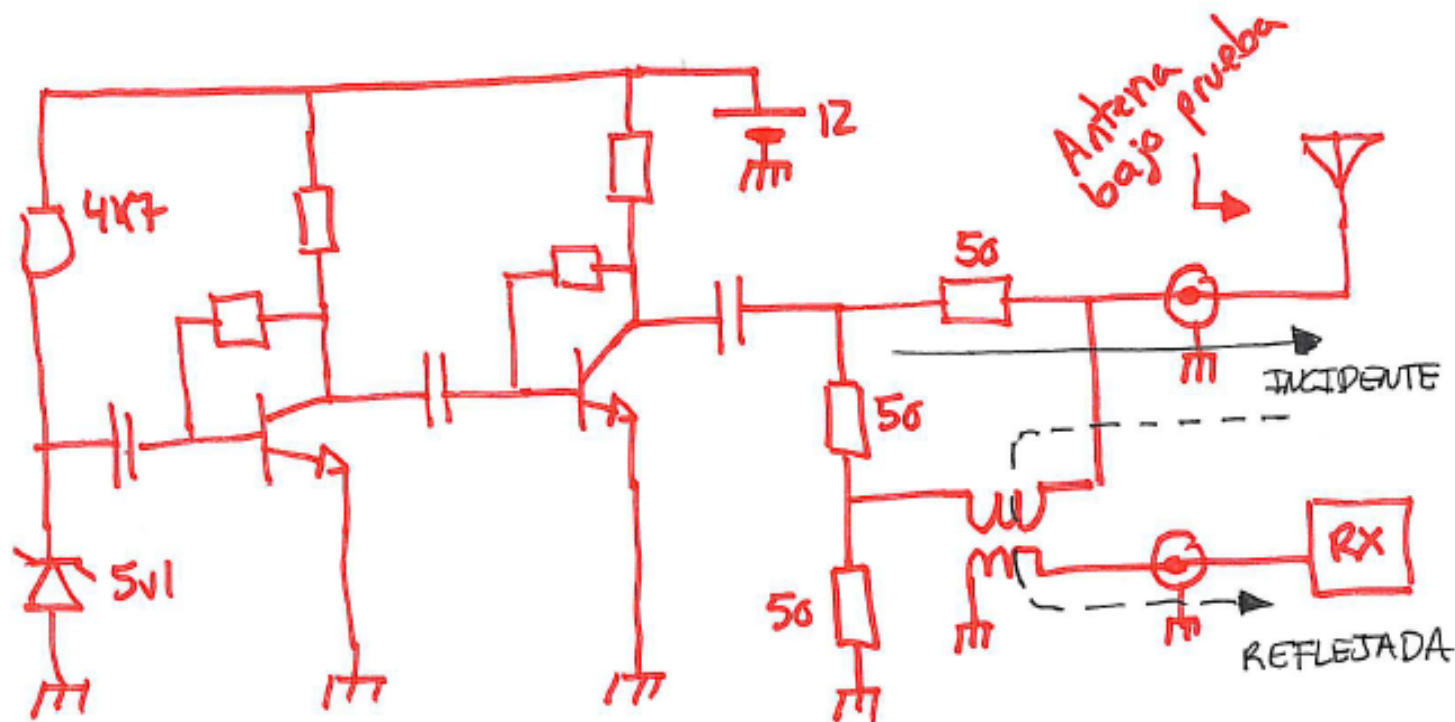
- con un diodo y un voltímetro
- con un LED (ideal para detectar el paso por un mínimo)
  - +luz +potencia reflejada
  - luz -potencia reflejada
- con el smeter de un receptor

