

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

O.172

(04/2005)

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 para sistemas
digitales basados en la jerarquía digital
síncrona**

Recomendación UIT-T O.172

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE O
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
Aparatos de medida para parámetros digitales y analógicos/digitales	O.130–O.199
Aparatos de medida para parámetros de canales ópticos	O.200–O.209

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

Recomendación UIT-T O.172

Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona

Resumen

En esta Recomendación se especifica la instrumentación utilizada para generar y medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en los sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona (SDH). Los requisitos de medición de la interfaz de línea SDH y de las interfaces afluentes SDH que operan a velocidades binarias PDH no se consideran en esta Recomendación.

Los requisitos de las características del aparato de medida de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que se describen en esta Recomendación deben satisfacerse para asegurar la coherencia de los resultados entre los equipos procedentes de distintos fabricantes.

Orígenes

La Recomendación UIT-T O.172 fue aprobada el 13 de abril de 2005 por la Comisión de Estudio 4 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

Palabras clave

Fluctuación de fase a la entrada tolerable, fluctuación de fase a la salida, fluctuación de fase de puntero, fluctuación lenta de fase a la entrada tolerable, fluctuación lenta 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, generación de secuencia de puntero, medidas de la fluctuación de fase, medidas de la fluctuación lenta de fase, transferencia de ruido de la fluctuación lenta de fase, transitorios 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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 1 de la AMNT.

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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 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 2006

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento 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 informativas	2
3 Definiciones.....	2
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos.....	3
5 Convenios	3
6 Diagrama de bloques funcionales.....	4
7 Interfaces.....	5
7.1 Interfaces ópticas	5
7.2 Interfaces eléctricas	5
7.3 Entrada de la señal de reloj de referencia externa	5
7.4 Sensibilidad de la interfaz de entrada.....	6
8 Función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase.....	6
8.1 Fuente de modulación.....	6
8.2 Generador de señales de reloj.....	6
8.3 Generador de la secuencia de prueba digital	6
8.4 Generador de secuencia de puntero	7
8.5 Requisitos mínimos de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase	9
8.6 Precisión de la generación	10
9 Función de medición de la fluctuación de fase.....	12
9.1 Señal de temporización de referencia.....	12
9.2 Capacidades de medición	12
9.3 Anchura de banda de las mediciones.....	15
9.4 Precisión de las mediciones.....	17
9.5 Precisión de la medición de la transferencia de fluctuación de fase	20
9.6 Facilidades adicionales.....	21
10 Función de medición de la fluctuación lenta de fase.....	21
10.1 Señal de temporización de referencia.....	21
10.2 Medición del error en el intervalo de tiempo (TIE)	21
10.3 Medición del error en el intervalo de tiempo (TIE) transitorio.....	22
10.4 Medición del máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE).....	23
10.5 Medición de la desviación de tiempo (TDEV).....	24
10.6 Medición del desplazamiento de frecuencia.....	26
10.7 Velocidad de deriva de frecuencia	27
11 Función de generación de ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV.....	29

	Página
12	Función de generación de ruido de fluctuación lenta de fase del MTIE 29
13	Ambiente de funcionamiento..... 29
	Anexo A – Señales de prueba estructuradas para la medición de la fluctuación de fase..... 30
	A.1 Introducción..... 30
	A.2 Estructura de las señales de prueba para STM -N..... 30
	A.3 Estructura de la señal de prueba para señales STM-N concatenadas 31
	Anexo B – Definición de error de pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada 32
	Anexo C – Límite superior del MTIE para el ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV 33
	Apéndice I – Directrices relativas a la medición de la fluctuación de fase en sistemas SDH..... 36
	Apéndice II – Directrices relativas a la medición de la fluctuación lenta de fase en sistemas SDH..... 36
	II.1 Mediciones de la fluctuación lenta de fase 36
	II.2 Mediciones de la estabilidad de la señal de reloj 37
	Apéndice III – Directrices relativas a la generación de las secuencias de prueba de puntero 38
	Apéndice IV – Respuesta de la función de medición de la fluctuación de fase total 39
	IV.1 Introducción..... 39
	IV.2 Parámetros del filtro de medición..... 39
	IV.3 Límites de la plantilla para la respuesta del filtro de medición paso alto..... 40
	Apéndice V – Verificación de los algoritmos de cálculo de MTIE y de TDEV..... 41
	V.1 Descripción funcional de la fuente de ruido de TIE..... 41
	V.2 Primer ejemplo de generador de ruido de TIE..... 41
	V.3 Segundo ejemplo de generador de ruido de TIE 42
	Apéndice VI – Evaluación de la generación del MTIE 42
	Apéndice VII – Método de verificación de la precisión del resultado de las mediciones y del error intrínseco fijo 46
	VII.1 Descripción de la verificación y aplicación de la misma 46
	VII.2 Implementación del sistema 46
	VII.3 Resultados e interpretación de los mismos..... 49
	Apéndice VIII – Método de caracterización de la fluctuación de fase intrínseca del transmisor 51
	VIII.1 Descripción de la verificación y aplicación de la misma 51
	VIII.2 Método..... 51
	VIII.3 Patrón de prueba de diagnóstico..... 53
	VIII.4 Cálculo del valor cresta a cresta de la función de distribución de probabilidad..... 54

Introducción

Las características de la temporización y sincronización de las redes SDH y los elementos de los equipos de redes SDH se especifican en varias Recomendaciones UIT-T mediante parámetros de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase. La presente Recomendación especifica las distintas características del aparato de medida de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase que son necesarias para cumplir los requisitos de estas Recomendaciones UIT-T y soportar otras pruebas y tareas de medición.

Esta Recomendación ha sido desarrollada para asegurar la máxima compatibilidad con los requisitos de medición del aparato y la red SDH pertinentes, pero manteniendo la compatibilidad hacia atrás con los requisitos del aparato de prueba PDH asociado de la Rec. UIT-T O.171 [18] cuando sea posible.

Si bien se especifican los requisitos funcionales y de características del equipo de medición, 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 en esta Recomendación se encuentren en un equipo. Los usuarios pueden seleccionar las funciones que se adapten mejor a sus aplicaciones.

Recomendación UIT-T O.172

Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona

1 Alcance

En esta Recomendación se especifica la instrumentación utilizada para generar y medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en los sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*).

La Recomendación especifica también los requisitos de medición de los afluentes SDH que operan a velocidades binarias PDH.

La instrumentación para la medición se compone principalmente de una función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase y de una función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase. Las mediciones pueden realizarse en la capa física de los sistemas SDH. Para realizar ciertos tipos de medida puede que también sea necesario emplear un medidor de proporción de errores; éste puede formar parte de la misma instrumentación o estar separado físicamente.

La instrumentación para la generación y la medición de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en sistemas digitales basados en la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) se especifican en la Rec. UIT-T O.171 [18].

Es conveniente consultar las Recs. UIT-T G.783 [6], G.812 [9], G.813 [10], G.825 [13] y G.798 [15] 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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.691 (2003), *Interfaces ópticas para los sistemas monocal STM-64 y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos.*
- [2] Recomendación UIT-T G.693 (2005), *Interfaces ópticas para sistemas de conexión local.*
- [3] Recomendación UIT-T G.703 (2001), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.*
- [4] Recomendación UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- [5] Recomendación UIT-T G.772 (1993), *Puntos de supervisión protegidos en sistemas de transmisión digital.*
- [6] Recomendación UIT-T G.783 (2004), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona.*

- [7] Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización.*
- [8] Recomendación UIT-T G.811 (1997), *Características de temporización de los relojes de referencia primarios.*
- [9] Recomendación UIT-T G.812 (2004), *Requisitos de temporización de relojes subordinados adecuados para utilización como relojes de nodo en redes de sincronización.*
- [10] Recomendación UIT-T G.813 (2003), *Características de temporización de relojes subordinados de equipos de la jerarquía digital síncrona.*
- [11] Recomendación UIT-T G.823 (2000), *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.*
- [12] Recomendación UIT-T G.824 (2000), *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.*
- [13] Recomendación UIT-T G.825 (2000), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona.*
- [14] Recomendación UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona.*
- [15] Recomendación UIT-T G.798 (2004), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía de la red óptica de transporte.*
- [16] Recomendación UIT-T O.3 (1992), *Condiciones climáticas y pruebas pertinentes para los aparatos de medida.*
- [17] Recomendación UIT-T O.150 (1996), *Requisitos generales para la instrumentación de mediciones de la calidad de funcionamiento de equipos de transmisión digital.*
- [18] Recomendación UIT-T O.171 (1997), *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.*
- [19] Recomendación UIT-T O.181 (2002), *Equipo de medición para determinar la característica de error en las interfaces de módulo de transporte síncrono de nivel N.*
- [20] Recomendación UIT-R F.750-4 (2000), *Arquitecturas y aspectos funcionales de los sistemas de radioenlaces para las redes basadas en la jerarquía digital síncrona.*

2.2 Referencias informativas

- [21] ANSI T1.105.03-2003, *Synchronous Optical Network (SONET) – Jitter and Wander at Network and Equipment Interfaces.**
- [22] ANSI T1.105.06-2002, *Synchronous Optical Network (SONET): Physical Layer Specifications.**

3 Definiciones

En esta Recomendación se utilizan las definiciones siguientes (consúltese la Rec. UIT-T G.810 [7]).

3.1 fluctuación de fase (de la temporización): Variaciones a corto plazo de los ejemplares 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).

* ATIS mantiene las normas T1 desde noviembre de 2003.

3.2 fluctuación lenta de fase: Variaciones a largo plazo de los ejemplares 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 menos de 10 Hz).

3.3 error en el intervalo de tiempo (función): Diferencia entre la medida de un intervalo de tiempo proporcionada por un reloj y la medida del mismo intervalo de tiempo proporcionada por un reloj de referencia.

Cabe señalar que en la Rec. UIT-T UIT-T G.810 [7] aparecen definiciones y abreviaturas adicionales utilizadas en las Recomendaciones sobre temporización y sincronización. Dicha Recomendación también proporciona información básica sobre la necesidad de limitar las variaciones de fase y las degradaciones en los sistemas digitales.

4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

AU-n	Unidad administrativa, nivel n (<i>administrative unit, level n</i>)
CMI	Inversión de marcas codificada (<i>coded mark inversion</i>)
MTIE	Máximo error en el intervalo de tiempo (<i>maximum time interval error</i>)
NRZ	No retorno a cero (<i>non return to zero</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PJE	Evento de justificación de puntero (<i>pointer justification event</i>)
PLL	Bucle de enganche de fase (<i>phase-locked loop</i>)
ppm	partes por millón
PRBS	Secuencia binaria pseudoaleatoria (<i>pseudo random binary sequence</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root-mean-square</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
STM-N	Módulo de transporte síncrono, nivel N (<i>synchronous transport module, level N</i>)
TDEV	Desviación de tiempo (<i>time deviation</i>)
TIE	Error en el intervalo de tiempo (<i>time interval error</i>)
TSS	Estructura de la señal de prueba (<i>test signal structure</i>)
TU-m	Unidad afluyente, nivel m (<i>tributary unit, level m</i>)
UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
UIpp	Intervalo unitario, cresta a cresta (<i>unit interval, peak-to-peak</i>)

5 Convenios

En esta Recomendación se han adoptado los siguientes convenios:

- a) Las señales de interfaz particulares utilizadas se indican mediante sus formatos de señal normalizados, por ejemplo, STM-1, o por su velocidad binaria, por ejemplo, 139 264 kbit/s. Se considera que el formato físico por defecto de las interfaces SDH es óptico y que el formato físico por defecto de las interfaces PDH es eléctrico.
- b) Cuando en esta Recomendación se utiliza específicamente la forma eléctrica de una interfaz SDH, la interfaz se designa por "e", por ejemplo, STM-1e (referirse también a la cláusula 7).

- c) Las señales de interfaz particulares utilizadas se pueden agrupar por categorías como interfaces de línea SDH, o como interfaces afluentes SDH. En la presente Recomendación, las interfaces de línea SDH se refieren a aquellas que soportan señales STM-N, mientras que las interfaces afluentes SDH se refieren a las que soportan señales que operan a velocidades binarias PDH.

6 Diagrama de bloques funcionales

En la figura 1 aparece el diagrama de bloques del aparato en su forma general, identificando las principales funciones que se tratan en esta Recomendación. La figura no representa una implementación concreta.

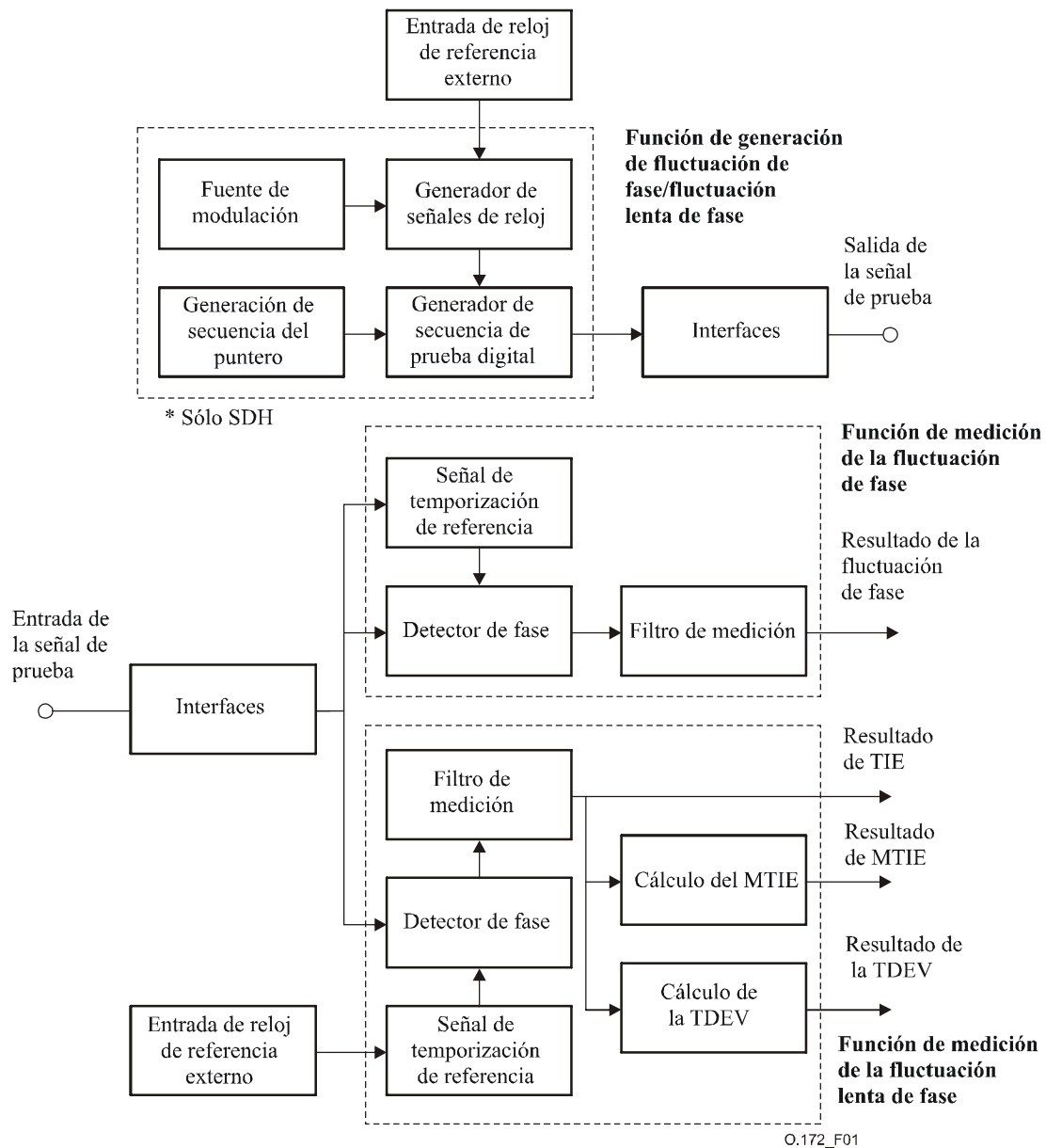


Figura 1/O.172 – Diagrama de bloques funcionales para el conjunto de prueba de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase

7 Interfaces

7.1 Interfaces ópticas

El instrumento deberá ser capaz de funcionar a una o más de las siguientes velocidades binarias y con las correspondientes características de interfaz óptica, como se define en las cláusulas apropiadas de las Recs. UIT-T G.957 [14] y G.691 [1], así como en ANSI TI.105.06 [22] (para interfaces a 51 840 kbit/s).

- STM-0 51 840 kbit/s
- STM-1 155 520 kbit/s
- STM-4 622 080 kbit/s
- STM-16 2 488 320 kbit/s
- STM-64 9 953 280 kbit/s
- STM-256 39 813 120 kbit/s

7.2 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 eléctrica, como se define en las cláusulas apropiadas de la Rec. UIT-T G.703 [3] así como en la Rec. UIT-R F.750-4 [20] (para interfaces eléctricas a 51 840 kbit/s). Sin embargo, para todas las velocidades binarias, la señal aplicada a la entrada del circuito de medida de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase deberá ser un impulso rectangular nominal. Si se utilizan otras formas de señal puede aparecer interferencia entre símbolos que no puede corregirse mediante simple equalización de línea, resultando afectada la precisión de la medida.

- 1544 kbit/s
- 2048 kbit/s
- 6312 kbit/s
- 34 368 kbit/s
- 44 736 kbit/s
- 51 840 kbit/s, STM-0e
- 139 264 kbit/s
- 155 520 kbit/s, STM-1e

Los puertos de entrada de la función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase y de salida de la función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase deberán tener la atenuación de retorno especificada en las cláusulas apropiadas de la Rec. UIT-T G.703 [3].

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

7.3 Entrada de la señal de reloj de referencia externa

El equipo de medida deberá aceptar como referencia señales de datos a velocidades binarias de 1544 kbit/s o 2048 kbit/s. Si puede aceptarse 2048 kbit/s, el equipo deberá aceptar también una señal de 2048 kHz como referencia. Las características de las señales de reloj estarán de acuerdo con la Rec. UIT-T G.703 [3].

7.4 Sensibilidad de la interfaz de entrada

La función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase es necesaria para operar satisfactoriamente en las condiciones de entrada siguientes:

- a) la especificación de las interfaces ópticas del equipo definidas en las Recs. UIT-T G.957 [14] y G.691 [1];
- b) la especificación de las interfaces eléctricas del equipo definidas en la Rec. UIT-T G.703 [3];
- c) los puntos de supervisión están protegidos como se define en la Rec. UIT-T G.772 [5].

8 Función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase

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

8.1 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 digitales, o por separado. En la presente Recomendación la fuente de modulación se define como sinusoidal. Sin embargo, para algunas pruebas puede que sea necesario utilizar otros estímulos.

8.2 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.

La fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase cresta a cresta generada y las frecuencias de modulación deberán cumplir los requisitos mínimos del cuadro 3 y la figura 3.

Si se proporcionan las interfaces a la salida para la señal de reloj modulada y/o la señal de referencia de temporización externa, el valor mínimo de la amplitud será de 1 voltio cresta a cresta en 75 Ω , o 0,25 voltios cresta a cresta en 50 Ω .

8.2.1 Precisión del generador de señales de reloj

La desviación de frecuencia de la señal de reloj interna con respecto a su valor nominal deberá ser inferior a $\pm 4,6$ ppm.

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 sometido a prueba, por ejemplo de ± 10 ppm a ± 100 ppm, como se define para las diversas velocidades binarias que figuran en las Recs. UIT-T G.703 [3] y G.813 [10].

Deberá ser posible realizar el enganche de fase de la función generación con una fuente de reloj de referencia externa de precisión arbitraria; hay que referirse también a 7.3.

8.3 Generador de la secuencia de prueba digital

La función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase se utilizará normalmente junto con un generador de secuencia de prueba digital adecuado que proporcione las siguientes facilidades.

8.3.1 Secuencias de prueba digital

El generador de secuencias de prueba digital deberá ser capaz de proporcionar una o más de las siguientes señales, para su utilización a velocidades binarias STM-N:

- a) señales SDH entramadas de conformidad con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 [4];
- b) señales de prueba estructuradas de conformidad con la Rec. UIT-T O.181 [19], dependiendo del tipo de elemento de red que se prueba;
- c) señales de prueba estructuradas definidas en el anexo A.

8.3.2 Secuencias de prueba digital para señales afluentes SDH

El generador de secuencia de prueba deberá poder proporcionar las siguientes señales:

Para uso a velocidades binarias de 2048 kbit/s, 6312 kbit/s y 44 736 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria de $2^{15} - 1$ bits de longitud conforme a 5.3/O.150 [17].

Para uso a velocidades binarias de 1544 kbit/s, 6312 kbit/s y 44 736 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria de $2^{20} - 1$ bits de longitud conforme a 5.5/O.150 [17].

Para uso a velocidades binarias de 34 368 kbit/s y 139 264 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria de $2^{23} - 1$ bits de longitud conforme a 5.6/O.150 [17].

Para uso a todas las velocidades binarias, una secuencia de prueba repetitiva 10001000.

Como opción y para uso a todas las velocidades binarias:

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

8.4 Generador de secuencia de puntero

Con el fin de probar el efecto de los eventos de justificación de puntero (PJE, *pointer justification event*) en el equipo de sincronizador SDH, el generador de secuencias de prueba digital deberá ser capaz de generar secuencias de prueba completas de justificaciones de puntero de conformidad con las cláusulas apropiadas de la Rec. UIT-T G.783 [6].

