

## Capítulo 1

# Medida de la impedancia en microondas: anализador de circuitos

En Ingeniería de Microondas los parámetros básicos que indican la transferencia de energía entre puertos del circuito, son los parámetros de dispersión. La medida de dichos parámetros está basada en la medida del coeficiente de reflexión (equivalente a la medida de la impedancia por la transformación bilineal que las relaciona) que nos determina la potencia que se transmite o refleja en un puerto del circuito. En este capítulo se explican los fundamentos de dicha medida, desde la línea ranurada hasta los analizadores de circuitos.

**Daniel Segovia Vargas**



# ÍNDICE (I)

mentos de la medida de impedancia.

e ranura

de impedancia y bancos reflectométricos

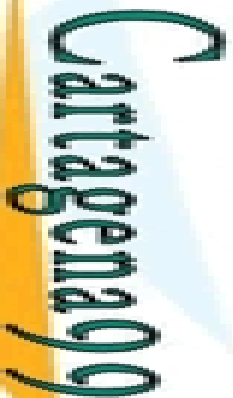
ador de redes (circuitos):

lida de cuadripolos

taciones del analizador de circuitos

ión de la medida del tiempo

bración.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# DAMENTOS DE LA MEDIDA DE IMPEDANCIA

TIPO DE MEDIDA

PUENTES Y BANCOS

Medida de  
amplitud: línea  
de transmisión,  
anura,  
directiva,  
COE

AMPLITUD

Comparación de  
amplitudes:  
acoplos  
directivos

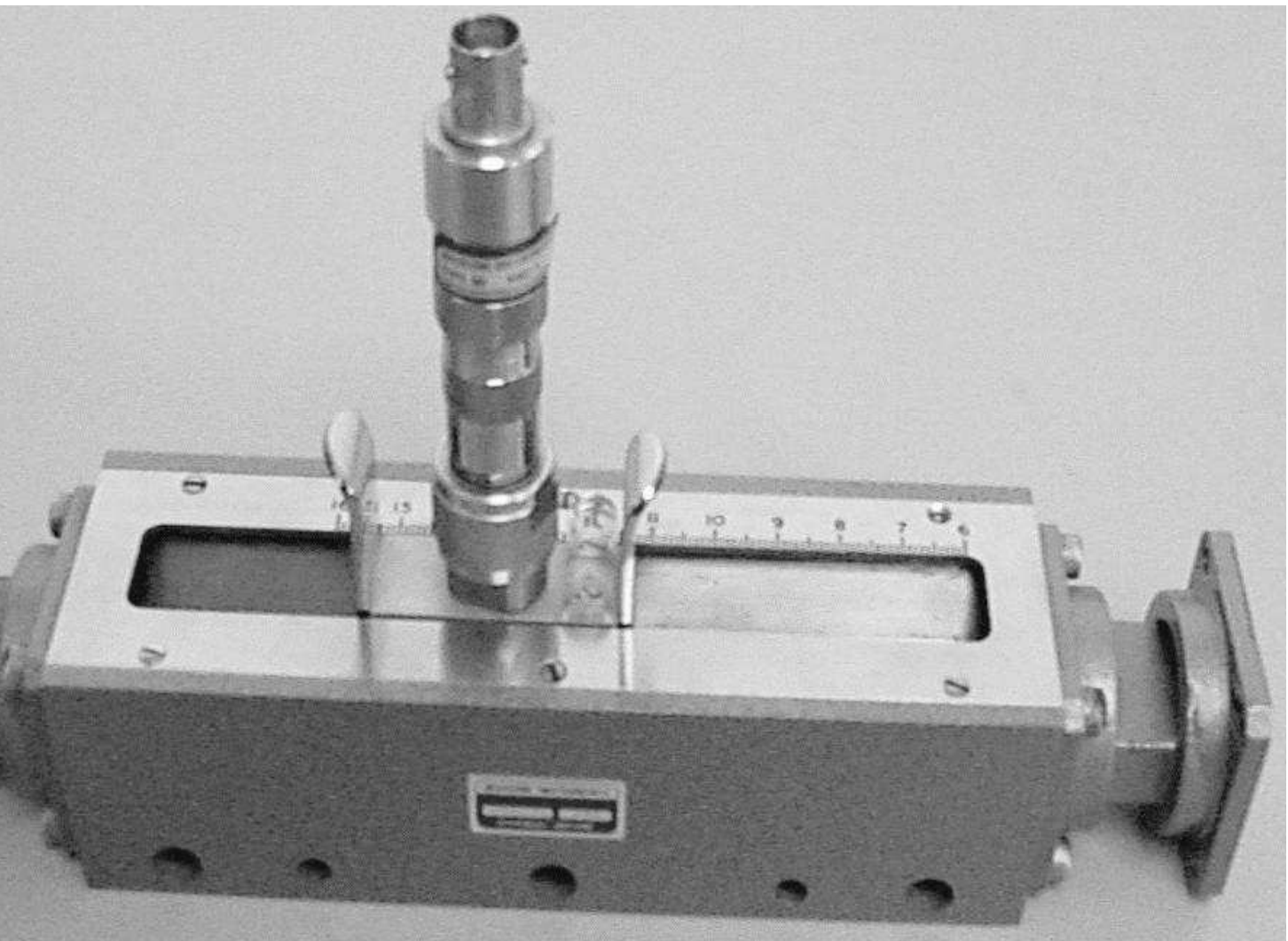
Diferencia de  
fase:  
Circuito  
ortocircuito  
terminal

DE FASE

CALIBRACIÓN

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# QUEMA DE UN BANCO DE MEDIDA EN GUÍA



Grupo de Radiofrecuencia, Electromagnetismo, Microondas y Antenas, GREMA, UC3M Tema 1: Medida de la impedancia: analizador de redes

Medidas en Microondas-6- 4



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# MEDIDA DE LA IMPEDANCIA CON UNA LÍNEA DE MEDIDA (RANURADA)

Lo que se mide directamente es el coeficiente de reflexión, no la impedancia.

La medición del coeficiente de reflexión viene

$$\begin{cases} V^+ \cdot \exp(-j \cdot \beta \cdot z) + V^- \cdot \exp(-j \cdot \beta \cdot z) = V_i + V_r \\ I^+ \cdot \exp(-j \cdot \beta \cdot z) - I^- \cdot \exp(-j \cdot \beta \cdot z) = I_i - I_r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_L = Z_L \cdot I_L \\ V_L = V^+ + V^- \end{cases}$$

$$\frac{V^- \cdot \exp(-j \cdot \beta \cdot z)}{V^+ \cdot \exp(j \cdot \beta \cdot z)} = \Gamma_L \cdot \exp(-2j \cdot \beta \cdot z)$$

Al se recoge una potencia:

$$| \exp(-2j \cdot \beta \cdot z) |^2 = K \cdot (1 + |\Gamma_L|^2 + 2 \cdot |\Gamma_L| \cdot \cos(2 \cdot \beta \cdot z - \varphi))$$

El análisis de onda estacionaria nos permite

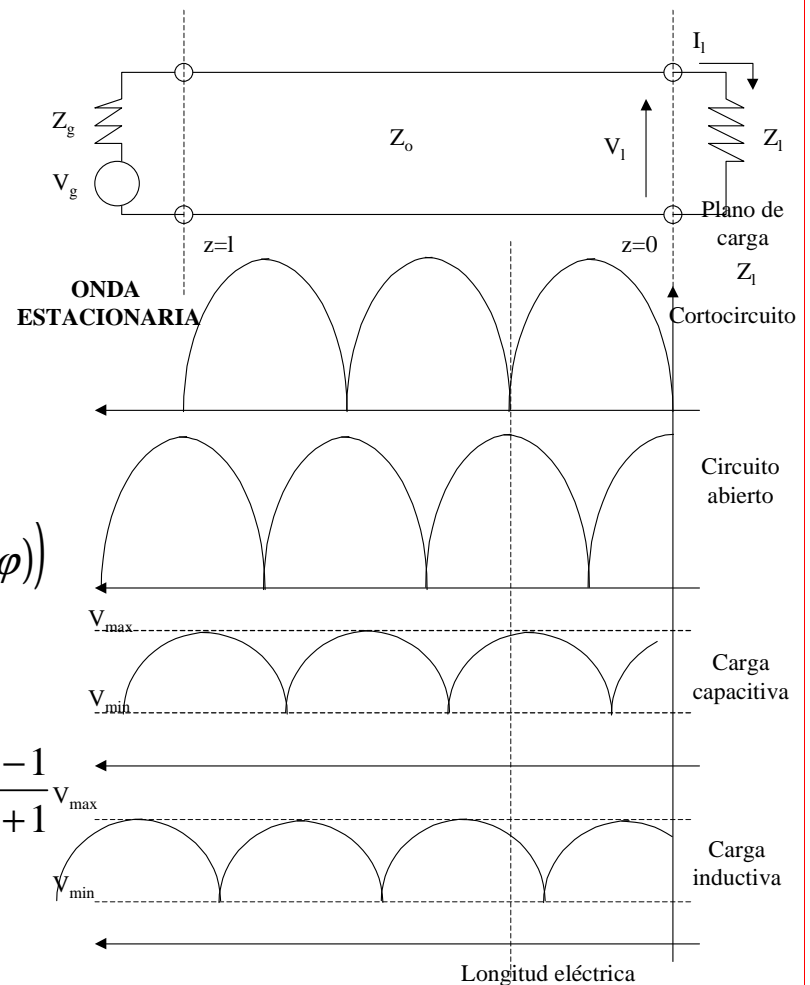
medir el módulo del coeficiente de reflexión

$$\frac{1 + |\Gamma_L|^2}{1 - |\Gamma_L|^2} ROE = s = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{(1 + |\Gamma_L|)}{(1 - |\Gamma_L|)} \Rightarrow |\Gamma_L| = \frac{s - 1}{s + 1} V_{\max}$$

Para ello hay que introducir una referencia (o

calibración): se coloca un cortocircuito en la

línea de medida a la carga a medir



ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70  
 CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70



# DA DE IMPEDANCIA : CARTA DE SMITH

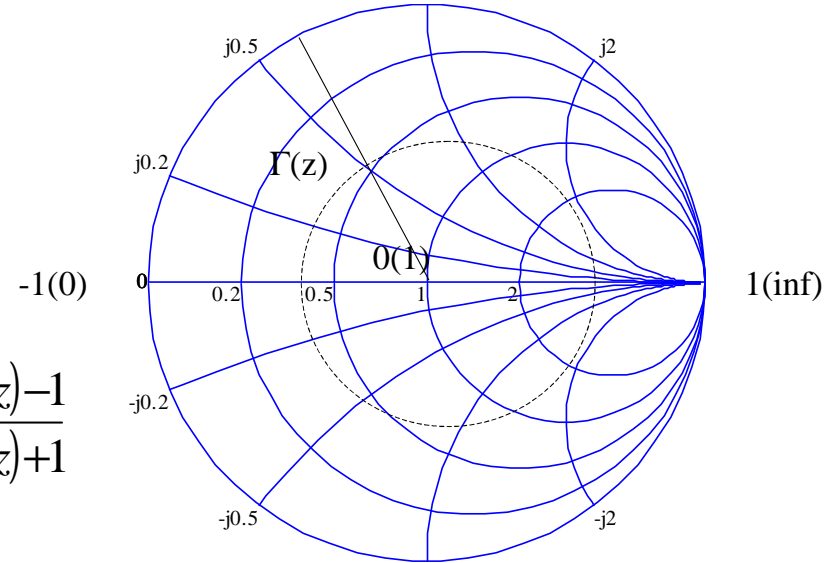
ión de onda estacionaria se  
 nódulo del coeficiente de  
 de la referencia (calibración)  
 dicho coeficiente.

