



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

O.81

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

SERIE O: ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS DE
MEDIDA

Aparatos de medida para parámetros analógicos

**Aparato de medida del retardo de grupo en
circuitos de tipo telefónico**

Recomendación UIT-T O.81

Extracto del **Libro Azul Fascículo IV.4 (1988)**

NOTAS

- 1 La Recomendación UIT-T O.81 se publicó en el fascículo IV.4 del *Libro Azul*. Este fichero es un extracto del *Libro Azul*. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del *Libro Azul*, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (véase a continuación).
- 2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1984, 1988, 1993, 1997

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

**APARATO DE MEDIDA DEL RETARDO DE GRUPO
EN CIRCUITOS DE TIPO TELEFÓNICO**

(Ginebra, 1972)

Se describen las características de un aparato de medida del retardo de grupo en circuitos de tipo telefónico. Será necesario observar estas características para asegurar la compatibilidad de los equipos normalizados por el CCITT, producidos por diferentes fabricantes.

1 Principio de la medición

Cuando se mide la distorsión de retardo de grupo en una línea (medida directa), es necesario disponer en el extremo receptor de una señal de demodulación de fase cuya frecuencia corresponda exactamente a la frecuencia moduladora en el extremo transmisor, y cuya fase no varíe durante la medida. En el sistema que se propone, esa frecuencia se genera en el receptor mediante un oscilador divisor de frecuencia controlado por una portadora de referencia de frecuencia fija (1,8 kHz). La portadora de referencia está modulada en amplitud por la misma frecuencia de modulación que la portadora de medida, y se transmite por el circuito medido alternándola periódicamente con la portadora de medida. Al pasar de la portadora de medida a la de referencia no debe producirse ninguna variación brusca de fase o de amplitud en la señal transmitida. La portadora de referencia se modula además en amplitud mediante una señal de identificación.

Si el circuito medido presenta un retardo de grupo o una atenuación diferente para la portadora de medida y para la portadora de referencia, aparecerá una variación brusca de fase o de amplitud a su salida en el momento en que se cambia la portadora en el receptor. Se evalúa esta variación brusca de fase o de amplitud en el receptor del aparato de medida. Este receptor está provisto de un medidor de fase, para las medidas del retardo de grupo, que incluye el oscilador de frecuencia mencionado, cuya fase se ajusta automáticamente al valor medio de las fases de las frecuencias de modulación transmitidas con las portadoras de medida y de referencia. La tensión de la frecuencia aplicada al medidor de fase se toma de la salida de un demodulador de amplitud, que puede utilizarse simultáneamente para medir las variaciones de amplitud. A fin de poder identificar la frecuencia de medida en el extremo receptor, especialmente durante las mediciones con barrido de frecuencia, puede utilizarse un discriminador de frecuencia.

Si la frecuencia de la portadora de medida es distinta de la frecuencia de la portadora de referencia durante la medida, y si el circuito medido presenta distintos valores de retardo de grupo y de atenuación para las dos frecuencias, aparecerán a la salida del medidor de fase, del demodulador de amplitud y del discriminador de frecuencia del receptor señales cuadradas de amplitud proporcional a los resultados de medida respectivos (referidos a la frecuencia de la portadora de referencia) y cuya frecuencia corresponde a la frecuencia de cambio de portadora en el extremo transmisor. Subsiguientemente se evalúan estas tres señales cuadradas mediante rectificadores controlados y se obtienen indicaciones, con el signo adecuado, de las diferencias de distorsión de retardo de grupo, de atenuación y de frecuencia de medición entre la portadora de medida y la de referencia.

2 Características técnicas

2.1 Transmisor

La frecuencia de modulación debe ser de 41,66 Hz (= 1000 Hz/24). Con esta señal, la portadora de referencia y la de medida se modulan en amplitud (40%). Se transmiten las dos bandas laterales, y el factor de distorsión de modulación debe ser inferior al 1%. El paso de la portadora de medida a la de referencia se efectúa en 100 microsegundos, como máximo. La frecuencia de cambio de portadora está invariablemente relacionada con la frecuencia de modulación por una división de frecuencia binaria, y su valor es de 4,166 Hz (41,66 Hz/10). El cambio de portadora se produce en el momento en que la envolvente de modulación pasa por un mínimo. Son admisibles las desviaciones de hasta $\pm 0,2$ milisegundos. La frecuencia portadora no transmitida debe quedar siempre atenuada 60 dB, como mínimo, con relación a la señal transmitida.