De manera opcional, el equipo puede proporcionar funciones de control PJE adicionales que facilitan pruebas de la fluctuación de fase de puntero.

En el apéndice III se da más información relativa a la capacidad y la configuración del sistema de prueba para la comprobación mediante el uso de secuencias de puntero.

8.4.1 Capacidad de generación de secuencias de prueba de puntero

El equipo deberá proporcionar un conjunto mínimo de secuencias de prueba de puntero aplicable en velocidades binarias afluentes SDH particulares, designadas por "X" en el cuadro 1, de conformidad con la cláusula 10/G.783 [6].

Con velocidades binarias afluentes SDH particulares, los ajustes de puntero deberán aplicarse al puntero de AU-n o al puntero de TU-m, como se muestra en el cuadro 1. La dirección o polaridad de la señal de prueba de puntero será seleccionable entre valores de puntero incrementados o decrementados.

Deberá seguirse el procedimiento de prueba especificado en la cláusula 15/G.783 [6].

Cuadro 1/O.172 – Descripción de la secuencia de prueba de puntero G.783

Secuencia de prueba de puntero G.783		Velocidad binaria (kbit/s) de los afluentes SDH y contenedor SDH					
		1544	2048	6312	34 368	44 736	139 264
ID	Descripción	TU-11	TU-12	TU-2	TU-3	AU-3	AU-4
a	Alternativa simple		X	(Nota)	X		X
b	Regular + doble		X		X		X
c	Regular + faltante		X		X		X
d	Alternativa doble				X		X
e	Simple	X				X	
f	Ráfaga					X	
g1	Periódica 87-3					X	X
g2	Periódica 87-3 con Add					X	X
g3	Periódica 87-3 con Cancel					X	X
h1	Periódica	X				X	
h2	Periódica con Add	X				X	
h3	Periódica con Cancel	X				X	
i	Transitoria de fase					X	
j1	Periódica 26-1	X					
j2	Periódica 26-1 con Add	X					
j3	Periódica 26-1 con Cancel	X					

NOTA – Las secuencias de prueba de puntero para 6312 kbit/s, TU-2 quedan en estudio.

Los intervalos de tiempo entre los PJE dentro de una secuencia de prueba dependen de la secuencia particular y de la velocidad binaria del afluente SDH sometido a prueba. En la Rec. UIT-T G.783 [6] se proporcionan detalles más precisos acerca de las secuencias de puntero aplicable a una velocidad binaria de afluente particular. En el cuadro 2 se especifican los intervalos de tiempo que deberán proveerse entre los PJE para velocidades binarias de afluente SDH particulares, y en la figura 2 se ilustran estos intervalos de una manera genérica. Los intervalos de tiempo T1 y T2 pueden ajustarse a valores mayores que el valor mínimo mostrado en el cuadro 2.

Cuadro 2/O.172 – Intervalos de tiempo entre eventos de justificación de puntero G.783

Intervalo de tiempo	Velocidad binaria (kbit/s) de afluente SDH					
	1544	2048	6312	34 368	44 736	139 264
T1 (mínimo)	30 s	10 s	(Nota)	10 s	30 s	10 s
T2 (mínimo)	1 s	750 ms	(Nota)	(Nota)	34 ms	(Nota)
T3	2 ms	2 ms	(Nota)	(Nota)	0,5 ms	(Nota)

NOTA – En la Rec. UIT-T G.783 [6] este valor queda en estudio.

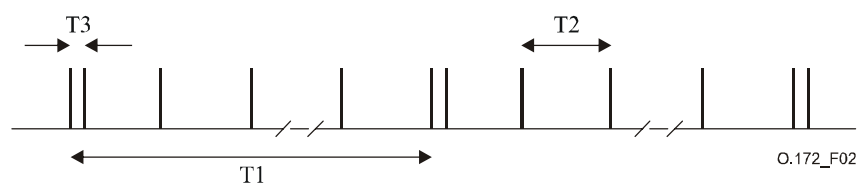


Figura 2/O.172 – Secuencia genérica del puntero G.783, que ilustra los intervalos de tiempo del cuadro 1

8.5 Requisitos mínimos de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase

La característica amplitud/frecuencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de la función de generación deberá cumplir los requisitos mínimos de la figura 3 y del cuadro 3 para señales de línea SDH, o del cuadro 3a para señales afluentes SDH.

Cuadro 3/O.172 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada ajustable en función de su frecuencia para señales de línea SDH

Señal	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase [UIpp]					Frecuencias de detección de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase [Hz]										
	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	f_0	f_{12}	f_{11}	f_{10}	f_9	f_8	f_1	f_2	f_3	f_4	
STM-0e, STM-0	*	*	20	2	0,2	*	*	*	*	10	30	300	2 k	20 k	400 k	
STM-1e, STM-1	3600	400	50	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	19,3	500	6,5 k	65 k	1,3 M	
STM-4	14400	1600	200	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	9,65	1 k	25 k	250 k	5 M	
STM-16	57600	6400	800	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	12,1	5 k	100 k	1 M	20 M	
STM-64	230400	25600	3200	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	12,1	20 k	400 k	4 M	80 M	
STM-256	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	

NOTA 1 – Los valores señalados con "*" no están definidos.
 NOTA 2 – Estos valores se basan en los requisitos de la Rec. UIT-T G.825 [13].
 NOTA 3 – Los valores para STM-0 se basan en los requisitos de ANSI T1.105.03 [21].
 NOTA 4 – FFS indica que el valor queda en estudio.

Cuadro 3a/O.172 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada ajustable en función de su frecuencia para afluentes de SDH

Señal [kbit/s]	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase [UIpp]					Frecuencias de detección de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase [Hz]									
	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	f_0	f_{12}	f_{11}	f_{10}	f_9	f_8	f_1	f_2	f_3	f_4
1544	40	*	20	10	0,5	12 μ	50 m	*	*	100 m	5	10	400	8 k	40 k
2048	50	*	30	10	0,5	12 μ	12 m	*	*	20 m	3,3	10	900	18 k	100 k
6312	150	*	50	10	0,5	12 μ	3 m	*	*	10 m	0,4	2	1600	32 k	60 k
34 368	200	*	50	10	0,5	10 m	50 m	*	*	200 m	20	100	1000	20 k	800 k
44 736	1000	*	100	10	0,5	12 μ	11 m	*	*	110 m	2,19	21,9	5000	100 k	400 k
139 264	800	*	200	10	0,5	10 m	33 m	*	*	130 m	5	100	500	10 k	3500 k

NOTA 1 – Los valores señalados con "*" no están definidos.
 NOTA 2 – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta las Rees. UIT-T G.823 [11] y G.824 [12].

Amplitud cresta a cresta de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase (escala logarítmica)

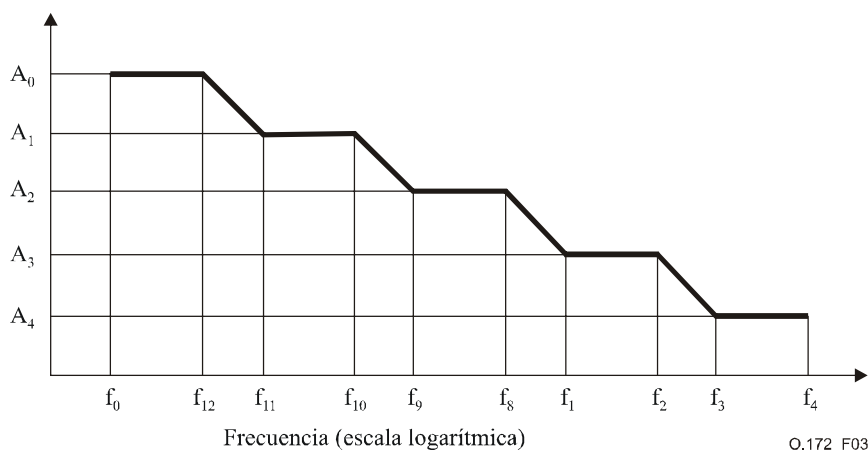


Figura 3/O.172 – Amplitud de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada en función de su frecuencia

8.6 Precisión de la generación

La fuente de las señales de prueba ha de ser compatible con la función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase, de manera que la precisión global de la medición no se deteriore sustancialmente. La precisión de la generación puede aumentarse midiendo la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase aplicada a la unidad sometida a prueba mediante el correspondiente dispositivo de medida de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase.

La precisión de generación de la función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase depende de varios factores como el error intrínseco fijo, la resolución fijada, la distorsión y el error de la respuesta de frecuencia. Existe además un error que es función del valor fijado real.

8.6.1 Error de amplitud de fase

El error de amplitud de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase sinusoidal deberá ser inferior a:

$$\pm Q \% \text{ del valor fijado } \pm 0,02 \text{ UIpp}$$

donde Q es un error variable especificado en el cuadro 4 para señales de línea SDH y en el cuadro 4a para señales afluentes SDH. Las frecuencias f_0, f_1, f_4 y f_9 utilizadas en los cuadros 4 y 4a están definidas en los cuadros 3 y 3a.

NOTA – Esta Recomendación excluye cualquier componente intrínseco de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de banda ancha.

8.6.2 Error de la pendiente de la fase

El error de la pendiente de la fase, cresta a cresta, de banda limitada, en UI/s deberá ser inferior a:

$$\frac{(\pm 2,5 \cdot Q \% \text{ del valor fijado } \pm 0,05 \text{ UIpp}) \cdot 2\pi f_m}{\sqrt{1 + (f_m / f_{3\text{dB}})^2}}$$

para los valores comprendidos en la gama:

$$10 \text{ Hz} \leq f_m \leq 2 \cdot f_3$$

donde f_m es la frecuencia de modulación, $f_{3\text{dB}} = 2 \cdot f_3 \pm 10\%$ es la anchura de banda del filtro de paso bajo, f_3 está definido en el cuadro 3 para señales de línea SDH y en el cuadro 3a para señales afluentes SDH, y Q es un error variable indicado en el cuadro 4 para señales de línea SDH y en el cuadro 4a para señales afluentes SDH. Las frecuencias f_0, f_1, f_4 y f_9 utilizadas en los cuadros 4 y 4a están definidas en los cuadros 3 y 3a.

Véase la definición de error de la pendiente de la fase, cresta a cresta, de banda limitada, en el anexo B.

NOTA – Esta Recomendación comprende armónicos de modulación (dentro de la anchura de banda de filtro de paso bajo) debidos a la distorsión, y excluye cualquier componente intrínseco de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de banda ancha.

Cuadro 4/O.172 – Error variable (Q) de la generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de línea SDH

Señal	Error, Q	Gama de frecuencias
STM-0e, STM-0	FFS	f_9 a f_1
	$\pm 8\%$	f_1 a f_4
STM-1e, STM-1	FFS	f_0 a f_1
	$\pm 8\%$	f_1 a 500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz a f_4
STM-4, STM-16, STM-64	FFS	f_0 a f_1
	$\pm 8\%$	f_1 a 500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz a 2 MHz
	$\pm 15\%$	2 MHz a f_4
STM-256	FFS	FFS
NOTA – FFS indica que el valor queda en estudio.		

Cuadro 4a/O.172 – Error variable (Q) de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase afluente de SDH

Velocidad binaria (kbit/s)	Error, Q	Gama de frecuencias
1544, 2048, 6312, 44 736	$\pm 8\%$	f_1 a f_4
34 368	$\pm 8\%$	f_1 a 500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz a f_4
139 264	$\pm 8\%$	f_1 a 500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz a 2 MHz
	$\pm 15\%$	2 MHz a f_4

8.6.3 Fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca de la función de generación

La fluctuación de fase intrínseca de la función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase medida en una anchura de banda f_1 - f_4 , definida en el cuadro 7, con la amplitud puesta a cero deberá ser menor que:

0,04 UIpp para una señal de salida que tenga la estructura definida en el anexo A; o

0,02 UIpp para una señal de reloj.

La especificación de la fluctuación lenta de fase intrínseca máxima admisible queda en estudio.

9 Función de medición de la fluctuación de fase

9.1 Señal de temporización de referencia

Se precisa una señal de temporización de referencia para el detector de fase. Para las mediciones de extremo a extremo de la fluctuación de fase, esta señal se puede derivar de la función de medición de la fluctuación de fase a partir de la secuencia de prueba digital. Para las mediciones en bucle se puede derivar de una fuente de reloj adecuada.

9.2 Capacidades de medición

9.2.1 Gama de medición

La función de medición de la fluctuación de fase deberá poder medir la fluctuación de fase cresta a cresta. Las gamas de medición que deben preverse son facultativas, pero por razones de compatibilidad, la característica de la amplitud de la fluctuación de fase con su frecuencia en la función de medición de la fluctuación de fase deberá cumplir los requisitos mínimos especificados en la figura 4 y el cuadro 5 para señales de línea SDH o en el cuadro 5a para señales afluentes SDH. Las frecuencias f_6 a f_4 definen la gama de frecuencias de la fluctuación de fase que se ha de medir; la capacidad de medir en la gama de frecuencias por debajo de f_1 es opcional.

NOTA – La operación de la función de medición de la fluctuación de fase en toda una gama de frecuencias continua de f_6 a f_4 es facultativa.

Cuadro 5/O.172 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase en función de su frecuencia

Señal	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase [UIpp]			Frecuencias de detección de la fluctuación de fase [Hz]					
	A_2	A_3	A_4	f_6	f_7	f_1	f_2	f_3	f_4
STM-0e, STM-0	20	2	0,2	10	30	300	2 k	20 k	400 k
STM-1e	50	2	0,1	10	19,3	500	3,25 k	65 k	1,3 M
STM-1	50	2	0,2	10	19,3	500	6,5 k	65 k	1,3 M
STM-4	200	2	0,2	*	10	1 k	25 k	250 k	5 M
STM-16	800	2	0,2	10	12,1	5 k	100 k	1 M	20 M
STM-64	3200	2	0,2	10	12,1	20 k	400 k	4 M	80 M
STM-256	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio

NOTA 1 – Los valores señalados con "*" no están definidos.
 NOTA 2 – La precisión del instrumento se especifica entre las frecuencias f_1 y f_4 .
 NOTA 3 – Los valores para STM-0 se basan en los requisitos de ANSI T1.105.03 [21].

Cuadro 5a/O.171 – Valor mínimo de la amplitud medida de la fluctuación de fase en función de su frecuencia

Señal [kbit/s]	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase [UIpp]			Frecuencias de detección de la fluctuación de fase [Hz]					
	A_2	A_3	A_4	f_6	f_7	f_1	f_2	f_3	f_4
1544	*	10	0,5	*	*	10	400	8 k	40 k
2048	*	10	0,5	*	*	20	900	18 k	100 k
6312	*	10	0,5	*	*	10	1600	32 k	60 k
34 368	*	10	0,5	*	*	100	1000	20 k	800 k
44 736	*	10	0,5	*	*	10	5000	100 k	400 k
139 264	*	10	0,5	*	*	200	500	10 k	3500 k

NOTA 1 – Los valores señalados con "*" no están definidos.
 NOTA 2 – La precisión del instrumento se especifica entre las frecuencias f_1 y f_4 .

Amplitud cresta a cresta de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase (escala logarítmica)

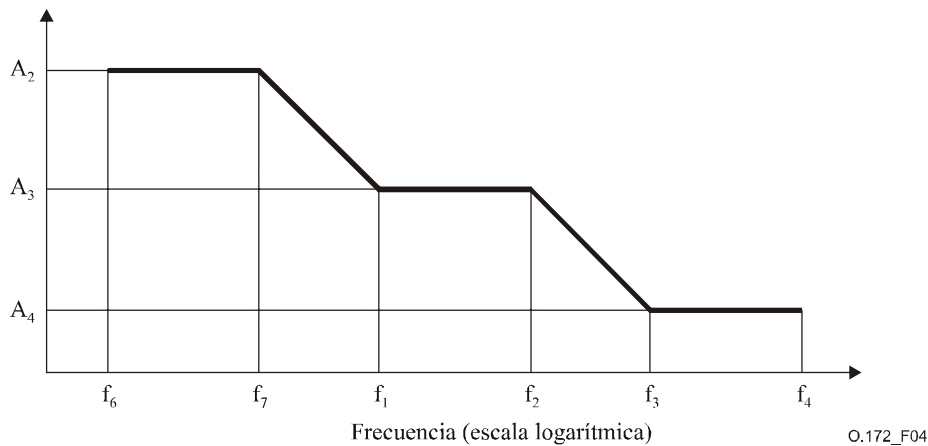


Figura 4/O.172 – Amplitud medida de la fluctuación de fase generada en función de su frecuencia

9.2.2 Umbral seleccionable

Al medir la fluctuación de fase cresta a cresta, deberá ser posible 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 de la función de medición de la fluctuación de fase.

9.2.3 Medición del valor cuadrático medio (RMS) de la fluctuación de fase

La medición del valor cuadrático medio (RMS, *root-mean-square*) de la fluctuación de fase puede realizarse internamente en el instrumento, o externamente utilizando la salida analógica mencionada en 9.5.1.

9.2.4 Tolerancia de fase a la entrada para señales afluentes SDH

El aparato de prueba deberá tolerar una variación de fase sinusoidal de entrada a velocidades binarias afluentes particulares, de conformidad con las siguientes especificaciones de frecuencia/amplitud del cuadro 6. Estos valores de frecuencia/amplitud representan las secuencias pertinentes de prueba del puntero definidas en la Rec. UIT-T G.783 [6].

Cuadro 6/O.172 – Tolerancia de fase a la entrada del aparato de pruebas cuando se mide la fluctuación de fase afluente SDH

Velocidad binaria [kbit/s]	Variación de fase a la entrada	
	Amplitud [UIpp]	Frecuencia [Hz]
1544	17	3,0
2048	30	0,5
6312	FFS	FFS
34 368	22	5,0
44 736	60	1,5
139 264	75	1,5
NOTA – FFS significa que el valor queda en estudio.		

En este contexto, tolerar significa que el aparato de pruebas realizará las mediciones con la precisión especificada en la presente Recomendación, considerando que la variación de fase a la entrada puede haberse atenuado por los filtros de medición aplicados.

9.3 Anchura de banda de las mediciones

La anchura de banda de la medición deberá limitarse para que se midan los espectros de fluctuación de fase especificados en las Recomendaciones pertinentes, y para otros usos. Las anchuras de banda f_1 - f_4 o f_3 - f_4 de la función de medición de la fluctuación de fase deberá estar conforme con el cuadro 7 para señales de línea SDH y el cuadro 7a para señales afluentes SDH.

Cuadro 7/O.172 – Anchura de banda de la función de medición de la fluctuación de fase de señales de línea SDH

Señal	Anchura de banda de la función de medición de la fluctuación de fase (frecuencias de corte a -3 dB)			
	Paso alto f_1 [Hz]	Paso alto f_{12} [Hz]	Paso alto f_3 [Hz]	Paso bajo f_4 [Hz]
STM-0e, STM-0	100	–	20 k	400 k
STM-1e,	500	–	65 k	1,3 M
STM-1	500	12 k	65 k	1,3 M
STM-4	1 k	12 k	250 k	5 M
STM-16	5 k	12 k	1 M	20 M
STM-64	20 k	–	4 M	80 M
STM-256	80 k	–	16 M	320 M
NOTA 1 – Los valores para STM-0 se basan en los requisitos de ANSI T1.105.03 [21].				
NOTA 2 – Los valores para STM-256 se considerarán provisionales, ya que aún no se han definido los requisitos de red en la Rec. UIT-T G.825 [13].				
NOTA 3 – El filtro paso alto f_{12} es opcional.				

Cuadro 7a/O.172 – Anchura de banda de la función de medición de la fluctuación de fase de señales afluente SDH

Velocidad binaria [kbit/s]	Anchura de banda de la medición de la fluctuación de fase (frecuencias de corte a -3 dB)		
	Paso alto f_1 [Hz]	Paso alto f_3 [Hz]	Paso bajo f_4 [Hz]
1544	10	8 k	40 k
2048	20	18 k (0,7 k)	100 k
6312	10	3 k	60 k
34 368	100	10 k	800 k
44 736	10	30 k	400 k
139 264	200	10 k	3,5 M

NOTA – Se especifican dos valores para f_3 a 2048 kbit/s. El valor que figura entre paréntesis sólo se aplica a mediciones en ciertas interfaces nacionales.

9.3.1 Respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase para señales de línea SDH

La respuesta de todos los filtros dentro de la banda de paso deberá ser tal que se cumplan los requisitos de precisión de la función de medición de la fluctuación de fase (véase 9.4).

Para todas las velocidades binarias de línea SDH, se aplican los siguientes requisitos a la función de medición de la fluctuación de fase cuando se utilizan filtros de medición en frecuencias f_1 , f_3 y f_4 :

- Los filtros de medición paso alto con frecuencias de corte f_1 y f_3 tienen una característica de primer orden y un régimen de caída de 20 dB/década.
- Las frecuencias de corte nominales f_1 y f_3 para cada velocidad binaria se especifican en el cuadro 7, y el punto nominal de -3 dB de los filtros de medición deberá encontrarse en las frecuencias $f_1 \pm 10\%$ y $f_3 \pm 10\%$, respectivamente.
- El filtro de medición paso bajo con frecuencia de corte f_4 tiene una característica de Butterworth extremadamente plana y un régimen de caída de -60 dB/década.
- La frecuencia de corte nominal f_4 para cada velocidad binaria se especifica en el cuadro 7, y el punto de -3 dB del filtro de medición se encontrará en la frecuencia $f_4 \pm 10\%$.
- La atenuación máxima de los filtros de medición será al menos de 60 dB.