coeficiente de reflexión se obtiene  
 a:

$$Z_o \cdot \frac{1+\Gamma(z)}{1-\Gamma(z)} \Rightarrow \bar{z}(z) = \frac{Z(z)}{Z_o} = \frac{1+\Gamma(z)}{1-\Gamma(z)} \Rightarrow \Gamma(z) = \frac{\bar{z}(z)-1}{\bar{z}(z)+1}$$

ancia y el coeficiente de  
 están relacionadas por una  
 ción bilineal que permite  
 a herramienta gráfica: carta de

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{z-1}{z+1} = u + jv \\ x &= \frac{1+(u+jv)}{1-(u+jv)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} r &= \frac{1-(u^2+v^2)}{(1-u)^2+v^2} \\ x &= \frac{2v}{(1-u)^2+v^2} \end{aligned} \right. \quad \left\{ \begin{aligned} \left(u - \frac{r}{1+r}\right)^2 + v^2 &= \frac{1}{(1+r)^2} \\ (u-1)^2 + \left(v - \frac{1}{x}\right)^2 &= \left(\frac{1}{x}\right)^2 \end{aligned} \right.$$



PLANO Γ

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# PUENTES Y REFLECTÓMETROS

e medida mide sólo a una frecuencia

borioso el proceso de medida aunque las bandas sean estrechas.

r mediante comparación de una carga de referencia con otra carga

se necesitará una red de cuatro puertas:

on la carga incógnita.

on la carga de referencia.

erador de señal.

ector donde se refleje la comparación.

iones de medida:

le T/ T mágica (rat race en su versión impresa).

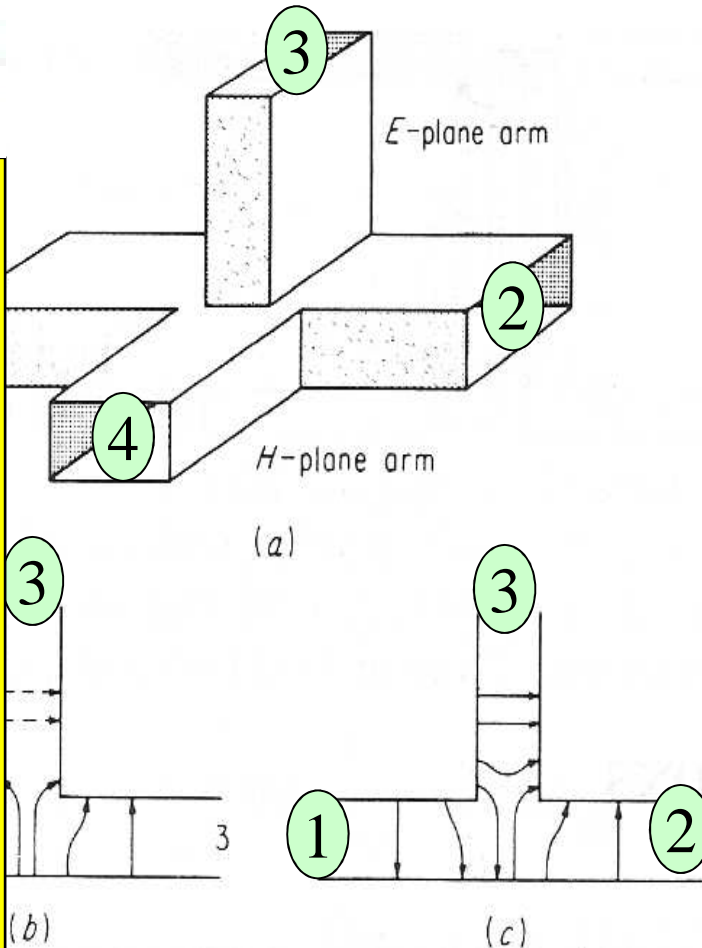
plador direccional.

s de impedancia.

reflectométrico.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# UNIONES DE CUATRO GUÍAS: DOBLE T



Simetría  $s_{22} = s_{11}$

Propiedades de la T plano H

$$s_{14} = s_{24}$$

Propiedades de la T plano E

$$s_{13} = -s_{23}$$

Octopolo sin pérdidas  $s_{14} = 0$

$$S = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} \\ s_{12} & s_{11} & -s_{13} & s_{14} \\ s_{13} & -s_{13} & s_{33} & 0 \\ s_{14} & s_{14} & 0 & s_{44} \end{pmatrix}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# IONES DE CUATRO GUÍAS: T MÁGICA

La T se adapta desde las guías 3 y 4 se dice que la doble T es una T  
 que aquí resulta:

$$s_{33} = s_{44} = 0$$

$$|s_{13}|^2 = |s_{14}|^2 = \frac{1}{2}$$

$$s_{11} = s_{22} = 0$$

La matriz de parámetros S de una T mágica tiene la forma:

$$S = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & e^{jm} & e^{jr} \\ 0 & 0 & -e^{jm} & e^{jr} \\ e^{jm} & -e^{jm} & 0 & 0 \\ e^{jr} & e^{jr} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

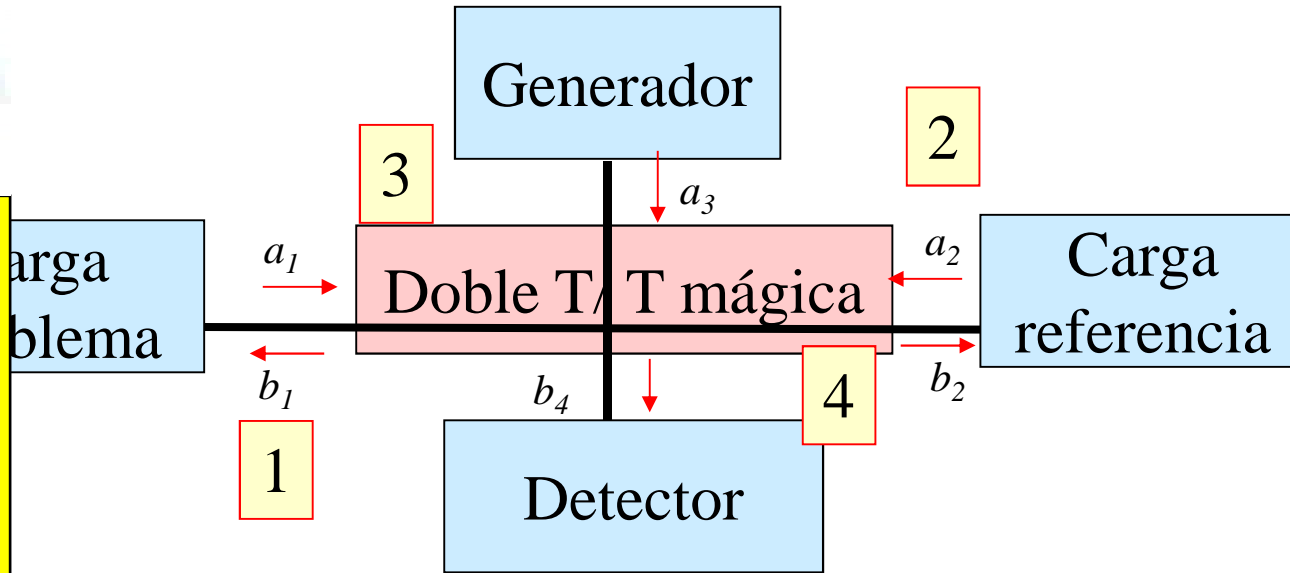
La T mágica mantiene las propiedades de la doble T pero, además, tiene  
 propiedades de acoplo directivo donde:

La ganancia de amplitud es siempre de 3 dB

La salida se encuentra desfasada 180° respecto a la otra

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# FLECTÓMETROS BASADOS EN DOBLE T/ T MÁGICA



Este metro es capaz de medir el módulo del coeficiente de reflexión mediante la comparación de las potencias incidentes y reflejadas en la carga problema.

Se basa en:

La carga de referencia está perfectamente adaptada ( $a_2=0$ )

$$(s_{11} + \Gamma_p) \cdot b_1 + s_{13} \cdot a_3 = 0 \Rightarrow b_4 = \frac{s_{13} \cdot s_{14} \cdot \Gamma_p}{1 - s_{11} \cdot \Gamma_p} \cdot a_3 \Rightarrow P_4 = \frac{|s_{13}|^2 \cdot |s_{14}|^2 \cdot |\Gamma_p|^2}{|1 - s_{11} \cdot \Gamma_p|^2} \cdot P_3$$

# FLECTÓMETROS BASADOS EN DOBLE T/ T MÁGICA (II)

La detectada resulta proporcional al valor del módulo del coeficiente de reflexión problema si  $s_{11}=0$  (T mágica).

error:

se produce un error llamado de fase por ser proporcional al argumento de  $\Gamma_p$

$$|\Gamma_p|_m \cdot (1 - |s_{11}| \cdot |\Gamma_p|_m) \leq |\Gamma_p| \leq |\Gamma_p|_m \cdot (1 + |s_{11}| \cdot |\Gamma_p|_m)$$

La carga de referencia no está totalmente adaptado (error de referencia)

$$P_4 = \frac{1}{4} \cdot |\Gamma_p - \Gamma_r|^2 \cdot P_3 \Rightarrow \left[ |\Gamma_p|_m - |\Gamma_r| \right] \leq |\Gamma_p| \leq \left[ |\Gamma_p|_m + |\Gamma_r| \right]$$

Supongamos una T mágica con  $s_{11}=0.0476$  y referencia  $|\Gamma_r| = 0.0099$  :

La carga a medir está bien adaptada  $|\Gamma_p| = 0.0476$

Factor de fase  $|\Gamma_p|_m \cdot 0.9977 \leq |\Gamma_p| \leq |\Gamma_p|_m \cdot 1.0023 \Rightarrow |\Gamma_p|_m = 0.0476 \pm 0.23\%$

Factor de referencia  $|\Gamma_p|_m = 0.0476 \pm 0.0099(20\%)$

Cuando la carga a medir está próxima a la adaptada es más importante el de referencia.