La señal de identificación de la portadora de referencia está también invariablemente relacionada con la frecuencia de modulación. Se obtiene la frecuencia que se le ha asignado, 166,6 Hz, multiplicando por 4 la frecuencia de modulación, o dividiendo 1 kHz por 6. La señal rectangular de identificación, obtenida por división de frecuencia a partir de una señal de 1 kHz, puede utilizarse para la modulación directa después de pasar por un filtro RC paso bajo con una constante de tiempo $T = 0,43$ ms, ya que no es necesaria una senoide pura en este caso. El porcentaje de modulación es 20%. La señal de identificación sólo se transmite durante los últimos 24 milisegundos del periodo en que se transmite la portadora de referencia. La figura 1/O.81 ilustra la forma de las diferentes señales en el extremo transmisor, en función del tiempo.

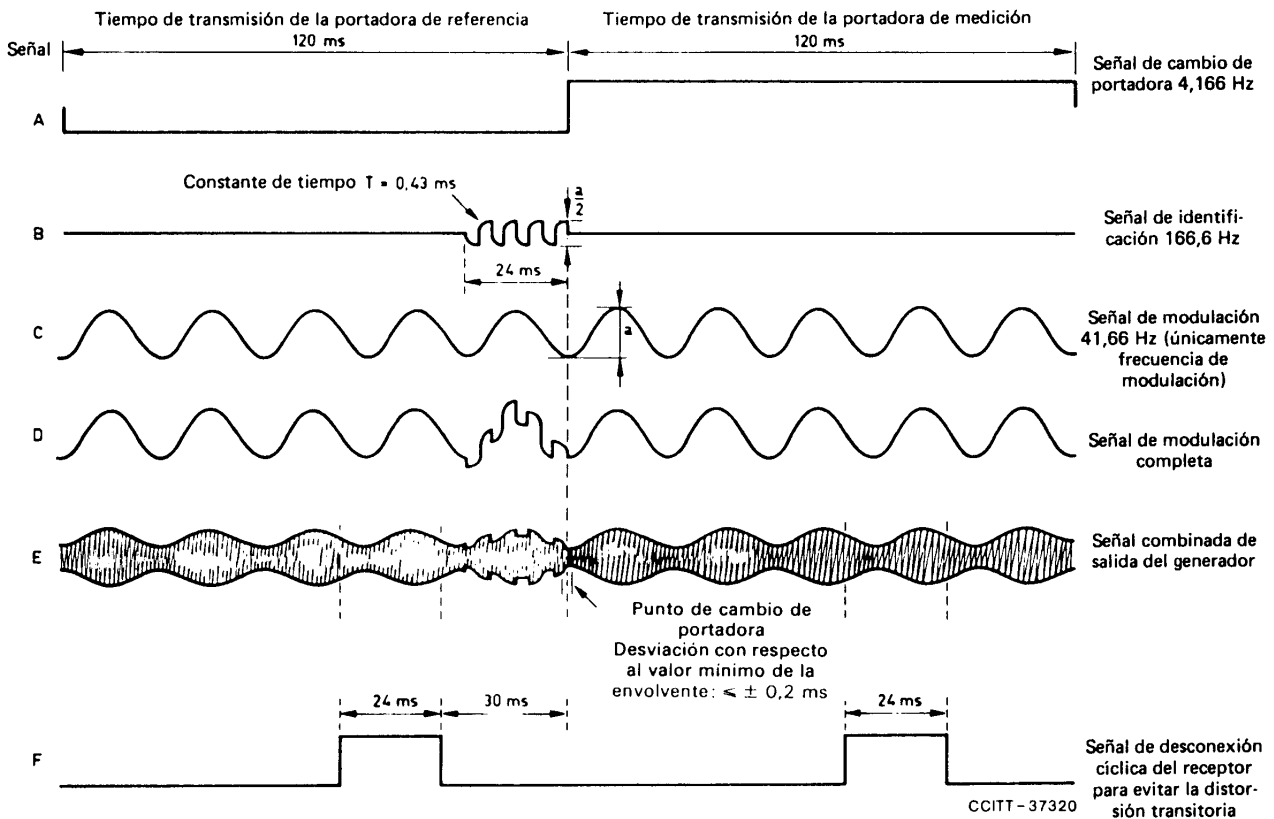


FIGURA 1/O.81

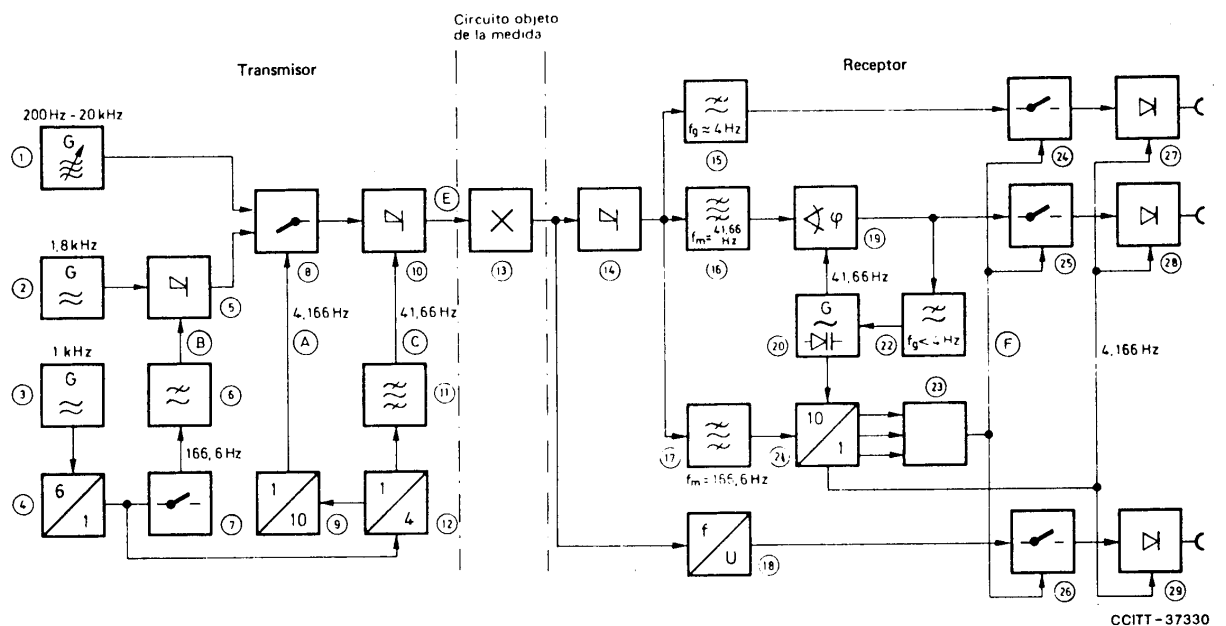
Señales del aparato de medida del retardo de grupo

2.2 Receptor

2.2.1 Medida del retardo de grupo (véase la figura 2/O.81)

La señal procedente del circuito medido se demodula, y la frecuencia de modulación resultante de 41,66 Hz se separa por medio de un filtro paso banda. La tensión de modulación obtenida está modulada en cuadratura de fase, siendo la frecuencia de la modulación de fase equivalente a la frecuencia de cambio de portadora (4,166 Hz). La desviación de fase es proporcional a la diferencia de retardo de grupo entre la portadora de medición y la de referencia. La demodulación de fase se efectúa en un medidor de fase, cuya segunda entrada está alimentada, por ejemplo, por un oscilador de 1 kHz, mediante un divisor de frecuencia 24 : 1. Este oscilador constituye un bucle de control de fase, del que forman parte el medidor de fase y un filtro paso bajo que elimina la frecuencia de cambio de portadora. De este modo, la frecuencia de modulación producida en el receptor corresponde exactamente a la frecuencia de modulación procedente del transmisor.

A la salida del medidor de fase se obtiene una señal cuadrada de 4,166 Hz con una amplitud proporcional al resultado de la medida. A fin de poder evaluar correctamente esta señal es preciso rectificarla. La tensión de control necesaria se deriva de la frecuencia de modulación producida en el receptor por división de frecuencia (10 : 1). La posición correcta de fase con respecto a la señal transmitida está asegurada por la señal de identificación de 166,6 Hz. El rectificador controlado está conectado a un instrumento indicador y a la salida de corriente continua.