Estos requisitos funcionales de la medición de la fluctuación de fase son compatibles con la Rec. UIT-T G.825 [13].

9.3.2 Respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase para señales afluentes SDH

La respuesta de todos los filtros dentro de la banda de paso deberá ser tal que se cumplan los requisitos de precisión de la función de medición de la fluctuación de fase (véase 9.4).

Para todas las velocidades binarias afluentes SDH, se aplican los siguientes requisitos a la función de medición de la fluctuación de fase cuando se utilizan los filtros de medición en las frecuencias f_1 , f_3 y f_4 :

- Los filtros de medición paso alto con frecuencias de corte f_1 o f_3 tienen una característica de primer orden y un régimen de caída de 20 dB/década.

- b) Las frecuencias de corte nominales f_1 y f_3 para cada una de las velocidades binarias se especifican en el cuadro 7a, y el punto nominal de -3 dB de los filtros de medición se encontrará en las frecuencias $f_1 \pm 10\%$ y $f_3 \pm 10\%$ respectivamente.
- c) El filtro de medición de paso bajo con frecuencia de corte f_4 tiene una característica de Butterworth extremadamente plana y un régimen de caída de por lo menos -60 dB/década para velocidades binarias de 2048, 34 368 y 139 264 kbit/s y de -20 dB/década para velocidades binarias de 1544, 6312 y 44 736 kbit/s.
- d) La frecuencia de corte nominal f_4 para cada velocidad binaria se especifica en el cuadro 7a y el punto nominal de -3 dB del filtro de medición se encontrará en la frecuencia $f_4 \pm 10\%$.
- e) La atenuación máxima de los filtros de medición será al menos de 60 dB.
- f) Además, cuando la función de filtro de paso alto se encuentra en f_1 , se aplican los requisitos siguientes. El error variable de los filtros de medición por debajo de f_1 serán los definidos en el cuadro 10a para la frecuencia f_1 . Se admite un segundo polo de filtro a una frecuencia inferior a 0,1 Hz cuando el régimen de caída puede aumentar a 40 dB/década.

Estos requisitos funcionales de la medición de la fluctuación de fase son compatibles con las Recs. UIT-T G.783 [6], G.823 [11] y G.824 [12].

En el apéndice IV se ilustra el modo en que se pueden combinar, dentro de una respuesta en frecuencia de la medición de la fluctuación de fase total, estos requisitos de los filtros y las especificaciones de las secciones que siguen.

9.4 Precisión de las mediciones

9.4.1 Precisión de los resultados de las mediciones

La precisión de la medición de la función de medición de la fluctuación de fase es dependiente de varios factores tales como el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y los errores dependientes de la secuencia de pruebas digital que introducen los circuitos internos de temporización de referencia. Existe, además, un error de lectura del resultado de la medida.

La precisión de la medición de la fluctuación de fase no deberá verse afectada por el desplazamiento de frecuencia de la señal de entrada que se encuentra dentro de los límites definidos en las Recs. UIT-T G.703 [3], G.783 [6], G.813 [10] y G.798 [15] para las distintas velocidades binarias.

La precisión de la medición se especifica mediante una señal de entrada que tiene la estructura definida en el anexo A, si se trata de señales de línea SDH, o en 8.3.2, si se trata de secuencias pseudoaleatorias para señales afluentes SDH, y con una u otra de las características físicas siguiente:

- a) una señal eléctrica conforme con la Rec. UIT-T G.703 [3] con el nivel de señal terminada nominal y sin atenuación adicional dependiente de la frecuencia; o
- b) una señal óptica conforme con las Recs. UIT-T G.957 [14] o G.691 [1], y con un valor nominal de potencia en la gama de -10 dBm a -12 dBm. Puede permitirse el funcionamiento para potencias de entrada superiores en STM-64 y STM-256 de acuerdo con las potencias inyectadas medias especificadas en la Rec. UIT-T G.693 [2].

El error de medición total deberá ser menor que:

$$\pm R\% \text{ de la lectura } \pm W$$

donde R es el error variable que se especifica en el cuadro 10 o en el cuadro 10a y W es el error fijo del cuadro 8 o del cuadro 9, que incluye toda contribución procedente de la función de extracción de temporización interna.

9.4.2 Error fijo de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH

Para las velocidades binarias STM-N y para las señales digitales indicadas, el error fijo de la función de medición de la fluctuación de fase deberá ser el que se especifica en el cuadro 8 dentro de las gamas de frecuencias f_1-f_4 y f_3-f_4 indicadas. Las frecuencias f_1 , f_3 y f_4 utilizadas en el cuadro 8 se definen en el cuadro 7.

Cuadro 8/O.172 – Error fijo (W) de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH

Señal	Error de fluctuación de fase cresta a cresta máximo [UIpp] para señales digitales dadas					
	Señal estructurada			Señal de reloj		
	f_1-f_4	$f_{12}-f_4$	f_3-f_4	f_1-f_4	$f_{12}-f_4$	f_3-f_4
STM-0e	FFS	–	FFS	FFS	–	FFS
STM-0	0,07	–	0,035	0,05	–	0,03
STM-1e	0,07	–	0,025	0,05	–	0,02
STM-1	0,07	0,035	0,035	0,05	0,03	0,03
STM-4	0,1	0,035	0,035	0,05	0,03	0,03
STM-16	0,1	0,035	0,035	0,05	0,03	0,03
STM-64	0,1	–	0,035	0,05	–	0,03
STM-256	0,15	–	0,05	0,05	–	0,03

NOTA 1 – FFS significa que el valor queda en estudio.
 NOTA 2 – Las señales digitales estructuradas se definen en el anexo A.
 NOTA 3 – Las interfaces de reloj son opcionales.
 NOTA 4 – En STM-256 el objetivo es la reducción del error fijo W dentro de las gamas de frecuencia f_1-f_4 y f_3-f_4 a 0,1 UIpp y 0,035 UIpp.
 NOTA 5 – El filtro paso alto f_{12} es opcional.
 NOTA 6 – Términos de error fijo reducido para STM-16 y STM-64 aplicables al nuevo aparato de medida.

9.4.3 Error fijo de las mediciones de fluctuación de fase de señales afluentes SDH

Para las velocidades binarias afluentes y para las señales digitales indicadas, el error fijo de la función de medición de la fluctuación de fase deberá ser el especificado en el cuadro 9 dentro de las gamas de frecuencias f_1-f_4 y f_3-f_4 indicadas. Las frecuencias f_1 , f_3 y f_4 empleadas en el cuadro 9 se definen en el cuadro 7a.

Cuadro 9/O.172 – Error fijo (W) de las mediciones de fluctuación de fase de señales afluentes SDH

Velocidad binaria [kbit/s]	Error de fluctuación de fase cresta a cresta máximo [UIpp] para señales digitales dadas			
	Señal pseudoaleatoria		Señal de reloj	
	f_1-f_4	f_3-f_4	f_1-f_4	f_3-f_4
1544	0,04	0,025	0,015	0,01
2048	0,04	0,025	0,015	0,01
6312	0,04	0,025	0,015	0,01
34 368	0,04	0,025	0,03	0,02
44 736	0,04	0,025	0,03	0,02
139 264	0,04	0,025	0,03	0,02

NOTA 1 – Las señales digitales pseudoaleatorias se definen en 8.3.2.
NOTA 2 – Las interfaces de reloj son opcionales.

9.4.4 Error variable de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH

El error variable R deberá ajustarse a los especificados en el cuadro 10 para las señales de línea SDH. Las frecuencias f_1 , f_3 y f_4 mencionadas en el cuadro 10 se definen en el cuadro 7.

Cuadro 10/O.172 – Error variable (R) de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH

Señal	Error, R	Gama de frecuencias
STM-0e, STM-0	FFS	f_1 a f_4
STM-1e, STM-1	$\pm 7\%$	f_1 a 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz a 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz a f_4
STM-4	$\pm 7\%$	f_1 a 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz a 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz a 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz a f_4
STM-16, STM-64, STM-256	$\pm 7\%$	f_1 a 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz a 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz a 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz a 10 MHz
	$\pm 20\%$	10 MHz a f_4

9.4.5 Error variable de las mediciones de la fluctuación de fase de señales afluentes SDH

A las frecuencias de fluctuación de fase entre f_1 y f_4 , el error variable deberá ajustarse al especificado en el cuadro 10a para las señales afluentes SDH. Las frecuencias f_1 y f_4 indicadas en el cuadro 10a se definen en el cuadro 7a.

Cuadro 10a/O.172 – Error variable (R) de las mediciones de la fluctuación de fase de señal afluente SDH

Velocidad binaria [kbit/s]	Error, R	Gama de frecuencias
1544	±9%	f_1 a 1 kHz
	±7%	1 kHz a f_4
2048	±7%	f_1 a f_4
6312	±9%	f_1 a 1 kHz
	±7%	1 kHz a f_4
34 368	±7%	f_1 a 300 kHz
	±8%	300 kHz a f_4
44 763	±9%	f_1 a 200 Hz
	±7%	200 Hz a 300 kHz
	±8%	300 kHz a f_4
139 264	±7%	f_1 a 300 kHz
	±8%	300 kHz a 1 MHz
	±10%	1 MHz a 3 MHz
	±15%	3 MHz a f_4

9.4.6 Error dependiente de la señal de pruebas digital

Los requisitos de precisión indicados en las subcláusulas anteriores deberán satisfacerse cuando en las medidas de fluctuación de fase se utilizan las señales de prueba digitales definidas en el anexo A. Si se emplean otras señales estructuradas, señales pseudoaleatorias o señales aleatorias, 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" o de "unos" (es decir, menos transiciones de señales) pueden incluso violar el teorema de muestreo, lo cual, por razones teóricas, hace imposible que se satisfagan los requisitos de precisión.

9.5 Precisión de la medición de la transferencia de fluctuación de fase

En la Rec. UIT-T G.783 [6] se utiliza una curva de ganancia en función de la frecuencia para especificar las características de la transferencia de fluctuación de fase en equipos SDH, a fin de limitar la ganancia de transferencia máxima (P) y el ancho de banda de transferencia máximo (f_C). Esta curva se especifica en la gama de frecuencias de f_L a f_H . La precisión de la medición de la transferencia de fluctuación de fase depende de varios factores, a saber, la repetibilidad de la calidad de funcionamiento del generador de fluctuación de fase, la linealidad y la repetibilidad de la calidad de funcionamiento de los equipos de medición de la fluctuación de fase, y el ruido de fondo de la medición. Cuando la frecuencia de fluctuación de fase f_m es menor que f_C , la precisión de la medición afecta la determinación de si se ha cumplido el requisito del límite de ganancia P. Cuando la frecuencia de fluctuación de fase f_m es mayor que f_C , la precisión de la medición afecta la determinación de si no se excede la curva de limitación de ancho de banda por encima de f_C .

El error total de medición en la gama de frecuencias de fluctuación de fase $f_L = 0,01 \cdot f_C$ y $f_H = 100 \cdot f_C$ o f_4 , si f_4 es menor que $100 \cdot f_C$ y si se utiliza una amplitud de fluctuación de fase de entrada igual a la curva de tolerancia de fluctuación de fase aplicable, será menor que:

$$\pm 0,05 \text{ dB} \pm 0,12 \cdot g$$

donde g es la ganancia de transferencia de fluctuación de fase medida en la frecuencia de fluctuación de fase f_m , en dB. Este error de medición es válido para g mayor o igual que -45 dB. Si g es menor que este valor, no se especifica la precisión.

9.6 Facilidades adicionales

9.6.1 Salida analógica

La función de medición de la fluctuación de fase puede proporcionar una señal de salida analógica para posibilitar la realización de las mediciones externamente a la función de medición de la fluctuación de fase, por ejemplo, mediante el uso de un osciloscopio o medidor de RMS.

10 Función de medición de la fluctuación lenta de fase

En el apéndice II se recoge información concerniente a las configuraciones de prueba para la medición de la fluctuación lenta de fase.

10.1 Señal de temporización de referencia

Para la realización de la comprobación de la fluctuación lenta de fase deberá ser posible efectuar el enganche de fase de la función de medición a una fuente de señales de reloj de referencia externa de precisión arbitraria; véase también 7.3.

10.2 Medición del error en el intervalo de tiempo (TIE)

El aparato deberá ser capaz de medir el error en el intervalo de tiempo (TIE, *time interval error*) tal como se define en la Rec. UIT-T G.810 [7]. El TIE es la función básica por medio de la cual se pueden calcular muchos parámetros de estabilidad diferentes [tales como el máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE, *maximum time interval error*) y la desviación de tiempo (TDEV, *time deviation*)].

TIE puede interpretarse como la diferencia de tiempo entre la señal que se mide y el reloj de referencia. Se mide generalmente en nanosegundos, y se pone a cero en el arranque del periodo de medición. Por consiguiente, el TIE proporciona el cambio de temporización desde el momento en que se inició la medición.

10.2.1 Intervalo de muestreo

Para calcular y estimar los distintos parámetros de la fluctuación lenta de fase especificados en las siguientes subcláusulas, se trata el TIE como un parámetro muestreado, puesto que no se puede conseguir en la práctica un conocimiento continuo del error de intervalo de tiempo (véase la Rec. UIT-T G.810 [7]).

El tiempo máximo de muestreo, τ_0 , del TIE será:

$$1/30 \text{ s}$$

de conformidad con las Recs. UIT-T G.813 [10] y G.812 [9].

10.2.2 Anchura de banda de medición

La fluctuación lenta de fase deberá medirse a través de un filtro de medición paso bajo, de primer orden, equivalente a 10 Hz, de conformidad con las Recs. UIT-T G.813 [10] y G.812 [9], y con las siguientes características:

- a) El filtro de medición paso bajo tiene una característica de orden único y un régimen de caída de -20 dB/década. El punto de -3 dB del filtro de medición deberá encontrarse en una frecuencia de $10 \text{ Hz} \pm 10\%$.
- b) La amplitud del rizado de la banda de paso en la gama de 1 a 10 Hz será inferior a $\pm 0,2$ dB (con relación a la ganancia a 0,1 Hz), y la atenuación máxima del filtro de medición será como mínimo de 30 dB.

10.2.3 Gama de medición

La gama dinámica de la medición del TIE deberá ser como mínimo de:

$$\pm 1 \times 10^9 \text{ ns}$$

(correspondiente, por ejemplo, al desplazamiento de frecuencia de $\pm 4,6$ ppm para 200 000 segundos o a lo largo de 55 horas).

10.2.4 Precisión del resultado de la medición

La precisión de la medición de la función de medición de la fluctuación lenta de fase depende de varios factores tales como la magnitud de la lectura, el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y el intervalo de muestreo del TIE.

Para cada medición del TIE en un intervalo de observación τ , el error de medición TIE deberá ser inferior a:

$$\pm 5\% \text{ del valor de TIE medido } \pm Z_0(\tau)$$

donde $Z_0(\tau)$ se basa en los requisitos de medición de la Rec. UIT-T G.811 [8] y se especifica en el cuadro 11.

Cuadro 11/O.172 – Error fijo (Z_0) de la medición del TIE

$Z_0(\tau)$ [ns]	Intervalo de observación, τ [s]
$2,5 + 0,0275 \tau$	$0,05 \leq \tau \leq 1000$
$29 + 0,001 \tau$	$\tau > 1000$
NOTA – Existe un término adicional de error dependiente de la frecuencia por encima de 1 Hz debido a la respuesta del filtro de medición (véase 10.2.2).	

10.3 Medición del error en el intervalo de tiempo (TIE) transitorio

El instrumento de medición puede medir el error en el intervalo de tiempo (TIE) transitorio, que se define como el TIE medido a través de un filtro de medición de paso bajo de primer orden de 100 Hz equivalente según como se describe en las Recs. UIT-T G.783 [6] y G.813 [10].

El TIE transitorio se puede utilizar para medir los ajustes de puntero especificados en la Rec. UIT-T G.783 [6] o los transitorios de fase de reloj especificados en las Recs. UIT-T G.812 [9] y G.813 [10].

10.3.1 Intevalo de muestreo

El tiempo máximo de muestreo τ_0 del TIE transitorio será:

$$1/1000 \text{ s}$$

conforme a las Recs. UIT-T G.783 [6] y G.812 [9].

10.3.2 Anchura de banda de medición

El TIE transitorio se medirá a través de un filtro de medición de paso bajo de primer orden de 100 Hz equivalente.

- El filtro de medición de paso bajo tiene una característica de orden único y un régimen de caída de -20 dB/década. El punto de -3 dB del filtro de medición deberá encontrarse en una frecuencia de $100 \text{ Hz} \pm 10\%$.

- b) La amplitud del rizado de la banda de paso en la gama de 10 a 100 Hz será inferior a $\pm 0,2$ dB (con relación a la ganancia a 1 Hz) y la atenuación máxima del filtro de medición será como mínimo de 30 dB.

10.3.3 Gama de medición

La gama dinámica de la medición del TIE transitorio deberá ser como mínimo de:

$$\pm 1 \times 10^6 \text{ ns}$$

10.3.4 Precisión del resultado de la medición

La precisión de la función de medición del TIE transitorio depende de varios factores como la magnitud de la lectura, el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y el intervalo de muestreo.

Para cada medición del TIE transitorio en un intervalo de observación τ , el error de medición total deberá ser inferior a:

$$\pm 5\% \text{ del valor del TIE transitorio medido } \pm Z_9(\tau)$$

donde $Z_9(\tau)$ se basa en los requisitos de medición de la Rec. UIT-T G.811 [8] y está especificado en el cuadro 12.

Cuadro 12/O.172 – Error fijo Z_9 de la medición del TIE transitorio

$Z_9(\tau)$ [ns]	Intervalo de observación, τ [s]
$2,5 + 0,0275 \tau$	$0,001 \leq \tau \leq 100$
NOTA – Existe un término adicional de error dependiente de la frecuencia por encima de 10 Hz debido a la respuesta del filtro de medición (véase 10.3.2).	

10.4 Medición del máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE)

Puede proporcionarse la capacidad de medición del máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE) tal como se define en la Rec. UIT-T G.810 [7].

El MTIE es una medida de la fluctuación lenta de fase que caracteriza a los desplazamientos de frecuencia y a los transitorios de fase. Es función de un parámetro τ denominado intervalo de observación. Puede decirse que $MTIE(\tau)$ es el TIE cresta a cresta más grande en cualquier intervalo de observación de longitud τ .

10.4.1 Gammas de medición y de intervalos de observación

A fin de soportar las especificaciones de MTIE de las distintas Recomendaciones UIT-T, deberá ser posible medir el MTIE en una gama de intervalos de observación, como mínimo:

- de 0,05 s a 100 000 s para el TIE según se describe en 10.2;
- de 0,001 s a 100 s para el TIE transitorio según se describe en 10.3.

La gama máxima de los resultados del MTIE calculados deberá ser por lo menos de:

$$50\,000 \text{ ns}$$

(que corresponde a 10 veces la especificación máxima definida en la Rec. UIT-T G.813 [10], por ejemplo).

NOTA – El periodo mínimo de medición T para $MTIE(\tau)$ es el intervalo de observación (es decir, $T = \tau$).

10.4.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo del MTIE puede separarse funcionalmente de la medición del TIE, en cuyo caso se aplicarán al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Cuando se aplica al cálculo del MTIE un algoritmo dotado de un conjunto de datos de medición de TIE determinado, el error de sus resultados deberá encontrarse dentro de un cierto valor con respecto a los valores calculados con arreglo a las fórmulas del estimador estándar que se dan en II.5/G.810 [7].

El error total de cálculo del MTIE deberá ser menor que:

$$\pm 2\% \text{ del valor de MTIE } \pm Z_1(\tau)$$

donde $Z_1(\tau)$ es el especificado en el cuadro 13 y τ es el intervalo de observación.

Cuadro 13/O.172 – Error fijo (Z_1) del algoritmo de cálculo de MTIE

$Z_1(\tau)$ [ns]	Intervalo de observación, τ [s]
$0,5 + 0,0055 \tau$	$0,001 \leq \tau \leq 1000$
$5,8 + 0,0002 \tau$	$\tau > 1000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.811 [8].	

Para verificar la precisión de un algoritmo de cálculo de MTIE autónomo, puede utilizarse la fuente de ruido de TIE que se describe en el apéndice V.

10.4.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de la medición (es decir, incluidos el error de la medición del TIE y el error del algoritmo de cálculo de MTIE) deberá ser menor que:

$$\pm 7\% \text{ del valor de MTIE } \pm Z_3(\tau)$$

donde $Z_3(\tau)$ es el especificado en el cuadro 14 y τ el intervalo de observación.

Cuadro 14/O.172 – Error fijo (Z_3) del resultado de la medición del MTIE

$Z_3(\tau)$ [ns]	Intervalo de observación, τ [s]
$3 + 0,033 \tau$	$0,001 \leq \tau \leq 1000$
$35 + 0,0012 \tau$	$\tau > 1000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.811 [8].	

10.5 Medición de la desviación de tiempo (TDEV)

Puede facilitarse la capacidad de medición de la desviación de tiempo (TDEV, *time deviation*) definida en la Rec. UIT-T G.810 [7].

TDEV es una medida de la fluctuación lenta de fase que caracteriza su contenido espectral. Es una función de un parámetro τ denominado intervalo de observación. TDEV(τ) se puede definir como el valor cuadrático medio (RMS) del TIE filtrado, donde un filtro paso banda está centrado en una frecuencia de $0,42/\tau$.

10.5.1 Gamas de medición y de los intervalos de observación

A fin de soportar las especificaciones de TDEV de las distintas Recomendaciones UIT-T, deberá ser posible medir la TDEV en una gama de intervalos de observación, de:

$$0,05 \text{ s a } 10\,000 \text{ s}$$

La gama máxima de los resultados calculados de la TDEV deberá ser por lo menos de:

$$10\ 000\ \text{ns}$$

(que corresponde a 10 veces la especificación máxima definida en la Rec. UIT-T G.813 [10], por ejemplo).