La carga a medir cualquiera  $|\Gamma_p| = 0.5$

Factor de fase:  $|\Gamma_p|_m = 0.5000 \pm 0.0238(4.8\%)$

Factor de referencia:  $|\Gamma_p|_m = 0.5000 \pm 0.0099(2\%)$

En este caso es más importante el de fase.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# ACOPLOS DIRECTIVOS

n: dispositivo de 4 puertos totalmente adaptado donde, para cada entrada, existe un puerto aislado.

puertos:

mitido: aquel al que se transmite la mayor cantidad de potencia

ado: aquel al que se transmite la menor cantidad de potencia

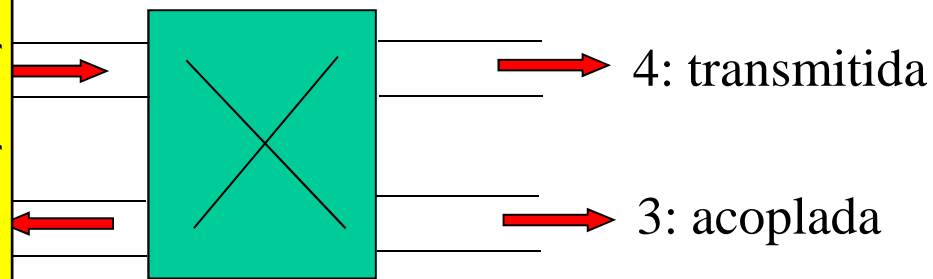
o: aquel al que, idealmente, no se transmite ninguna potencia

as con la T mágica:

uerto acoplado y transmitido no tienen que ser iguales.

uerto acoplado y transmitido están desfasados 90°.

do por 1 el puerto aislado es el 2, la matriz resulta:

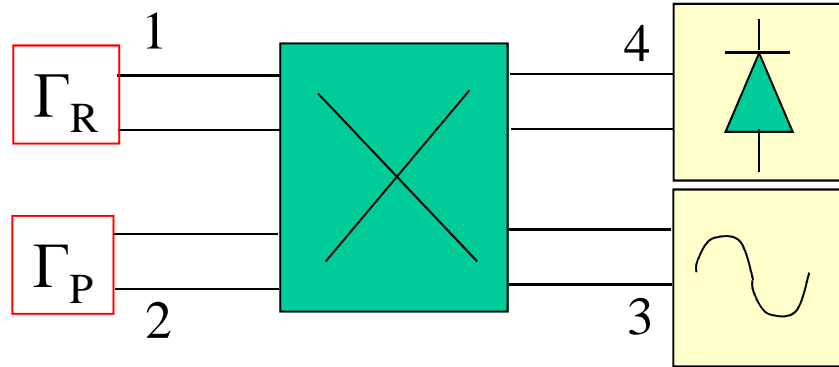


$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & s_{13} & s_{14} \\ 0 & 0 & s_{23} & s_{24} \\ s_{13} & s_{23} & 0 & 0 \\ s_{14} & s_{24} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# PUENTE DE IMPEDANCIA



En el brazo 4 se compone de

señal reflejada en la carga problema  $|\Gamma_p|$ :  $s_{13} \cdot s_{14} \cdot \Gamma_p \cdot a_3$

procedente de  $a_3$  debido a un aislamiento imperfecto  $s_{34} \cdot a_3$

señal reflejada en la carga de referencia  $|\Gamma_r|$ :  $s_{13} \cdot s_{14} \cdot \Gamma_r \cdot a_3$

Estas reflexiones producen error.

Para utilizar acoplos de alta relación de acoplamiento (-20dB) para reducir los

errores se debe tener en cuenta lo que si:

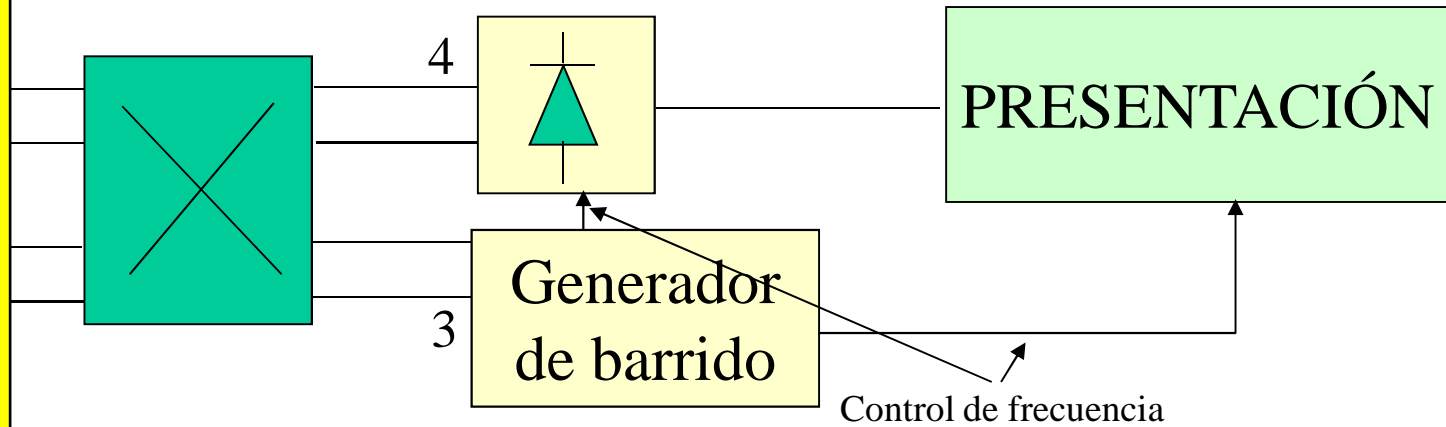
$$\begin{cases} s_{13} = 0.1 \\ s_{14} = 0.9950 \\ s_{34} < 0.01 \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} &\text{Señal directa de 3: } 0.01 a_3 \\ &\text{Señal reflejada en la referencia: } 0.099 a_3 |\Gamma_r| \end{aligned}$$



# PUENTE REFLECTOMÉTRICO

uso más respecto al puente de impedancia: se sustituye el oscilador generador por un generador de barrido para tener una medida en banda de frecuencia.

SE MANTIENE CONSTANTE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA DE TODOS LOS PUNTOS EN TODA LA BANDA.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



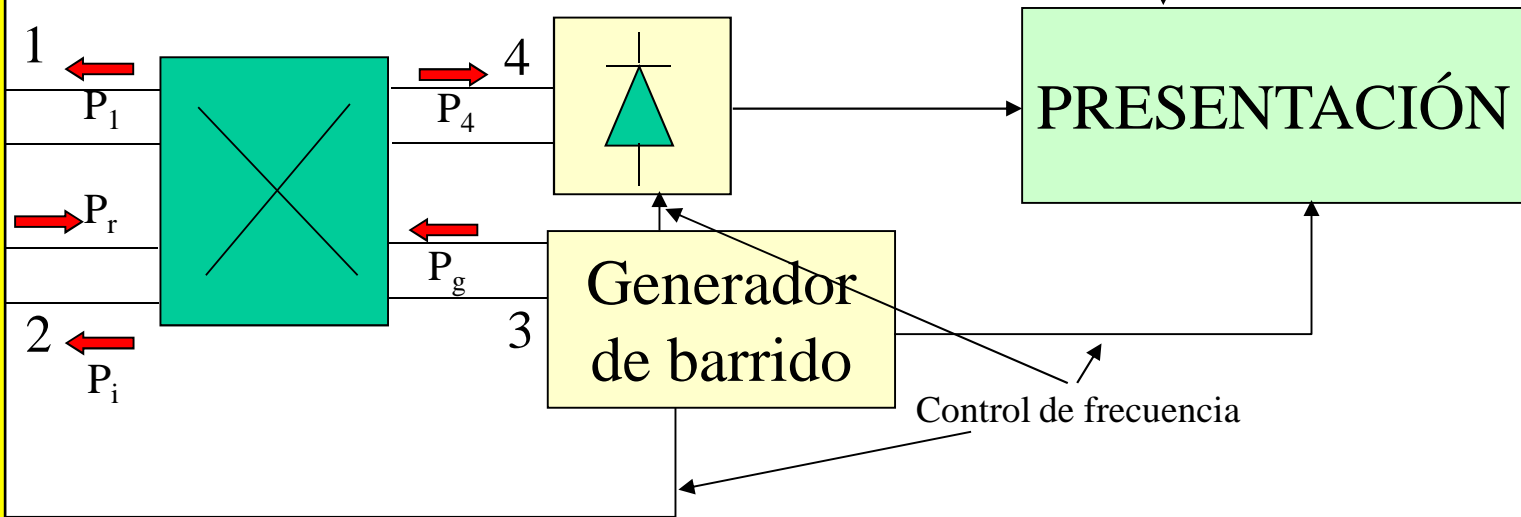


# BANCO REFLECTOMÉTRICO

uso más respecto al puente reflectométrico: se sustituye la carga de referencia por un reflector que, además de estar adaptado, proporciona una señal de referencia.

de mucho los errores debidos a las inestabilidades de los generadores

$$\left| \frac{P_4}{P_i} \right|^2 = \frac{P_r}{P_i} = \frac{\frac{P_4}{|s_{13}|^2}}{|s_{14}|^2 \cdot P_g} = \frac{\frac{P_4}{|s_{13}|^2}}{|s_{14}|^2 \cdot \frac{P_1}{|s_{13}|^2}} = \frac{P_4}{|s_{14}|^2 \cdot P_1} \approx \frac{P_4}{P_1} = \frac{I_4}{I_1}$$

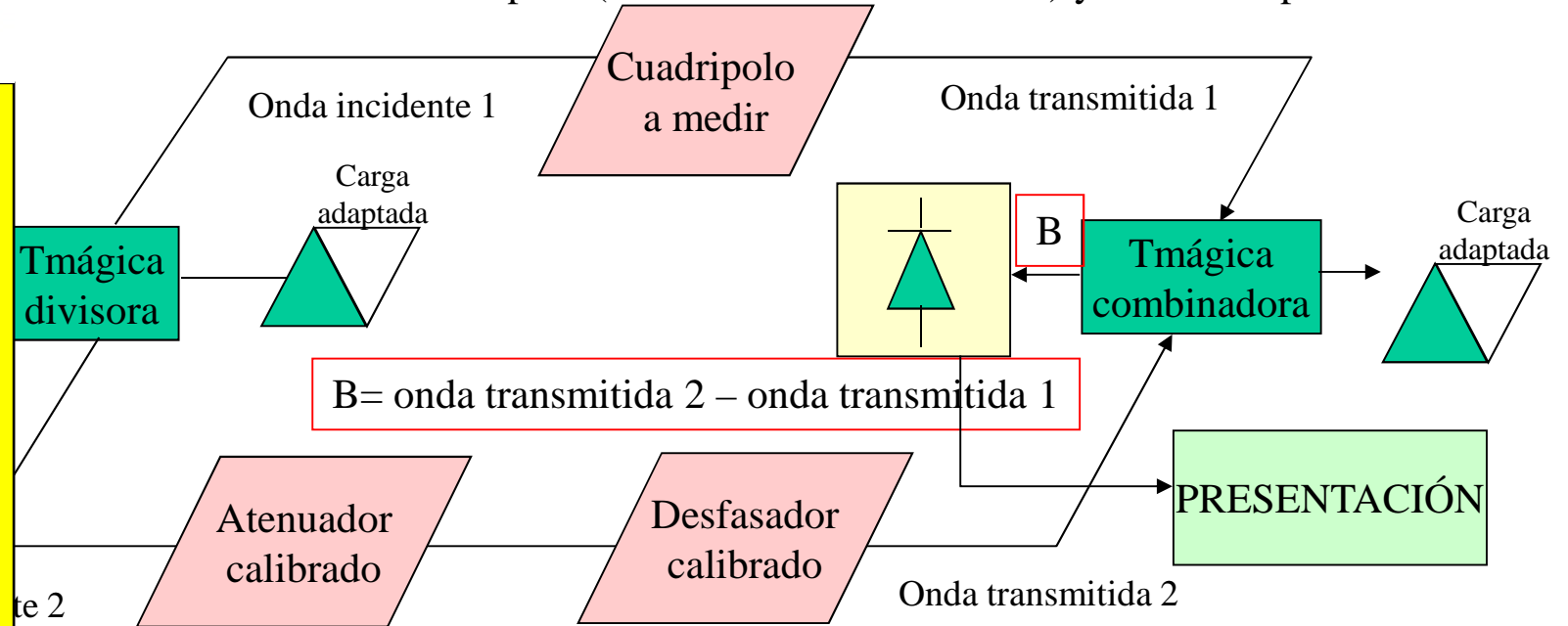


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# PUENTE INTERFEROMÉTRICO

Medida de cuadripolos por sustitución.

