



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**O.171**

(04/97)

SERIE O: ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS DE  
MEDIDA

Aparatos de medida para parámetros digitales y  
analógicos/digitales

---

**Aparato de medida de la fluctuación de fase y  
de la fluctuación lenta de fase de la  
temporización para sistemas digitales basados  
en la jerarquía digital plesiócroma**

Recomendación UIT-T O.171

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES DE LA SERIE O DEL UIT-T  
ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS DE MEDIDA

Generalidades	O.1–O.9
Acceso para el mantenimiento	O.10–O.19
Sistemas de medida automáticos y semiautomáticos	O.20–O.39
Aparatos de medida para parámetros analógicos	O.40–O.129
<b>Aparatos de medida para parámetros digitales y analógicos/digitales</b>	<b>O.130–O.199</b>

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **RECOMENDACIÓN UIT-T O.171**

### **APARATO DE MEDIDA DE LA FLUCTUACIÓN DE FASE Y DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE DE LA TEMPORIZACIÓN PARA SISTEMAS DIGITALES BASADOS EN LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA**

#### **Resumen**

Los requisitos de las características del aparato de medida de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase descritos a continuación deben satisfacerse para asegurar la compatibilidad entre los equipos procedentes de distintos fabricantes.

Si bien se especifican los requisitos del equipo, no se estudia su configuración, que deberá ser considerada cuidadosamente por el diseñador y el usuario. En particular, no es necesario que todas las características indicadas a continuación se encuentren en un equipo. Los usuarios pueden seleccionar las funciones que se adapten mejor a sus aplicaciones.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T O.171, ha sido revisada por la Comisión de Estudio 4 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 19 de abril de 1997.

#### **Palabras clave**

fluctuación de fase a la entrada tolerable, fluctuación de fase a la salida, función de transferencia de la fluctuación de fase, generación de la fluctuación de fase, generación de la fluctuación lenta de fase, medidas de la fluctuación de fase, medidas de la fluctuación lenta de fase.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido/no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1997

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

### Página

1	Alcance .....	1
2	Referencias.....	1
2.1	Referencias normativas.....	1
2.2	Referencias bibliográficas.....	2
3	Definiciones .....	2
4	Abreviaturas.....	2
5	Diagrama de bloques.....	2
6	Interfaces.....	3
6.1	Interfaces eléctricas.....	3
6.2	Impedancias de interfaz .....	4
7	Fuente de señales de prueba.....	4
7.1	Fuente de modulación.....	4
7.2	Generador de señales de reloj .....	4
7.2.1	Precisión del generador de señales de reloj.....	6
7.3	Generador de la secuencia de prueba.....	6
7.3.1	Secuencias de prueba.....	6
7.3.2	Errores en la generación .....	6
8	Circuito de medida de la fluctuación de fase.....	7
8.1	Sensibilidad de entrada de las interfaces eléctricas .....	7
8.2	Gamas de medidas de la fluctuación de fase.....	7
8.2.1	Medida de la fluctuación de fase cresta a cresta.....	7
8.2.2	Umbral seleccionable.....	8
8.2.3	Medida del valor eficaz de la fluctuación de fase.....	8
8.3	Anchura de banda de las medidas.....	8
8.3.1	Respuesta en frecuencia del circuito y los filtros de medida de la fluctuación de fase .....	8
8.4	Precisión de las medidas .....	9
8.4.1	Consideraciones generales.....	9
8.4.2	Error fijo .....	9
8.4.3	Errores a otras frecuencias.....	9
8.4.4	Error dependiente de la secuencia de prueba.....	11
8.4.5	Forma del impulso en el punto de acceso de medida .....	11

	<b>Página</b>
8.5	Facilidades suplementarias ..... 11
8.5.1	Salida analógica..... 11
8.5.2	Señal de temporización de referencia..... 11
9	Condiciones ambientales de funcionamiento..... 11
Apéndice I – Directrices relativas a la medida de la fluctuación de fase..... 11	
I.1	Definiciones y causas de la fluctuación de fase..... 11
I.2	Entorno de prueba..... 13
I.2.1	Secuencias de prueba controladas ..... 14
I.2.2	Velocidad binaria..... 14
I.2.3	Forma del impulso y características del cable ..... 14
I.2.4	Parámetros del entorno de prueba secundarios..... 14
I.3	Glosario de componentes del bloque funcional de la configuración de prueba..... 15
I.4	Medida de la tolerancia de fluctuación de fase..... 16
I.4.1	Tolerancia real ..... 16
I.4.2	Conformidad con la plantilla de la tolerancia de fluctuación de fase..... 20
I.5	Medida de la característica de transferencia de la fluctuación de fase..... 20
I.5.1	Procesos lineales..... 20
I.6	Medida de la fluctuación de fase de salida ..... 24
I.6.1	Tráfico real..... 25
I.6.2	Secuencias de prueba controladas ..... 26
Apéndice II – Directrices relativas a la medida de la fluctuación lenta de fase..... 26	
II.1	Medidas de la fluctuación lenta de fase ..... 26
II.1.1	Configuraciones de las medidas de la fluctuación lenta de fase – Consideraciones generales..... 26
II.1.2	Medidas sincronizadas de la fluctuación lenta de fase ..... 27
II.1.3	Medidas no sincronizadas de la fluctuación lenta de fase ..... 27
II.2	Medidas de la estabilidad de la señal de reloj..... 28
II.3	Cantidades que deben medirse..... 28
II.3.1	Desviación en el tiempo ..... 28
II.3.2	Máximo error en el intervalo de tiempo ..... 28
II.3.3	Desviación de Allan..... 28
II.4	Referencia externa ..... 28

## Recomendación O.171

### APARATO DE MEDIDA DE LA FLUCTUACIÓN DE FASE Y DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE DE LA TEMPORIZACIÓN PARA SISTEMAS DIGITALES BASADOS EN LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA

(Ginebra, 1980; modificada en Málaga-Torremolinos, 1984, Melbourne, 1988 revisada en 1997)

#### 1 Alcance

La instrumentación especificada por esta Recomendación se utilizará para medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de la temporización en los sistemas digitales basados en la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*). El aparato consiste en un circuito de medida de la fluctuación de fase y una fuente de señales de prueba. Las mediciones pueden realizarse en la capa física de los sistemas PDH. Para realizar ciertos tipos de medida puede que también sea necesario emplear un medidor de proporción de errores.

La instrumentación para medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*) se especifica en otra Recomendación de la serie O.

Es conveniente consultar las Recomendaciones G.823 [7] y G.824 [8] al aplicar esta Recomendación.

#### 2 Referencias

##### 2.1 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T G.701 (1993), *Vocabulario de términos relativos a la transmisión y multiplexación digitales y a la modulación por impulsos codificados*.
- [2] Recomendación G.703 del CCITT (1991), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.
- [3] Recomendación UIT-T G.772 (1993), *Puntos de supervisión protegidos en sistemas de transmisión digital*.
- [4] Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización*.
- [5] Recomendación G.811 del CCITT (1988), *Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales*.
- [6] Recomendación G.812 del CCITT (1988), *Requisitos de temporización en las salidas de relojes subordinados adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales*.

- [7] Recomendación UIT-T G.823 (1993), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s.*
- [8] Recomendación UIT-T G.824 (1993), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s.*
- [9] Recomendación O.3 del CCITT (1992), *Condiciones climáticas y pruebas pertinentes para los aparatos de medida.*
- [10] Recomendación UIT-T O.150 (1996), *Requisitos generales para la instrumentación de mediciones de la calidad de funcionamiento de equipos de transmisión digital.*

## 2.2 Referencias bibliográficas

- [11] Norma ANSI T1.102-1993, *Digital hierarchy – Electrical interfaces.*
- [12] HUCKETT (P.): Performance Evaluation in an ISDN – Digital Transmission Impairments, *Radio and Electronic Engineer*, Vol. 54, N.º 2, febrero de 1984.
- [13] TRISCHITTA (P.R.): Jitter Accumulation in Fibre Optic Systems, *Rutgers*, The State University of New Jersey, mayo de 1986.
- [14] TRISCHITTA (P.R.), SANUTTI (P.): The Jitter Tolerance of Fibre Optic Regenerators, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 35, N.º 12, diciembre de 1987.

## 3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes (véase la Recomendación G.810 [4]):

**3.1 fluctuación de fase (de la temporización):** Variaciones a corto plazo de los instantes significativos de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo (a corto plazo significa que la frecuencia de las variaciones es de 10 Hz o más).

**3.2 fluctuación lenta de fase:** Variaciones a largo plazo de los instantes significativos de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo (a largo plazo significa que la frecuencia de las variaciones es de 10 Hz o menos).

## 4 Abreviaturas

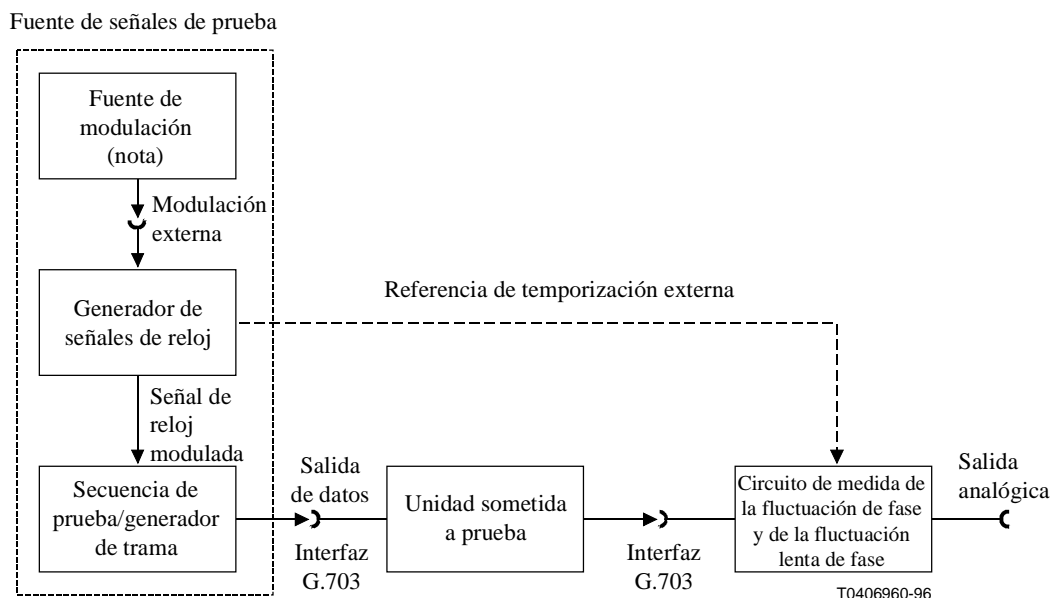
En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AMI	Inversión de marca alternada ( <i>alternate mark inversion</i> )
MTIE	Máximo error en el intervalo de tiempo ( <i>maximum time interval error</i> )
NRZ	Sin retorno a cero ( <i>non return to zero</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
TDEV	Desviación en el tiempo ( <i>time deviation</i> )
TIE	Error de intervalo de tiempo ( <i>time interval error</i> )
UI	Intervalo unitario

## 5 Diagrama de bloques

En la figura 1 aparece el diagrama de bloques del aparato en su forma general. La figura no representa una realización concreta.





NOTA – La fuente de modulación, para pruebas relativas a las Recomendaciones de la serie G, puede ir incluida en el generador de señales de reloj y/o en el generador de secuencia de prueba, o por separado.

**Figura 1/O.171 – Diagrama de bloque simplificado para la medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase de la señal de temporización**

## 6 Interfaces

### 6.1 Interfaces eléctricas

El instrumento deberá ser capaz de funcionar a una o más de las siguientes velocidades binarias y con las correspondientes características de interfaz, como se describe en las cláusulas de la Recomendación G.703 [2]. Sin embargo, para todas las velocidades binarias, la señal aplicada a la entrada del circuito de medida de la fluctuación de fase debe ser un impulso rectangular nominal. Si se utilizan otras formas de señal puede aparecer interferencia entre símbolos que no puede corregirse mediante simple ecualización de línea, resultando afectada la precisión de la medida.