NOTA – El periodo máximo de medición, T , para $TDEV(\tau)$ es doce veces el intervalo de observación (es decir, $T = 12\tau$), de conformidad con las Recs. UIT-T G.813 [10], G.812 [9] y G.811 [8].

10.5.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo de la TDEV puede separarse funcionalmente de la medición del TIE, en cuyo caso se aplicarán al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Cuando se aplica al cálculo de la TDEV un algoritmo dotado de un conjunto de datos de medición de TIE determinado, el error de sus resultados deberá encontrarse dentro de un cierto valor con respecto a los valores calculados con arreglo a la fórmula del estimador estándar que se da en II.3/G.810 [7].

El error total de cálculo de la TDEV deberá ser menor que:

$$\pm 2\% \text{ del valor de TDEV } \pm Z_2(\tau)$$

donde $Z_2(\tau)$ es el especificado en el cuadro 15 y τ el intervalo de observación.

Cuadro 15/O.172 – Error fijo (Z_2) del algoritmo de cálculo de TDEV

$Z_2(\tau)$ [ns]	Intervalo de observación, τ [s]
0,06	$0,05 \leq \tau \leq 100$
$0,0006 \tau$	$100 < \tau \leq 1000$
0,6	$1000 < \tau \leq 10\ 000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.811 [8].	

Para verificar la precisión de un algoritmo de cálculo de TDEV autónomo, puede utilizarse la fuente de ruido de TIE que se describe en el apéndice V.

10.5.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de la medición (es decir, incluidos el error de la medición del TIE y el error del algoritmo de cálculo de TDEV) deberá ser menor que:

$$\pm 7\% \text{ del valor de TDEV } \pm Z_4(\tau)$$

donde $Z_4(\tau)$ es el especificado en el cuadro 16 y τ el intervalo de observación.

Cuadro 16/O.172 – Error fijo (Z_4) del resultado de la medición de TDEV

$Z_4(\tau)$ [ns]	Intervalo de observación, τ [s]
0,36	$0,05 \leq \tau \leq 100$
$0,0036 \tau$	$100 < \tau \leq 1000$
3,6	$1000 < \tau \leq 10\ 000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.811 [8].	

10.6 Medición del desplazamiento de frecuencia

Se puede proporcionar la capacidad para medir el desplazamiento de frecuencia, según se define a continuación.

El desplazamiento de frecuencia es la primera derivada de fase con respecto al tiempo. La función de transferencia del proceso de derivación aumenta proporcionalmente a la frecuencia con la que varía el desplazamiento de frecuencia. Por consiguiente, se debe limitar la anchura de banda de medición. La anchura de banda de medición es controlada por el periodo de tiempo para el cual se calcula el desplazamiento de frecuencia a partir de un conjunto de valores x_i del TIE.

El desplazamiento de frecuencia fraccional (en ns/s) medido durante un periodo T está definido por:

$$y(n\tau_0) = \frac{6}{N\tau_0} \sum_{i=1}^N x_{n+i} \left[\frac{2i}{N^2 - 1} - \frac{1}{N - 1} \right]$$

donde:

τ_0 es el intervalo de muestreo en segundos

N es el número de muestras de fase en el periodo de medición

$T = N\tau_0$ es el periodo de medición en segundos

$t = n\tau_0$ es el tiempo al comienzo del periodo de medición

x_i son las muestras de fase en ns

NOTA – Esta medición atenúa los componentes del desplazamiento de frecuencia que varían a frecuencias mayores de $0,55/T$. El usuario debe escoger el valor de $T = N\tau_0$ de manera que se atenúe el ruido y pasen las frecuencias que interesan.

10.6.1 Gama de medición

A fin de soportar las especificaciones de medición del desplazamiento de frecuencia de diversas Recomendaciones UIT-T, deberá poderse medir el desplazamiento de frecuencia en una gama de periodos de medición de por lo menos:

$$0,05 \text{ s} \leq T \leq 10\,000 \text{ s}$$

La gama máxima de los resultados del desplazamiento de frecuencia obtenidos será de por lo menos:

$$75\,000 \text{ ns/s}$$

(lo que corresponde a 10 veces la especificación máxima de la Rec. UIT-T G.813 [10]).

10.6.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo del desplazamiento de frecuencia se puede separar funcionalmente de la medición del TIE. En ese caso, se aplican al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Un algoritmo utilizado para calcular el desplazamiento de frecuencia al que se proporciona un determinado conjunto de datos de mediciones del TIE, dará resultados con un cierto error, respecto de los valores calculados con la fórmula estándar que figura en 10.6.

El error total de cálculo del desplazamiento de frecuencia deberá ser inferior a:

$$\pm 2\% \text{ del valor del desplazamiento de frecuencia } \pm Z_5(T)$$

donde $Z_5(T)$ se indica en el cuadro 17 y T es el periodo de medición.

Cuadro 17/O.172 – Error fijo (Z_5) del algoritmo de cálculo del desplazamiento de frecuencia

$Z_5(T)$ [ns/s]	Periodo de medición, T [s]
0,0055	$0,05 \leq T \leq 1000$
0,0002	$T > 1000$
NOTA – Estos requisitos han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.811 [8].	

10.6.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de medición (es decir, incluido el error de una medición de TIE y el error del algoritmo de cálculo del desplazamiento de frecuencia) deberá ser inferior a:

$$\pm 7\% \text{ del valor del desplazamiento de frecuencia } \pm Z_6(T)$$

donde $Z_6(T)$ se especifica en el cuadro 18 y T es el periodo de medición.

Cuadro 18/O.172 – Error fijo (Z_6) del resultado de la medición del desplazamiento de frecuencia

$Z_6(T)$ [ns/s]	Periodo de medición, T [s]
0,033	$0,05 \leq T \leq 1000$
0,0012	$T > 1000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.811 [8].	

10.7 Velocidad de deriva de frecuencia

Se puede proporcionar la capacidad para medir el desplazamiento de frecuencia, según se define a continuación.

La velocidad de deriva de frecuencia es la segunda derivada de la fase con respecto al tiempo. La función de transferencia del proceso de obtención de la segunda derivada aumenta proporcionalmente al cuadrado de la frecuencia con la que varía la velocidad de deriva de frecuencia. Por consiguiente, se debe limitar la anchura de banda de medición. La anchura de banda de medición se controla por el periodo de tiempo durante el cual se calcula la velocidad de deriva de frecuencia a partir de un conjunto de valores x_i del TIE.

La velocidad de deriva de frecuencia (en ns/s²) medida en un periodo T está definida por:

$$D(n\tau_0) = \frac{60}{N\tau_0^2} \sum_{i=1}^N x_{n+i} \left[\frac{6i^2}{N^4 - 5N^2 + 4} - \frac{6i}{N^3 - N^2 - 4N + 4} + \frac{1}{N^2 - 3N + 2} \right]$$

donde:

τ_0 es el intervalo de muestreo en segundos

N es el número de muestras de fase en el periodo de medición

$T = N\tau_0$ es el periodo de medición en segundos

$t = n\tau_0$ es el tiempo en que comienza el periodo de medición

x_i son las muestras de fase en ns

NOTA – Esta medición atenúa los componentes de la velocidad de deriva de frecuencia que varían a frecuencias mayores que $0,8/T$. El usuario debe escoger el valor de $T = N\tau_0$ de manera que se atenúe el ruido y pasen las frecuencias que interesan.

10.7.1 Gama de medición

A fin de soportar las especificaciones de medición de la velocidad de deriva de frecuencia de diversas Recomendaciones UIT-T, la velocidad de deriva de frecuencia deberá poderse medir en una gama de periodos de medición de por lo menos:

$$0,05 \text{ s} \leq T \leq 10\,000 \text{ s}$$

La gama máxima de los resultados de la velocidad de deriva de frecuencia calculados será de por lo menos:

$$0,06 \text{ ns/s}^2$$

(lo que corresponde a 10 veces la especificación máxima de la Rec. UIT-T G.813 [10]).

10.7.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia se puede separar funcionalmente de la medición del TIE. En ese caso, se aplican al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Un algoritmo utilizado para calcular la velocidad de deriva de frecuencia a la que se proporciona un determinado conjunto de datos de medición del TIE, dará resultados con un cierto error, de los valores calculados con la fórmula estándar presentada en 10.7.

El error total del cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia deberá ser inferior a:

$$\pm 2\% \text{ del valor de la velocidad de deriva de frecuencia } \pm Z_7(T)$$

donde $Z_7(T)$ se indica en el cuadro 19 y T es el periodo de medición.

Cuadro 19/O.172 – Error fijo (Z_7) del algoritmo de cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia

$Z_7(T)$ [ns/s ²]	Periodo de medición, T [s]
$0,5 \cdot T^{-2}$	$0,05 < T < 2500$
$8 \cdot 10^{-8}$	$T > 2500$

NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.812 [9].

10.7.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de medición (es decir, incluido el error de una medición de TIE y el error introducido por el algoritmo de cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia) deberá ser inferior a:

$$\pm 7\% \text{ del valor de la velocidad de deriva de frecuencia } \pm Z_8(T)$$

donde $Z_8(T)$ se especifica en el cuadro 20 y T es el periodo de medición.

Cuadro 20/O.172 – Error fijo (Z_8) del resultado de la medición de la velocidad de deriva de frecuencia

$Z_8(T)$ [ns/s ²]	Periodo de medición, T [s]
T^{-2}	$0,05 < T < 2500$
$1,6 \cdot 10^{-7}$	$T > 2500$

NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta la Rec. UIT-T G.812 [9].

11 Función de generación de ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV

Puede proporcionarse la capacidad de generar ruido de fluctuación lenta de fase TDEV para las mediciones de la tolerancia a fluctuación lenta de fase y las mediciones de transferencia de la fluctuación lenta de fase, conforme a la descripción en las Recs. UIT-T G.812 [9] y G.813 [10]. Para lograr que las mediciones sean suficientemente precisas, representativas y coherentes, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) El generador de ruido TDEV deberá producir una señal de prueba dentro de $\pm 20\%$ de la curva de tolerancia de ruido aplicable a la entrada de TDEV. Se respetará este límite de precisión siempre que el periodo de medición sea $T \geq 12\tau_{\text{máx}}$, siendo $\tau_{\text{máx}}$ el valor máximo de τ para la curva.
- b) El MTIE de la señal de prueba será menor o igual que el límite superior definido en el anexo C.
- c) La señal de prueba deberá ser determinística y repetible, lo que significa que la señal es capaz de comenzar en el mismo punto de la función de tiempo de la señal.

En la cláusula II.2/G.812 [9] se presenta un ejemplo de un algoritmo de implementación adecuado para generar una señal de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV.

El la cláusula II.1/G.812 [9] contiene información adicional sobre la aplicación de la señal de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV.

NOTA – La señal puede superar los límites correspondientes de la plantilla de tolerancia del MTIE. Puesto que para una interfaz de entrada se deben cumplir los dos requisitos de TDEV y MTIE, los límites de la TDEV pueden ser más restrictivos y, por consiguiente, puede tolerarse que se superen los valores del MTIE.

12 Función de generación de ruido de fluctuación lenta de fase del MTIE

Se puede proporcionar la capacidad de generar ruido de fluctuación lenta de fase del MTIE para las mediciones de la tolerancia a la fluctuación lenta de fase, conforme a lo descrito en las Recs. UIT-T G.812 [9] y G.813 [10]. Para lograr que las mediciones sean lo suficientemente precisas, representativas y coherentes, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- a) El generador de ruido del MTIE producirá una señal de prueba o un conjunto de señales de prueba cuyo esfuerzo esté dentro de $\pm 5\%$ de la curva de tolerancia de ruido aplicable a la entrada del MTIE. Cuando se trate de un conjunto de señales de prueba, se considera el esfuerzo como la envolvente superior del conjunto de curvas MTIE correspondiente.
- b) La fluctuación de fase generada por el generador de ruido del MTIE no excederá los límites de la fluctuación de fase aplicable a la entrada de la interfaz de red.

NOTA – Cuando se evalúa la conformidad de la serie de pruebas con estos requisitos, se debe medir la fluctuación lenta de fase generada con un filtro paso bajo cuyo ancho de banda sea tal que su efecto en el MTIE medido sea menor que 1%. En el apéndice VI se dan más detalles acerca de la evaluación de la generación del ruido de fluctuación lenta de fase del MTIE.

13 Ambiente de funcionamiento

Se deberán cumplir los requisitos de calidad de funcionamiento cuando los aparatos de medida funcionen en las condiciones climáticas especificadas en 2.1/O.3 [16].

Anexo A

Señales de prueba estructuradas para la medición de la fluctuación de fase

A.1 Introducción

Es importante definir las señales de prueba que han de utilizarse al probar la fluctuación de fase. Resulta de especial importancia cuando se prueban sistemas ópticos SDH, puesto que el sistema de aleatorización no limita la longitud de las pasadas de ceros/unos que pueden existir en la señal de línea, es decir el periodo de tiempo máximo sin ninguna transición de datos en la señal aleatorizada. La Rec. UIT-T G.707/Y.1322 [4] contiene información adicional sobre la estructura de la señal SDH y la aleatorización de la cabida útil.

Por ejemplo, si el tráfico en una señal STM-N emula el esquema de aleatorización, aparecerán muchos octetos de todos ceros/unos en la señal de línea codificada. Puesto que los casos extremos se darán raras veces, y como resultará muy difícil que un aparato de medida de la fluctuación de fase continúe realizando mediciones precisas en estas condiciones, es importante que se defina una señal representativa del caso más desfavorable a los efectos de especificación del aparato de pruebas.

A.1.1 Condiciones de prueba de cabida útil

Las cabidas útiles concatenadas proporcionan el escenario del caso más desfavorable para las señales de prueba STM-N. Para señales concatenadas de relleno masivo con una PRBS de $2^{23} - 1$ que rellena el contenedor, el resultado de aleatorizar estos datos es una ejecución del caso más desfavorable de 30 ceros/unos idénticos consecutivos (es decir, se tratará de 30 periodos de reloj sin transiciones en la señal de línea). Para las cabidas útiles no concatenadas generadas por aparatos de prueba SDH, intercalación de octetos de los contenedores VC-4 reduce la longitud máxima de las pasadas producidas.

A.1.2 Condiciones de octetos de tara SDH

Al seleccionar el contenido binario de los octetos J0 y Z0 y de los octetos reservados para uso nacional que están excluidos del proceso de aleatorización de la señal STM-N ha de prestarse atención para que no se produzcan largas secuencias de "1" ó "0".

El contenido de estos octetos de tara se ajustará al patrón "10101010" (AA_H) o al "11001100" (CC_H).

A.2 Estructura de las señales de prueba para STM -N

A.2.1 Señal STM-1

La estructura de la señal de prueba STM-1 que se ilustra en la figura A.1, se compone de una secuencia de prueba PRBS de una longitud de $2^{23} - 1$ bits de conformidad con la Rec. UIT-T O.150 [17], que se aplica a todos los octetos del contenedor C-4.

NOTA – Esto es equivalente a la estructura 1 de señal de prueba (TSS1, *test signal structure 1*) definida en el anexo C/O.181 [19].

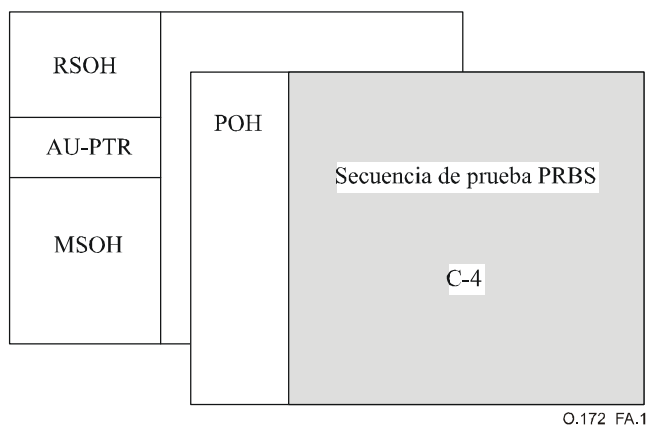


Figura A.1/O.172 – Estructura de la señal de prueba para la comprobación de la fluctuación de fase de la interfaz STM-1

A.2.2 Señal STM-N ($N \geq 4$)

Deberá utilizarse la señal de prueba TSS1 descrita en A.2.1.

Los $(N-1)$ contenedores de cabida útil C-4 que no contienen la señal de prueba deberán contener un esquema de octetos todos "0" o todos "1", o pueden contener un VC-4 no equipado, definido en la Rec. UIT-T G.783 [6].

A.2.3 Señal STM-0

La estructura de la señal de prueba STM-0 que se ilustra en la figura A.2 consiste en una secuencia de prueba PRBS de $2^{23} - 1$ bits de longitud conforme con la Rec. UIT-T O.150 [17], que se aplica a todos los octetos del contenedor C-3.

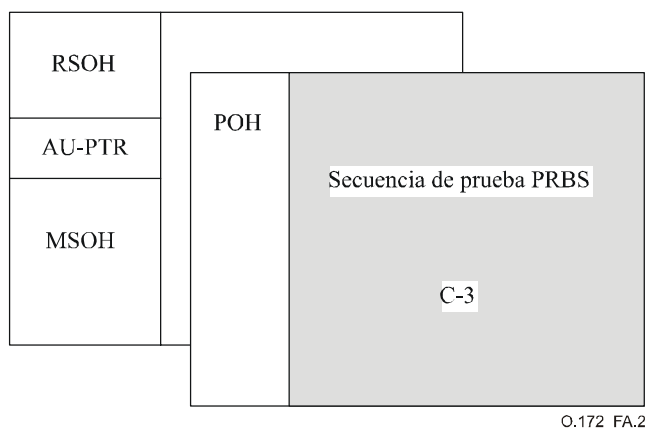


Figura A.2/O.172 – Estructura de la señal de prueba para la comprobación de la fluctuación de fase de la interfaz STM-0

A.3 Estructura de la señal de prueba para señales STM-N concatenadas

A.3.1 Señal STM-N ($N \geq 4$)

La estructura de la señal de prueba STM-N que se ilustra en la figura A.3 consiste en una secuencia de prueba PRBS de $2^{23} - 1$ bits de longitud, o de $2^{31} - 1$ bits para STM-N ($N \geq 64$), conforme con la Rec. UIT-T O.150 [17], que se aplica a todos los octetos del contenedor concatenado C-4-Xc.

NOTA –Esto equivale a la estructura de la señal de prueba 9 (TSS9) definida en el anexo C/O.181 [19].

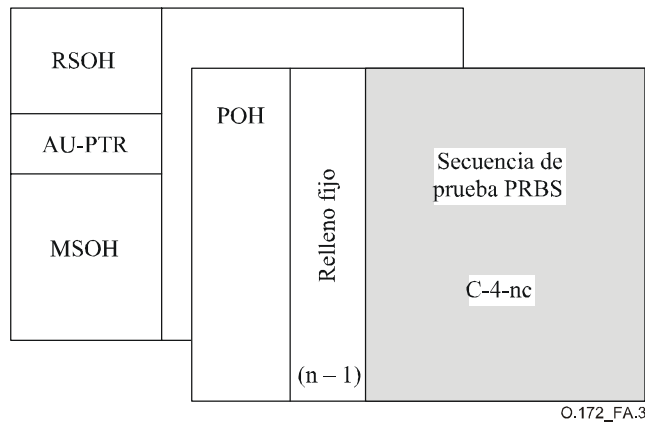


Figura A.3/O.172 – Estructura de la señal de prueba para la comprobación de la fluctuación de fase de la interfaz STM-N concatenada

Anexo B

Definición de error de pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada

Cuando se utiliza una modulación de fase sinusoidal para aplicar un esfuerzo al bucle de enganche de fase (PLL, *phase-locked loop*), el esfuerzo es proporcional a la fase cresta a cresta cuando la frecuencia de modulación es mayor que la anchura de banda del PLL, y es proporcional a la pendiente de fase cresta a cresta cuando la frecuencia de modulación es menor que la anchura de banda. La distorsión de la modulación sinusoidal generada puede producir un error adicional en la pendiente de fase. En 8.6.2 se especifican los límites del error de pendiente de fase.

La pendiente de fase se mide mediante un procedimiento funcionalmente equivalente al que se ilustra en la figura B.1. El diferenciador halla la pendiente de la fase y el filtro de paso bajo es de primer orden con una frecuencia de corte de f_{3dB} , siendo $f_{3dB} = 2 \cdot f_3 \pm 10\%$, y f_3 se define en el cuadro 3 para señales de línea SDH y en el cuadro 3a para señales afluentes SDH.

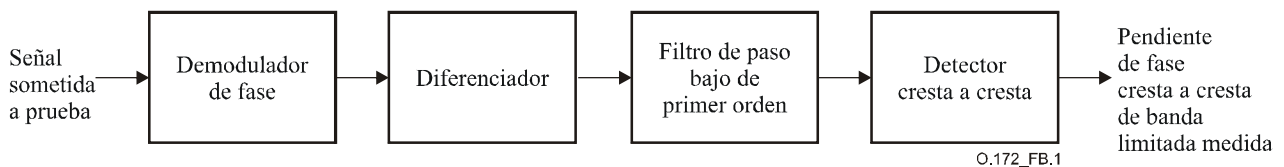


Figura B.1/O.172 – Función de medición de la pendiente de fase

Si la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada fuese una senoide perfecta con una amplitud de fase cresta a cresta (en UIpp) exactamente igual al "valor fijado" y una frecuencia de modulación de f_m , la pendiente de fase cresta a cresta medida a través de un filtro de paso bajo de primer orden sería:

$$\text{pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada ideal} = \frac{(\text{valor fijado}) \cdot 2\pi f_m}{\sqrt{1 + (f_m / f_{3dB})^2}}$$

Como en general el valor real de la amplitud de fase no es igual al valor fijado de la amplitud de fase, la frecuencia de modulación real no es igual a f_m y la modulación no tiene la forma de una senoide perfecta, la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada medida no será igual a la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada ideal antes indicada. La diferencia entre la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada medida y la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada ideal se define como el error de pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada.