Potencia transmitida sin cuadripolo (calibración en transmisión) y con cuadripolo



Se divide en dos iguales en una T-mágica o una T.

La diferencia de potencia (E) de la T mágica es proporcional a la diferencia de las transmitidas en cada brazo se recoge en el

Si los elementos están bien calibrados la única forma de anular la señal en el brazo de referencia es que el cuadripolo a medir sea idéntico al de referencia.

# ANALIZADOR DE REDES

amente el único sistema de medida de impedancias que se emplea en la

ador escalar: mide solamente el módulo de los parámetros de transmisión o

ador vectorial: mide módulo y fase de los parámetros S.

ión se ha producido en una doble línea:

mento de prestaciones

abilidad, precisión, facilidad de manejo, rapidez, estabilidad, integración.

mento en frecuencia

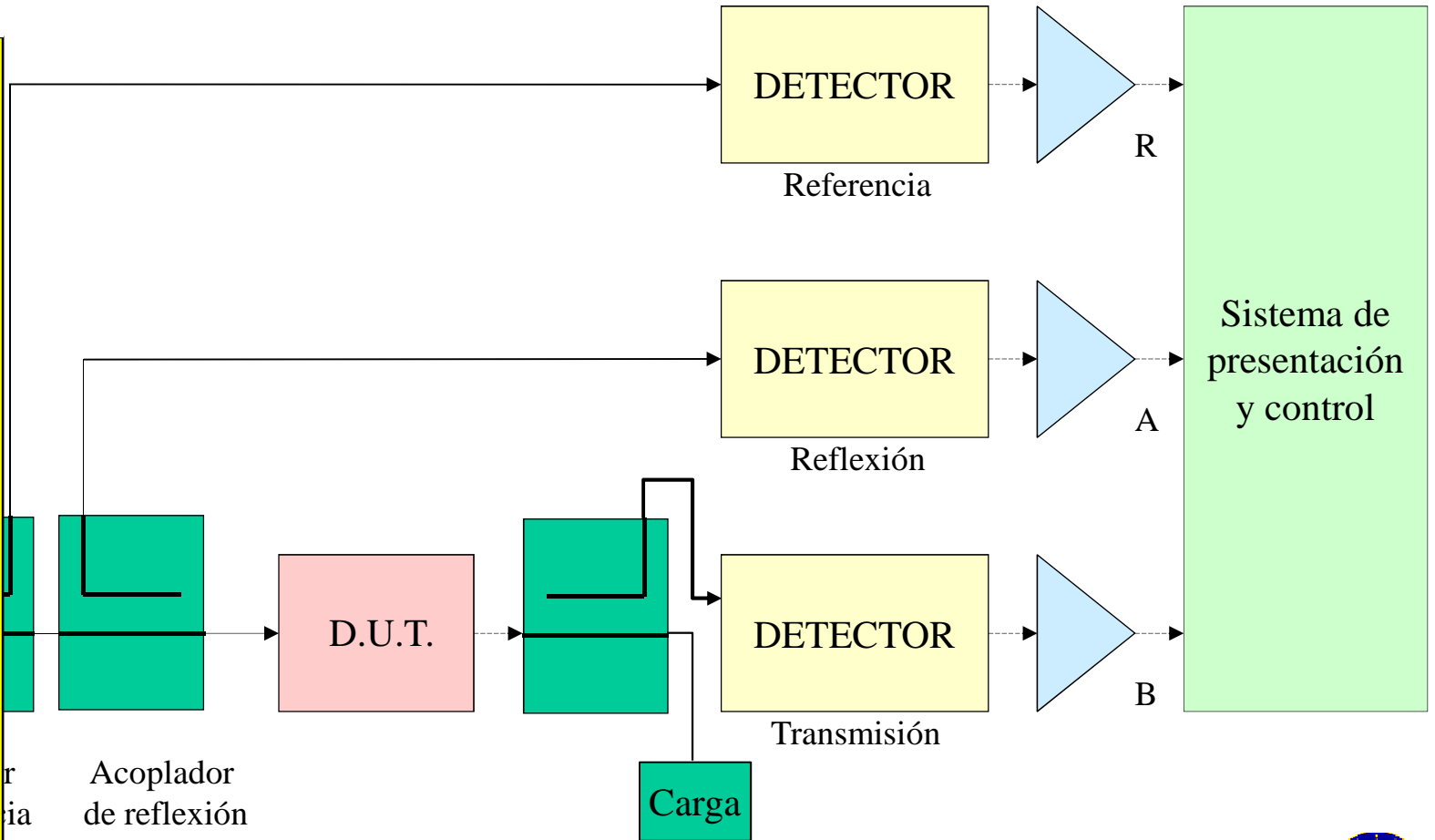
cremento del rango integrado.

lición de puentes externos para aumentar más la frecuencia.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# GRAMA DE BLOQUE DE UN ANALIZADOR ESCALAR

obtener las medidas de los módulos de transmisión y reflexión en de la frecuencia



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

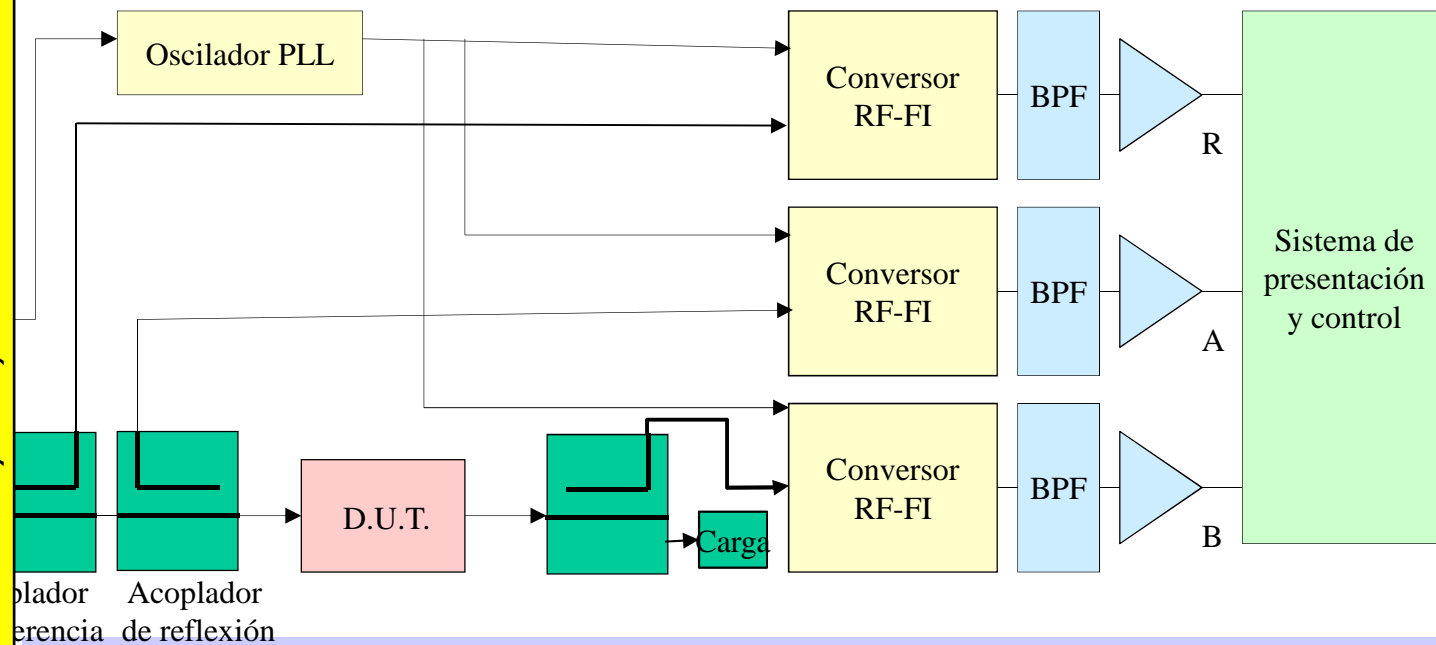
# GRAMA DE BLOQUE DE UN ANALIZADOR VECTORIAL (I)

es la medida de la amplitud y la fase de los parámetros S.

El analizador escalar: se sustituyen los circuitos detectores por conversores de de forma que se reduce la frecuencia de la señal a un valor suficientemente donde se puede obtener la frecuencia de salida en un voltímetro digital.

En frecuencias intermedias se obtienen mediante PLL enganchados a una muestra de señal. muy complejo si los márgenes de medida son grandes.

La sensibilidad llega a valores de -90 a -100dBm con márgenes dinámicos de 80 dB.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

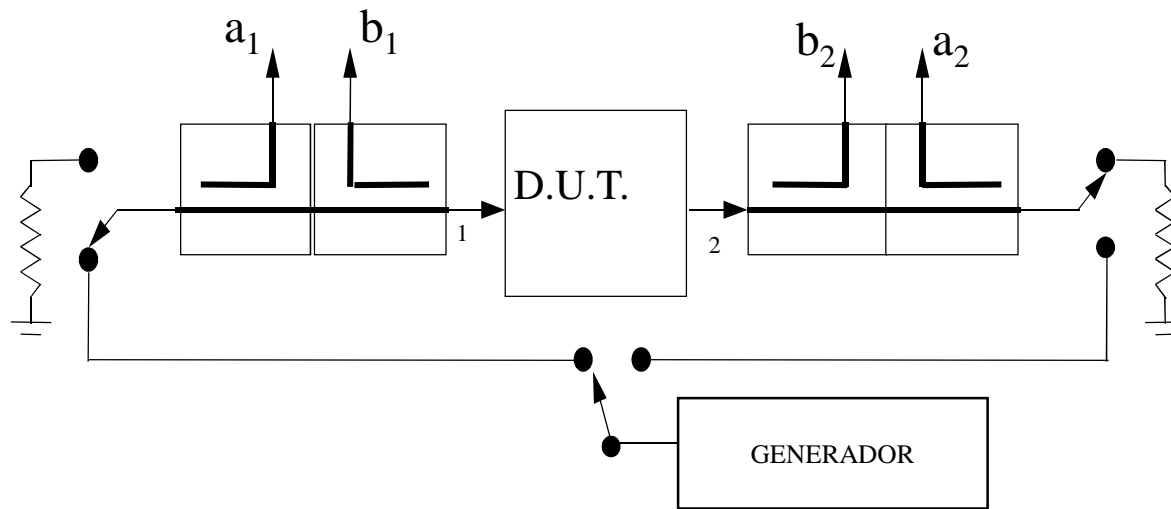
# GRAMA DE BLOQUE DE UN ANALIZADOR VECTORIAL (II)

ctómetro se usa un acoplador direccional:

do la banda total mediante circuitos de banda muy ancha.

te varios circuitos conmutados.

los cuatro parámetros sin necesidad de desconectarlo al sistema se disponen de los reflectómetros como se muestra en la figura.