CCITT - 37330

- | | | | |
|--------------|--|------------|--|
| 1 | oscilador (frecuencia de medida) | 14 | demodulador de amplitud |
| 2 | oscilador (frecuencia de referencia) | 17 | filtro paso banda (frec. de ident.) |
| 3 | oscilador, 1 kHz | 18 | discriminador de frecuencia |
| 4, 9, 12, 21 | divisores de frecuencia | 19 | medidor de fase |
| 5, 10 | moduladores de amplitud | 20 | oscilador controlado |
| 6, 15, 22 | filtros paso bajo | 23 | circuito AND |
| 7 | puerta para la señal de identificación | 24, 25, 26 | puertas |
| 8 | conmutador de cambio de portadora | 27, 28, 29 | rectificadores controlados |
| 11, 16 | filtros paso banda (frec. de mod.) | | Señales A a F (véase la figura 1/O.81) |
| 13 | circuito medido | | |

FIGURA 2/O.81

Principio del aparato de medida del retardo de grupo

2.2.2 Medida de la amplitud

Si la medida de amplitud debe también referirse a la portadora de referencia, la señal a la salida del demodulador de amplitud (onda cuadrada de 4,166 Hz, proporcional a Δa) puede evaluarse en la forma descrita para la medida del retardo de grupo. Es posible, además, indicar la amplitud absoluta de cada una de las portadoras.

2.2.3 Medida de la frecuencia

Para las medidas con barrido de frecuencias es necesario producir en el receptor una tensión proporcional a la frecuencia de medida. Puede conseguirse esto con ayuda de un discriminador de frecuencia cuya tensión de salida se aplica a un rectificador controlado. El resultado de la medida es la diferencia de frecuencia entre la portadora de medida y la de referencia. Facultativamente, puede indicarse únicamente la frecuencia portadora de medida.

2.2.4 Supresión de la distorsión transitoria

Al pasar de una portadora a otra pueden producirse distorsiones transitorias en el circuito medido, así como en el receptor. Estas señales interferentes pueden suprimirse mediante circuitos puerta, los cuales permiten el funcionamiento de los correspondientes dispositivos de medida sólo durante los periodos indicados en la figura 1/O.81.

3 Características generales

La salida del transmisor y la entrada del receptor deben ser simétricas y estar aisladas de tierra. Debe ser posible aplicar una corriente continua máxima de aproximadamente 100 mA a los instrumentos de medida conectados, a fin de mantener el bucle de medida.

4 Especificaciones del aparato de medida del retardo de grupo en circuitos de tipo telefónico

4.1 Condiciones generales

4.1.1 Precisión de las medidas del retardo de grupo (véase también el § 4.2.1):

– 200 Hz a 400 Hz	$\leq \pm 100$ microsegundos	} $\pm 3\%$ de la gama de medida ¹⁾
– 400 Hz a 600 Hz	$\leq \pm 30$ microsegundos	
– 600 Hz a 1 kHz	$\leq \pm 10$ microsegundos	
– 1 kHz a 20 kHz.....	$\leq \pm 5$ microsegundos	

A las temperaturas no comprendidas entre +15 °C y +35 °C, las variaciones de la frecuencia de modulación pueden influir en la precisión indicada y dar lugar a un error de medida de 4% en lugar de 3% (véase el § 4.1.4).

El error adicional debido a las variaciones de amplitud no excederá de los siguientes valores:

– variaciones de hasta 10 dB	± 5 microsegundos
– variaciones de hasta 20 dB	± 10 microsegundos
– variaciones de hasta 30 dB	± 20 microsegundos

4.1.2 Frecuencia de medida de 200 Hz a 20 kHz

4.1.2.1 Precisión de la frecuencia de medida:

– en la gama de temperaturas de +15 °C a +35 °C	$\leq \pm 1\%$ de la frecuencia real leída ± 10 Hz
– en la gama de temperaturas de +5 °C a +50 °C	$\leq \pm 2\%$ de la frecuencia real leída ± 10 Hz

4.1.3 Frecuencia de referencia 1,8 kHz

(con ajuste por nonio para eliminar los tonos interferentes coincidentes).

Debe ser posible introducir dos frecuencias de referencia adicionales para aumentar la precisión en los bordes de la banda.