Anexo C

Límite superior del MTIE para el ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV

En este anexo se describe el límite superior del MTIE para el ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV, necesario para la prueba de tolerancia de fluctuación lenta de fase y para la prueba de transferencia de fluctuación lenta de fase especificadas en las Recs. UIT-T G.812 y G.813. El MTIE para el ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV debe ser inferior al límite superior del MTIE, a fin de evitar la aplicación de un esfuerzo MTIE excesivo al dispositivo que se prueba.

El MTIE(τ) para la salida de la señal de prueba del generador de ruido de la TDEV cumplirá:

$$MTIE(\tau) \leq 7 \sqrt{4K_1 \int_{K_2/\tau_{\text{máx}}}^{K_2/\tau_{\text{mín}}} \left(TDEV\left(\frac{K_2}{f}\right) \right)^2 \frac{\text{sen}(\pi\tau f)}{f} df}$$

donde, $K_1 = 0,84$ y $K_2 = 0,42$, $\tau_{\text{mín}} \leq \tau \leq \tau_{\text{máx}}$ y $T \geq 12\tau_{\text{máx}}$, donde τ es el intervalo de observación y T es el periodo de medición. $\tau_{\text{mín}}$ y $\tau_{\text{máx}}$ son los intervalos de observación mínimo y máximo especificados para la curva TDEV correspondiente. Se sustituye la TDEV(τ) de la curva TDEV correspondiente por TDEV(K_2/f) en el lado derecho de la ecuación.

En las figuras C.1 y C.2 se presentan ejemplos de curvas TDEV y de los límites superiores del MTIE correspondientes a los ruidos de fluctuación lenta de fase de la TDEV. Asimismo, se indica como referencia la curva de tolerancia del MTIE especificada para los mismos equipos, mediante la línea punteada.

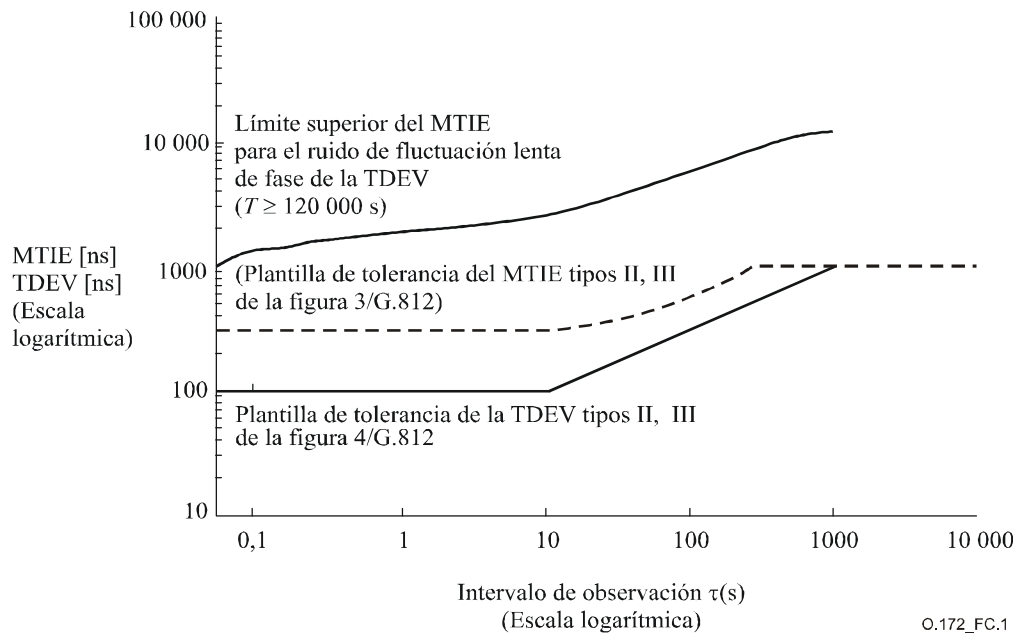
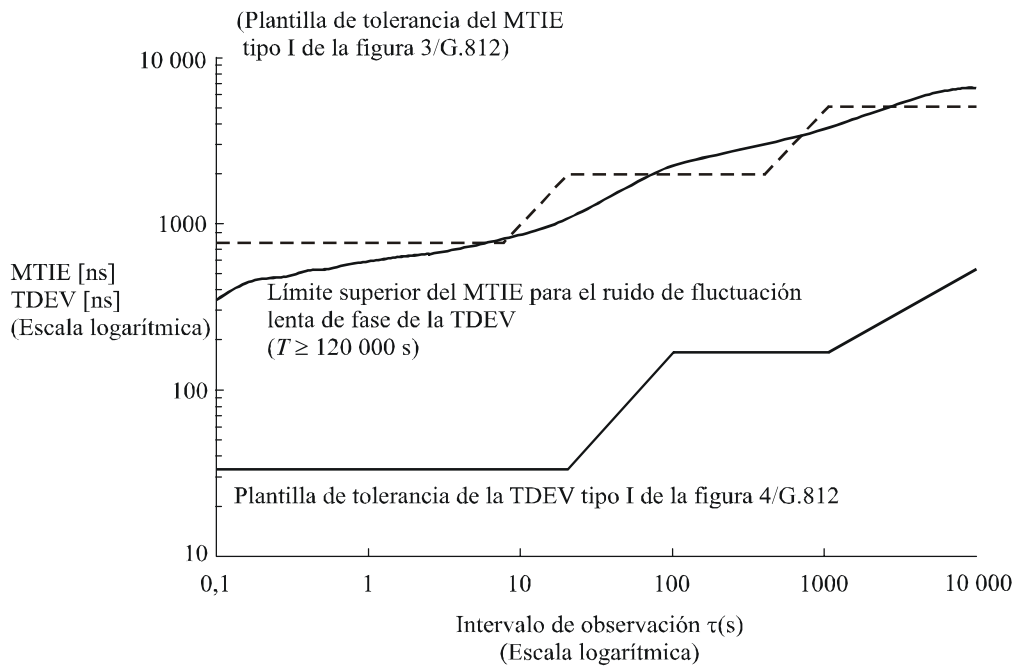


Figura C.1/O.172 – Límite superior del MTIE para la prueba de tolerancia de fluctuación lenta de fase de la TDEV, de G.812

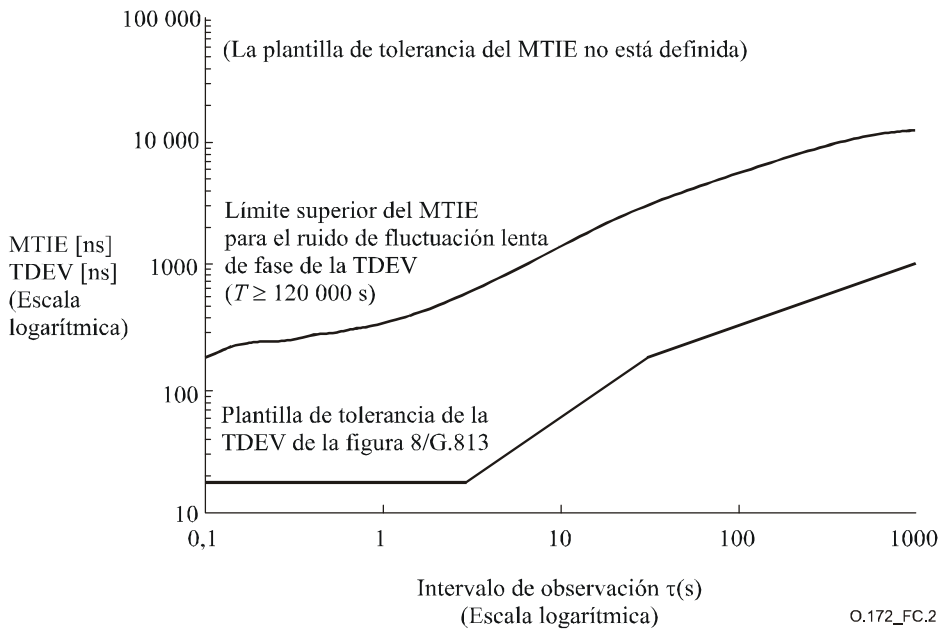
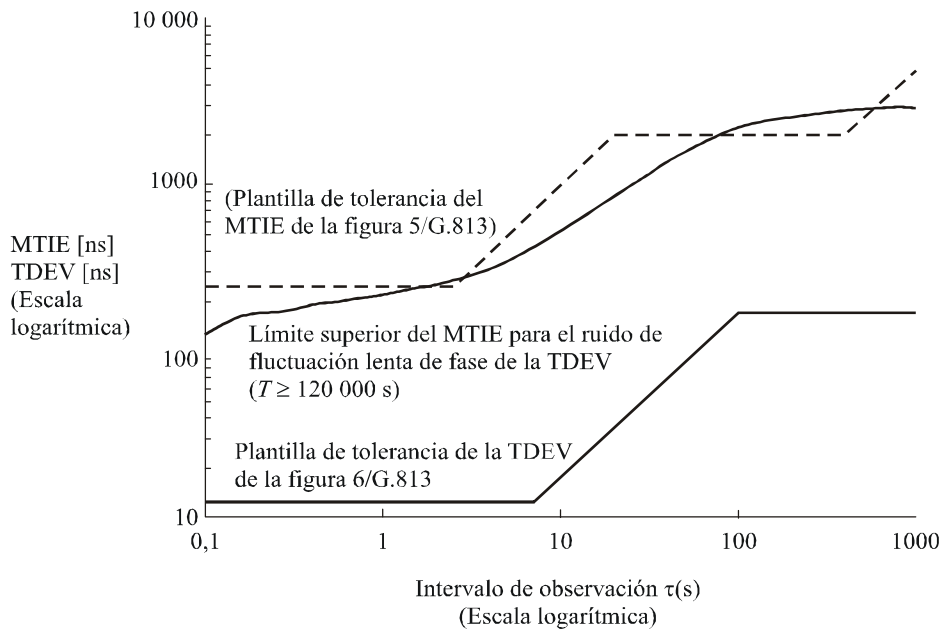


Figura C.2/O.172 – Límite superior del MTIE para la prueba de tolerancia de fluctuación lenta de fase de la TDEV, de G.813

Apéndice I

Directrices relativas a la medición de la fluctuación de fase en sistemas SDH

El apéndice I/O.171 [18], "Directrices relativas a la medida de la fluctuación de fase", si bien se refiere a los sistemas PDH, puede también consultarse en lo que se refiere a las directrices sobre los principios generales de medición de la fluctuación de fase en los sistemas SDH.

Apéndice II

Directrices relativas a la medición de la fluctuación lenta de fase en sistemas SDH

II.1 Mediciones de la fluctuación lenta de fase

II.1.1 Consideraciones generales sobre las configuraciones de medición de la fluctuación lenta de fase

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 una magnitud que exige una configuración de prueba especial. Cuando se llevan a cabo mediciones de la fluctuación de fase, la señal de temporización de referencia necesaria normalmente se produce localmente, utilizando un bucle de enganche de fase (PLL) en el aparato de prueba; se obtiene a partir del valor promedio 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, las mediciones de fluctuación lenta de fase exigen siempre una señal de reloj de referencia externa con la estabilidad adecuada.

Las cláusulas II.1.2 y II.1.3 dan información sobre configuraciones de prueba para realizar mediciones de fluctuación lenta de fase, de acuerdo con la Rec. UIT-T G.810 [7].

II.1.2 Mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas

La figura II.1 muestra en forma general el diagrama de bloques funcionales necesario para llevar a cabo mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas.

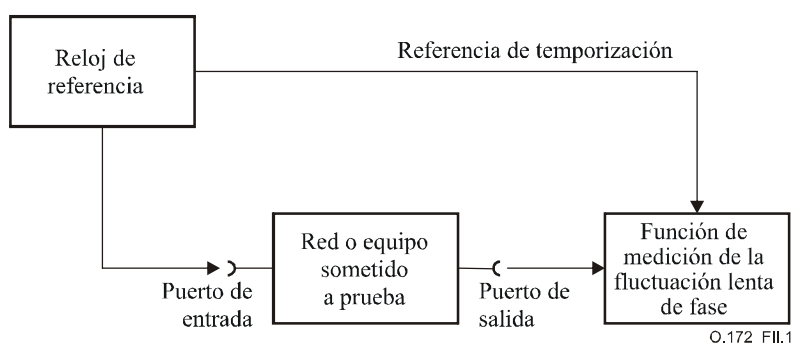


Figura II.1/O.172 – Configuración para mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas

Esta configuración puede aplicarse si las señales de temporización necesarias para realizar la medición pueden obtenerse de un reloj de referencia común. Ello significa que de esta forma sólo pueden realizarse las mediciones 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 medición no se ve 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 ser satisfechos por instrumentos de prueba portátiles.

II.1.3 Mediciones de fluctuación lenta de fase no sincronizadas

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

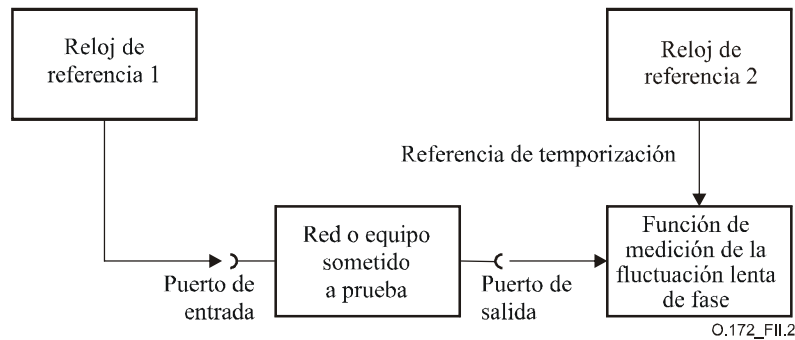


Figura II.2/O.172 – Configuración para las mediciones de fluctuación lenta de fase no sincronizadas

Esta configuración es aplicable a las mediciones de la fluctuación lenta de fase cuando los puertos de entrada y de salida de la red o el equipo sometido a prueba no se encuentran disponibles en el mismo punto (por ejemplo, mediciones de extremo a extremo). En este montaje, el resultado de una medición se ve afectado por cualquier deriva de frecuencia/fase de los dos relojes que intervienen en la medición. Ello significa que la estabilidad de los dos relojes debe ser mejor, al menos por un orden de magnitud, que la cantidad que va a medirse. Es posible que tales relojes de referencia no puedan ir incorporados en un instrumento de prueba portátil, en cuyo caso se requiere sincronización con una referencia externa.

II.2 Mediciones de la estabilidad de la señal de reloj

Si va a medirse la estabilidad de una señal de reloj, el montaje de medición es similar al descrito en II.1.3. Se ilustra en la figura II.3.

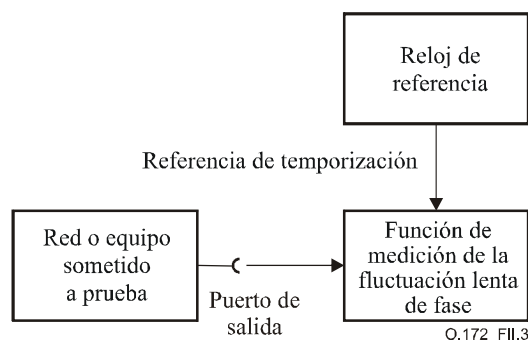


Figura II.3/O.172 – Configuración de medición de la estabilidad de la señal de reloj

También en esta configuración, el resultado de la medición se ve afectado por cualquier deriva de la frecuencia o fase de la señal de reloj de referencia utilizado en la medida. En este caso deben hacerse las mismas consideraciones que en II.1.3.

Apéndice III

Directrices relativas a la generación de las secuencias de prueba de puntero

Mediante el siguiente texto y el diagrama de bloques funcionales de la figura III.1 se describen las líneas generales de un método de generación de secuencias de prueba de puntero definido en la Rec. UIT-T G.783 [6] y descrito en 8.4.1. Esta figura no describe una implementación concreta.

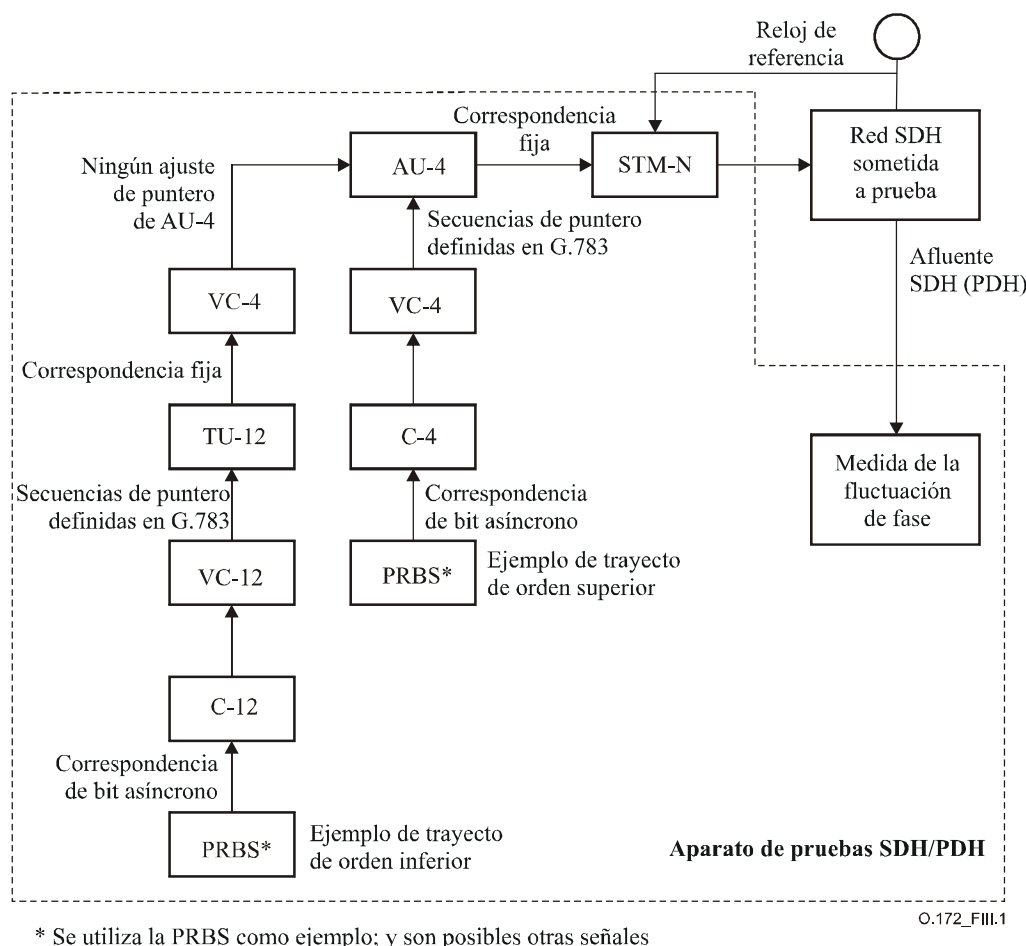


Figura III.1/O.172 – Diagrama de bloques funcionales de la generación de secuencias de prueba de puntero

Para generar una secuencia de prueba de puntero de la Rec. UIT-T G.783 [6], en lo que respecta a las capacidades del aparato de pruebas, la configuración de la prueba y el usuario del aparato de pruebas hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Se deben sincronizar el elemento de red y el aparato de pruebas SDH/PDH a partir del mismo reloj de referencia, con objeto de eliminar los eventos de justificación de puntero no controlados que afectarían a los resultados.
- En la medición la fluctuación de fase combinada de los punteros y la correspondencia, debe ser posible establecer la frecuencia de la secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo random binary sequence*) PDH dentro de las gamas de desviación PDH definidas en la Rec. UIT-T G.703 [3].
- En la medición de la fluctuación de fase de la correspondencia solamente debe ser posible suprimir las acciones de justificación de puntero.

- d) Para generar la secuencia de relleno de bits para la correspondencia de bits asíncronos deben poderse generar las justificaciones de una sola polaridad a intervalos regulares. El proceso de correspondencia deberá ajustarse a 15.2.3.1/G.783 [6].
- e) La generación de eventos de justificación de puntero deberá ser independiente del proceso de correspondencia.
- f) Para crear secuencias de pruebas de puntero TU-m de orden inferior se debe fijar el puntero de AU-n de orden superior.
- g) Las "secuencias de puntero" y las funciones de "correspondencia de bits" conllevan desplazamientos de frecuencia entre los relojes que temporizan los diversos bloques funcionales.

Apéndice IV

Respuesta de la función de medición de la fluctuación de fase total

IV.1 Introducción

En la cláusula 9.3.2 se especifican los filtros para la medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH. Estas especificaciones se formulan en términos de límites de los parámetros de filtro individuales tales como la frecuencia de corte a -3 dB, la tolerancia de frecuencia, la ondulación de la banda de paso, etc.