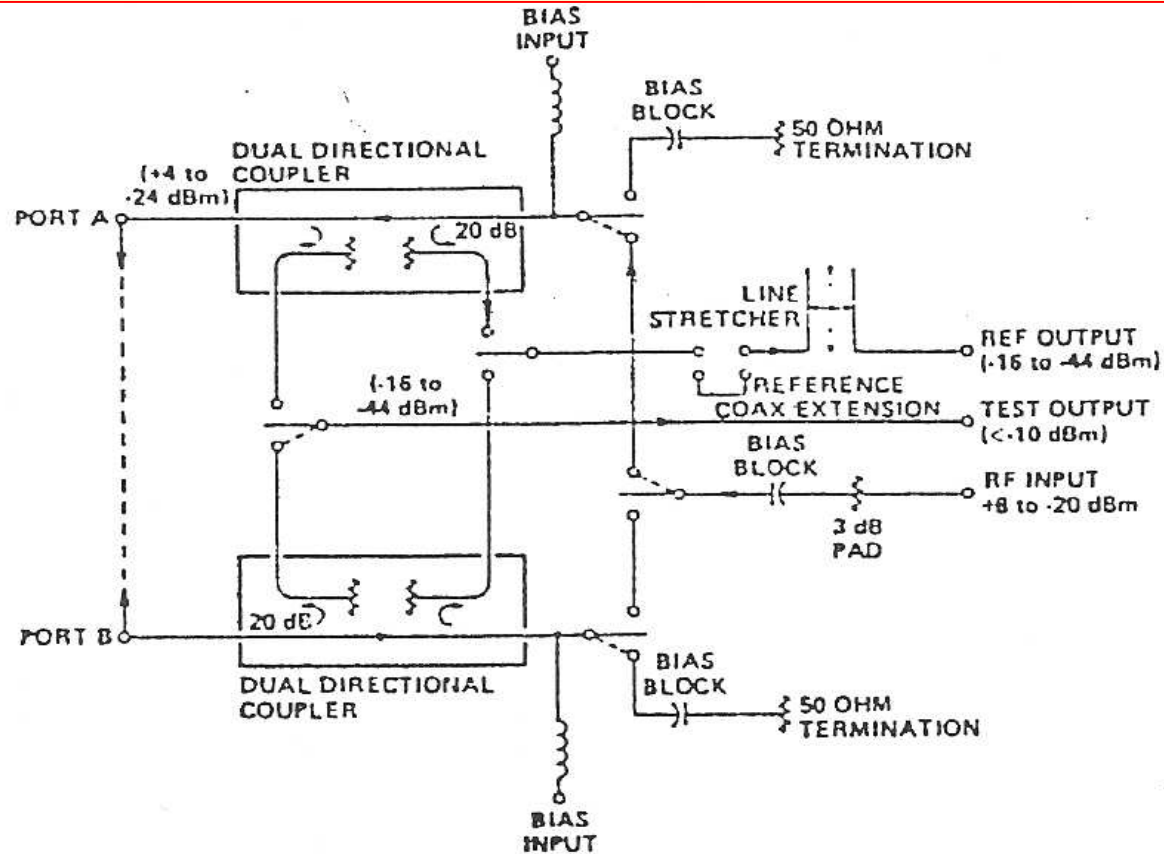


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



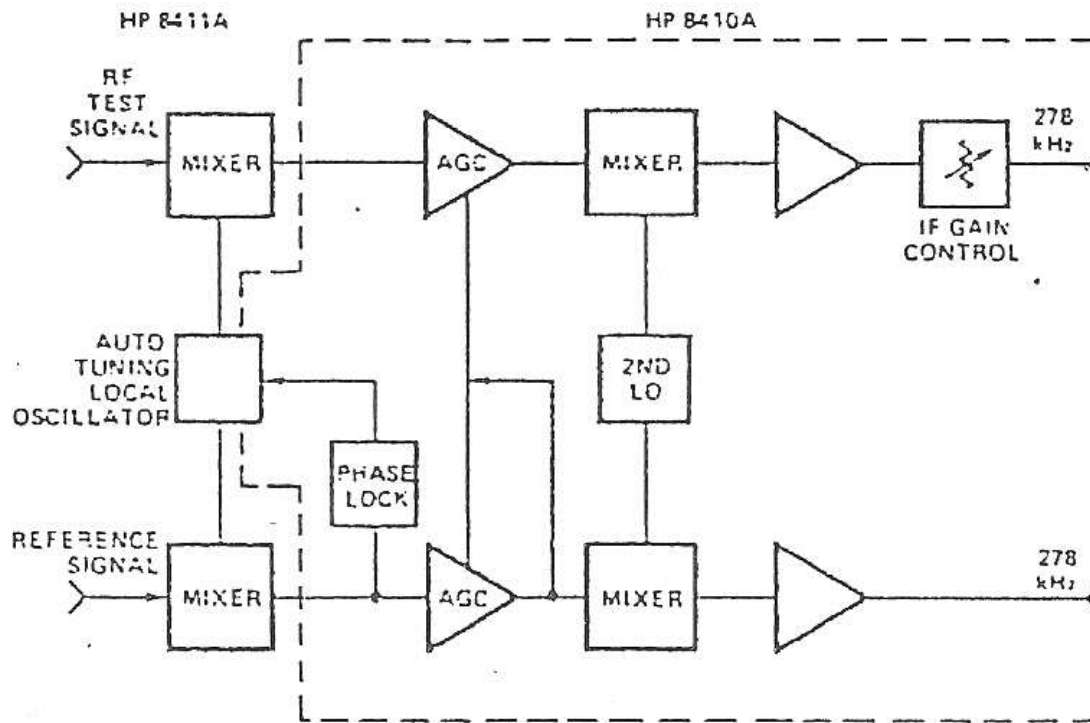
# ANALIZADOR VECTORIAL (III)

ferométrico con dos acopladores direccionales para evitar la conmutación. medida de la fase es necesaria la conversión de frecuencia a bandas inferiores. de un receptor de comparación o voltímetro vectorial.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# ANALIZADOR VECTORIAL (IV): receptor de comparación



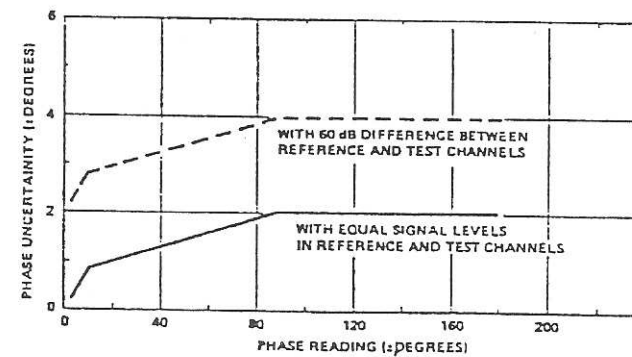
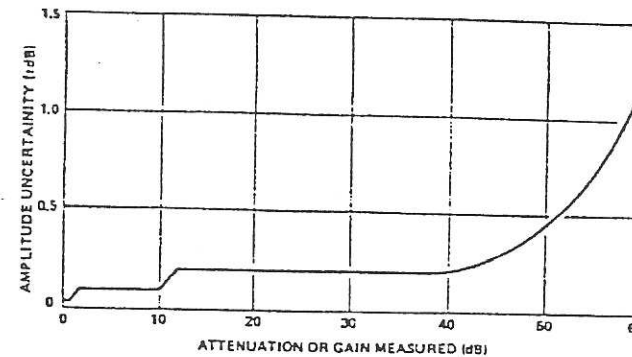
# ANALIZADOR VECTORIAL (V): prestaciones de los modelos iniciales

## TRANSMISIÓN

La precisión es muy buena, tanto en amplitud como en fase

**Amplitude accuracy (60 dB dynamic range)**  
 IF gain control: 69 dB in 10 dB and 1 dB steps.  
 $\pm 0.1$  dB/10 dB  
 $\pm 0.05$  dB/1 dB  $\pm 0.2$ dB maximum cumulative  
 Display: 0.08 dB/dB from midscreen.

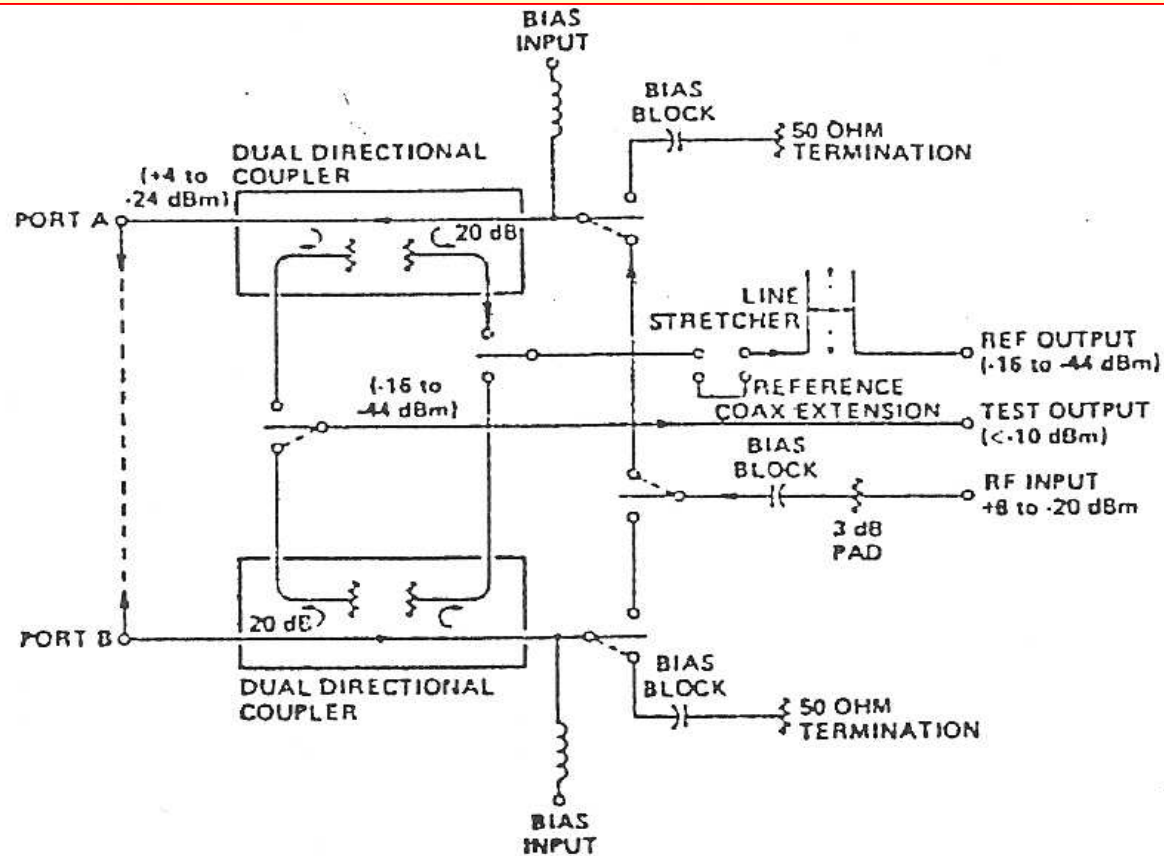
**Phase accuracy**  
 Phase offset:  $0.3^\circ/20^\circ$  step; maximum  $3^\circ$  for  $360^\circ$  change.  
 Display:  $0.065^\circ/\text{degree}$  from midscreen.  
 Connectors: RF Input, Type N female stainless steel; Measurement Ports, APC-7 precision 7-mm connectors.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# ANALIZADOR VECTORIAL (III)

ferométrico con dos acopladores direccionales para evitar la conmutación. medida de la fase es necesaria la conversión de frecuencia a bandas inferiores. de un receptor de comparación o voltímetro vectorial.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