4.1.3.1 Precisión de la frecuencia de referencia:

– en la gama de temperaturas de +15 °C a +35 °C	$\leq \pm 1\%$
– en la gama de temperaturas de +5 °C a +50 °C	$\leq \pm 3\%$

Estas condiciones deben cumplirse por razones de compatibilidad entre los equipos producidos por diferentes fabricantes.

4.1.4 Frecuencia de modulación (1 kHz/24)²⁾:

– gama de temperaturas de +15 °C a +35 °C	41,66 Hz $\pm 0,5\%$
– gama de temperaturas de +5 °C a +50 °C	41,66 Hz $\pm 1\%$

4.1.4.1 Índice de modulación²⁾ $m = 0,4 \pm 0,05$

4.1.4.2 Factor de distorsión de la modulación^{2), 3)} $\leq 1\%$

4.1.5 Frecuencia de identificación (1 kHz/6) derivada de la frecuencia de modulación²⁾ 166,6 Hz

4.1.5.1 Índice de modulación²⁾ $m = 0,2 \pm 0,05$

4.1.5.2 Tiempo de transmisión de la señal de identificación²⁾ últimos 24 milisegundos del periodo de transmisión de la frecuencia de referencia

4.1.5.3 El comienzo de la señal de identificación debe dar lugar a una disminución de la amplitud de la portadora (como indica la figura 1/O.81).

¹⁾ La gama de medida es el valor indicado por la desviación a tope de escala para la gama considerada.

²⁾ Estas condiciones deben cumplirse por razones de compatibilidad entre los equipos producidos por diferentes fabricantes.

³⁾ El factor de distorsión de la modulación está expresado por:

$$\frac{\text{valor eficaz de las bandas laterales no deseadas}}{\text{valor eficaz de las bandas laterales deseadas}} \times 100\%$$

4.1.6	Frecuencia de cambio de portadora (1 kHz/240) obtenida a partir de la frecuencia ⁴⁾	4,166 Hz
4.1.6.1	Tiempo para el cambio de la portadora ⁴⁾	menos de 100 microsegundos
4.1.6.2	Intervalo entre el instante del cambio de portadora y el instante en que la envolvente alcanza su valor mínimo ⁴⁾	$\leq \pm 0,2$ milisegundos
4.1.7	<i>Condiciones externas</i> ⁵⁾	
4.1.7.1	Variación de la tensión de alimentación	+10 a -15%
4.1.7.2	Temperatura ambiente	+5 °C a +50 °C
4.1.7.3	Humedad relativa	del 45 al 75%
4.1.8	<i>Otros dispositivos</i>	
4.1.8.1	Instalación de altavoz	facultativa
4.1.8.2	Deben preverse circuitos de comprobación interna para verificar el funcionamiento de los medidores de las distorsiones de retardo de grupo en función de la frecuencia y de atenuación en función de la frecuencia; el transmisor podrá utilizarse para fines de control.	
4.2	<i>Transmisor</i>	
4.2.1	El error debido al transmisor en la precisión total de la medida del retardo de grupo (indicada en el § 4.1.1) no debe rebasar los siguientes valores ⁴⁾ :	
	- 200 Hz a 400 Hz	± 10 microsegundos
	- 400 Hz a 600 Hz	± 3 microsegundos
	- 600 Hz a 20 kHz	± 1 microsegundo
4.2.2	Gama de niveles transmitidos (potencia media de la portadora) (El nivel máximo de transmisión puede limitarse facultativamente).....	-40 dBm a +10 dBm
4.2.2.1	Precisión del nivel transmitido	$\leq \pm 0,5$ dB
	A la frecuencia de referencia	$\leq \pm 0,3$ dB
4.2.3	Impedancia de salida (gama de 200 Hz a 20 kHz):	
	- simétrica y aislada de tierra	600 ohmios
4.2.3.1	Pérdida de retorno	≥ 40 dB
4.2.3.2	Relación de simetría de las señales	≥ 46 dB
4.2.4	Distorsión armónica de la señal transmitida	$\leq 1\%$ (40 dB)
4.2.5	Distorsión parásita de la señal transmitida	$\leq 0,1\%$ (60 dB)
4.2.6	Velocidad del barrido de frecuencia	ajustable de 10 Hz/s a 100 Hz/s. Han de preverse, por lo menos, cuatro velocidades de barrido
4.2.7	Medios para evitar el posible funcionamiento de los receptores de tono de marcar	facultativo
4.2.8	Mantenimiento del bucle	debe preverse
4.2.9	Se incluirán medios en el transmisor que permitan, antes de la medida, medir en caso necesario la frecuencia de medida y la portadora de referencia con una precisión de 1 Hz. Para ello pueden preverse salidas adecuadas en el transmisor para la conexión de un frecuencímetro externo.	