Estos parámetros hacen suponer que existen algunos límites equivalentes en las respuestas en frecuencia totales de la función de medición de la fluctuación de fase. En este apéndice se ilustra el modo en que pueden combinarse los parámetros de filtro individuales dentro de una respuesta en frecuencia única cuyas características están acotadas por límites de la plantilla.

IV.2 Parámetros del filtro de medición

En el cuadro IV.1 se resumen los parámetros del filtro de medición y sus definiciones. Si en las descripciones siguientes de los límites de la plantilla no se especifica el valor de un parámetro concreto, deberá utilizarse el valor por defecto dado en el cuadro IV.1.

Cuadro IV.1/O.172 – Resumen de los parámetros de la especificación del filtro de medición

Parámetro del filtro de medición	Definición del parámetro
n	Orden del filtro ($n = 1$ significa primer orden; $n = 3$, tercer orden).
f_x	Frecuencia nominal de corte a -3 dB, o anchura de banda.
a	Tolerancia de la frecuencia de corte fraccional (\pm). Valor por defecto: no se especifica.
f_p	Frecuencia del segundo polo del filtro. Valor por defecto: 0 para paso alto; ∞ para paso bajo.
g	Tolerancia de ganancia plana fraccional de 9.3.2 c).
r	Ondulación de la banda de paso (\pm) en dB. Valor por defecto: 0.
c	Atenuación máxima mínima en dB. Valor por defecto: no se especifica.

IV.3 Límites de la plantilla para la respuesta del filtro de medición paso alto

Los límites superior e inferior de la plantilla para la respuesta en frecuencia son los $Upper(f)$ y $Lower(f)$ se definen a continuación. Estas plantillas se aplican a la gama de frecuencias $f < 10 f_x$.

$$U = \begin{cases} U(f)+r, & f > f_x \\ -c, & U(f) < -c \\ U(f), & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

donde:

$$U(f) = 20 \cdot \log \left[\frac{(1-g)f^n}{\sqrt{f^{2n} + ((1+a)f_x)^{2n}}} \right] \quad (IV-1)$$

$$Lower(f) = \begin{cases} L(f)-r, & f > f_x \\ -\infty, & L(f) < -c \\ L(f), & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

donde:

$$L(f) = 20 \cdot \log \left[\frac{(1-g)f^n}{\sqrt{f^{2n} + ((1+a)f_x)^{2n}}} \frac{f}{\sqrt{f^2 + f_p^2}} \right] \quad (IV-2)$$

IV.3.1 Filtro paso alto para la medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH

A título de ejemplo, el filtro de medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH especificado para 2048 kbit/s tiene los parámetros $n = 1$, $f_x = 20$ Hz, $a = 0,1$, $f_p = 0,1$ Hz, $g = 0,07$, $r = 0$ y $c = 60$ dB. Los límites superior e inferior de la plantilla para la respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase son entonces los que se ilustran en la figura IV.1.

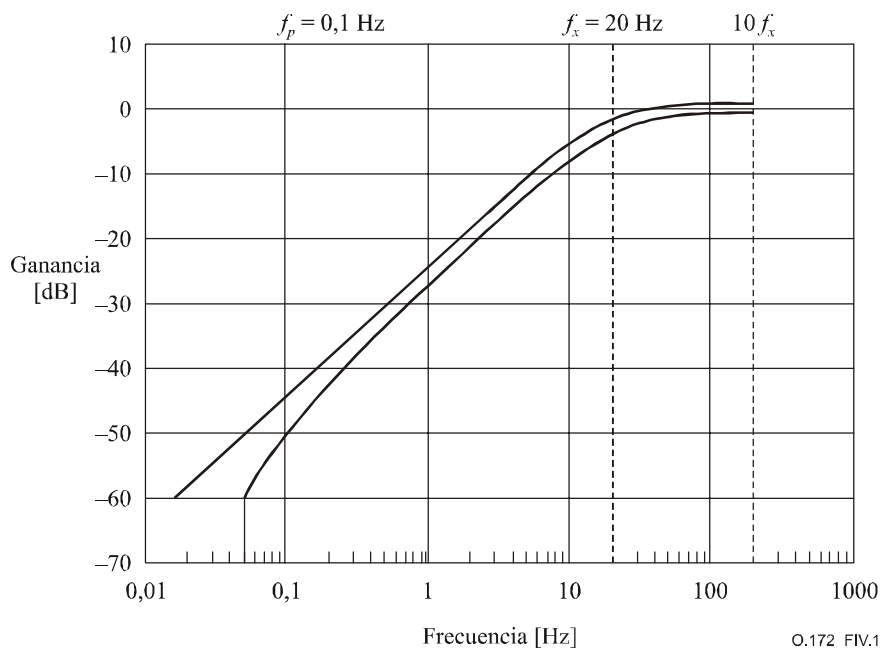


Figura IV.1/O.172 – Límites de la plantilla del filtro paso alto en 20 Hz para la medición de la fluctuación de fase a 2048 kbit/s

En general, cuando la respuesta de la función de medición de la fluctuación de fase de un aparato de prueba se encuentra en la plantilla superior o en la inferior, el error de medición (cresta a cresta o valor eficaz) se encuentra en su valor máximo; otras respuestas de función de medición darán menos error. La superposición de $g = -0,07$ con $a = +0,10$ o de $g = +0,07$ con $a = -0,10$ conduce a una extensión de los puntos de cruce de los límites de la plantilla con el nivel -3dB . Por consiguiente, los límites de la plantilla para el nivel -3dB pueden superar los límites $a = \pm 10\%$ especificados para la frecuencia nominal de corte de -3dB .

Apéndice V

Verificación de los algoritmos de cálculo de MTIE y de TDEV

V.1 Descripción funcional de la fuente de ruido de TIE

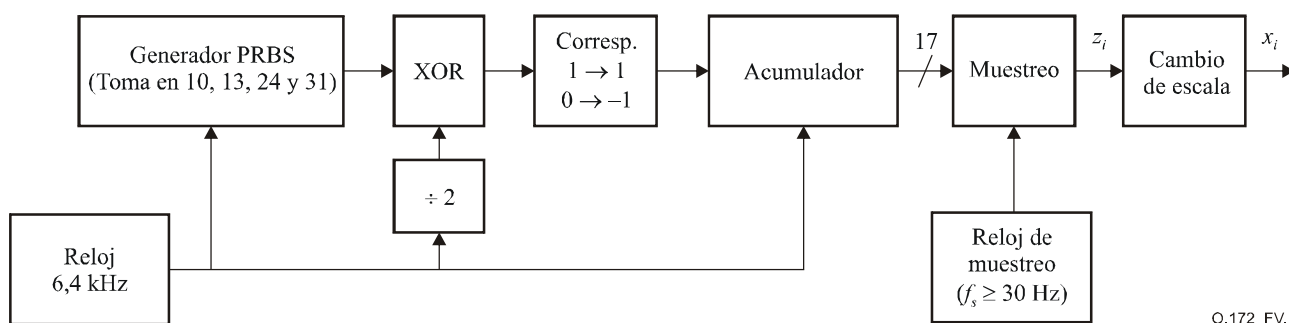
Para verificar la precisión de los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV autónomos (véanse 10.4.2 y 10.5.2) se puede utilizar una fuente de ruido TIE definida.

Las especificaciones de la precisión de los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV (véanse 10.4.2 y 10.5.2) se aplican a todas las posibles formas de onda de TIE a partir de las cuales se calculan el MTIE y la TDEV. Como no resulta práctico probar muchas formas de onda, para la evaluación se puede utilizar un simple generador de secuencia de TIE. Esta secuencia deberá tener una densidad espectral de potencia $1/f^2$ y una función de distribución de probabilidad que sea aproximadamente gaussiana (que satisfaga los criterios del anexo C).

V.2 Primer ejemplo de generado de ruido de TIE

En la figura V.1 se representa un generador de ruido de TIE que satisface esos criterios. Se basa en un generador de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS) con una longitud de 31 etapas. La salida del generador PRBS es una secuencia pseudoaleatoria de unos y ceros. La salida del generador de TIE es una serie de números x_i a una velocidad f_s , donde el algoritmo sometido a prueba proporciona a los números alguna ponderación en nanosegundos (ns), y f_s es la inversa del intervalo de muestreo previsto por el algoritmo (no inferior a 30 Hz).

Obsérvese que aunque la frecuencia del reloj del sistema es 6,4 kHz, los números x_i se generan a una velocidad inferior, f_s , mediante submuestreo. La secuencia de este generador de ruido de TIE se repite después de 671 000 segundos. Los números z_i antes del cambio de escala tienen una gama dinámica de 99 123 cresta a cresta. El factor de ajuste a escala en la figura V.1 se escoge de manera que equilibre la ponderación del LSB del algoritmo sometido a prueba, para que la gama dinámica de la salida x_i corresponda a 50 000 ns cresta a cresta.



O.172_FV.1

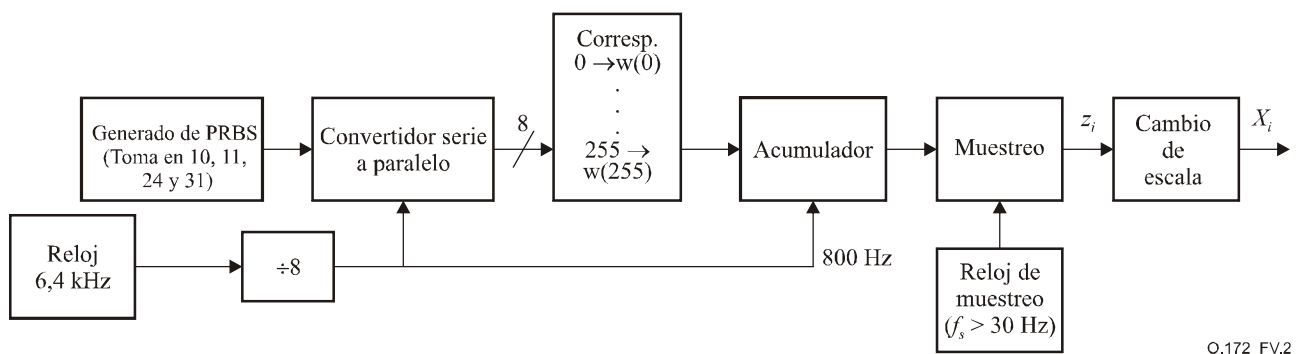
Figura V.1/O.172 – Fuente de ruido TIE utilizada para verificar los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV

V.3 Segundo ejemplo de generador de ruido de TIE

En la figura V.2 se representa otro posible generador de TIE para probar los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV. Este ejemplo difiere del de la figura V.1, principalmente en la función de correspondencia, donde los $w(n)$ son números de tipo "coma flotante", comprendidos entre $-2,884$ y $2,884$, definidos por:

$$\frac{n+0,5}{256} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w(n)} e^{-0,5t^2} dt$$

El esquema de salida x_i tiene un periodo de repetición de 335 500 segundos y la gama dinámica de z_i antes del ajuste a escala es de 64 167 cresta a cresta. El factor de cambio de escala en la figura V.2 se escoge de manera que se equilibre con la ponderación de LSB del algoritmo sometido a prueba, para que la gama dinámica de la salida x_i corresponda a 50 000 ns cresta a cresta.



O.172_FV.2

Figura V.2/O.172 – Otra posible fuente de ruido TIE utilizada para verificar los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV

Apéndice VI

Evaluación de la generación del MTIE

La capacidad de generar la curva de tolerancia de fluctuación lenta de fase del MTIE del instrumento de prueba debe ser tal que se cumpla la especificación de la precisión sin la atenuación de un filtro paso bajo de medición de la fluctuación lenta de fase. Es decir, la generación de tolerancia de fluctuación lenta de fase del MTIE debe ser conforme a la especificación y estar dentro de sus límites, pero la medición del MTIE puede mostrar efectos de atenuación del filtro de medición de fluctuación lenta de fase, en general a 10 Hz. Para la medición precisa de la forma de onda de esfuerzo MTIE se recomienda un ancho de banda que produzca un efecto menor que 1% del resultado, es decir un mínimo de 500 Hz.

En los ejemplos siguientes se presentan dos formas de onda MTIE. Ambas son conforme a esta Recomendación y ambas generan la cantidad adecuada de esfuerzo MTIE para la interfaz de red dada (cuadro 10/G.812).

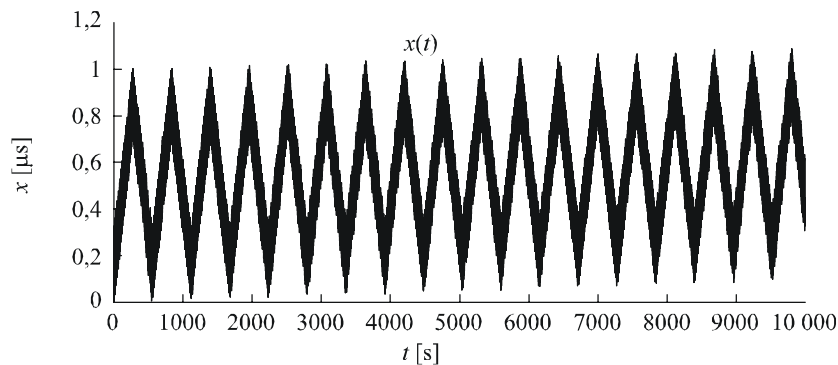
En la figura VI.1 se muestra la primera forma de onda y el efecto de un filtro de medición de fluctuación lenta de fase de 10 Hz, mientras que en la figura VI.2 se muestra el MTIE correspondiente. En la figura VI.3 se presenta la forma de onda y el efecto de un filtro de medición de fluctuación lenta de fase de 500 Hz, mientras que en la figura VI.4 se presenta el MTIE

correspondiente. El resultado de 500 Hz está dentro de 1% del esfuerzo MTIE en la interfaz, mientras que el de 10 Hz presenta un error de hasta 50%.

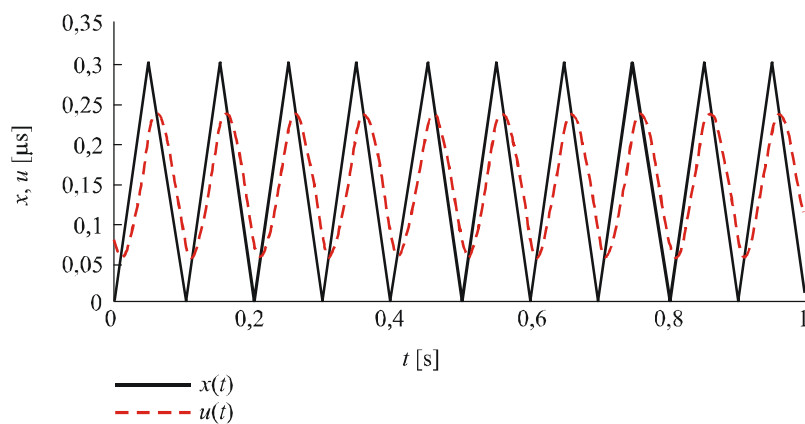
En la figura VI.5 se ilustra una forma de onda modificada, que se utiliza para generar el mismo esfuerzo. En la figura VI.6 se presenta el resultado, esta vez dentro de 1% medido con un filtro de medición de fluctuación lenta de fase de 10 Hz, para $\tau > 0,1$ s.

La diferencia entre las dos formas de onda de esfuerzo MTIE es el ancho de banda mínimo necesario para medir adecuadamente el esfuerzo MTIE máximo que cada una produce. Ambas dan el esfuerzo MTIE correcto, pero el posible error que aparece cuando se mide la primera forma de onda en un ancho de banda de 10 Hz indica al usuario que hay que usar un ancho de banda mínimo de 500 Hz para garantizar la caracterización precisa del equipo de prueba.

En las figuras VI.1a y b se presenta una secuencia de prueba $x(t)$ para el cuadro 10/G.812. En este caso, los transitorios repetitivos de la figura VI.1 son tres formas de onda triangular superpuestas, $w_1(t)$, $w_2(t)$ y $w_3(t)$. Sus amplitudes son $A_1 = 0,3$, $A_2 = 0,7$ y $A_3 = 0,097 \mu\text{s}$ y sus tiempos de establecimiento son $\tau_1 = 0,05$, $\tau_2 = 280$ y $\tau_3 = 10\ 000$ s, respectivamente. La línea punteada en la figura VI.1b es la salida $u(t)$ del filtro de medición de fluctuación lenta de fase de 10 Hz. En la figura VI.1b, el valor cresta a cresta de $u(t)$ ha disminuido debido a que la frecuencia fundamental de $w_1(t)$, que es una componente de $x(t)$, es igual a la frecuencia de corte del filtro de medición de fluctuación lenta de fase.



a) Secuencia de prueba para $t = 0$ a $10\ 000$ s



b) Secuencia de prueba para $t = 0$ a 1 s

O.172_FVI.1

Figura VI.1/O.172 – Secuencia de prueba para la curva del MTIE del cuadro 10/G.812 generada mediante un transitorio repetitivo (filtro de medición paso bajo de 10 Hz)

En la figura VI.2 se presentan los MTIE calculados para $x(t)$ y $u(t)$ de la figura VI.1. El MTIE de $x(t)$ se ajusta a la curva MTIE. No obstante, el MTIE de $u(t)$ es menor que ésta. Puesto que la función de medición de la fluctuación lenta de fase sólo puede calcular el MTIE de $u(t)$, no se puede confirmar si el MTIE de la secuencia de prueba $x(t)$ corresponde a la curva MTIE.

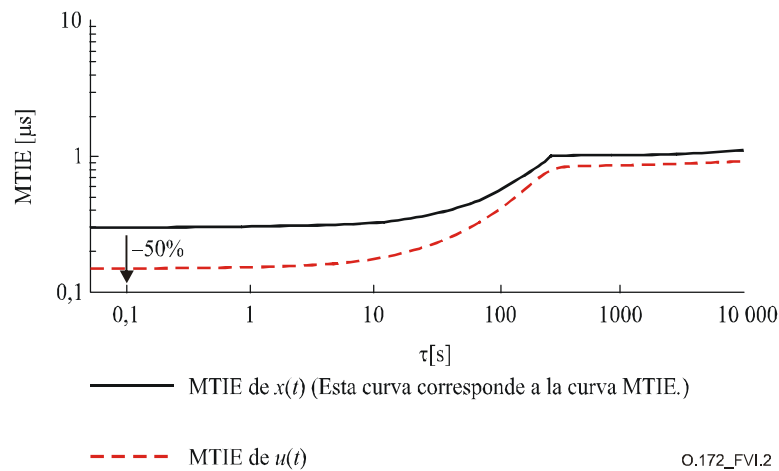


Figura VI.2/O.172 – MTIE de $x(t)$ y $u(t)$ en la figura VI.1

En la figura VI.3 siguiente se presenta la misma señal $x(t)$ tras pasar por un filtro de medición de fluctuación lenta de fase de 500 Hz, y en la figura VI.4, el MTIE resultante. Se comprueba que el esfuerzo MTIE medido con un filtro de 500 Hz difiere ahora en menos de 1% del MTIE que se está generando.

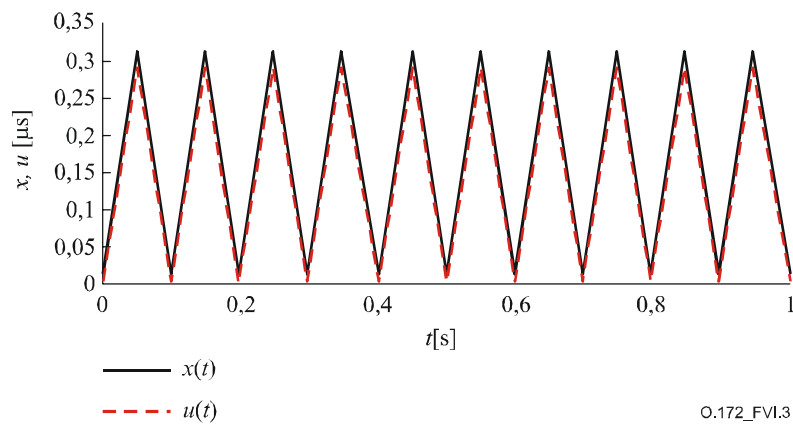


Figura VI.3/O.172 – Secuencia de prueba para la curva MTIE del cuadro 10/G.812 generada por un transitorio repetitivo (filtro de medición paso bajo de 500 Hz)

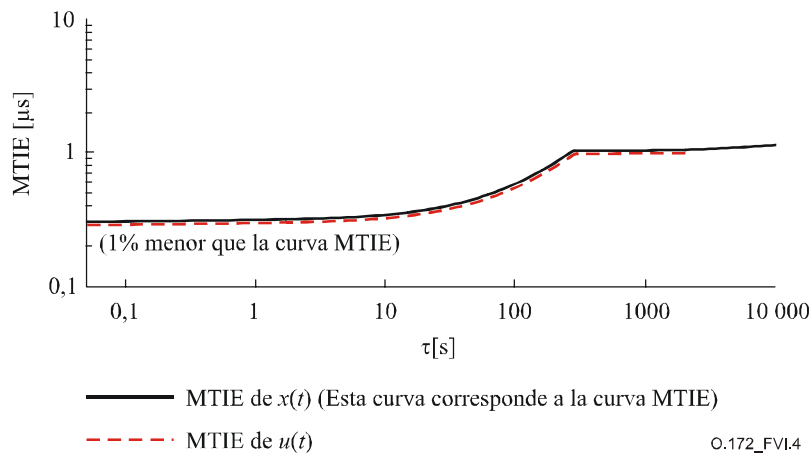


Figura VI.4/O.172 – MTIE de $x(t)$ y $u(t)$ en la figura VI.3

El $x(t)$ modificado, que utiliza una forma de onda trapezoidal, se representa en la figura VI.5 mediante una línea continua. La línea punteada, $u(t)$, indica la forma de onda cuando se filtra en un ancho de banda de 10 Hz.