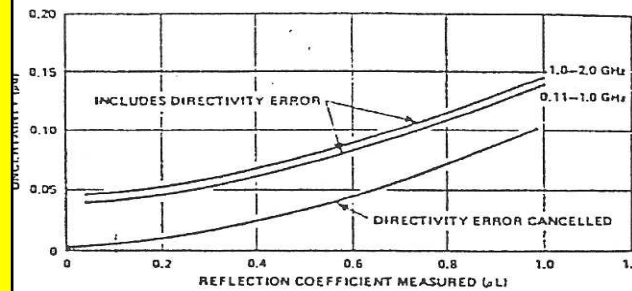


# LIZADOR VECTORIAL (VI): prestaciones de los modelos iniciales

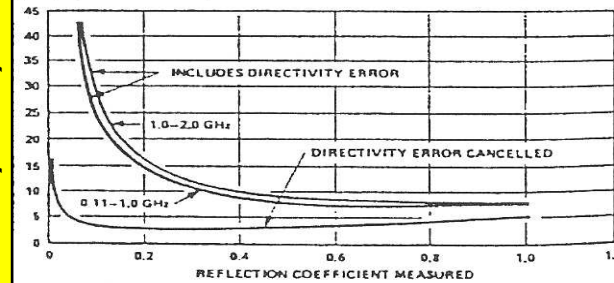
## REFLEXIÓN

ón no es tan buena, pero se pueden reducir los errores mediante calibración

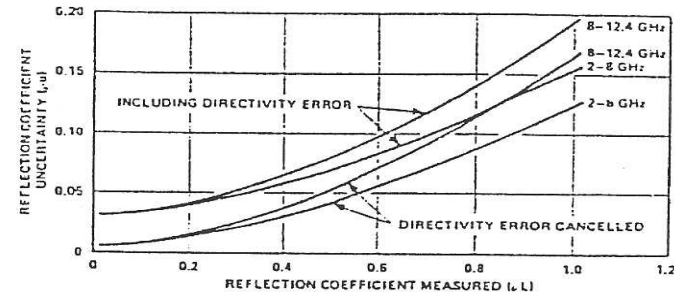
**Magnitude accuracy:**  
 $\rho_m = \pm (0.0398 + 0.03 \rho_L + 0.067 \rho_L^2)$  0.11–1.0 GHz.  
 $\rho_m = \pm (0.0447 + 0.03 \rho_L + 0.067 \rho_L^2)$  1.0–2.0 GHz.  
 $\rho_m$  = magnitude uncertainty.  
 $\rho_m$  = measured reflection coefficient magnitude.



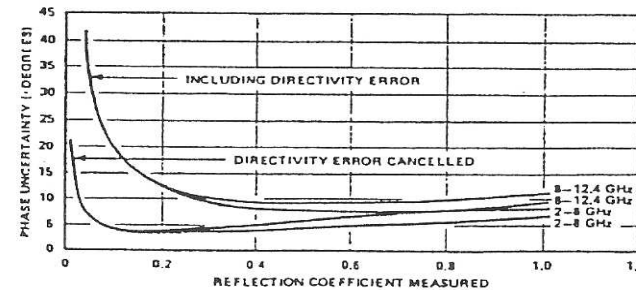
**Phase accuracy:**  
 $\phi_m = \sin^{-1} \rho_m / \rho_L$  for  $\phi_m < 90^\circ$ .  
 $\phi_m$  = phase uncertainty.



**Magnitude accuracy:**  
 $\rho_m = \pm (0.0316 + 0.03 \rho_L + 0.09 \rho_L^2)$  2–8 GHz.  
 $\rho_m = \pm (0.0316 + 0.03 \rho_L + 0.13 \rho_L^2)$  8–12.4 GHz.  
 $\rho_m$  = magnitude uncertainty.  
 $\rho_m$  = measured reflection coefficient magnitude.



**Phase accuracy:**  
 $\phi_m = \sin^{-1} \rho_m / \rho_L$  for  $\phi_m < \pm 90^\circ$ .  
 $\phi_m$  = phase uncertainty.

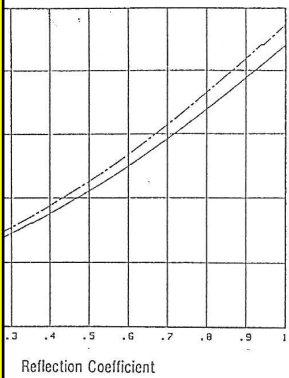


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

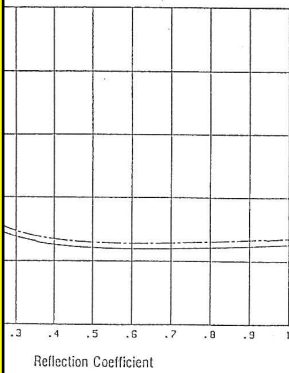


# ZADOR VECTORIAL (VII): prestaciones de equipos actuales

## REFLEXIÓN

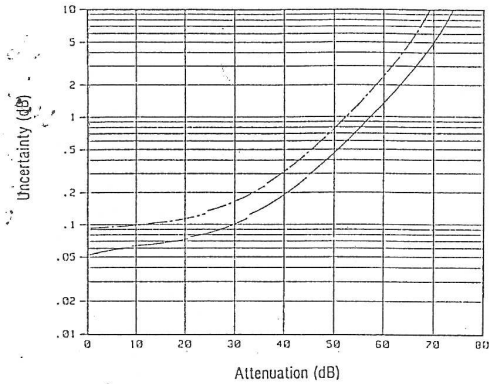


— 8 GHz  
 - - - 18 GHz  
 ····· 26.5 GHz

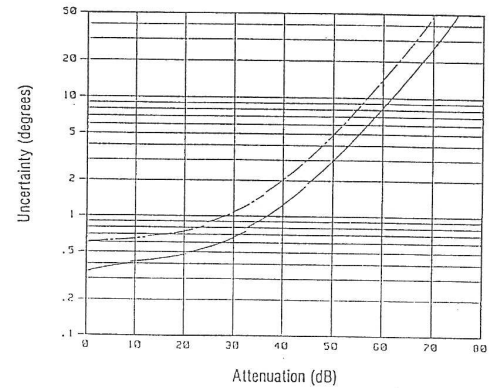


— 8 GHz  
 - - - 18 GHz  
 ····· 26.5 GHz

## TRANSMISIÓN



— 8 GHz  
 - - - 18 GHz  
 ····· 26.5 GHz

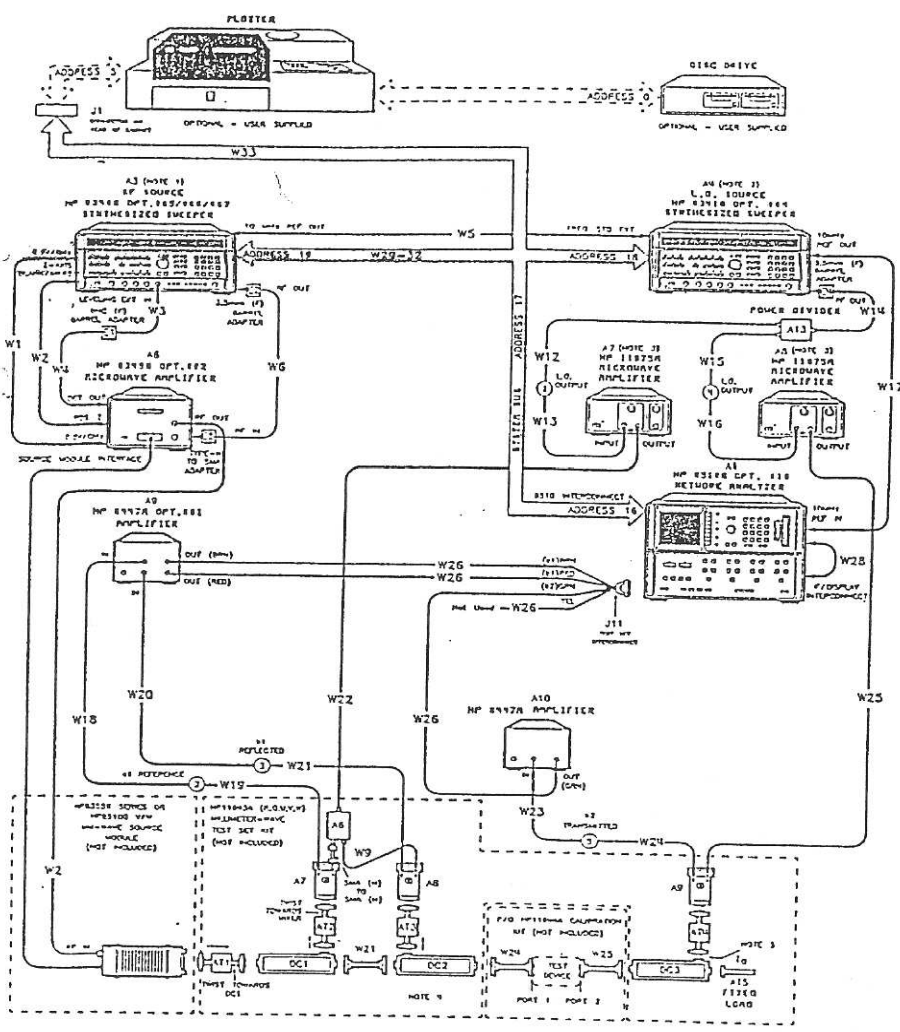


— 8 GHz  
 - - - 18 GHz  
 ····· 26.5 GHz

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# ZADOR VECTORIAL (VIII): aumento de frecuencia



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

## LIZADOR DE REDES: medidas en el dominio del tiempo

El analizador de redes consta de un receptor superheterodino:

EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

La transformada de Fourier en la Electrónica y en el Proceso Digital de Señal permite realizar mediciones en el dominio de la frecuencia. Para frecuencias digitales (a frecuencias cada vez mayores) que muestrean la señal y se realiza la transformada inversa de Fourier se puede obtener la respuesta en el dominio del tiempo:  $g(t) = \text{IFFT}(G(w))$

La transformada inversa de Fourier se puede obtener la respuesta en el dominio del tiempo:  $g(t) = \text{IFFT}(G(w))$

La respuesta en el dominio del tiempo es función de la anchura de banda en el dominio de la frecuencia.

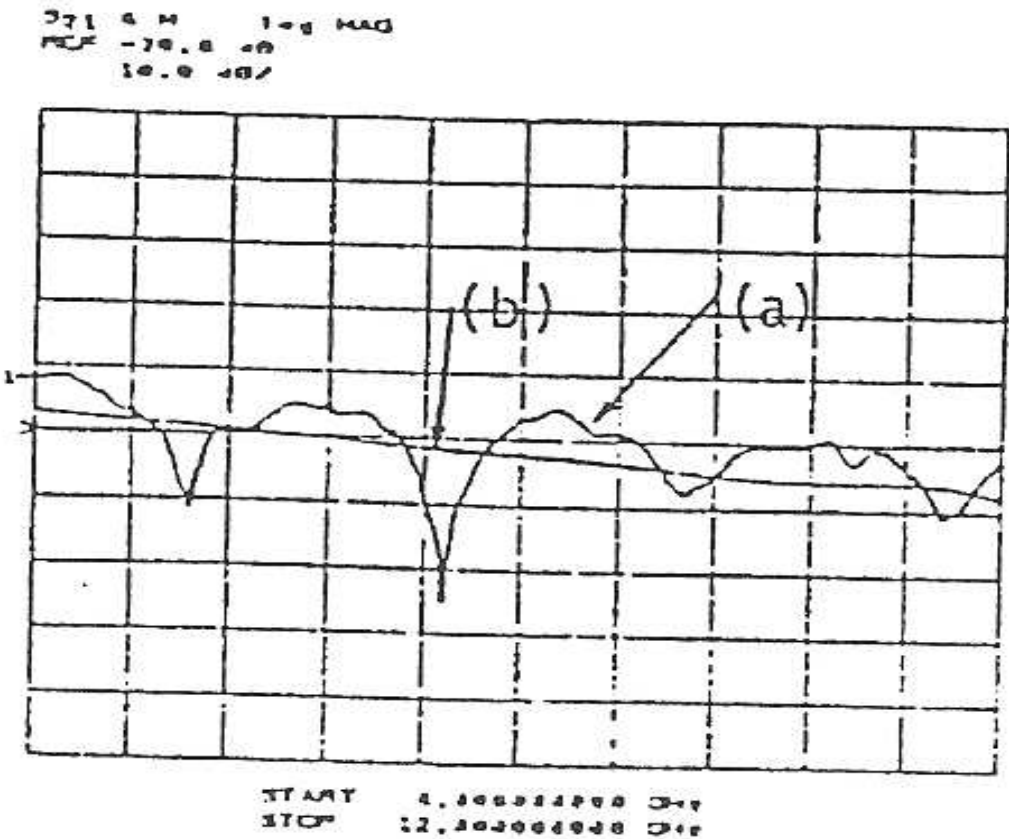
Adicionalmente se pueden emplear filtros digitales temporales que permiten obtener diferentes respuestas temporales.

Se aplican estas técnicas en las medidas de antenas en campos externos y en calibración de cables.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

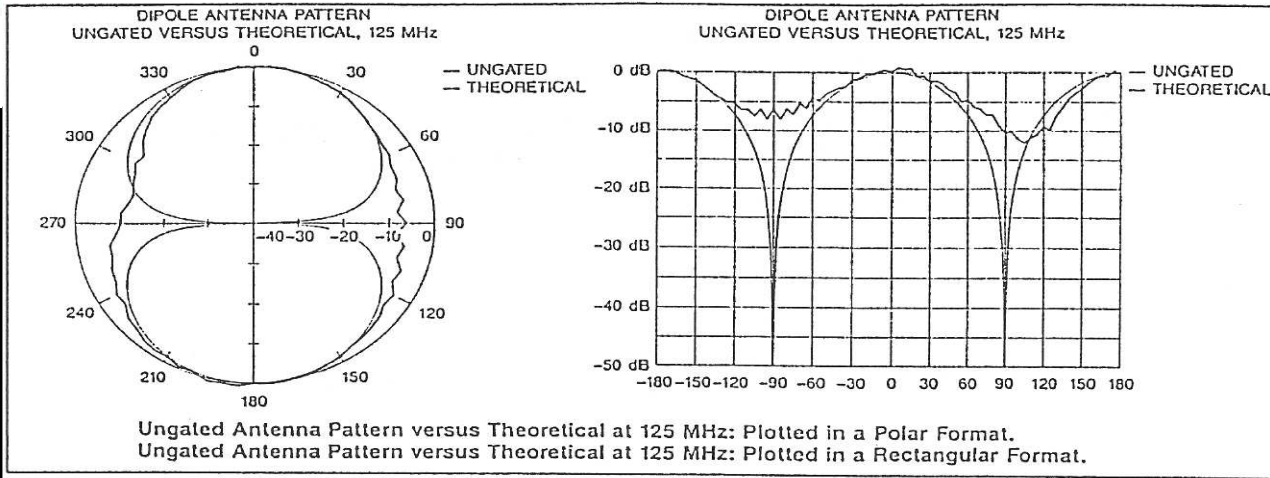
# LIZADOR DE REDES: medidas en el dominio del tiempo (II)

## ANTENNA TESTING GATED FREQ. DOMAIN

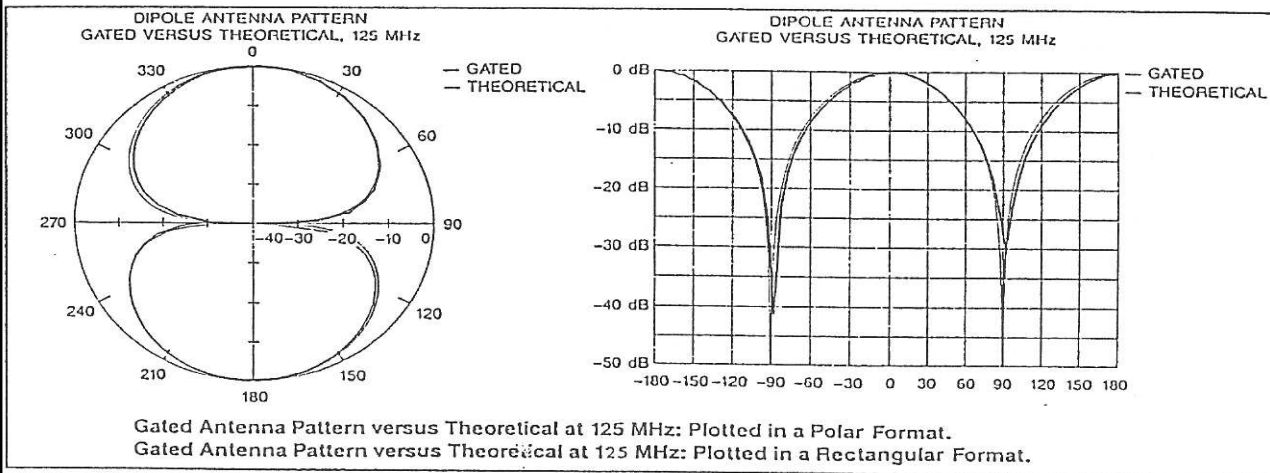


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# LIZADOR DE REDES: medidas en el dominio del tiempo (III)



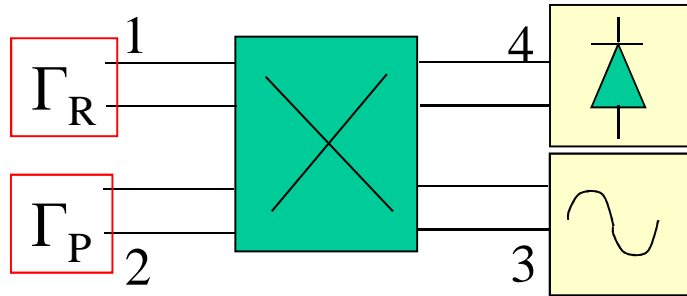
(a)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# ALIZADOR DE REDES: CALIBRACIÓN



parencia 13 se vio que la señal en el detector no era solamente la procedente de problema sino que se componía de otros términos.

inherentes al sistema y que no depende del cuidado que se ponga en la medida estimarlos para luego compensarlos en la medida correspondiente. Esta técnica

## la CALIBRACIÓN

de error:

para la medida de reflexión:

calibra sólo el puente reflectométrico.

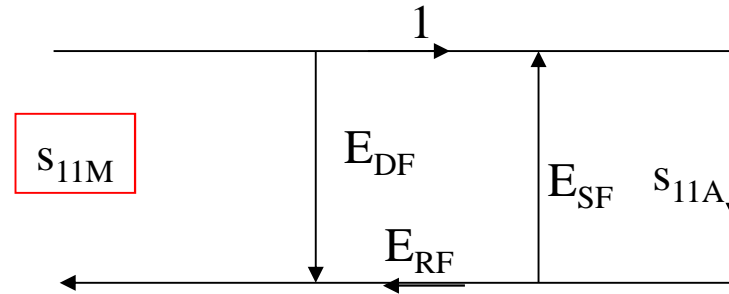
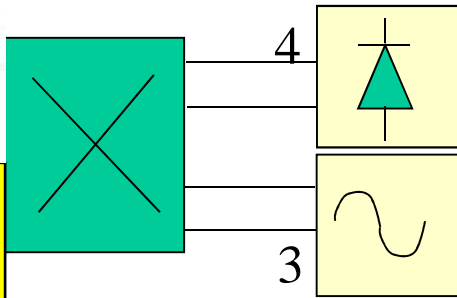
un modelo de una puerta con tres términos.

para la medida de reflexión y transmisión:

calibra el puente interferométrico completo.

un modelo de dos puertas con doce términos.

# LIZADOR DE REDES: calibración, modelo de tres términos.



o de partida: coeficiente de reflexión realmente medido,  $s_{11M}$

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

o de determinar el coeficiente de reflexión de la carga problema,  $s_{11A}$  en el grafo.

$$s_{11M} = E_{DF} + \frac{s_{11A} \cdot E_{RF}}{1 - s_{11A} \cdot E_{SF}}$$

## LIZADOR DE REDES: calibración, modelo de tres términos (II).

or se usan cargas patrón conocidas. Modelo ORL  
e tres términos usa tres cargas conocidas:

adaptada:  $s_{11A}=0 \Rightarrow s_{11M} = E_{DF}$

La imperfección en la carga adaptada hace que aparezca una circunferencia en lugar de un punto. Con varias medidas se estima el valor del centro de la circunferencia ( $s_{11M}$  con carga perfecta)

ortocircuito  $s_{11A} = -1$ .

cuito abierto  $s_{11A} = 1$ .

ión final de  $s_{11A}$  vale:

$$s_{11A} = \frac{s_{11M} - E_{DF}}{E_{SF} \cdot (s_{11M} - E_{DF}) + E_{RF}}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# ANALIZADOR DE REDES: calibración, modelo de doce términos (III).

...orar basta con tres cargas, pues se miden en las dos puertas y en los dos sentidos.  
 ...ORL: carga adaptada, cortocircuito, circuito abierto.

...ORL: cortocircuito, transmisión directa entre puertas, transmisión entre puertas a una línea de longitud conocida.

...DS:

...alores de los parámetros S medidos.

...alores de los parámetros S reales.

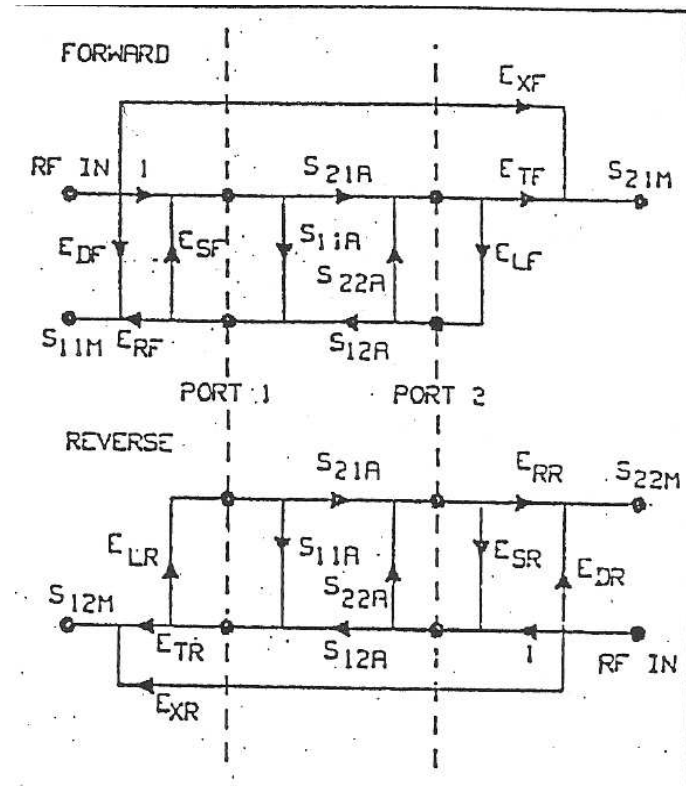
$E_{DR}$ : directividades directa e inversa.