⁴⁾ Estas condiciones deben cumplirse por razones de compatibilidad entre los equipos producidos por diferentes fabricantes.

⁵⁾ Estos valores son provisionales y requieren ulterior estudio.

4.3	<i>Receptor</i>	
4.3.1	Gama de niveles de entrada	-40 dBm a +10 dBm
4.3.1.1	Gama dinámica del receptor	30 dB
4.3.2	Impedancia de entrada (gama de 200 Hz a 20 kHz):	
	– simétrica y aislada de tierra	600 ohmios
4.3.2.1	Pérdida de retorno	≥ 40 dB
4.3.2.2	Relación de simetría de las señales	≥ 46 dB
4.3.3	Gamas de medida de la distorsión de retardo de grupo en función de la frecuencia	{ de 0 a ±100, ±200, ±500 microsegundos de 0 a ±1, ±2, ±5, ±10 milisegundos
4.3.3.1	Precisión de las medidas del retardo de grupo: de conformidad con los § 4.1.1 y 4.2.1 anteriores.	
4.3.4	Gama de medida de la distorsión de atenuación en función de la frecuencia	0, ± 2, ± 5, ± 10, ± 20, ± 50 dB ⁶⁾
4.3.4.1	Precisión (de +5 °C a +50 °C)	± 0,1 dB ± 3% de la gama de medición
4.3.5	Gama de medida del nivel de entrada a la frecuencia de referencia	+10 dBm a -20 dBm
4.3.5.1	Precisión (de +15 °C a +35 °C)	± 0,25 dB
	(de +5 °C a +50 °C)	± 1 dB
4.3.6	Deberán disponerse salidas en c.c. para la conexión de un registrador X-Y.	
4.3.7	Gamas de medida de la frecuencia.....	{ 200 Hz a 4 kHz 200 Hz a 20 kHz
4.3.7.1	Precisión de las medidas de frecuencia	± 2% ± 10 Hz
4.3.8	Mantenimiento del bucle	debe preverse
4.3.9	<i>Protección contra el ruido</i>	
4.3.9.1	Se podrá incluir un filtro paso bajo para reducir el efecto de las frecuencias interferentes, superiores a 4000 Hz, por ejemplo, impulsos de cómputo.	

La distorsión de retardo de grupo en función de la frecuencia del filtro no rebasará de 5 microsegundos a 2600 Hz ni de 30 microsegundos a 2800 Hz con relación al retardo de grupo a 1000 Hz. La distorsión de atenuación en función de la frecuencia no rebasará 0,1 dB a 2600 Hz ni 0,2 dB a 2800 Hz con relación a la atenuación a 1000 Hz.

4.3.9.2 Con una velocidad de barrido no superior a 25 Hz por segundo, el valor cuadrático medio (valor eficaz) del error de indicación producido, por banda de 4 kHz, por nivel de ruido blanco 26 dB por debajo del nivel medio de la portadora de la señal de medida recibida, no debe ser superior a ± 20 microsegundos.

Cuando se pruebe la aptitud de un aparato para cumplir este requisito, la distorsión de retardo de grupo en función de la frecuencia de ese aparato no variará más de 1,5 ms por banda de 100 Hz.

4.3.9.3 El error de indicación producido por tonos discretos situados a ± 150 Hz en torno a las señales de medida o de referencia no será superior a ± 20 microsegundos, y para ± 200 Hz no será superior a ± 2 microsegundos cuando el nivel de esa frecuencia interferente sea 26 dB inferior al nivel medio de la portadora de la señal de medida recibida.

Bibliografía

COENNING (F.): Progress in the Technique of Group Delay Measurements, *NTZ Communications Journal*, Vol. 5, pp. 256-264, 1966.

⁶⁾ En la gama de ± 50 dB, la precisión indicada sólo se aplica en el intervalo de ± 30 dB (véase el § 4.3.1.1).