- |                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| a) 64 kbit/s; <sup>1</sup> | f) 32 064 kbit/s;  |
| b) 1 544 kbit/s;           | g) 44 736 kbit/s;  |
| c) 6 312 kbit/s;           | h) 34 368 kbit/s;  |
| d) 2 048 kbit/s;           | i) 139 264 kbit/s. |
| e) 8 448 kbit/s;           |                    |

Como opción, el circuito de medida de la fluctuación de fase deberá ser capaz de medir la fluctuación de fase en el terminal de salida de la señal de reloj, cuando el equipo digital presenta dicho acceso.

<sup>1</sup> La referencia a 64 kbit/s se relaciona con la interfaz codireccional.

## 6.2 Impedancias de interfaz

El circuito de medida de la fluctuación de fase y la fuente de señal deberán tener unas pérdidas de retorno como las que se indican en el cuadro 1<sup>2</sup>, en las condiciones señaladas en el propio cuadro.

**Cuadro 1/O.171 – Condiciones de prueba para las pérdidas de retorno**

Velocidad binaria (kbit/s)	Pérdidas de retorno (dB)	Condiciones de prueba	
64	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	120 Ω resistiva pura	3 kHz a 6,4 kHz 6,4 a 128 kHz 128 a 192 kHz
1 544	≥ 20	100 Ω resistiva pura	20 kHz a 1,6 MHz
2 048	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	75/120/130 Ω resistiva pura	51 a 102 kHz 102 a 2 048 kHz 2 048 a 3 072 kHz
6 312	≥ 20	75/110 Ω resistiva pura	100 kHz a 6,5 MHz
8 448	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	75 Ω, resistiva pura	211 a 422 kHz 422 a 8 448 kHz 8 448 a 12 672 kHz
32 064	≥ 20	75 Ω, resistiva pura	500 kHz a 40 MHz
34 368	≥ 12 ≥ 18 ≥ 14	75 Ω, resistiva pura	860 a 172 040 kHz 1 720 a 34 368 kHz 34 368 a 51 550 kHz
44 736	≥ 20	75 Ω, resistiva pura	500 kHz a 50 MHz
139 264	≥ 15	75 Ω, resistiva pura	7 MHz a 210 MHz

## 7 Fuente de señales de prueba

Las pruebas de equipos digitales pueden efectuarse con una señal digital con o sin fluctuación de fase. Para ello hará falta utilizar el generador de secuencias de prueba, el generador de trama, el generador de señales de reloj y la fuente de modulación mostrados en la figura 1.

### 7.1 Fuente de modulación

La fuente de modulación necesaria para realizar las pruebas relativas a las Recomendaciones pertinentes, puede ir incluida en el generador de señales de reloj y/o en el generador de secuencias de prueba, o por separado. En la presente Recomendación se supone que la fuente de modulación es sinusoidal. Sin embargo, para algunas pruebas puede que sea necesario utilizar estímulos aleatorios; en ese caso deben estudiarse los detalles.

### 7.2 Generador de señales de reloj

Deberá ser posible modular en fase el generador de señales de reloj con la señal proporcionada por la fuente de modulación e indicar la desviación de fase cresta a cresta de la señal modulada.

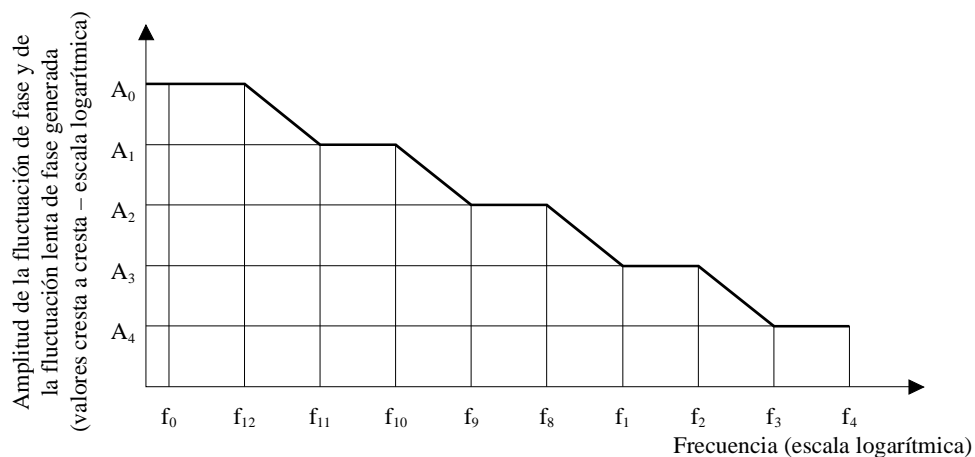
<sup>2</sup> En el caso de 1544 kbit/s, la fuente de señales de prueba tendrá las siguientes pérdidas de retorno: de 20 kHz a 500 kHz ≥ 14 dB y de 500 kHz a 1,6 MHz ≥ 16 dB.

La fluctuación de fase cresta a cresta generada y las frecuencias de modulación deberán cumplir los requisitos de la figura 2 y el cuadro 2.

A la entrada de modulación, el generador de señales de reloj deberá tener una sensibilidad de por lo menos:

1 voltio cresta a cresta en 75  $\Omega$  para velocidades binarias de hasta 139 264 kbit/s inclusive.

El nivel mínimo de salida de la señal de reloj modulada y de la señal de referencia de temporización externa deberá ser de 1 voltio cresta a cresta en 75  $\Omega$ .



T0406970-96

**Figura 2/O.171 – Amplitud de la fluctuación de fase generada en función de su frecuencia**

**Cuadro 2/O.171 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase generada ajustable en función de su frecuencia**

Velocidad binaria (kbit/s)	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> A <sub>4</sub>					f <sub>0</sub> f <sub>12</sub> f <sub>11</sub> f <sub>10</sub> f <sub>9</sub> f <sub>8</sub> f <sub>1</sub> f <sub>2</sub> f <sub>3</sub> f <sub>4</sub>									
	en UI					en Hz									
64			a)	5	0,5				a)	a)	a)	2	600	6 k	20 k
1 544				10	0,5							2	400	8 k	40 k
2 048	40		20	10	0,5	12 $\mu$					5	10	900	18 k	100 k
6 312				10	0,5							2	1 600	32 k	60 k
8 448	200		20	10	0,5	12 $\mu$			a)	a)	10	20	400	8,5 k	400 k
32 064				10	0,5							2	1 600	32 k	400 k
34 368	1 000		20	10	0,5	a)			a)	a)	50	100	1 000	20 k	800 k
44 736				10	0,5							2	5 000	100 k	400 k
139 264	3 000		20	10	0,5	a)			a)	a)	50	100	500	10 k	3 500 k

a) Valores sometidos a estudio en la Recomendación G.823.

NOTA a la figura 2 y al cuadro 2 – Las amplitudes de la fluctuación de fase se especifican como valores cresta a cresta en intervalos unitarios (UI). Los valores se basan en el cuadro 2/G.823 y en la figura 3/G.823 para la jerarquía de 2048 kbit/s y en el cuadro 2/G.824 y la figura 3/G.824 para la jerarquía de 1544 kbit/s.

### 7.2.1 Precisión del generador de señales de reloj

La desviación de la señal de reloj interna con respecto al valor nominal deberá ser inferior a  $10^{-5}$ .

Como opción, el generador de señales de reloj puede proporcionar una desviación de frecuencias de suficiente magnitud como para facilitar la prueba en toda la gama de tolerancias del reloj del equipo, por ejemplo  $\pm 10$  ppm a  $\pm 100$  ppm, como se define para las diversas velocidades binarias que figuran en la Recomendación G.703 [2].

### 7.3 Generador de la secuencia de prueba

El circuito de medida de la fluctuación de fase se utilizará normalmente con un generador de secuencia de prueba adecuado que proporcione las siguientes facilidades.

NOTA – Cuando se aplican señales de prueba a la entrada de un demultiplexor digital, deberán contener la señal de alineamiento de trama y, para algunas medidas, los bits de control de justificación.

#### 7.3.1 Secuencias de prueba

El generador de secuencias de prueba deberá ser capaz de proporcionar las siguientes señales:

NOTA – Para realizar mediciones de la fluctuación de fase en sistemas de línea digital y en secciones de línea digital puede que sea necesario emplear secuencias de prueba pseudoaleatorias de mayor longitud (véase el anexo A/G.823 [7]).

Para utilización a velocidades binarias de 64 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria con una longitud de  $2^{11} - 1$  bits de conformidad con 5.2/O.150 [10]. Codificación de acuerdo con 1.2.1/G.703 [2].

Para utilización a velocidades binarias de 2048 kbit/s, 6312 kbit/s, 8448 kbit/s, 32 064 kbit/s y 44 736 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria con una longitud de  $2^{15} - 1$  bits de conformidad con 5.3/O.150 [10].

Para utilización a velocidades binarias de 1544 kbit/s, 6312 kbit/s, 32 064 kbit/s y 44 736 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria con una longitud de  $2^{20} - 1$  bits de conformidad con 5.5/O.150 [10].

Para utilización a velocidades binarias de 34 368 kbit/s y 139 264 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria con una longitud de  $2^{23} - 1$  bits de conformidad con 5.6/O.150 [10].

Para utilización a todas las velocidades binarias PDH, una secuencia de prueba repetitiva 1000 1000.

Como opción, para su utilización a todas las velocidades binarias PDH:

- a) dos secuencias de prueba de 8 bits libremente programables capaces de alternarse a baja velocidad (por ejemplo, de 10 Hz a 100 Hz);
- b) una secuencia de prueba de 16 bits libremente programable.

#### 7.3.2 Errores en la generación

La fuente de señales de prueba deberá ser compatible con el circuito de medida de la fluctuación de fase de manera que la precisión total de la medición no sufra una degradación considerable. La precisión en la medida puede aumentarse midiendo la fluctuación de fase aplicada a la unidad sometida a prueba con el dispositivo de medición de la fluctuación de fase descrito a continuación.

## 8 Circuito de medida de la fluctuación de fase

### 8.1 Sensibilidad de entrada de las interfaces eléctricas

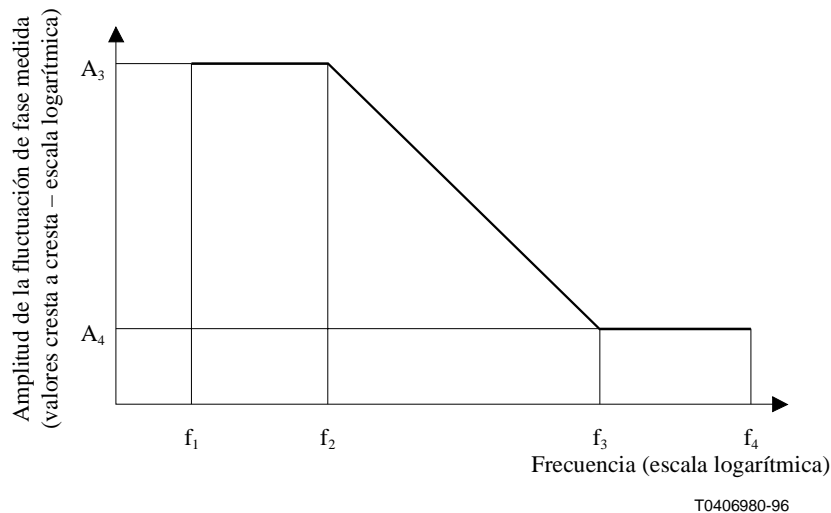
El circuito de medida de la fluctuación de fase debe funcionar de forma satisfactoria en las siguientes condiciones a la entrada:

- Con los accesos de salida de equipos especificados en la Recomendación G.703 [2].
- El circuito de medida de la fluctuación de fase deberá ser capaz también de efectuar medidas en puntos de prueba protegidos, como se define en la Recomendación G.772 [3].

### 8.2 Gammas de medidas de la fluctuación de fase

#### 8.2.1 Medida de la fluctuación de fase cresta a cresta

El circuito de medida de la fluctuación de fase deberá poder medir la fluctuación de fase cresta a cresta. Las gammas de medida que deben preverse son facultativas, pero por razones de compatibilidad, la variación de la amplitud de la fluctuación de fase en función de su frecuencia en el circuito de medida de la fluctuación de fase deberá cumplir las condiciones especificadas en la figura 3 y en el cuadro 3, donde  $f_1$  a  $f_4$  son las frecuencias de fluctuación de fase que han de medirse.



**Figura 3/O.171 – Amplitud de la fluctuación de fase medida en función de su frecuencia**

**Cuadro 3/O.171 – Valor mínimo de la amplitud de fase medida en función de su frecuencia**

Velocidad binaria (kbit/s)	$A_3$ $A_4$		$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
	en UI					
64	5	0,5	20	600	6 k	20 k
1 544	10	0,5	10	400	8 k	40 k
2 048	10	0,5	20	900	18 k	100 k
6 312	10	0,5	10	1 600	32 k	60 k
8 448	10	0,5	20	400	8,5 k	400 k

**Cuadro 3/O.171 – Valor mínimo de la amplitud de fase medida en función de su frecuencia**

Velocidad binaria (kbit/s)	A <sub>3</sub> A <sub>4</sub> en UI		f <sub>1</sub> f <sub>2</sub> f <sub>3</sub> f <sub>4</sub> en Hz			
	32 064	10	0,5	10	1 600	32 k
34 368	10	0,5	100	1 000	20 k	800 k
44 736	10	0,5	10	5 000	100 k	400 k
139 264	10	0,5	200	500	10 k	3 500 k

### 8.2.2 Umbral seleccionable

Al medir la fluctuación de fase cresta a cresta, deberá ser posible también determinar el número de veces y el periodo de tiempo durante el cual se rebasa un determinado valor umbral de fluctuación de fase seleccionable. Deberán registrarse estos sucesos mediante un contador externo o un contador interno facultativamente.

Se podrá dar al umbral cualquier valor seleccionado dentro de la gama de medida del circuito de medida de la fluctuación de fase.

### 8.2.3 Medida del valor eficaz de la fluctuación de fase

La medida del valor eficaz de la fluctuación de fase puede realizarse utilizando la salida analógica mencionada en 8.5.1.

## 8.3 Anchura de banda de las medidas

El circuito básico de medida de la fluctuación de fase deberá contener filtros para limitar la banda de las frecuencias de fluctuación de fase que han de medirse a diversas velocidades binarias. Deben introducirse filtros adicionales para limitar aún más la anchura de banda en la medida de espectros específicos de fluctuación de fase, como los definidos en las Recomendaciones de la serie G y para otros usos. Estos filtros adicionales pueden ser internos o externos al circuito de medida de la fluctuación de fase y se conectarán entre el detector de fase y el aparato de medida. La anchura de banda del circuito de medida de la fluctuación de fase y de los filtros deberá ajustarse a lo indicado en el cuadro 4.

### 8.3.1 Respuesta en frecuencia del circuito y los filtros de medida de la fluctuación de fase

La respuesta de todos los filtros en la banda de paso deberá ser tal que se cumplan los requisitos de precisión del circuito de medida de la fluctuación de fase.

En las frecuencias por debajo de la del punto de  $-3$  dB inferior, la atenuación del filtrado paso alto deberá aumentar con una pendiente de 20 dB por década.

En las frecuencias por encima de la del punto de  $-3$  dB superior, la atenuación del filtrado paso bajo deberá incrementarse con una pendiente superior o igual a 60 dB por década. Sin embargo, la atenuación máxima de los filtros deberá ser al menos de 60 dB. Estos requisitos de filtrado están de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación G.823 [7]. Para algunas velocidades binarias (1544, 6312, 32 064 y 44 736 kbit/s), la atenuación del filtrado paso bajo por encima del punto de  $-3$  dB superior deberá incrementarse con una pendiente de 20 dB por década. Estos requisitos de filtrado cumplen lo dispuesto en la Recomendación G.824 [8].

NOTA – Dependiendo de la respuesta transitoria de los filtros, la fluctuación de fase con carácter de ráfaga puede afectar la precisión de la medida.

**Cuadro 4/O.171 – Anchura de banda de la medida de la fluctuación de fase y frecuencias de corte del filtro paso alto**

Velocidad binaria (kbit/s)	Anchuras de banda de las medidas de la fluctuación de fase				Punto a 3 dB de los filtros adicionales	
	f <sub>0</sub> (punto de 3 dB inferior) (Hz)	f <sub>1</sub> (Hz)	f <sub>4</sub> (kHz)	f <sub>5</sub> (punto de 3 dB superior) (kHz)	Filtro paso alto N.º 1	Filtro paso alto N.º 2
64	2	20	20	≤ 40	20 Hz	3 kHz
1 544	2	10	40	≤ 80	10 Hz	8 kHz
2 048	2	20	100	≤ 200	20 Hz	18 kHz (0,7 kHz)
6 312	2	10	60	≤ 120	10 Hz	3 kHz
8 448	2	20	400	≤ 800	20 Hz	3 kHz (80 kHz)
32 064	2	10	400	≤ 800	10 Hz	8 kHz
34 368	2	100	800	≤ 1 600	100 Hz	10 kHz
44 736	2	10	400	≤ 800	10 Hz	30 kHz
139 264	2	200	3 500	≤ 7 000	200 Hz	10 kHz

NOTA 1 – La precisión del instrumento se especifica entre las frecuencias f<sub>1</sub> y f<sub>4</sub>.

NOTA 2 – Se especifican dos valores para el filtro paso alto N.º 2 a 2048 kbit/s y 8448 kbit/s. Los valores que aparecen entre paréntesis sólo se aplican a mediciones con algunas interfaces nacionales.

## 8.4 Precisión de las medidas

### 8.4.1 Consideraciones generales

La precisión de las medidas del circuito de medida de la fluctuación de fase depende de varios factores tales como el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y los errores dependientes de la secuencia de prueba que introducen los circuitos internos de temporización de referencia. Además, existe un error de lectura del resultado de la medida.

El error total para una frecuencia de fluctuación de fase de 1 kHz (excluido el error debido a la respuesta en frecuencia) deberá ser inferior a:

$$\pm 5\% \text{ de la lectura} \pm X \pm Y$$

siendo X el error fijo indicado en el cuadro 5 e Y un error de 0,01 UI cresta a cresta (0,002 UI<sub>ef</sub>) aplicable cuando se recurre a la extracción de la temporización interna.

### 8.4.2 Error fijo

Para las velocidades binarias del sistema y las secuencias de prueba indicadas, el error fijo del circuito de medida de la fluctuación de fase deberá ser el indicado en el cuadro 5, cuando la medida se efectúe a una frecuencia de la fluctuación de fase comprendida entre f<sub>1</sub> y f<sub>4</sub> en la figura 3.

### 8.4.3 Errores a otras frecuencias

Para frecuencias de la fluctuación de fase entre f<sub>1</sub> y f<sub>4</sub> distintas a 1 kHz, además del error definido en 8.4.1, deberá tenerse en cuenta el error adicional indicado en el cuadro 6.

**Cuadro 5/O.171 – Error fijo en las medidas de la fluctuación de fase**

Velocidad binaria (kbit/s)	Fluctuación de fase cresta a cresta en UI para las siguientes secuencias de prueba		
	1000 1000	Pseudoaleatoria <sup>a)</sup>	Todos unos o entrada de reloj
64	< 0,005	< 0,025	< 0,004
1 544	< 0,005	< 0,025	< 0,004
2 048	< 0,005	< 0,025	< 0,004
6 312	< 0,005	< 0,025	< 0,004
8 448	< 0,005	< 0,025	< 0,004
32 064	< 0,025	< 0,055	< 0,020
34 368	< 0,025	< 0,055	< 0,020
44 736	< 0,025	< 0,055	< 0,020
139 264	< 0,030	< 0,085	< 0,025

<sup>a)</sup> Véase 7.3.1.

NOTA – Para velocidades binarias por encima de 32 Mbit/s, los valores indicados en este cuadro deben alinearse con las Recomendaciones G.823, G.824 y G.783, lo cual requiere estudios ulteriores.

**Cuadro 6/O.171 – Error de la respuesta en frecuencia**

Velocidad binaria (kbit/s)	Anchura de banda de la medida		Error adicional referido al error a 1 kHz
	f <sub>1</sub> (Hz)	f <sub>4</sub> (kHz)	
64	20	20	± 2% 20 Hz a 600 Hz ± 3% 600 Hz a 10 kHz
1 544	10	40	± 4% f <sub>1</sub> a 1 kHz; ± 2% a f <sub>4</sub>
2 048	20	100	± 2% f <sub>1</sub> a f <sub>4</sub>
6 312	10	60	± 4% f <sub>1</sub> a 1 kHz; ± 2% a f <sub>4</sub>
8 448	20	400	± 2% f <sub>1</sub> a 300 kHz ± 3% 300 kHz a f <sub>4</sub>
32 064	10	400	± 2% 60 Hz a 300 kHz
34 368	100	800	± 3% 300 kHz a f <sub>4</sub>
44 736	10	400	± 4% 10 Hz a 200 Hz ± 2% 200 Hz a 300 kHz
139 264	200	3 500	± 3% 300 kHz a 1 MHz ± 5% 1 MHz a 3 MHz ± 10% ≥ 3 MHz



#### **8.4.4 Error dependiente de la secuencia de prueba**

Los requisitos de precisión indicados anteriormente pueden satisfacerse cuando en las medidas de fluctuación de fase se utilizan secuencias de pruebas periódicas con pocos ceros o señales de reloj. Si se emplean secuencias pseudoaleatorias o aleatorias o señales codificadas AMI y NRZ, cabe esperar valores mayores en los errores de las medidas. Considerando las anchuras de banda especificadas anteriormente, las señales con un mayor contenido de ceros pueden incluso violar el teorema de muestreo, lo cual, por razones teóricas, hace imposible que se satisfagan los requisitos de precisión.

#### **8.4.5 Forma del impulso en el punto de acceso de medida**

Los requisitos de precisión indicados en 8.4 se aplican a formas de onda rectangulares en el punto de acceso de medida. Las formas de onda no rectangulares pueden provocar interferencia entre símbolos y causar errores en la medida de la fluctuación de fase. Esta circunstancia deberá tenerse en cuenta, por ejemplo, cuando se realicen mediciones en las interfaces pertinentes de la jerarquía digital de 1544 kbit/s.

### **8.5 Facilidades suplementarias**

#### **8.5.1 Salida analógica**

El circuito de medida de la fluctuación de fase deberá proporcionar una señal de salida analógica que permita realizar medidas externas al circuito de medida de la fluctuación de fase; por ejemplo, utilizando un osciloscopio o un medidor de valores eficaces.

#### **8.5.2 Señal de temporización de referencia**

Es necesario utilizar una señal de temporización de referencia en el detector de fase. Para las medidas de extremo a extremo de la fluctuación de fase, esta señal puede obtenerse en el circuito de medida a partir de cualquier secuencia de prueba de entrada. Para medidas en bucle, puede obtenerse a partir de un generador de señales de reloj adecuado.

## **9 Condiciones ambientales de funcionamiento**

Deberán cumplirse los requisitos eléctricos de funcionamiento cuando el aparato funcione en las condiciones climáticas especificadas en 2.1/O.3 [9].

## **APÉNDICE I**

### **Directrices relativas a la medida de la fluctuación de fase**

#### **Introducción**

El presente apéndice contiene información didáctica sobre las medidas de la fluctuación de fase. Se describen varios fenómenos que provocan fluctuación de fase así como distintas técnicas de medida de la misma. Las configuraciones de medida de la fluctuación de fase representadas en las figuras I.1 a I.5 no tienen por qué corresponder necesariamente a realizaciones prácticas de equipos de prueba sino que se indican de forma general para una mayor claridad. Al estudiar el presente apéndice debe tenerse en cuenta esta circunstancia.

#### **I.1 Definiciones y causas de la fluctuación de fase**

La Recomendación G.701 [1] define la *fluctuación de fase* como "variaciones de corta duración y no acumulativas de los instantes significativos de una señal digital con relación a las posiciones que

teóricamente debieran ocupar en el tiempo". Ello significa que la fluctuación de fase es una modulación de fase (no deseada) de la señal digital. La frecuencia de las variaciones de fase se denomina *frecuencia de la fluctuación de fase*. Un segundo parámetro estrechamente relacionado con la fluctuación de fase es la llamada *fluctuación lenta de fase* que se define como "variaciones de larga duración y no acumulativas de los instantes significativos de una señal digital con relación a las posiciones que teóricamente debieran ocupar en el tiempo". Hasta ahora no hay una definición clara del límite que separa la fluctuación de fase de la fluctuación lenta de fase. Los componentes de la variación de fase con frecuencias por debajo de la gama de 1 a 10 Hz se denominan normalmente fluctuación lenta de fase.

La fluctuación de fase puede degradar la calidad de transmisión de un circuito digital. Como resultado del desplazamiento de una señal con respecto a la posición ideal que teóricamente debe ocupar en el tiempo, pueden surgir errores en el tren de bits digital en los puntos de regeneración de la señal. Pueden introducirse deslizamientos en las señales digitales como resultado del desbordamiento o agotamiento de datos en los equipos digitales que incorporan memorias tampón y comparadores de fase. Además, la modulación de fase de las muestras reconstruidas en los dispositivos de conversión digital/analógica puede provocar degradaciones en las señales analógicas decodificadas. Es más probable que este problema aparezca cuando se transmiten señales en banda ancha codificadas.

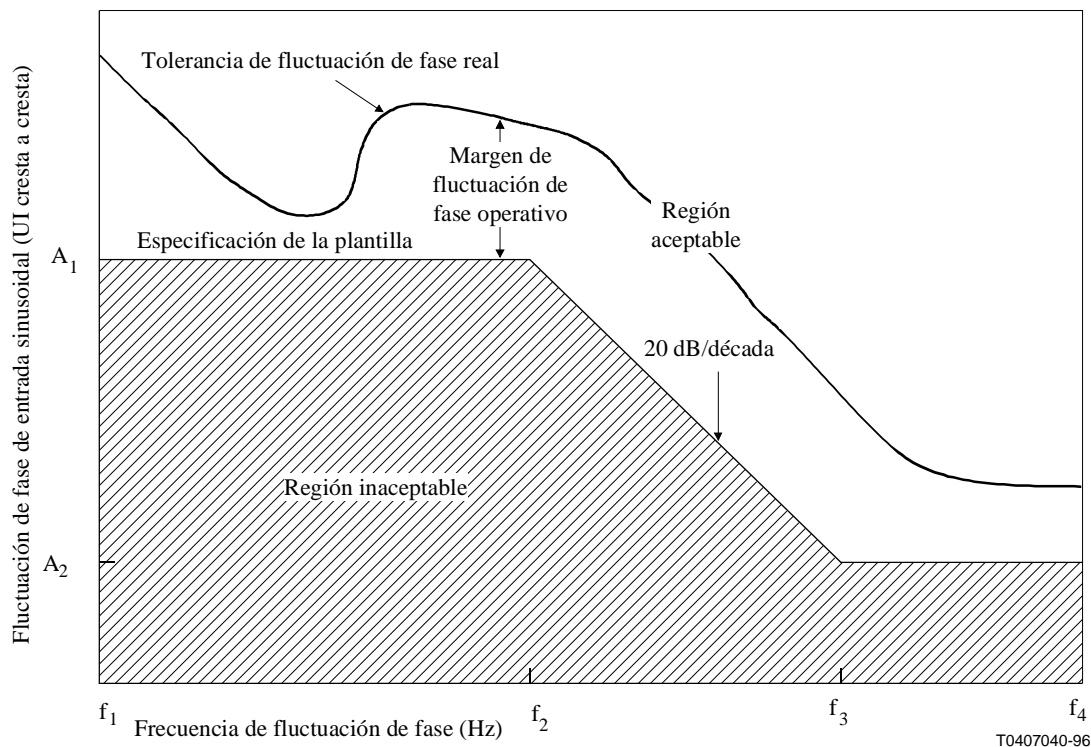
Debe hacerse una distinción entre la fluctuación de fase *sistemática* y *aleatoria*. La primera es consecuencia del desajuste de los circuitos de recuperación de la temporización en los dispositivos de regeneración de la señal o puede ser causada por la interferencia entre símbolos y la conversión amplitud/fase provocada por una ecualización del cable inadecuada. La fluctuación de fase sistemática depende de las secuencias.

La fluctuación de fase aleatoria procede de las señales de interferencia interna o externa tales como el ruido de los repetidores, la diafonía o las reflexiones. Este tipo de fluctuación de fase es independiente de la secuencia transmitida.

La fluctuación de fase de baja frecuencia en los demultiplexores de justificación de los impulsos viene causada por la sincronización de la justificación de los impulsos; es decir, mecanismo mediante el cual se sincronizan las señales plesiócronas de baja frecuencia a una fuente de señales de reloj generadas localmente. Esta fluctuación de fase, que aparece en la salida de baja frecuencia del demultiplexor, se denomina "fluctuación de fase de justificación" o "fluctuación de fase de tiempo de espera".

Como la fluctuación de fase sistemática está correlacionada con la secuencia de impulsos transmitidos en los distintos regeneradores, presenta una acumulación coherente. La fluctuación de fase aleatoria no está correlacionada en los diversos regeneradores y presenta, por consiguiente, una acumulación incoherente. En la mayoría de los sistemas digitales de baja velocidad, la fluctuación de fase sistemática es la dominante. En sistemas de alta velocidad, la componente aleatoria puede llegar a ser muy significativa e incluso puede ser la predominante.

A diferencia de otras degradaciones, las perturbaciones provocadas por la fluctuación de fase puede reducirse utilizando regeneradores o empleando dispositivos de "reducción de la fluctuación de fase" que contengan una memoria tampón de señales y un circuito de suavizado de fase de banda estrecha. Los regeneradores pueden reducir únicamente las componentes de frecuencia que se encuentren por encima de la frecuencia de corte de los circuitos de recuperación de reloj. En las frecuencias de fluctuación de fase más bajas, la señal de salida o el regenerador sigue a la fluctuación de fase de entrada. En este caso, la fluctuación de fase se "transfiere", lo que significa que el regenerador actúa como un filtro paso bajo. Este comportamiento característico produce la plantilla de tolerancia típica de la fluctuación de fase representada en la figura I.1.



**Figura I.1/O.171 – Relación entre la tolerancia real medida y la plantilla de tolerancia**

De todo lo expuesto se deduce que la fluctuación de fase puede degradar muy significativamente la calidad de los sistemas de transmisión digital. Por otro lado, la fluctuación de fase no puede evitarse completamente. Las medidas de la fluctuación de fase tienen por objeto estimar si este fenómeno se mantiene dentro de los límites permitidos.

## I.2 Entorno de prueba

Para facilitar la realización de medidas repetibles y precisas y poder efectuar comparaciones entre medidas realizadas en distintos instantes, es necesario reducir al mínimo las variaciones en el entorno de prueba. Entre los diversos parámetros del entorno de prueba que pueden variar ampliamente dentro de sus valores permitidos y pueden afectar de una forma significativa los resultados de la medida de la fluctuación de fase (dependiendo del tipo de aparato utilizado) pueden citarse la secuencia de prueba, la velocidad binaria, la forma de los impulsos y las características del cable. Las características de estos parámetros deben controlarse adecuadamente. De forma adicional, existen parámetros del entorno de prueba secundarios que también pueden influir en las características de la fluctuación de fase y, por tanto, deben mantenerse en sus niveles nominales para facilitar la realización de medidas repetibles.

A fin de verificar el funcionamiento de los equipos en caso más desfavorable, puede ser necesario someter al equipo probado a múltiples variaciones en el entorno de prueba. Sin embargo, este tipo de prueba no proporciona necesariamente datos significativos sobre las características de la fluctuación de fase debido a la ausencia de control de los parámetros concretos que pueden estar produciendo errores así como a causa de su efecto sobre los mecanismos de fallos de los equipos no relativos a la fluctuación de fase. Por consiguiente, para caracterizar el comportamiento de la fluctuación de fase en el equipo sometido a prueba no deben utilizarse múltiples cambios en el entorno de prueba.

### **I.2.1 Secuencias de prueba controladas**

Algunos procedimientos de medida exigen la aplicación de secuencias de prueba controladas. Cuando se pretende que dicha secuencia simule el tráfico real que aparece en la red, se recomienda utilizar una secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo-random bit sequence*). Para las velocidades binarias indicadas en las Recomendaciones, se especifican cuatro secuencias pseudoaleatorias en la Recomendación O.150, a saber, las secuencias de longitudes  $2^{11} - 1$ ,  $2^{15} - 1$ ,  $2^{20} - 1$  y  $2^{23} - 1$  bits. Para asegurar que una determinada secuencia binaria pseudoaleatoria generará la adecuada densidad de línea espectral de la fluctuación de fase dentro de la anchura de banda a potencia mitad de los circuitos típicos de recuperación de reloj en el nivel jerárquico aplicable, la longitud de palabra de dicha secuencia debe ser mucho mayor que la velocidad binaria dividida por la anchura de banda a potencia mitad de la fluctuación de fase. El UIT-T recomienda que la longitud de palabra de la secuencia sea al menos 100 veces mayor que el citado cociente [7]. La secuencia binaria pseudoaleatoria de  $2^{15} - 1$  bits de longitud especificada en la Recomendación O.150 para medir los errores en los bits puede generar una densidad de línea espectral inadecuada en las medidas de la fluctuación de fase para velocidades binarias superior a la velocidad primaria. Además, este patrón presenta unas propiedades binarias desfavorables. Por consiguiente, para velocidades binarias iguales o superiores a la velocidad primaria, la longitud de la secuencia no debe ser inferior a  $2^{20} - 1$  bits, y debe presentar una característica binaria bien equilibrada [12].

### **I.2.2 Velocidad binaria**

La velocidad binaria debe mantenerse dentro de los límites especificados para las interfaces digitales indicadas en la Recomendación G.703 [2]. Por conveniencia, a continuación se indican las velocidades binarias:

- velocidad básica: 64 kbit/s  $\pm$  100 ppm;
- velocidad primaria: 1 544 kbit/s  $\pm$  50 ppm;  
2 048 kbit/s  $\pm$  50 ppm;
- velocidad secundaria: 6 312 kbit/s  $\pm$  30 ppm;  
8 448 kbit/s  $\pm$  30 ppm;
- velocidad terciaria: 32 064 kbit/s  $\pm$  10 ppm;  
34 368 kbit/s  $\pm$  20 ppm;  
44 736 kbit/s  $\pm$  20 ppm;
- velocidad cuaternaria: 139 264 kbit/s  $\pm$  15 ppm.

### **I.2.3 Forma del impulso y características del cable**

La forma del impulso afecta las características de la fluctuación de fase repercutiendo en la precisión del proceso de toma de decisión y un circuito de recuperación del reloj. La forma del impulso viene especificada normalmente por una plantilla de impulsos en la interfaz de salida o en una conexión [11] y puede variar a la entrada del equipo debido a los efectos del cable causados por el funcionamiento dentro de la gama especificada de longitudes de cable y con los equipos de cable especificados. Es conveniente que la forma del impulso utilizada en las pruebas de fluctuación de fase se encuentre en el centro de la plantilla de impulsos especificada, en vez de en uno de los extremos de los valores admisibles (véase la nota).

NOTA – Es necesario realizar más estudios para elaborar una plantilla de impulsos adecuada que sea aplicable a las pruebas de fluctuación de fase.

### **I.2.4 Parámetros del entorno de prueba secundarios**

Otros parámetros del entorno de prueba que pueden afectar las características de la fluctuación de fase son la temperatura, la diafonía y el ruido. La temperatura influye en las características de la

fluctuación de fase alterando la frecuencia de resonancia de los circuitos de recuperación de la señal de reloj, de los osciladores y de los circuitos de suavizado de fase, así como modificando las propiedades de filtrado de la circuitería analógica. La diafonía puede cambiar las características de la fluctuación de fase cuando las señales en un cable, en una placa de conexiones, o en una placa de circuito impreso se interfieren entre sí de manera apreciable. El ruido afecta el proceso de toma de decisión en un circuito de recuperación de la señal de reloj disminuyendo el margen del diagrama de ojos de decisión.

Para lograr medidas de la fluctuación de fase precisas y repetibles y asegurar que los efectos de la fluctuación de fase aplicada al equipo son los predominantes en los resultados de la medida, se recomienda mantener estos parámetros secundarios en sus niveles nominales.

### **I.3 Glosario de componentes del bloque funcional de la configuración de prueba**

En este glosario se definen los componentes del bloque funcional utilizados en las configuraciones de prueba descritas en las siguientes subcláusulas. Obsérvese que estos bloques funcionales pueden formar parte de diversas combinaciones dentro de equipos de prueba distintos.

- *Atenuador*: Dispositivo que reduce la amplitud de una señal digital para disminuir el valor de la relación señal/ruido.
- *Secuencia de prueba*: Fuente de señales que proporciona una señal jerárquica de la red digital a la velocidad binaria apropiada con la impedancia de salida, forma del impulso, codificación de línea y formato de trama adecuados. Este componente del bloque funcional puede proporcionar varias secuencias de prueba, debe tener una salida de las señales de reloj y de las señales de datos y puede aceptar una entrada de reloj externo.
- *Monitor de la señal digital*: Instrumento al que se aplica una señal jerárquica de la red digital y que supervisa los errores en los bits, los segundos con error o la proporción de bits erróneos (BER, *bit error ratio*).
- *Equipo sometido a prueba (EUT, equipment under test)*: Circuito o sistema que va a aprobarse con una secuencia de prueba controlada.
- *Sintetizador de frecuencias*: Fuente de frecuencia extremadamente estable de alta precisión. Algunos sintetizadores de frecuencias pueden añadir modulación de fase o de frecuencia (PM o FM, *phase or frequency modulation*) a la salida principal proporcionando a la vez una salida secundaria sin modular.
- *Generador de fluctuación de fase*: Instrumento que produce una señal de reloj jerárquica modulada por una fluctuación de fase sinusoidal de frecuencia y amplitud ajustables. Una entrada para la modulación proporciona el control de la fluctuación de fase externa y una entrada para la señal de reloj optativa proporciona el control de la frecuencia de velocidad binaria externa.
- *Circuito de medida de la fluctuación de fase*: Dispositivo que demodula y mide la fluctuación de fase presente en una señal de reloj o de datos jerárquica o en una secuencia de prueba. En la salida aparece una tensión proporcional a la fluctuación de fase demodulada.
- *Filtro paso bajo*: Circuito utilizado para atenuar las componentes espectrales no deseadas por encima de una determinada frecuencia.
- *Filtro de medida de la fluctuación de fase*: Circuito que atenúa las componentes espectrales de la fluctuación de fase que se encuentran fuera de una banda de paso especificada o deseada.
- *Red sometida a prueba*: Circuito, sistema o red que va a probarse utilizando tráfico real.

- *Fuente de ruido*: Instrumento que genera una señal con una distribución de amplitud casi Gaussiana y un espectro de potencia plano hasta aproximadamente tres veces la anchura de banda a potencia mitad del circuito de recuperación de temporización del equipo sometido a prueba.
- *Fuente de modulación*: Generador de ondas que proporciona una señal sinusoidal de baja distorsión controlada en frecuencia y amplitud.
- *Analizador de espectro*: Instrumento que mide y presenta la potencia de la señal en función de la frecuencia, a lo largo de una gama de frecuencias seleccionada. La salida del oscilador de seguimiento proporciona una senoide de frecuencia de barrido con amplitud ajustable que realiza un seguimiento de la frecuencia de medida instantánea del analizador de espectro.
- *Voltímetro*: Instrumento que mide corriente continua y valores verdaderos de la tensión eficaz o de la tensión cresta a cresta, según convenga. En este caso el valor verdadero de la tensión cresta a cresta se define como la diferencia entre los valores más positivo y más negativo de las tensiones instantáneas registrados durante todo el intervalo de medida.

#### **I.4 Medida de la tolerancia de fluctuación de fase**

La tolerancia de fluctuación de fase (también conocida como acomodo de fluctuación de fase) se define como la amplitud de la fluctuación de fase sinusoidal que aplicada a la entrada de un equipo provoca una degradación determinada de la característica de error. La tolerancia de fluctuación de fase es función de la amplitud y la frecuencia de la fluctuación de fase aplicada.

Los requisitos de tolerancia de fluctuación de fase se especifican mediante las plantillas de fluctuación de fase que cubren una zona especificada de amplitud/frecuencia sinusoidal. Las plantillas de fluctuación de fase representan la cantidad mínima de fluctuación de fase que *debe aceptar* un equipo sin provocar una degradación de la característica de error (véase la nota).

En la figura I.1 aparece la relación entre la tolerancia real del equipo a la fluctuación de fase en la entrada y su plantilla de tolerancia de fluctuación de fase asociada.

NOTA – En la terminología UIT-T, la plantilla de tolerancia de fluctuación de fase representa "el límite inferior de la máxima fluctuación de fase a la entrada tolerable".

##### **I.4.1 Tolerancia real**

Las amplitudes de la fluctuación de fase sinusoidal que un equipo puede realmente tolerar a una frecuencia determinada se definen como todas las amplitudes hasta llegar a la que provoca una degradación determinada de la característica de error, excluida esta última amplitud.

La degradación determinada de la característica de error puede expresarse en términos de los criterios de degradación de la proporción de bits erróneos (BER) o de aparición de errores. La existencia de dos criterios se debe a que la tolerancia de fluctuación de fase a la entrada de un equipo digital viene determinada fundamentalmente por los dos factores siguientes:

- La posibilidad de que el circuito de recuperación de la señal de reloj de entrada pueda recuperar con precisión la señal de reloj de una señal de datos con fluctuación de fase, posiblemente en presencia de otras degradaciones (distorsión del impulso, diafonía, ruido, etc.).
- La capacidad de que otros componentes se acomoden a velocidades binarias de entrada con variación dinámica (por ejemplo, capacidad de justificación de impulsos y tamaño de la memoria tampón del sincronizador o del de sincronizador en un demultiplexor digital asíncrono).

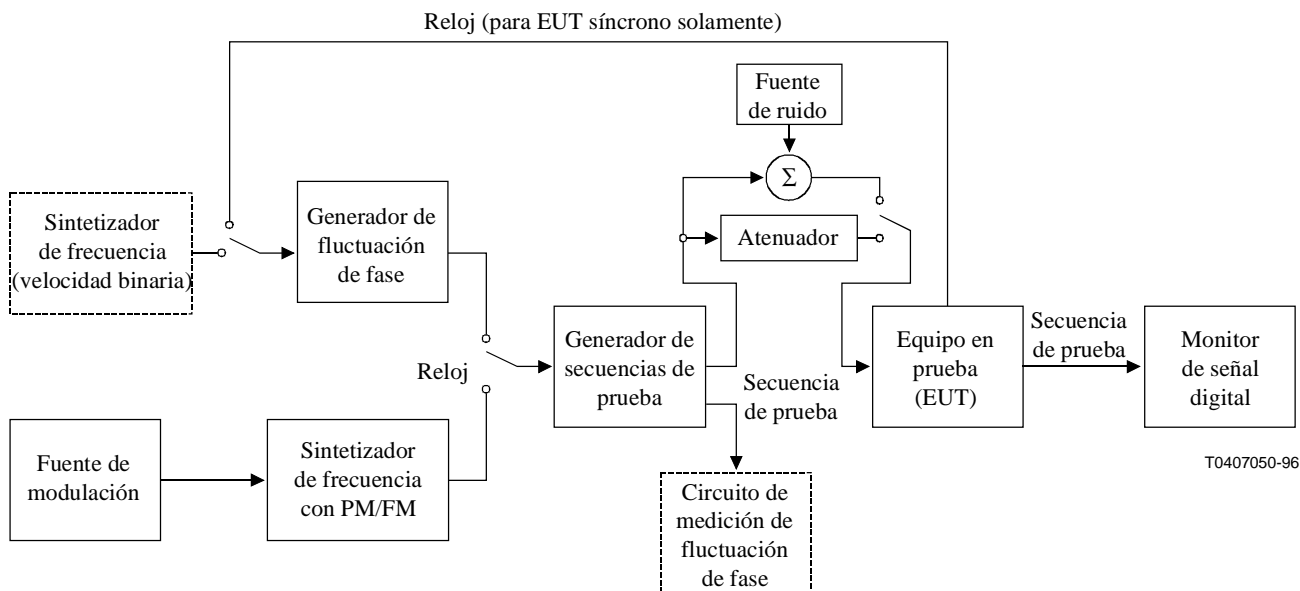
El criterio de degradación de la BER permite una determinación independiente del entorno de la asignación de la fluctuación de fase en la alineación del circuito de decisión, lo cual es crítico para evaluar el primer factor. En las referencias [13] y [14] figura una discusión detallada del criterio de degradación de la BER. Para evaluar el segundo factor se recomienda utilizar el criterio de aparición de errores.

#### **I.4.1.1 Técnica de la degradación de la proporción de bits erróneos**

El criterio de degradación de la BER para las medidas de tolerancia de fluctuación de fase se define como la amplitud de la fluctuación de fase, para una frecuencia de fluctuación de fase determinada, que duplica la degradación de la BER provocada por una disminución concreta de la relación señal/ruido (SNR, *signal-to-noise ratio*).

Esta técnica se divide en dos partes. En la primera parte se determinan dos puntos de referencia BER en función de SNR para el equipo sometido a prueba. Sin aplicar fluctuación de fase, se añade ruido a la señal, o ésta se atenúa, hasta que se obtiene un valor inicial conveniente de la BER. A continuación, el ruido, o la atenuación de la señal, se reducen hasta que la SNR en el circuito de decisión aumenta hasta el valor especificado de dB (y en consecuencia, el circuito de decisión está funcionando con una BER mejorada). La segunda parte utiliza los puntos de referencia BER en función de SNR; a una frecuencia determinada, la fluctuación de fase se añade a la señal de prueba hasta que la BER vuelve a tomar el valor inicialmente seleccionado. Como los dos puntos BER en función de SNR establecieron un margen de anchura del diagrama de ojos del circuito de decisión conocido, la fluctuación de fase equivalente añadida es una medida verdadera y repetible de la característica de la tolerancia de fluctuación de fase del circuito de decisión. La segunda parte de la técnica se repite para un número suficiente de frecuencias de manera que la medida represente con precisión la tolerancia de la fluctuación de fase de entrada sinusoidal continua del equipo sometido a prueba a lo largo de la gama de frecuencias aplicable. El equipo de prueba debe ser capaz de producir una señal con fluctuación de fase controlada y una SNR controlada en el tren de datos, y además debe poder medir la BER resultante del equipo sometido a prueba.

La figura I.2 ilustra la configuración de prueba de la técnica de degradación de la BER. El equipo que aparece representado en líneas discontinuas es opcional. El sintetizador de frecuencia opcional se utiliza para determinar con mayor precisión las frecuencias empleadas en el procedimiento de medida. Esto puede ser especialmente importante para lograr la repetibilidad de las medidas en algunos tipos de equipos (por ejemplo, en multiplexores digitales asíncronos). El circuito de medida de fluctuación de fase opcional se utiliza para verificar la amplitud de la fluctuación de fase generada.



**Figura I.2/O.171 – Configuración de la medida de la tolerancia de fluctuación de fase:  
Técnica de degradación de la proporción de bits erróneos**

### Procedimiento

- i) Se conecta el equipo como indica la figura I.2. Se verifica que existe la continuidad adecuada y que en el funcionamiento no aparecen errores.
- ii) Sin aplicar fluctuación de fase, se aumenta el ruido (o se atenúa la señal) hasta observar al menos 100 bits erróneos por segundo.
- iii) Se registra el valor correspondiente de la BER y de su SNR asociada.
- iv) Se aumenta la SNR la cantidad especificada
- v) Se ajusta la frecuencia de la fluctuación de fase de entrada al valor deseado.
- vi) Se ajusta la amplitud de la fluctuación de fase hasta que la BER vuelve al valor registrado en el paso iii).
- vii) Se registra la amplitud y la frecuencia de la fluctuación de fase de entrada aplicada y se repiten los pasos v) a vii) para un número suficiente de frecuencias a fin de caracterizar la curva de tolerancia de fluctuación de fase.

#### I.4.1.2 Técnica de aparición de errores

El criterio de aparición de errores para la medida de la tolerancia de fluctuación de fase se define como la mayor amplitud de la fluctuación de fase a una frecuencia especificada que provoca un valor acumulativo total de más de 2 segundos con error, habiéndose totalizado estos segundos con error a lo largo de intervalos sucesivos de medición de 30 segundos en los que aumenta la amplitud de la fluctuación de fase.

Esta técnica supone fijar un valor de la frecuencia de la fluctuación de fase y determinar la amplitud de la fluctuación de fase de la señal de prueba que satisface el criterio de aparición de errores. Específicamente, esta técnica exige:

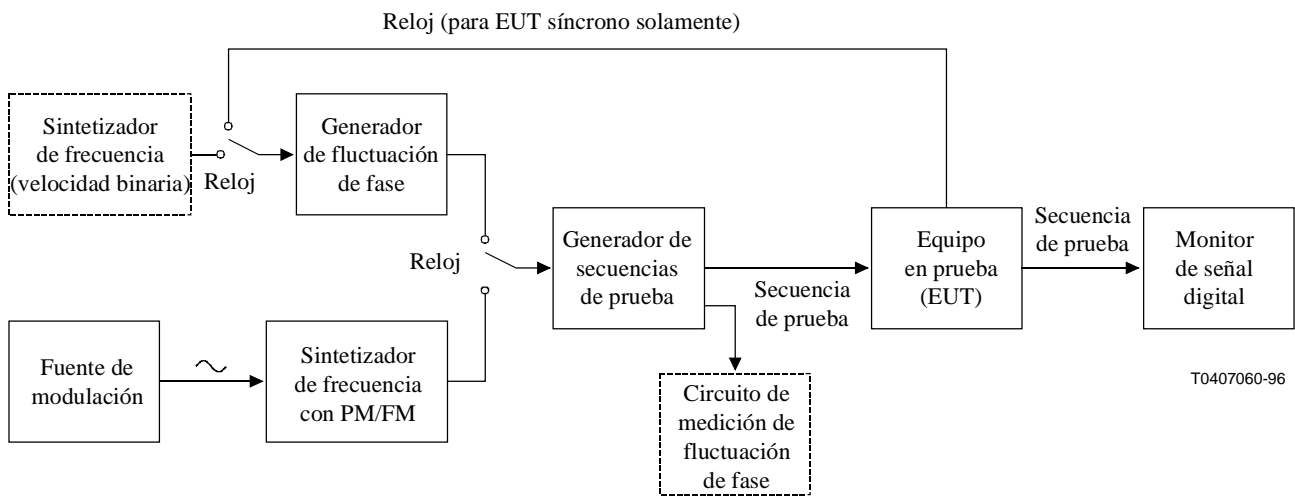
- 1) el aislamiento de la "región de transición" de la amplitud de la fluctuación de fase (en la cual desaparece el funcionamiento sin errores);
- 2) la medición de un segundo con error, de 30 segundos de duración, para cada amplitud de fluctuación de fase aumentada por incrementos desde el principio de esta región; y



- 3) la determinación del mayor valor de la amplitud de fluctuación de fase para el cual el cómputo acumulativo de los segundos con error no supera los 2 segundos con error.

El proceso se repite para un número suficiente de frecuencias de manera que la medida represente con precisión la tolerancia de amplitud de fase de entrada sinusoidal continua del equipo sometido a prueba a lo largo de la gama de frecuencias de fluctuación de fase aplicable. El equipo de prueba debe poder generar una señal con fluctuación de fase controlada y medir los segundos con error resultantes provocados por la fluctuación de fase en la señal entrante.

La figura I.3 ilustra la configuración de prueba para aplicar la técnica de aparición de errores. El sintetizador de frecuencias optativo se utiliza para determinar con mayor precisión las frecuencias empleadas en el procedimiento de medida. El circuito de medida de fluctuación de fase opcional se utiliza para verificar la amplitud de la fluctuación de fase generada.



**Figura I.3/O.171 – Configuración de la medida de la tolerancia de amplitud de fase: Técnica de aparición de errores**

### Procedimiento

- i) Se conecta el equipo como se indica en la figura I.3. Se verifica que existe la continuidad adecuada y que en el funcionamiento no aparecen errores.
- ii) Se ajusta la frecuencia de la fluctuación de fase de entrada de la forma deseada y se inicializa la amplitud de la fluctuación de fase a un valor de 0 UI cresta a cresta.
- iii) Se aumenta la amplitud de la fluctuación de fase en grandes incrementos para determinar la región de amplitud en que cesa el funcionamiento sin errores. Se reduce la amplitud de la fluctuación de fase a su nivel al principio de esta región.
- iv) Se registra el número de segundos con error que aparecen a lo largo de un intervalo de medida de 30 segundos. Obsérvese que la medida inicial debe ser de 0 segundos con error.
- v) Se aumenta la amplitud de la fluctuación de fase en incrementos pequeños, repitiendo el paso iv) para cada incremento, hasta que se satisface el criterio de aparición de errores.
- vi) Se registra la amplitud y frecuencia indicadas de la fluctuación de fase de entrada aplicada y se repiten los pasos ii) a v) para un número suficiente de frecuencias a fin de caracterizar la curva de tolerancia de la fluctuación de fase.

## **I.4.2 Conformidad con la plantilla de la tolerancia de fluctuación de fase**

La tolerancia de fluctuación de fase del equipo se especifica mediante las plantillas de tolerancia de fluctuación de fase. Cada plantilla define la región en la que debe funcionar el equipo sin sufrir la degradación determinada de la característica de error. La diferencia entre la plantilla y la curva de tolerancia real del equipo representa el margen de fluctuación de fase de funcionamiento y se ilustra en la figura I.1.

La medida de la conformidad con la plantilla se realiza ajustando la frecuencia y amplitud de la fluctuación de fase al valor de la plantilla y observando que no se produce la degradación determinada de la característica de error.

Se realizan mediciones en un número suficiente de puntos en la plantilla para asegurar que se respetan los valores de ésta a lo largo de toda la gama de frecuencias de la plantilla.

En la figura I.2 o la figura I.3, según el caso, se representa la configuración de prueba de la técnica para determinar la conformidad con la plantilla de tolerancia de fluctuación de fase.

### **Procedimiento**

- i) Se conecta el equipo como se indica en I.4.1.1 o I.4.1.2, según corresponda. Se verifica que la continuidad es la adecuada y que el funcionamiento está libre de errores.
- ii) Se fijan la amplitud y frecuencia de la fluctuación de fase a un punto de la plantilla.
- iii) Cuando se utiliza la técnica de aparición de errores, se confirma que existen 0 segundos con error. Cuando se utiliza la técnica de degradación de la BER, se confirma que no se alcanza la degradación determinada de la característica de error.
- iv) Se repiten los pasos ii) y iii) para un número suficiente de puntos de la plantilla a fin de verificar la conformidad con la plantilla de tolerancia de fluctuación de fase.

## **I.5 Medida de la característica de transferencia de la fluctuación de fase**

La característica de transferencia de la fluctuación de fase de un equipo digital se define como la relación entre la fluctuación de fase a la salida y la fluctuación de fase aplicada a la entrada en función de la frecuencia.

Si la relación entre la fluctuación de fase que aparece en los terminales de entrada y salida de un equipo digital puede describirse como un proceso lineal (aditivo y homogéneo), se utiliza el término "función de transferencia de la fluctuación de fase". La relación entre la fluctuación de fase que aparece en los terminales de entrada y salida de algunos tipos de equipos digitales no puede describirse como una función de transferencia de la fluctuación de fase. En esos casos, es necesario utilizar otras técnicas de medida para obtener resultados significativos. En este apéndice no se consideran los procesos no lineales.

### **I.5.1 Procesos lineales**

Las medidas de transferencia de la fluctuación de fase normalmente son necesarias en los circuitos de recuperación de la señal de reloj y en los circuitos de suavizado de fase del desincronizador. La medida de la función de transferencia de la fluctuación de fase de un circuito lineal de recuperación de la señal de reloj normalmente es directa. Sin embargo, esta misma medida en un circuito de suavizado de fase del desincronizador exige el empleo de técnicas especializadas porque se incluye en un multiplexor digital asíncrono no lineal.

#### **I.5.1.1 Circuito de recuperación de la señal de reloj**

Los circuitos de recuperación de la señal de reloj son componentes esenciales de los terminales de entrada de los equipos digitales. Es de particular interés la función de transferencia de la fluctuación

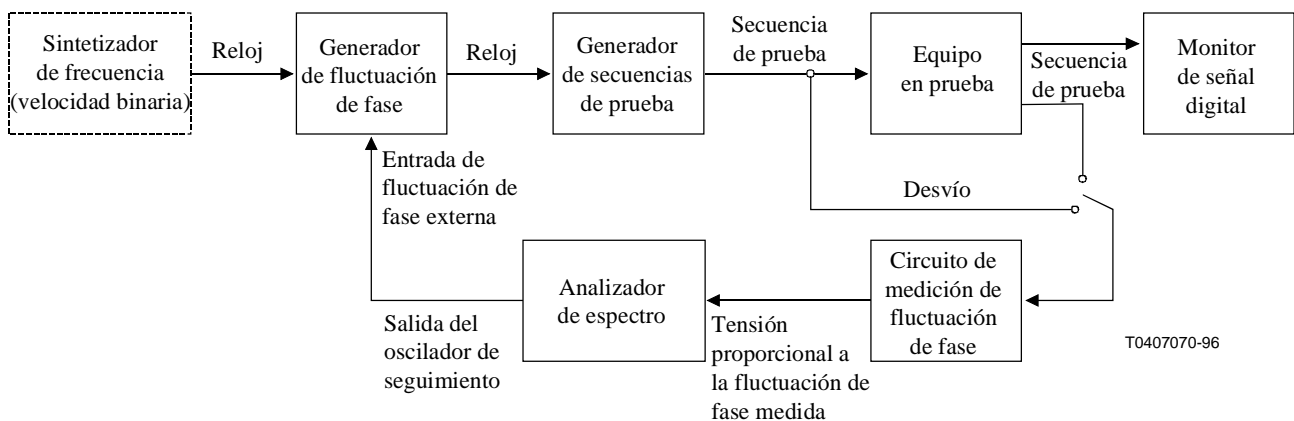
de fase de los circuitos de recuperación de la señal de reloj que determina la transferencia de la fluctuación de fase desde los terminales de entrada a los de salida. No se considera la caracterización de los circuitos lineales de recuperación de la señal de reloj incluidos en equipos no lineales (por ejemplo, multiplexores digitales asíncronos) porque normalmente no influyen en la característica global de transferencia de la fluctuación de fase del equipo.

### I.5.1.1.1 Técnica básica

Esta técnica consiste en aplicar al equipo sometido a prueba de un barrido de fluctuación de fase sinusoidal a una amplitud tolerable fija a lo largo de una gama de frecuencias seleccionada y observar la amplitud de la fluctuación de fase de salida en la gama de frecuencias aplicada. El proceso se repite para un número suficiente de gamas de frecuencias a fin de caracterizar la función de transferencia de la fluctuación de fase del equipo sometido a prueba.

En concreto, esta técnica utiliza un analizador de espectro para fijar una gama de frecuencias de fluctuación de fase y la correspondiente amplitud de fluctuación de fase tolerable. Inicialmente, el equipo sometido a prueba permanece desconectado para establecer una traza de referencia de amplitud 0 dB en el equipo de prueba. A continuación, se conecta y la traza de referencia de amplitud 0 dB se sustrae de la medida de la transferencia global de la fluctuación de fase para obtener la función de transferencia de la fluctuación de fase del equipo sometido a prueba. Es necesario utilizar un analizador de espectro con una salida de oscilador de seguimiento para determinar la frecuencia y amplitud de la fluctuación de fase de entrada, efectuando una medida en banda estrecha de la fluctuación de fase de salida. Para lograr un alto grado de precisión, la anchura de banda del analizador de espectro debe ser lo suficientemente estrecha como para obtener la resolución en amplitud y gama dinámica deseadas en cada una de las bandas de frecuencias medidas. Por ejemplo, para detectar una cresta inferior a 0,1 dB y una pendiente de caída de 20 dB por década entre 350 Hz y 20 kHz, es necesario emplear un analizador de espectro con una resolución de 0,1 dB, una anchura de banda de 3 Hz y una gama dinámica de 40 dB.

En la figura I.4 se representa la configuración de prueba para la medida de la función de transferencia de la fluctuación de fase. El sintetizador de frecuencias opcional puede utilizarse para determinar con mayor precisión las frecuencias empleadas en el procedimiento de medida.



**Figura I.4/O.171 – Configuración de la medida de la función de transferencia de la fluctuación de fase: Técnica básica**

## **Procedimiento**

- i) Se lleva a cabo la medida de la tolerancia de fluctuación de fase del equipo sometido a prueba en la gama de frecuencias deseada, como se indica en I.4.
- ii) Se conecta el equipo como muestra la figura I.4, dejando desconectado el equipo sometido a prueba. Se verifica que la continuidad es la adecuada, que existe linealidad y que el funcionamiento está libre de errores.
- iii) Se ajusta la gama de frecuencias del analizador de espectro al valor deseado. Se fija el nivel de salida del oscilador de seguimiento en el analizador de espectro para producir una amplitud de fluctuación de fase tolerable en la gama de frecuencias seleccionada que sea lo suficientemente amplia como para asegurar la adecuada precisión en la medida y lo suficientemente pequeña como para mantener el funcionamiento lineal.
- iv) Se fija la anchura de banda del analizador de espectro al valor más estrecho posible, se realiza un barrido de la gama de frecuencias deseada y se registra la traza de referencia de amplitud 0 dB del equipo de prueba. (Fijando un valor bajo de la anchura de banda del analizador de espectro puede reducirse la amplitud de la fluctuación de fase aplicada sin que disminuya la precisión de la medida.)
- v) Se conecta el equipo sometido a prueba como muestra la figura I.4. Se verifica que la continuidad es la adecuada, que existe linealidad y que el funcionamiento está libre de errores.
- vi) Se utiliza el analizador de espectro para realizar un barrido de la gama de frecuencias seleccionada y registrar la magnitud de la función de transferencia global de la fluctuación de fase (en el equipo de prueba y en el equipo sometido a prueba).
- vii) Para obtener la función de transferencia de la fluctuación de fase del equipo sometido a prueba se sustrae la traza de referencia de amplitud 0 dB de la función global de transferencia de la amplitud de fase registrada en el paso vi).
- viii) Se repiten los pasos i) a vii) para un número suficiente de gamas de frecuencias a fin de caracterizar la gama de frecuencias global de interés.

### **I.5.1.2 Circuito de suavizado de fase del desincronizador**

Por lo general, un proceso no lineal caracteriza la relación entre la fluctuación de fase que aparece en los terminales de entrada y salida de un multiplexor digital asíncrono. Sin embargo, la mayoría de los circuitos de suavizado de fase están destinados a funcionar de manera lineal y, por consiguiente, pueden tener una función de transferencia asociada a los mismos. Se han desarrollado dos técnicas que permiten determinar la función de transferencia de la fluctuación de fase para un circuito lineal de suavizado de fase del desincronizador utilizando interfaces múltiplex normalizadas. La primera técnica hace uso de interfaces en la entrada de velocidad binaria baja del multiplexor y en la salida de velocidad binaria baja del demultiplexor. La segunda técnica emplea las interfaces en la entrada de velocidad binaria alta y la salida de velocidad binaria baja del demultiplexor.

#### **I.5.1.2.1 Técnica del multiplexor**

Esta técnica pretende "linealizar" el proceso de multiplexión aplicando las limitaciones adecuadas a la amplitud y la frecuencia de la fluctuación de fase de entrada. En la entrada de la velocidad binaria baja del multiplexor se aplica una fluctuación de fase sinusoidal de amplitud y frecuencia seleccionadas y se observa la amplitud de la fluctuación de fase en la salida de velocidad binaria baja del demultiplexor a la frecuencia aplicada. El proceso se repite para un número suficiente de frecuencias a fin de caracterizar la función de transferencia de fluctuación de fase del desincronizador. En concreto, cuando la fluctuación de fase sinusoidal modula la fase de la señal que llega a una de las entradas de velocidad binaria baja del multiplexor, el espectro de la fluctuación de

fase que aparece en las salidas tributarias correspondientes, además de otros componentes de fluctuación de fase el tiempo de espera en puntos concretos del espectro, contiene una componente discreta a la frecuencia de la fluctuación de fase de entrada. Esta técnica exige que la amplitud de la fluctuación de fase de entrada sea lo suficientemente grande como para asegurar que esta componente discreta en el espectro de la fluctuación de fase de salida a la frecuencia aplicada predomina sobre los otros componentes de fluctuación de fase de tiempo de espera en la anchura de banda de medición. Sin embargo, no debe ser tan amplia como para que sature el mecanismo de relleno del multiplexor (principio de saturación). La magnitud más pequeña de la desviación de frecuencia,  $f(t)$ , que provoca el principio de saturación viene determinada por el valor más bajo de:

$$f(t) = f_{sc} - f_{nom}$$

$$f(t) = -f_m + f_{sc} - f_{nom}$$

donde:

$f_{sc}$  representa el valor medio de la velocidad de reloj para la lectura de bit de datos síncronos del multiplexor;

$f_m$  representa la velocidad máxima a la que pueden introducirse los impulsos en un tren de impulsos de llegada,

y:

$f_{nom}$  se refiere a la velocidad de línea entrante nominal.

Para lograr un elevado grado de precisión, la anchura de banda del analizador de espectro debe ser lo suficientemente estrecha como para obtener la resolución de amplitud y la gama dinámica deseadas en cada una de las bandas de frecuencias medidas (véase I.5.1.1.1). También se supone que la función de transferencia del circuito de recuperación de la señal de reloj a la entrada de velocidad binaria baja del multiplexor no altera la fluctuación de fase aplicada en la gama de frecuencias de interés.

La figura I.4 representa la configuración de prueba para medir la función de transferencia de la fluctuación de fase. El sintetizador de frecuencias opcional puede utilizarse para determinar con mayor precisión las frecuencias empleadas en el procedimiento de medida.

### Procedimiento

- i) Se realiza la medida de la tolerancia de la fluctuación de fase en la gama de frecuencias deseada.
- ii) Se conecta el equipo como muestra la figura I.4 dejando desconectado el equipo sometido a prueba. Se verifica que la continuidad es la adecuada, que existe linealidad y que el funcionamiento está libre de errores.
- iii) Se ajusta manualmente la frecuencia de prueba en el analizador de espectro.
- iv) Se ajusta el nivel de salida del oscilador de seguimiento en el analizador de espectro para que produzca el valor máximo de la amplitud de fluctuación de fase tolerable que no provoque el principio de saturación (como se define en esta subcláusula) a la frecuencia seleccionada.
- v) Se fija la anchura de banda del analizador de espectro al valor más bajo posible y se registra el nivel de referencia de transferencia de amplitud 0 dB del equipo de prueba.
- vi) Se conecta el equipo sometido a prueba como muestra la figura I.4. Se verifica que la continuidad es la adecuada y que el funcionamiento está libre de errores.
- vii) Se registra la magnitud de la función de transferencia global de la fluctuación de fase (equipo de prueba y equipo sometido a prueba). Normalmente es necesario establecer el

valor medio para suprimir en la medida los efectos de la fluctuación de fase del tiempo de espera.

- viii) Para obtener la magnitud de la función de transferencia de la fluctuación de fase del equipo sometido a prueba, se sustrae el nivel de referencia de transferencia de amplitud 0 dB de la magnitud total obtenida en el paso vii).
- ix) Se repiten los pasos iii) a viii) para un número suficiente de frecuencias a fin de caracterizar la función de transferencia de la fluctuación de fase del equipo sometido a prueba.

### **I.5.1.2.2 Técnica del demultiplexor**

Esta técnica supone la aplicación de una fluctuación de fase sinusoidal de amplitud y frecuencia seleccionadas a la entrada de velocidad binaria alta del demultiplexor y la observación de la amplitud de la fluctuación de fase en la salida de velocidad binaria baja del demultiplexor a la frecuencia aplicada. El proceso se repite para un número suficiente de frecuencias a fin de caracterizar la función de transferencia de fluctuación de fase del desincronizador. Específicamente, cuando una fluctuación de fase sinusoidal modula la fase de la señal de entrada al demultiplexor, el espectro de la fluctuación de fase de salida contiene una componente discreta a la frecuencia de la fluctuación de fase de entrada, además de las componentes de fluctuación de fase de tiempo de espera intrínsecas que ya están presentes. Con esta técnica, la amplitud de la fluctuación de fase de entrada aplicada debe ser lo suficientemente grande como para asegurar que su contribución al espectro de la fluctuación de fase de salida a la frecuencia aplicada predomina sobre la de la fluctuación de fase del tiempo de espera, pero no rebasa la tolerancia de fluctuación de fase a la entrada del demultiplexor. También se supone que la función de transferencia del circuito de recuperación de la señal de reloj a la entrada de alta velocidad binaria del demultiplexor no modifica la fluctuación de fase aplicada en la gama de frecuencias de interés.

La figura I.4 ilustra la confirmación de prueba para la medida de la función de transferencia de la fluctuación de fase. Es preciso resaltar que el siguiente procedimiento *no puede calibrar los efectos de la circuitería de recepción de baja velocidad binaria contenida en la componente del bloque funcional del circuito de medida de la fluctuación de fase*, y por consiguiente, exige que esta circuitería tenga una respuesta plana.

Cabe señalar que la señal digital aplicada a la entrada de velocidad binaria alta del demultiplexor debe contener información sobre alineación de trama para permitir el funcionamiento correcto del equipo sometido a prueba. Las señales "en trama" pueden extraerse de un generador de secuencias de prueba adecuado o pueden proceder del correspondiente multiplexor digital. En este último caso, debe insertarse un modulador de fluctuación de fase transparente entre la salida del multiplexor de alta velocidad y la entrada del demultiplexor. El modulador de fluctuación de fase superpone la fluctuación de fase en la señal sin fluctuación de fase procedente del multiplexor.

#### **Procedimiento**

- Se sigue el procedimiento indicado en I.5.1.1.1 representado en la figura I.4, aplicando como factor de escala a la fluctuación de fase en intervalos unitarios (UI, *unit intervals*) la relación entre las velocidades binarias a la entrada de alta velocidad del multiplexor y las salida de baja velocidad del demultiplexor.

### **I.6 Medida de la fluctuación de fase de salida**

Las medidas de la fluctuación de fase de salida pertenecen a dos categorías:

- 1) fluctuación de fase a la salida de la red en interfaces jerárquicas, y
- 2) fluctuación de fase intrínseca generada por los distintos equipos digitales.