$E_{XR}$ : aislamientos.

$E_{SR}$ : desadaptaciones de la fuente.

$E_{LR}$ : desadaptaciones de la carga.

$E_{TR}$ ,  $E_{RF}$  y  $E_{RR}$  : errores por frecuencia en y transmisión directa e inversa.



ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70  
 CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

# BIBLIOGRAFÍA



de notas de Agilent Technologies

ía de Microondas, técnicas experimentales, Miranda, Sebastián, Sierra  
da; Prentice Practica

--

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Apéndice

## Conectores en microondas

En las siguientes transparencias tiene un resumen, con sus fotografías de los principales tipos de conectores existentes en microondas.

--

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Conectores de RF



Cartagena99



**TIPO SMA: Macho y Hembra**  
 $F_{max}$ : 18 GHz



**TIPO APC-7: Sin sexo**  
 $F_{max}$ : 18 GHz



**TIPO N: Macho y Hembra**  
 $F_{max}$ : 18 GHz



**TIPO BNC: Macho y Hembra**  
 $F_{max}$ : 4 GHz



**TIPO 1,85 mm: Hembra**  
 $F_{max}$ : 65 GHz



**TIPO 2,4 mm: Macho y Hembra**  
 $F_{max}$ : 50 GHz



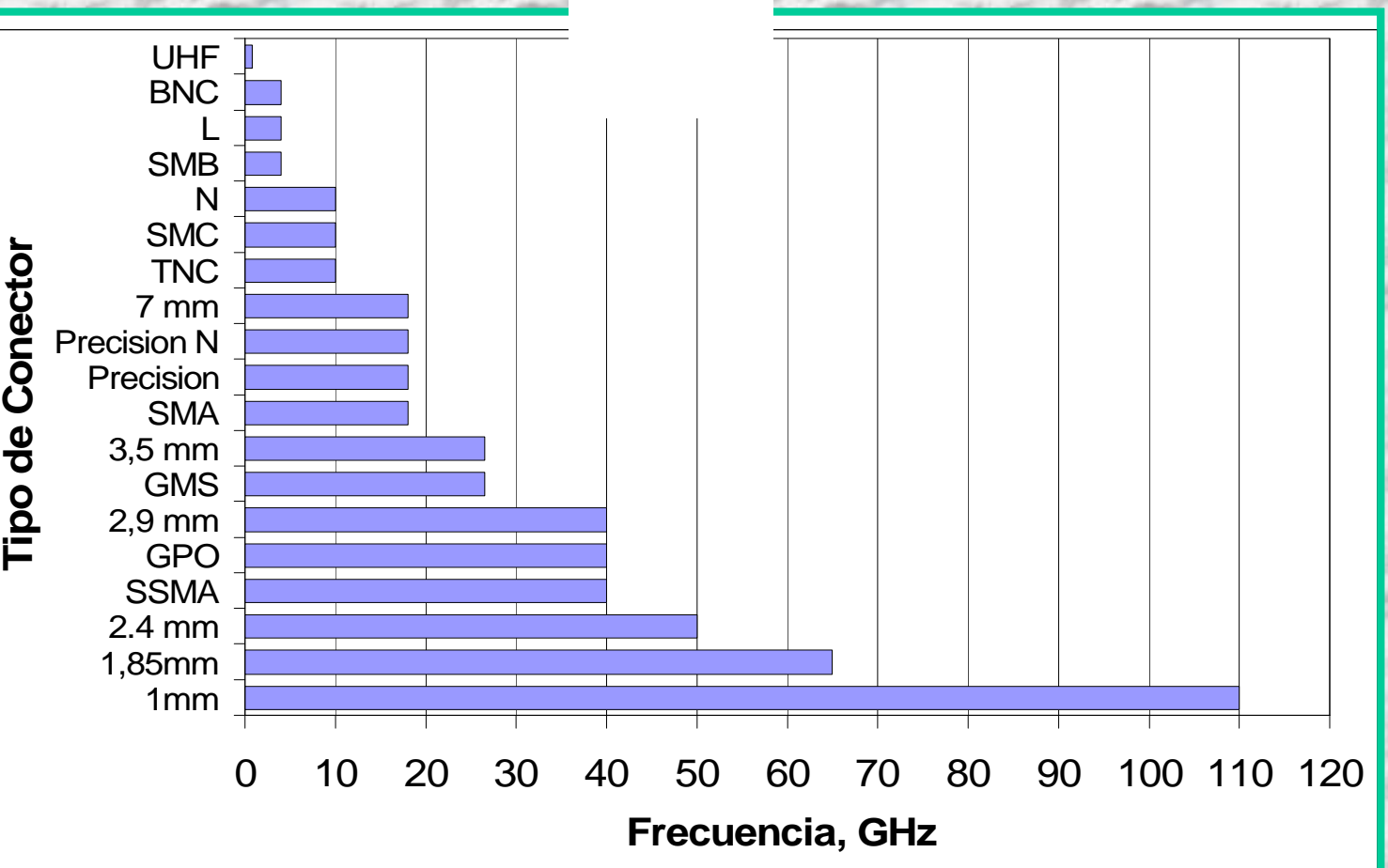
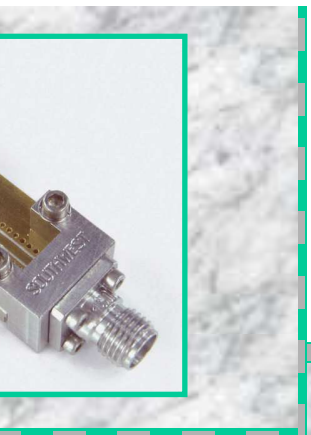
**TIPO 2,92 mm: Macho y Hembra**  
 $F_{max}$ : 40 GHz



**TIPO 3,5 mm: Macho y Hembra**  
 $F_{max}$ : 26,5 GHz

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Rango de Frecuencias



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

FACTORES	FOTO	FRECUENCIA MÁXIMA	DIELÉCTRICO	OBSERVACIONES
		4 GHz	PTFE	Bell Labs.
		11 GHz (normal) 18 GHz (precisión)	PTFE	Bell Labs.
ure A)		12,4 GHz (normal) 18 GHz (precisión)	PTFE	B. Scintilla Corp. Omni-Spectra Corp.
7		18 GHz	PTFE	HP and Amphenol
n		26,5 GHz	AIRE	HP
/K		40 GHz	AIRE	K es una versión de Anritsu del 2.92mm
n		50 GHz	AIRE	HP/Amphenol/ M/A-COM
/V		65 GHz	AIRE	HP/ "V" es la versión 1.85 de Anritsu



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# COMPATIBILIDAD ENTRE CONECTORES

5mm

Hasta 4 GHz	No adecuado						
No adecuado	Hasta 12/18GHz						
		Hasta 18 GHz					
			Hasta 18 GHz				
				Hasta 26,5 GHz	Hasta 26,5 GHz		
				Hasta 26,5 GHz	Hasta 40 GHz		
						Hasta 50 GHz	Hasta 50 GHz
						Hasta 50 GHz	Hasta 65 GHz

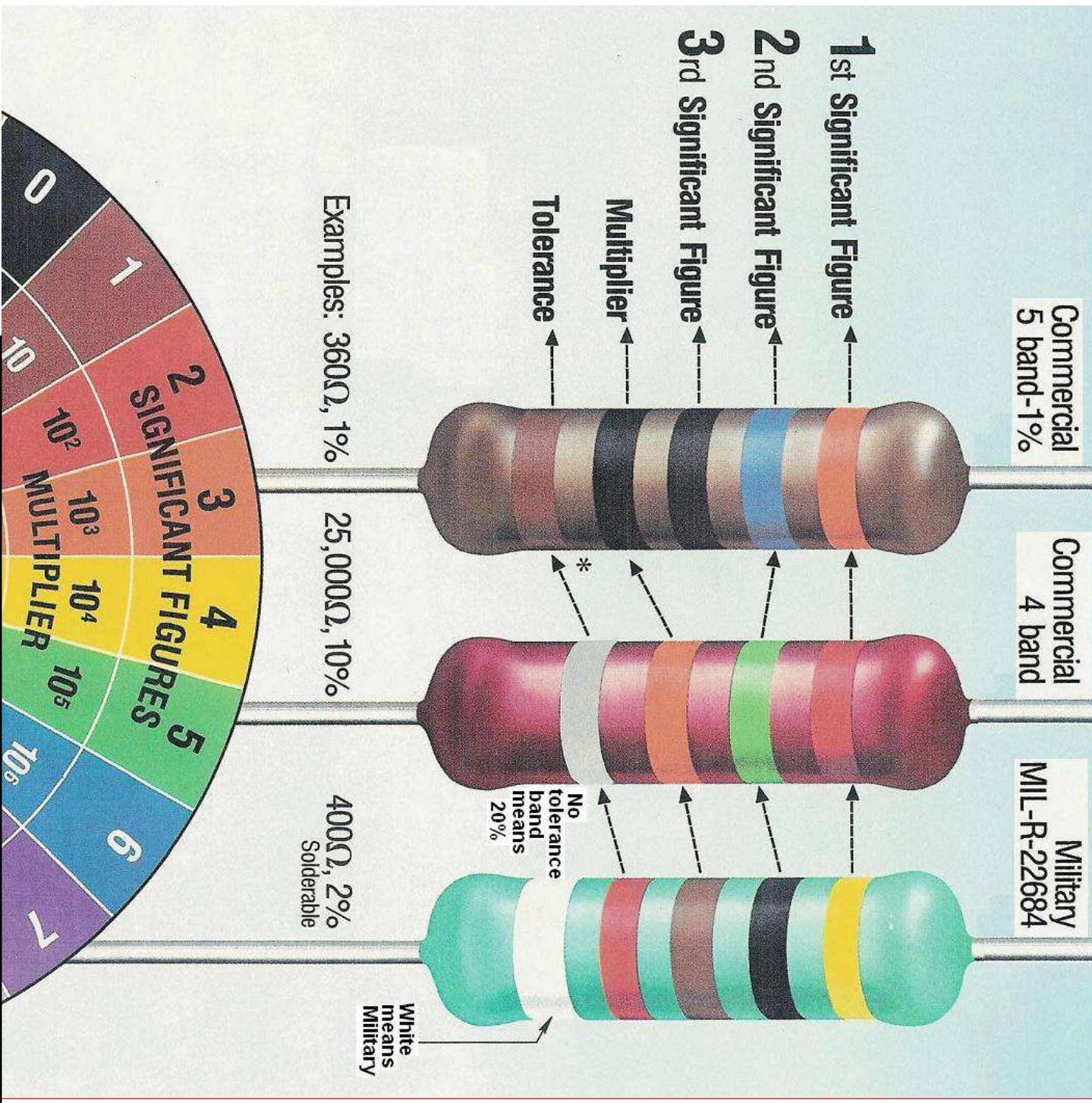
**ALMENTE PROHIBIDO** **PRECAUCIÓN,** **COMPATIBLE** **PERO** **DISTINTA**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Resistor Color Code Chart



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70