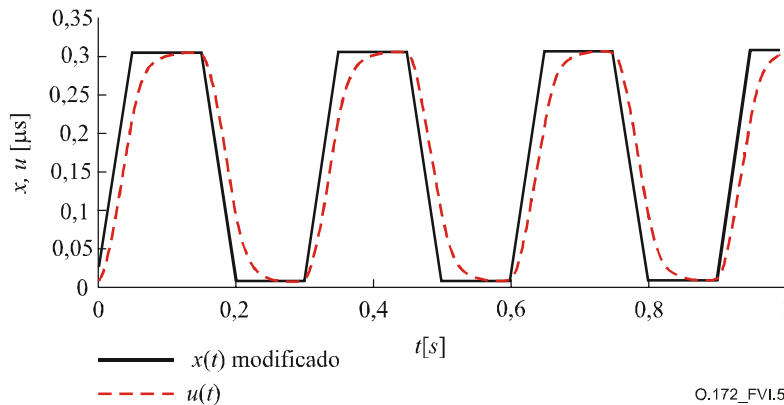


Figura VI.5/O.172 – Secuencia de prueba modificada para $t = 0$ a 1 s con el transitorio repetitivo $w_1(t)$ de la figura VI.1b (filtro de medición paso bajo de 10 Hz)

En la figura VI.5 se presentan los MTIE de la secuencia de prueba modificada $x(t)$ y de $u(t)$. El MTIE de $u(t)$ se corresponde con la curva MTIE dentro de 0,1% para $\tau > 0,1$ s.

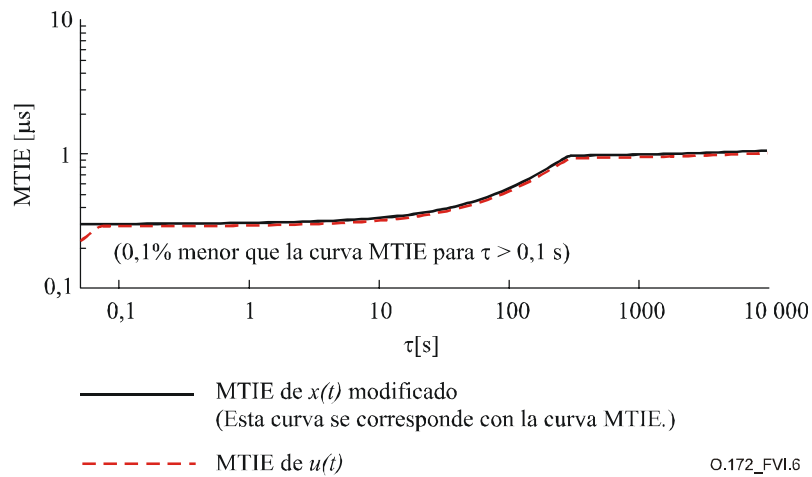


Figura VI.6/O.172 – MTIE de $x(t)$ y $u(t)$ de la figura VI.5

Apéndice VII

Método de verificación de la precisión del resultado de las mediciones y del error intrínseco fijo

VII.1 Descripción de la verificación y aplicación de la misma

En este apéndice se recomienda un método y diversos ejemplos de implementaciones para verificar y caracterizar la precisión de los resultados de las mediciones especificados en 9.4.1. Gracias a este método el usuario puede efectivamente separar de la señal objeto de medida el error introducido por el equipo de prueba. Proporciona a un transmisor de referencia de alta calidad la capacidad de añadir modulación sinusoidal transitoria por impulsos. La contribución del transmisor de referencia a la fluctuación de fase dependiente del patrón puede considerarse despreciable y por consiguiente puede eliminarse del cálculo del error.

En este esquema se utilizan un generador de patrones y un transmisor de alta calidad con una mínima fluctuación de fase dependiente del patrón a la velocidad de la línea objeto de la prueba. Como objetivo máximo cabe definir 10 mUI cresta a cresta medidos en la anchura de banda f_1 - f_4 . También se describe un modulador genérico de fluctuación de fase con capacidad de generación de fluctuación de fase sinusoidal por impulsos. Ambas técnicas pueden verificarse con equipos de prueba polivalentes. El método descrito en el apéndice VIII puede utilizarse para verificar la fluctuación de fase intrínseca del generador de patrones ópticos.

La aplicación consiste en permitir a los fabricantes y a los usuarios de los equipos de prueba que caractericen los equipos de medidas de la fluctuación de fase con la mayor precisión posible.

VII.2 Implementación del sistema

La figura VII.1 representa el diagrama de bloques del sistema. La sección de calibrado se utiliza para establecer y verificar el reloj de fluctuación de fase y las señales ópticas de datos. Se pretende que la amplitud de la fluctuación de fase de prueba sea baja y por ello se ajusta para generar hasta 100 mUI, sinusoidales transitorios, para la prueba de la medición de la fluctuación de fase. Las frecuencias de modulación a generar se encuentran normalmente entre f_1 y f_4 .

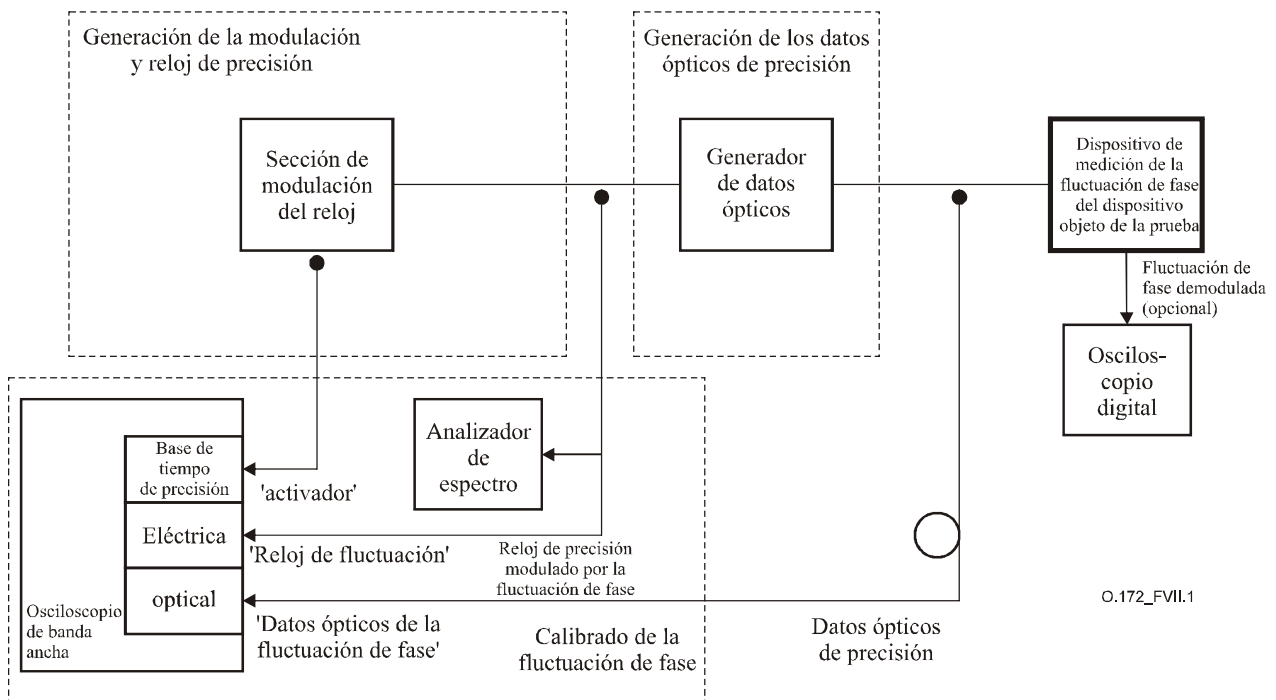


Figura VII.1/O.172 – Diagrama de bloques del sistema de verificación

Las figuras VII.2, VII.3 y VII.4 son ejemplos de implementaciones del sistema de prueba genérico de la figura VII.1 e ilustran medios potenciales de producir ráfagas de fluctuación de fase de reloj independientemente verificables y un medio de suprimir de un patrón óptico la fluctuación de fase de los datos. Estos ejemplos no suponen restricción alguna para otros métodos de implementación.

La figura VII.2 representa el diagrama de bloques de la sección de reloj. Ésta se implementa mediante dos sintetizadores de alta calidad, los osciladores 1 y 2, que generarán el reloj de velocidad de línea y la modulación de fase de la fluctuación sinusoidal. Los niveles relativos de amplitud de estos osciladores determinarán la amplitud de la fluctuación de fase generada, y las frecuencias relativas de la modulación de la fluctuación de fase. Por ejemplo, el oscilador 1 es el reloj de velocidad de línea mientras que el oscilador 2 se ajusta a la velocidad de línea más (o menos) un diferencial – la modulación de fase sinusoidal se generará a la frecuencia diferencial sobre el reloj de línea.

Se recomienda que las amplitudes relativas de los osciladores se ajusten a un máximo de 100 mUI de modulación de fase. Esta calibración puede llevarse a cabo mediante el analizador de espectro empleando técnicas normales de FM. El generador de impulsos se introduce por una puerta del reloj del oscilador 2, controlando directamente de este modo la temporización de las ráfagas de modulación.

La sincronización de las ráfagas de modulación con respecto a la estructura de la trama queda pendiente de estudio.

Para minimizar las discontinuidades potenciales de la fase, las ráfagas de modulación deben sincronizarse con los ceros de la señal sinusoidal de modulación o bien limitarse a un tiempo máximo de transición de la activación a la desactivación que venga dado aproximadamente por la siguiente relación.

$$t \approx \frac{0,342}{f_4}$$

Dado que las contribuciones del sintetizador de RF de alta calidad a la fluctuación de fase se asemejan a ruido, pueden estimarse mediante análisis del ruido de fase. Es probable que la contribución de un oscilador de alta calidad a la fluctuación de fase sea mínima en la anchura de banda de interés para la medición, por lo que podrá descontarse de las mediciones de error del receptor. Puede utilizarse el método descrito en el apéndice VIII para verificar la contribución aleatoria del generador de patrones ópticos a la fluctuación de fase.

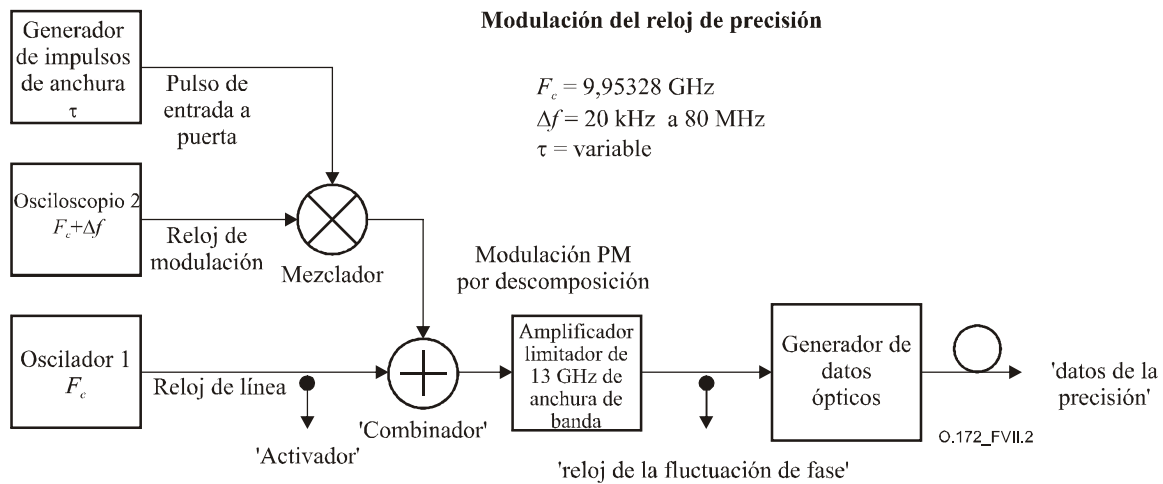


Figura VII.2/O.172 – Ejemplo de diagrama de bloques de generación de fluctuación de fase y reloj

La figura VII.3 muestra el diagrama de bloques de la sección de datos. Ésta se implementa mediante un generador de patrones clásico acoplado a un esquema de modulación óptica doble para efectuar una función de reajuste de la temporización óptica.

El modulador de datos funciona como un modulador clásico, con una fluctuación de fase dependiente del patrón. El segundo modulador de tallado de impulsos se encarga del reajuste de la temporización óptica. El resultado es una función óptica AND de los impulsos de tallado (impulsos de reloj de amplitud reducida) y de los datos NRZ. Los datos de salida resultantes tienen las propiedades de fluctuación de fase reducida del impulso de reloj de reajuste de temporización – se trata ahora de un impulso de datos RZ. Los impulsos de datos RZ se ensanchan de modo que los datos sean NRZ libres de fluctuación de fase dependiente del patrón.

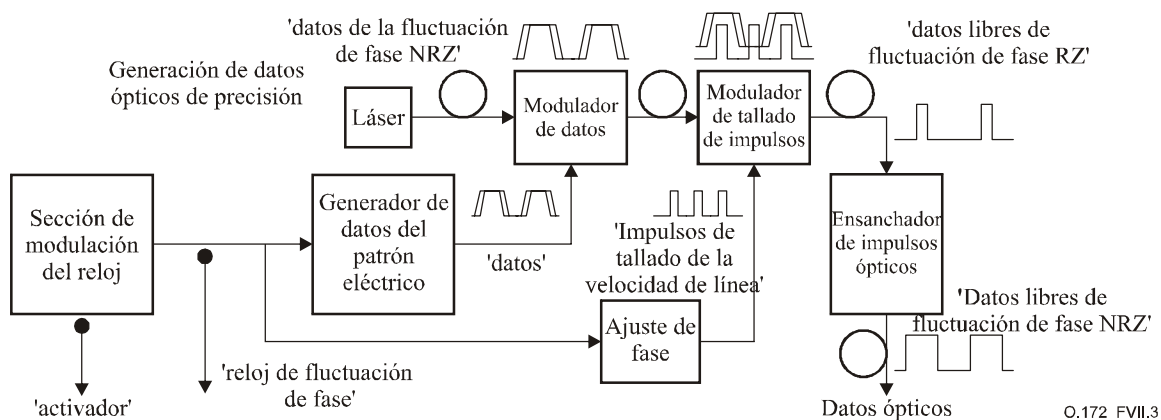


Figura VII.3/O.172 – Ejemplo de diagrama de bloques del generador de datos ópticos

En la figura VII.4, a continuación, se muestra una implementación alternativa del transmisor de referencia. Por ejemplo, un modulador óptico STM-64 de buena calidad puede ser, efectivamente, un transmisor de referencia en STM-16, con una fluctuación de fase de patrón despreciable. Esta técnica también es eficaz para implementar generadores de datos ópticos adecuados para caracterizar receptores.

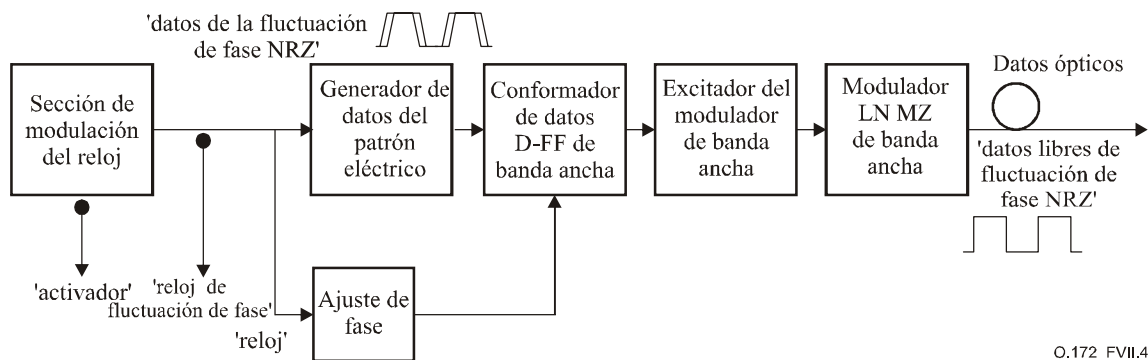


Figura VII.4/O.172 – Diagrama de bloques del generador de datos ópticos alternativo

VII.3 Resultados e interpretación de los mismos

Puede utilizarse el sistema de verificación para probar diversas anchuras de impulsos de modulación y frecuencias de repetición. El usuario del sistema tiene control sobre la zona cuya conformidad con esta Recomendación debe caracterizarse. Es conveniente generar un mapa de precisiones en cada punto de frecuencia de modulación, con anchuras de transitorio y frecuencias de repetición variables. La figura VII.5 representa un ejemplo de esto.

Ejemplo de mapa de precisiones de las mediciones de la fluctuación de fase

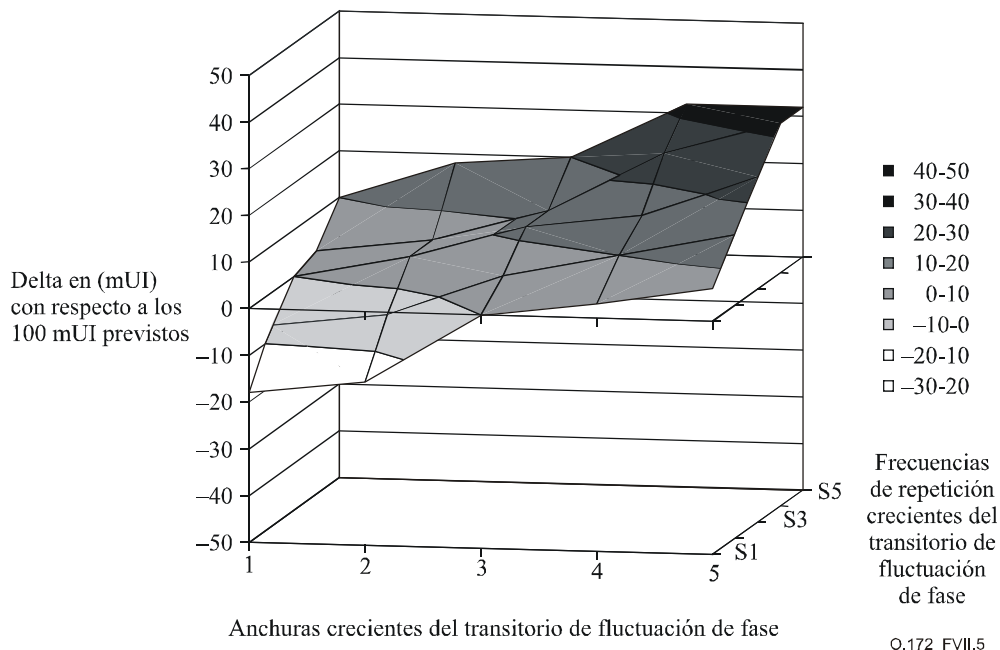


Figura VII.5/O.172 – Ejemplo de resultados de prueba de mapa de mediciones de la fluctuación de fase

La gama de frecuencias de modulación, anchuras de ráfaga y frecuencias de repetición dependen de la anchura de banda de medición de la fluctuación de fase, que a su vez está relacionada con la velocidad binaria aplicada. En el cuadro VII.1, a continuación, se recoge una combinación posible de frecuencias de modulación, anchuras de ráfaga y frecuencias de repetición.

Cuadro VII.1/O.172 – Combinaciones de frecuencias de modulación, anchuras de ráfaga y frecuencias de repetición

Señal	Frecuencia de modulación f_m	Anchura mínima de ráfaga t_{min}	Anchuras de ráfaga $> t_{min}$				
STM-1	1 kHz ^{a)}	2 ms	–	–	–	–	–
	65 kHz ^{a)}	31 μ s	–	–	–	100 μ s	1 ms
	300 kHz	6,7 μ s	–	–	–	100 μ s	1 ms
	1,3 MHz	1,5 μ s	–	–	10 μ s	100 μ s	1 ms
STM-4	10 kHz ^{a)}	200 μ s	–	–	–	–	1 ms
	250 kHz ^{a)}	8 μ s	–	–	–	100 μ s	1 ms
	1 MHz	2 μ s	–	–	10 μ s	100 μ s	1 ms
	5 MHz	400 ns	–	–	10 μ s	100 μ s	1 ms
STM-16	50 kHz ^{a)}	40 μ s	–	–	–	100 μ s	1 ms
	1 MHz ^{a)}	2 μ s	–	–	10 μ s	100 μ s	1 ms
	5 MHz	400 ns	–	–	10 μ s	100 μ s	1 ms
	20 MHz	100 ns	–	1 μ s	10 μ s	100 μ s	1 ms
STM-64	200 kHz ^{a)}	10 μ s	–	–	–	100 μ s	1 ms
	3 MHz ^{a)}	667 ns	–	–	10 μ s	100 μ s	1 ms
	20 MHz	100 ns	–	1 μ s	10 μ s	100 μ s	1 ms
	80 MHz	25 ns	100 ns	1 μ s	10 μ s	100 μ s	1 ms

^{a)} La frecuencia de repetición de ráfagas deberá encontrarse en el intervalo de 10 Hz a 10 kHz.
 NOTA 1 – Sólo aplicable cuando se utiliza f_1 de paso alto para la medición de la fluctuación de fase.
 NOTA 2 – El periodo de medición debe ser de 60 segundos.
 NOTA 3 – Se escoge una frecuencia de repetición de ráfagas mínima de 10 Hz como repetibilidad de la medición, con arreglo a una repetición PRBS del patrón de prueba.
 NOTA – Las anchuras de ráfaga de 100 μ s y 1 ms sólo pueden utilizarse con repeticiones de ráfaga inferiores a 10 kHz y 1 kHz respectivamente.