# anализador de antenas, sistema completo

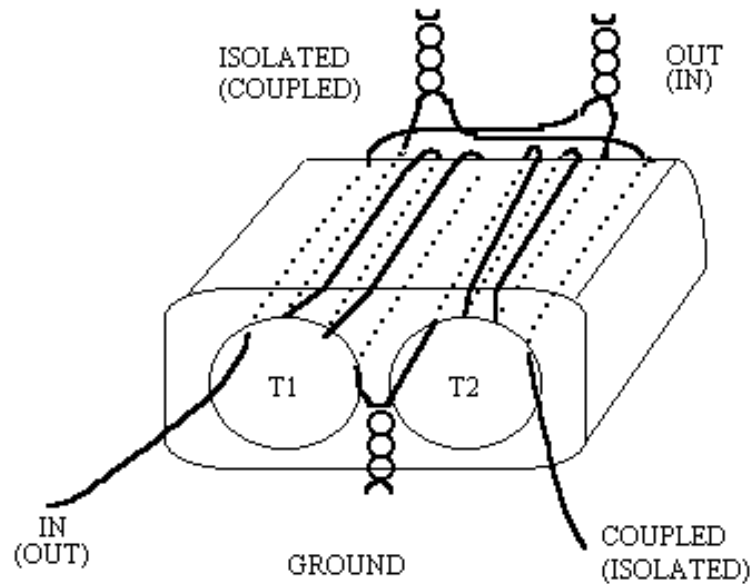
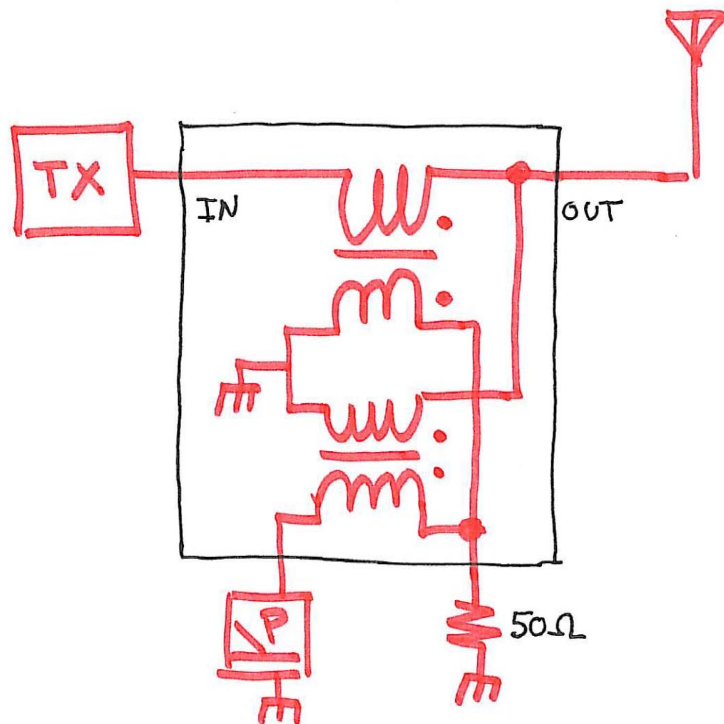
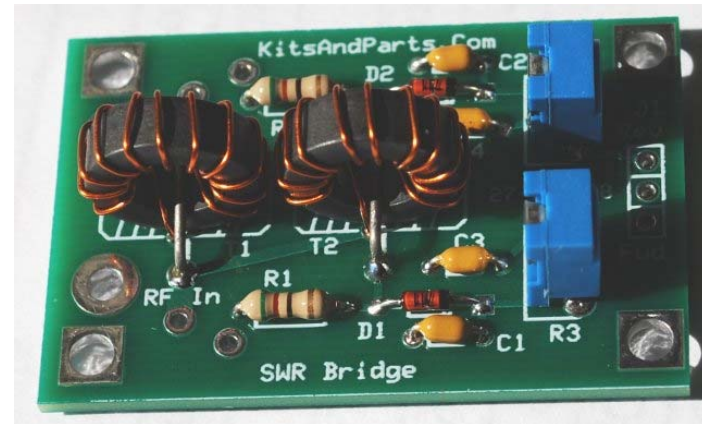
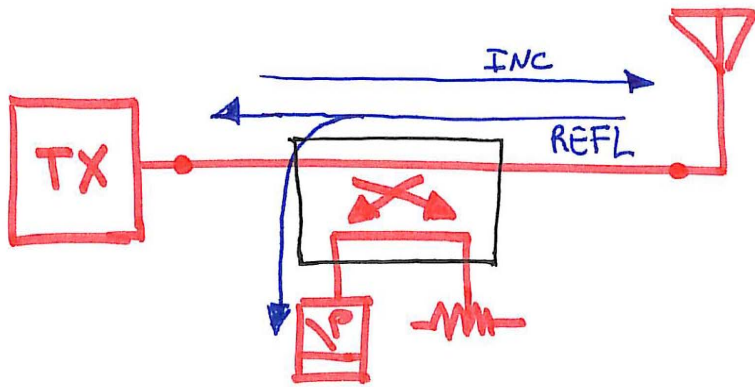


# puente reflectométrico con generador de ruido y receptor

- transmisor: generador de señal de una única frecuencia
- detector de banda ancha, no selectivo en frecuencia
- alternativa
- generador de ruido de banda ancha (múltiples frecuencias simultáneamente)
- detector selectivo en frecuencia, receptor con s-meter



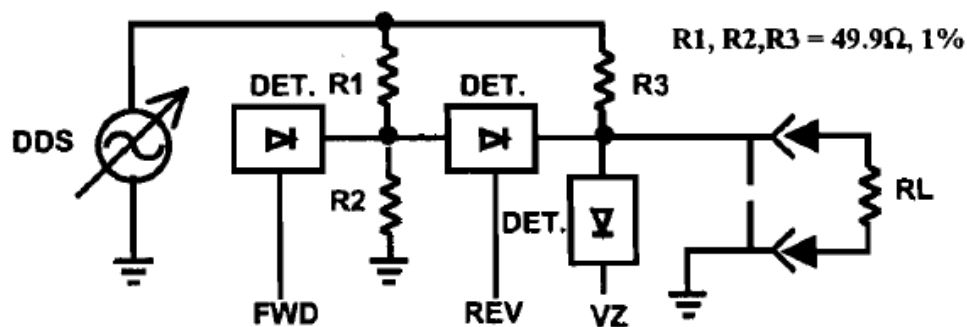
# acoplador direccional



# miscelánea

## □ impedancia=resistencia+reactancia

ojo: no es necesario conocer R,X para operar, solo igualar  $Z_{ant}$  a  $R_{rad}+R_{per}$



$$SWR = (FWD + REV) / (FWD - REV)$$

$$Z = 50 * VZ / (FWD - VZ)$$

R

$$= (2500 + Z^2) * SWR / (50 * (SWR^2 + 1))$$

V = CODE / (Z \* 100)

7.1598 MHz 3.6  
Rs=153 Xs=62 S<sub>R</sub><sup>W</sup>

## □ analizador de redes

- antena=circuito 1 puerto
- amplificador = circuito 2 puertos
- mezclador = circuito 3 puertos

# bibliografia

- EMRFD (ARRL)
- POZAR
  
- AA5TB
- KD1JV
- DG8SAQ
- VK2ZAY
- N2APB/N2CX (antenna analyzer)
- Sam Wetterlin
- Michael Angelis