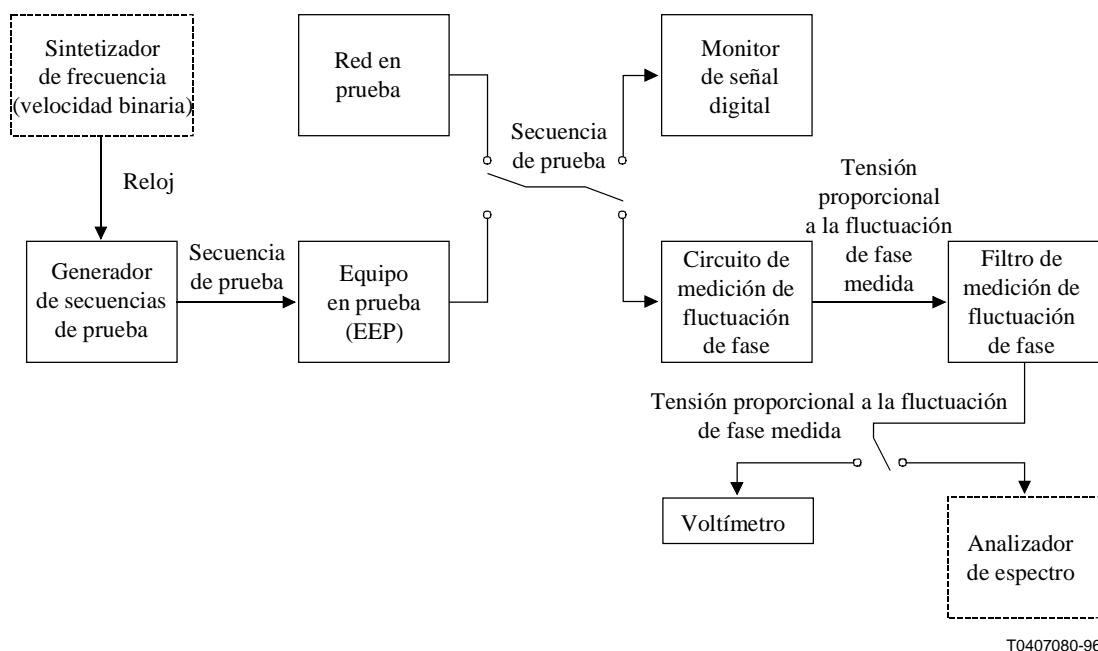
Las medidas de la fluctuación de fase a la salida pueden referirse a los valores eficaces o a valores cresta a cresta de las amplitudes en las gamas de frecuencia determinadas y pueden exigir una caracterización estadística.

Las medidas de fluctuación de fase a la salida utilizan tráfico real o secuencias de prueba controladas.

### I.6.1 Tráfico real

Las medidas de la fluctuación de fase a la salida en las interfaces jerárquicas de red utilizan normalmente una señal de tráfico real. Para realizar una prueba antes de la puesta en marcha del servicio, en la que se utilizan secuencias de prueba controladas, véase I.6.2. Esta técnica exige la demodulación de la fluctuación de fase en el tráfico real a la salida de la interfaz de red, el filtrado selectivo de la fluctuación de fase y la medida del valor eficaz verdadero o del valor cresta a cresta verdadero de la amplitud de la fluctuación de fase a lo largo del intervalo de tiempo de medida especificado.

La figura I.5 ilustra la configuración de prueba para la técnica de tráfico real. El analizador de espectro opcional permite observar el espectro de frecuencias de la fluctuación de fase a la salida.



**Figura I.5/O.171 – Configuración de la medida de la fluctuación de fase a la salida: Técnica básica**

#### Procedimiento

- i) Se conecta el equipo como muestra la figura I.5. Se verifica que la continuidad es la adecuada y que el funcionamiento está libre de errores.
- ii) Se selecciona el filtro de medida de la fluctuación de fase deseado y se mide la fluctuación de fase a la salida filtrada, registrando el valor verdadero de la amplitud cresta a cresta de la fluctuación de fase que se produce durante el intervalo de tiempo de medida especificado.
- iii) Se repite el paso ii) para todos los filtros de medida de fluctuación de fase deseados.

## **I.6.2 Secuencias de prueba controladas**

La medida de la fluctuación de fase intrínseca en un equipo digital exige la utilización de secuencias de prueba controladas. Normalmente estas secuencias se aplican en el laboratorio, en la fábrica y en situaciones fuera de servicio. La "técnica básica" descrita a continuación detalla la forma de realizar tales medidas.

Cuando se desea obtener información más detallada sobre la potencia de la fluctuación de fase a la salida (específicamente, la fluctuación de fase generada en los regeneradores digitales) puede clasificarse la fluctuación de fase en términos de componentes aleatorios y sistemáticos. Las razones fundamentales para distinguir entre fluctuaciones de fase aleatorias y sistemáticas son, por un lado permitir la comparación de los resultados de la medida con las estimaciones teóricas y, por otro lado, perfeccionar el diseño del regenerador. La "técnica mejorada" que aparece en la referencia [13] describe la forma de medir la fluctuación de fase aleatoria y sistemática.

### **I.6.2.1 Técnica básica**

Esta técnica es idéntica a la descrita en I.6.1, salvo en la aplicación al equipo sometido a prueba de una secuencia de prueba controlada sin fluctuación de fase. En la figura I.5, el sintetizador de frecuencias opcional puede utilizarse para determinar con mayor precisión las frecuencias empleadas en el procedimiento de medida.

#### **Procedimiento**

- i) Se conecta el equipo como indica la figura I.5 utilizando el generador de señal digital para aplicar una secuencia de prueba controlada sin fluctuación de fase al equipo sometido a prueba. Se verifica que la continuidad es la adecuada y que el funcionamiento está libre de errores.
- ii) Se selecciona el filtro de medida de la fluctuación de fase deseado y se mide la fluctuación de fase a la salida filtrada, registrando el valor verdadero de la amplitud cresta a cresta de la fluctuación de fase que se produce durante el intervalo de tiempo de medida especificado.
- iii) Se repite el paso ii) para todos los filtros de medida de la fluctuación de fase deseados.

## **APÉNDICE II**

### **Directrices relativas a la medida de la fluctuación lenta de fase**

(Este apéndice contiene únicamente información de tipo didáctico)

Esta edición de la Recomendación O.171 sólo contiene información general sobre la medida de la fluctuación lenta de fase. Por consiguiente, el texto pertinente se ha situado en un apéndice. La medida de la fluctuación lenta de fase va a ser estudiada en profundidad y posiblemente se incluya en el texto principal de futuras ediciones de la Recomendación O.171.

## **II.1 Medidas de la fluctuación lenta de fase**

### **II.1.1 Configuraciones de las medidas de la fluctuación lenta de fase – Consideraciones generales**

Debido a la baja frecuencia de las variaciones de fase que van a evaluarse (véase la definición en la cláusula 3), la fluctuación lenta de fase es un parámetro que exige una configuración de prueba especial. Cuando se llevan a cabo medidas de la fluctuación de fase, la señal de temporización de referencia necesaria normalmente se produce de manera local. Utilizando un bucle de enganche de fase se obtiene a partir del valor medio de la fase de la señal que va a medirse. Para las medidas de



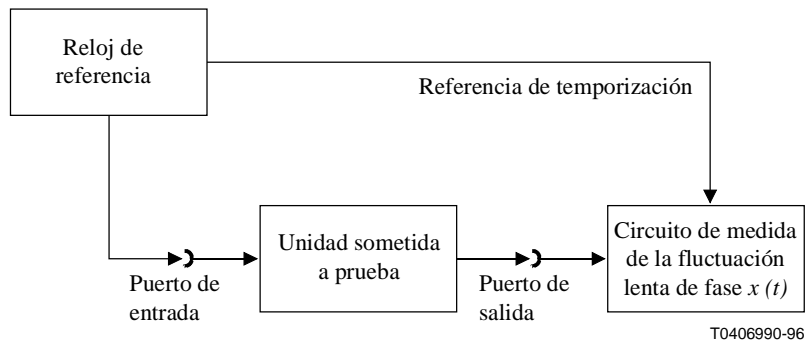
fluctuación lenta de fase no puede disponerse de un bucle de enganche de fase de estas características.

Por consiguiente, estas medidas exigen siempre una señal de referencia externa con la estabilidad adecuada.

En las subcláusulas II.1.2 y II.1.3 aparece información sobre configuraciones de prueba para realizar medidas de fluctuación lenta de fase, de acuerdo con la Recomendación G.810 [4].

### II.1.2 Medidas sincronizadas de la fluctuación lenta de fase

La figura II.1 muestra en forma general el diagrama de bloques del circuito necesario para llevar a cabo medidas sincronizadas de la fluctuación lenta de fase.

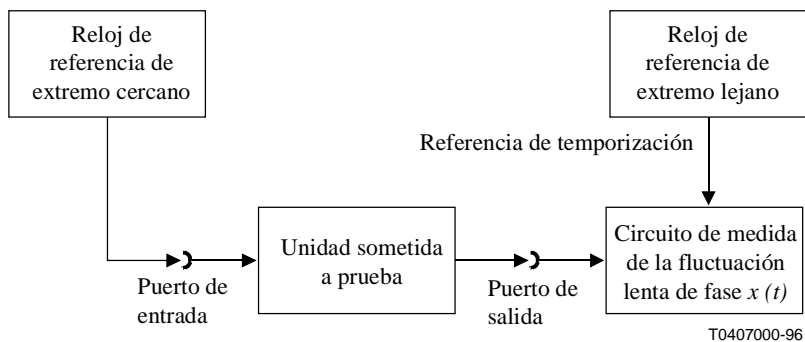


**Figura II.1/O.171 – Configuración para la medida sincronizada de la fluctuación lenta de fase**

Esta configuración puede aplicarse si las señales de temporización necesarias para realizar la medida pueden obtenerse de un reloj de referencia común. Ello significa que de esta forma sólo pueden realizarse las medidas en bucle, donde los puertos de entrada y salida de la unidad sometida a prueba son accesibles en el mismo punto. En esta disposición, el resultado de la medida no viene afectado por las variaciones de fase del reloj de referencia. Por consiguiente, los requisitos relativos a la estabilidad del reloj de referencia no son muy estrictos y pueden satisfacer los instrumentos de prueba portátiles.

### II.1.3 Medidas no sincronizadas de la fluctuación lenta de fase

En la figura II.2 se representa el diagrama de bloques para las medidas no sincronizadas de la fluctuación lenta de fase.

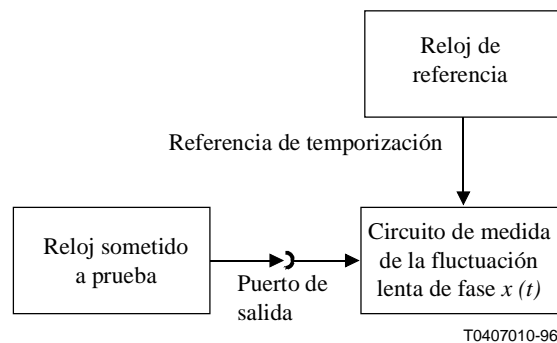


**Figura II.2/O.171 – Configuración de la medida no sincronizada de la fluctuación lenta de fase**

Esta configuración es aplicable a las medidas de la fluctuación lenta de fase cuando los puertos de entrada y salida de la unidad sometida a prueba se encuentran en el mismo punto (medidas de extremo a extremo). En este montaje, el resultado de una medida resulta afectado por cualquier deriva de frecuencia/fase de los dos relojes que intervienen en la medida. Ello significa que la estabilidad de los dos relojes debe ser al menos un orden de magnitud mejor que la cantidad que va a medirse. Tales relojes de referencia no pueden ir incorporados en un instrumento de prueba portátil, puesto que se requiere sincronización con una referencia externa.

## II.2 Medidas de la estabilidad de la señal de reloj

Si va a medirse la estabilidad de una señal de reloj, el montaje de medida es similar al descrito anteriormente y se ilustra en la figura II.3.



**Figura II.3/O.171 – Configuración de medida de la estabilidad de la señal de reloj**

También en esta configuración, el resultado de la medida viene afectado por cualquier deriva de la frecuencia/fase del reloj de referencia utilizado en la medida. Deben hacerse las mismas consideraciones que para la figura II.2.

## II.3 Cantidades que deben medirse

Deberán medirse las siguientes cantidades de fluctuación lenta de fase:

### II.3.1 Desviación en el tiempo

El instrumento deberá ser capaz de medir la desviación en el tiempo (TDEV, *time deviation*) definida en la Recomendación G.810 [4].

### II.3.2 Máximo error en el intervalo de tiempo

El instrumento deberá ser capaz de medir el máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE, *maximum time interval error*) definido en la Recomendación G.810 [4].

### II.3.3 Desviación de Allan

El instrumento deberá ser capaz de medir la desviación de Allan (ADEV, *Allan deviation*) definida en la Recomendación G.810 [4].

## II.4 Referencia externa

Especialmente para la medida de la fluctuación lenta de fase es necesario dedicar una entrada a la señal de referencia externa. Esta entrada deberá aceptar señales de reloj con velocidades binarias de 1544 kbit/s o 2048 kbit/s y señales sinusoidales a 1544 kHz o 2048 kHz como referencia.

## **SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
<b>Serie O</b>	<b>Especificaciones de los aparatos de medida</b>
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Z	Lenguajes de programación