El error de medición admisible se define en 9.4 y viene dado como $\pm R\%$ del $\pm W$ de la lectura. Para un punto de ejemplo STM-64 a 10 MHz, R se define como el 20% y W se define como 35 mUI (para una anchura de banda de medición f_3-f_4). Esto supone que para una amplitud nominal de la fluctuación de fase de 100 mUI el máximo error admisible es ± 55 mUI (respuesta nominal del filtro de medición sin incluir el error del sistema de verificación).

NOTA 1 – El error asociado a la fluctuación de fase dependiente del patrón del transmisor de referencia queda pendiente de estudio.

NOTA 2 – El apéndice VII se refiere exclusivamente a las señales de prueba estructuradas definidas en el anexo A. La verificación del apéndice VIII de la fluctuación de fase dependiente del patrón del apéndice VII queda limitada mediante los patrones de prueba específicos definidos en el apéndice VIII.

NOTA 3 – La sección de generación del reloj de precisión puede utilizarse para evaluar el error de un aparato de medida de fluctuación de fase SDH que funcione con interfaces de reloj eléctricas tales como las especificadas en 9.4.1.

Apéndice VIII

Método de caracterización de la fluctuación de fase intrínseca del transmisor

VIII.1 Descripción de la verificación y aplicación de la misma

En este apéndice se recomiendan un método y una implementación destinados a verificar y caracterizar una señal de transmisión con un patrón de prueba de fluctuación de fase específico. Esta técnica puede utilizarse para separar las componentes transmisora y receptora de los equipos de prueba de fluctuación de fase.

Esta técnica requiere la utilización de una trama de prueba repetitiva y fija semejante a SDH. Esta trama de prueba está destinada a ser utilizada como herramienta de diagnóstico potencial aunque no para caracterizar a los equipos de red ni a los dispositivos objetos de la prueba.

Esta técnica puede utilizarse para verificar la fluctuación de fase dependiente del patrón y la contribución de fluctuación de fase aleatoria de la fuente de datos de baja fluctuación de fase definida en el apéndice VII.

Este método exige la utilización de un activador de trama de patrón de gran calidad.

La deriva de fase a largo plazo entre reloj y datos se considera una fuente de error potencial y debe tenerse en cuenta en toda medición.

VIII.2 Método

Este método tiene por objeto determinar con precisión los valores rms y cresta a cresta de los datos transmitidos con un patrón de prueba definido.

VIII.2.1 Medición de la fluctuación de fase dependiente del patrón de la trama de prueba

- 1) Hacer que el transmisor produzca una señal de prueba SDH en trama como la definida en el apéndice VIII.3.
- 2) Utilizar un osciloscopio, con una anchura de banda de medición equivalente a un filtro Bessel-Thomson de cuarto orden con una frecuencia de atenuación a 3 dB igual a 0,75 veces la velocidad binaria, a fin de extraer las formas de onda de datos y del reloj. La anchura de banda de la medición se ajustará al anexo B/G.957 y al anexo A/G.691.
NOTA 1 – El error asociado a la recogida de datos queda en estudio.
- 3) La recogida debe promediarse al menos sobre 64 trazas a fin de eliminar el ruido de fase aleatorio. Debe ajustarse la fase del borde ascendente del reloj haciéndola coincidir exactamente con los bordes de la señal SDH. (Esto minimizará el efecto de no linealidad en la base de tiempo del osciloscopio.) Se medirá el tiempo (en UI) transcurrido entre el borde ascendente del reloj y el borde correspondiente de la señal SDH (dentro de $\pm 0,5$ UI). Véase la figura VIII.1. Se forma de este modo una secuencia de valores de fase dependientes del patrón x_i .
- 4) Cuando no exista el borde de la señal SDH correspondiente para una i particular debe hacerse $x_i = 0$. Debe medirse x_i de modo que cubra un periodo de la trama SDH, o sea, el tamaño del conjunto de datos, $[x_1.. x_N]$ es $N = 125 \times 10^{-6} \times f_0$, siendo f_0 la velocidad binaria correspondiente. A continuación deberá generarse matemáticamente una nueva secuencia de acuerdo con la siguiente fórmula:

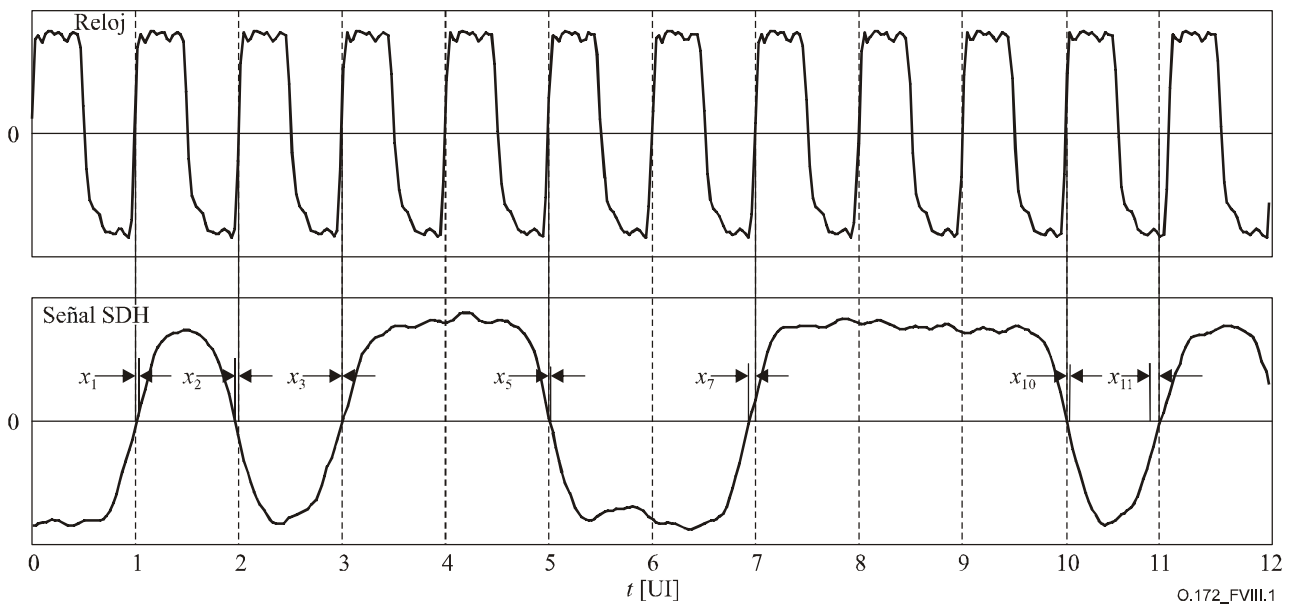
$$x'_i = \frac{\sum_{n=1}^{24} x_{i-n}}{\sum_{n=1}^{24} p_{i-n}}$$

en la que p_i representa la información de densidad del patrón. Cuando exista el borde SDH deberá hacerse $p_i = 1$ y cuando no existan datos de transición $p_i = 0$. Véase la figura VIII.2.

Cuando no existan valores medidos del borde SDH deberán sustituirse los valores x'_i en la serie x_i .

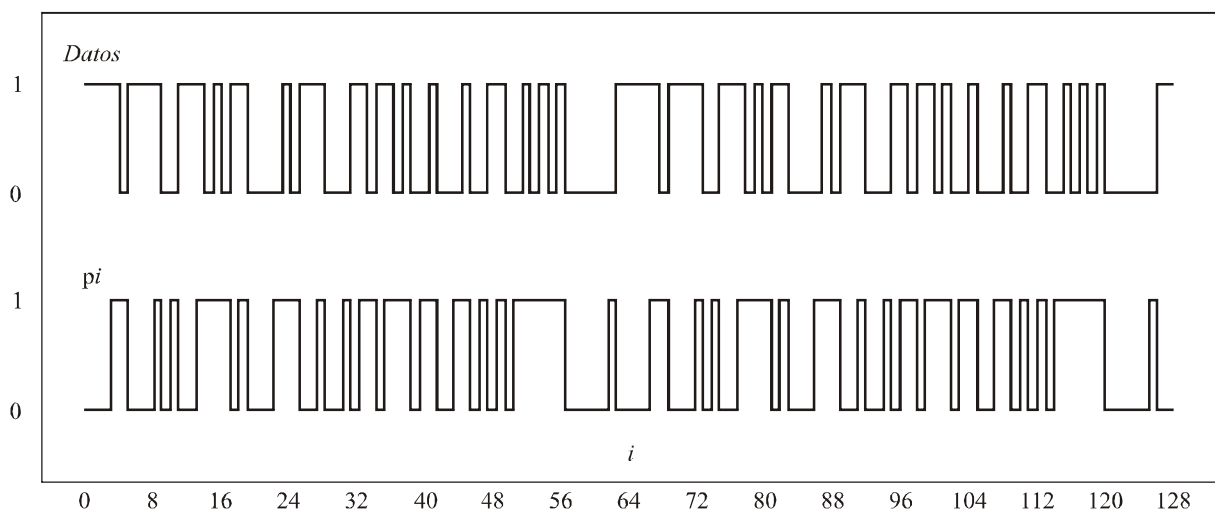
NOTA 2 – El error asociado al algoritmo de inserción de fase queda en estudio.

- 5) Se filtrará matemáticamente la secuencia x_i con los filtros paso alto y paso bajo adecuados para formar la secuencia de valores de fluctuación de fase dependiente del patrón y_i .
- 6) Se utilizarán histogramas a fin de determinar la función de distribución de probabilidad PDF_y de la secuencia y_i .
- 7) A partir de PDF_y se calculará el valor rms de la secuencia y_i . Este valor σ_{PD} es el valor rms de la fluctuación dependiente del patrón.



O.172_FVIII.1

Figura VIII.1/O.172 – Medición de la secuencia de fase dependiente del patrón x_i



O.172_FVIII.2

Figura VIII.2/O.172 – Patrón de datos y densidad de transición p_i

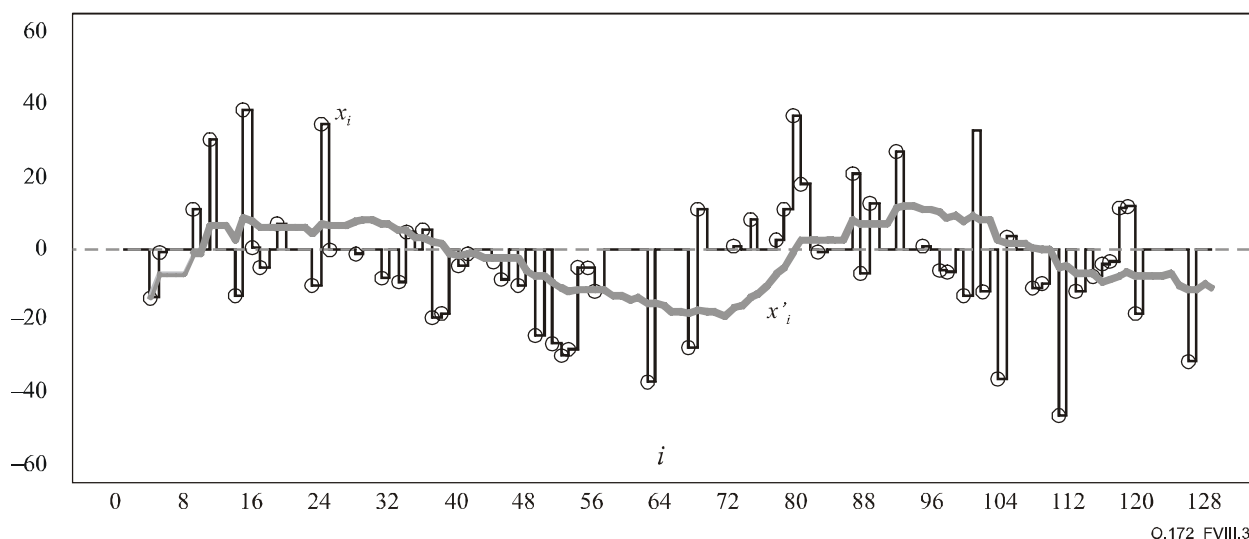


Figura VIII.3/O.172 – Valores de fase no filtrados x_i y x'_i

VIII.2.2 Medición de la fluctuación fase aleatoria del reloj

- 1) Se producirá mediante el transmisor una secuencia de datos 1010... (Lo que eliminará la fluctuación de fase dependiente del patrón.)
- 2) Se aplicará una señal al analizador de espectro, cuando se trate de una señal óptica se utilizará un convertidor O/E de banda ancha. Se determinará, a partir del ruido BLU en un lado del componente de medio baudio, la densidad espectral de potencia PSD_{RP} del ruido de fase aleatoria. (Al pasar el ruido BLU a UI^2/Hz , debe tenerse en cuenta que un ciclo de la componente de medio baudio es 2 UI.)
- 3) Se aplicará matemáticamente el oportuno filtrado paso alto y paso bajo a la PSD_{RP} para obtener la densidad espectral de potencia PSD_{RJ} del ruido de fluctuación de fase aleatorio.
- 4) Se integrará PSD_{RJ} a lo largo de todas las f y se sacará su raíz cuadrada a fin de obtener la σ_R rms del ruido de fluctuación de fase aleatorio.

VIII.2.3 Estimación de la fluctuación de fase total a partir de la PDF

- 1) El rms de la fluctuación de fase total es $\sigma_T = [\sigma_{PD}^2 + \sigma_R^2]^{0.5}$.
- 2) Suponiendo que el ruido de fluctuación de fase aleatorio es Gaussiano, se utilizará σ_R para obtener la función de densidad de probabilidad PDF_R del ruido de fluctuación de fase aleatorio.
- 3) Se convolucionará la PDF_y dependiente de patrón con la PDF_R aleatoria a fin de obtener la función de distribución de probabilidad PDF_T de la fluctuación de fase total.
- 4) Se calculará la fluctuación de fase media cresta a cresta a partir de la PDF_T , de la anchura de banda de la fluctuación de fase y del intervalo de medida. Este cálculo se detalla en VIII.4.

VIII.3 Patrón de prueba de diagnóstico

- 1) En las figuras VIII.4 y VIII.5, a continuación, se definen los patrones de prueba SDH para diagnósticos, apropiados para STM-64 y STM-16.
- 2) El patrón para STM-256 queda en estudio.
- 3) Los patrones de prueba para diagnósticos que simulan efectos de patrones PRBS de larga duración quedan en estudio.

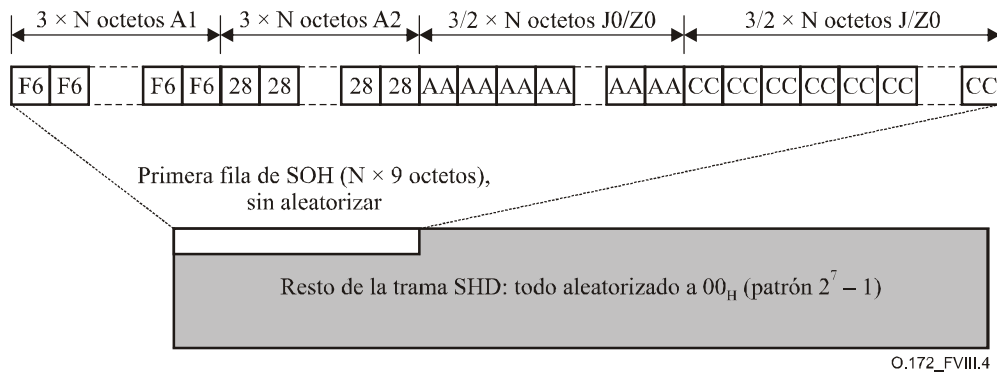


Figura VIII.4/O.172 – Patrón de prueba 1

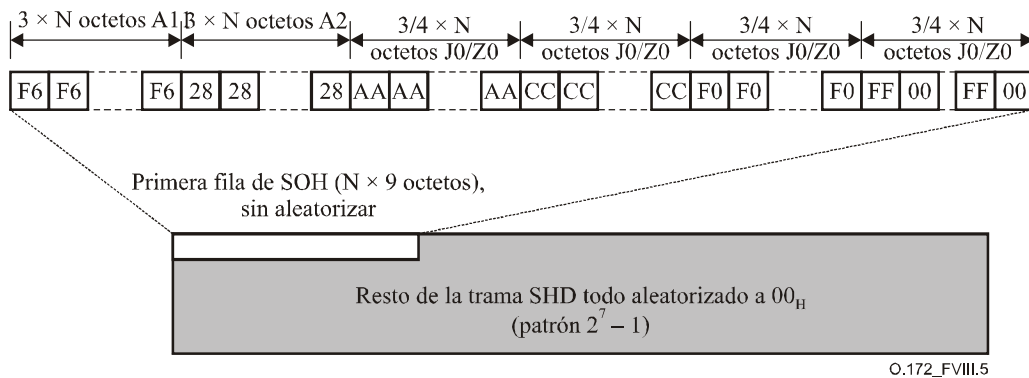


Figura VIII.5/O.172 – Patrón de prueba 2

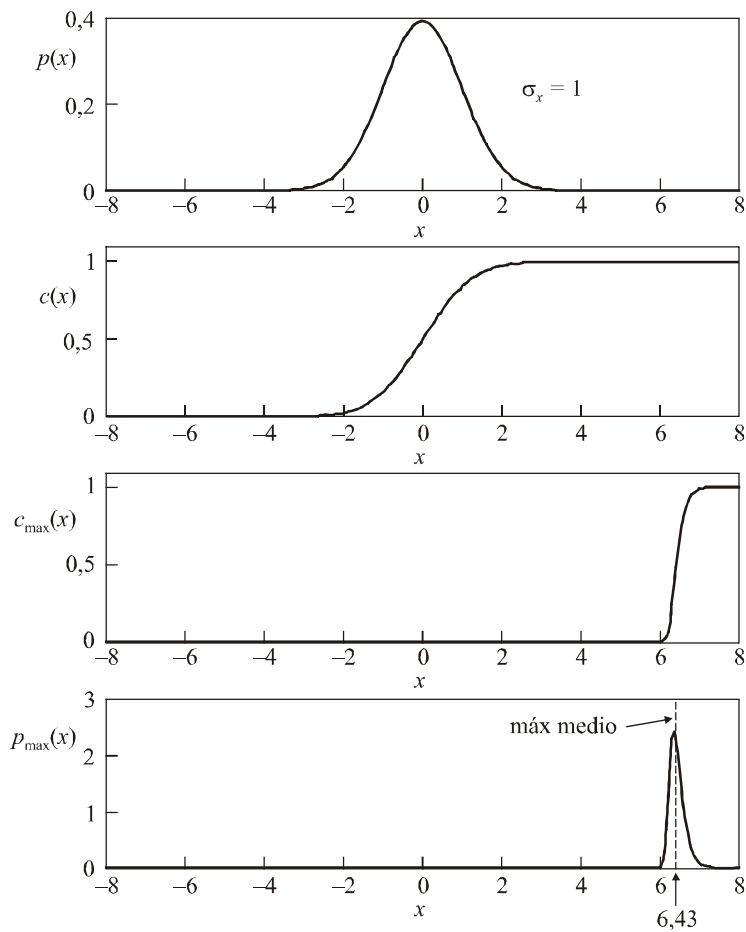
VIII.4 Cálculo del valor cresta a cresta de la función de distribución de probabilidad

Se pretende determinar el valor esperado cresta a cresta de x , a partir de la función de distribución de probabilidad $p(x)$ de una función temporal x , sabiendo que x es aproximadamente blanca en una anchura de banda BW . El intervalo de medida es T .

Una función temporal x que es blanca en una anchura de banda BW tiene aproximadamente $N = 2 \cdot BW \cdot T$ valores independientes en el intervalo T . Así pues, la probabilidad de no sobrepasar cierto valor x durante el intervalo T es la probabilidad de que N valores independientes no sobrepasen dicha x . Pero la probabilidad de no sobrepasar x en un intento es la función de distribución acumulativa $c(x)$, siendo $c(x)$ la integral de $p(x)$. Así pues la probabilidad de no sobrepasar x en N intentos independientes será $c_{\text{máx}}(x) = c(x)^N$. Como ésta es la probabilidad de que el valor máximo no supere x , $c_{\text{máx}}(x)$ será la función de distribución acumulativa del valor máximo. Por consiguiente la función de distribución de probabilidad $p_{\text{máx}}(x)$ del máximo es la derivada de $c_{\text{máx}}(x)$. El valor medio (o previsto) del máximo es la integral de $x \cdot p_{\text{máx}}(x)$ a lo largo de toda x .

En el ejemplo de la figura VIII.6 se representan estas funciones para el caso de una $p(x)$ Gaussiana con un valor rms igual a la unidad. Si la anchura de banda de x es $BW = 80$ MHz y el intervalo de medida es $T = 60$ segundos, será $N = 9,6 \cdot 10^9$. Si se eleva $c(x)$ a esta potencia se extenderá la subida de $c_{\text{máx}}(x)$ más allá de 6. $p_{\text{máx}}(x)$ es la derivada de $c_{\text{máx}}(x)$. A partir de $p_{\text{máx}}(x)$ se puede calcular el máximo previsto de 6,43.

De manera semejante, puede determinarse el mínimo de x . En este caso simétrico, el mínimo previsto es $-6,43$, y el valor previsto cresta a cresta es 12,86.



O.172_FVIII.6

Figura VIII.6/O.172 – Ejemplo Gaussiano de determinación del máximo previsto de x a partir de la PDF de x

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación