



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.825

(03/2000)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Redes digitales – Objetivos de calidad y disponibilidad

**Control de la fluctuación de fase y de la
fluctuación lenta de fase en las redes digitales
basadas en la jerarquía digital síncrona**

Recomendación UIT-T G.825

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATELITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
Generalidades	G.800–G.809
Objetivos de diseño para las redes digitales	G.810–G.819
Objetivos de calidad y disponibilidad	G.820–G.829
Funciones y capacidades de la red	G.830–G.839
Características de las redes con jerarquía digital síncrona	G.840–G.849
Gestión de red de transporte	G.850–G.859
Integración de los sistemas de satélite y radioeléctricos con jerarquía digital síncrona	G.860–G.869
Redes ópticas de transporte	G.870–G.879
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

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

Recomendación UIT-T G.825

Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona

Resumen

Esta Recomendación UIT-T especifica los límites de red máximos de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que no deberán ser rebasados y la tolerancia mínima de equipo a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que deberá proporcionarse en toda interfaz apropiada de transporte o sincronización basada en la jerarquía digital síncrona.

Los requisitos de las características de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase especificados en esta Recomendación UIT-T deben ser observados con el fin de asegurar la interoperabilidad de los equipos construidos por diferentes fabricantes y una calidad de funcionamiento satisfactoria de la red.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.825, revisada por la Comisión de Estudio 13 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la CMNT el 10 de marzo de 2000.

Palabras clave

Fluctuación de fase a la salida, fluctuación lenta de fase a la salida, límites de red, relojes, sincronización, temporización, tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada, tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada.

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

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

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT 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 2001

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias.....	1
3 Definiciones	2
4 Abreviaturas.....	3
5 Límites de red para los niveles máximos de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase a la salida en cualquier interfaz jerárquica	3
5.1 Límites de red para la fluctuación de fase	3
5.2 Límites de red para la fluctuación lenta de fase.....	4
6 Especificación de equipos digitales individuales	4
6.1 Tolerancia a la fluctuación de fase y a la fluctuación lenta de fase para los puertos de entrada de la interfaz STM-N.....	4
6.1.1 Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada de las interfaces STM-N.....	6
6.1.2 Tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-N	6
6.2 Generación de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase	11
6.3 Transferencia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase.....	11
Apéndice I – Relación entre los requisitos de la fluctuación de fase en la interfaz de red y la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada	12
I.1 Requisitos de la fluctuación de fase en la interfaz de red.....	12
I.2 Tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de equipos de red.....	13
Apéndice II – Metodología para la medición de la fluctuación lenta de fase a la salida de las interfaces síncronas	15
Apéndice III – Sistemas de línea SDH e implicaciones en el interfuncionamiento	15

Introducción y antecedentes

En una red digital, la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase se acumulan en los trayectos de transmisión de acuerdo con las características de generación y de transferencia de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase de cada equipo interconectado. Estos equipos pueden ser, por ejemplo, multiplexores/demultiplexores, transconectores, relojes y sistemas de línea de diferentes tipos.

Una cantidad excesiva de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase puede afectar adversamente tanto a las señales digitales (por ejemplo, por generación de errores de bit, deslizamientos y otras anomalías), como a las señales analógicas (por ejemplo, por modulación de fase no deseada de la señal transmitida). Las consecuencias de esas degradaciones dependerán, en general, del servicio concreto que se transporta y del equipo de terminación o adaptación que interviene.

Por consiguiente, es necesario fijar límites a la cantidad máxima de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase y a la correspondiente tolerancia mínima a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en las interfaces de red, para garantizar una calidad adecuada de las señales transmitidas y un diseño adecuado de los equipos.

Estos límites de red son independientes del servicio concreto que se transporta.

Recomendación UIT-T G.825

Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona

1 Alcance

El objeto de esta Recomendación UIT-T es definir los parámetros y valores necesarios para un control eficaz de la cantidad de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase presentes en las interfaces red-red de la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*).

Las interfaces de red SDH, a las que se aplica la presente Recomendación UIT-T, se definen en términos de velocidades binarias y estructuras de trama de la Recomendación UIT-T G.707; sus características eléctricas se describen en la Recomendación UIT-T G.703, y sus características ópticas en las Recomendaciones UIT-T G.957 y G.691.

En la Recomendación UIT-T G.803 se presenta información adicional sobre la estructura de las redes SDH.

Los requisitos de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase para la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) y las redes de sincronización se especifican en la Recomendación UIT-T G.823 para las redes basadas en la velocidad binaria de primer nivel de 2048 kbit/s, y en la Recomendación UIT-T G.824 para las redes basadas en la velocidad binaria de primer nivel de 1544 kbit/s.

Los principios del control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase responden a la necesidad de:

- recomendar un límite de red máximo que no debe rebasarse en ninguna interfaz jerárquica;
- recomendar un marco coherente para la especificación de los distintos equipos digitales (es decir, para la especificación de los requisitos relativos a la transferencia, tolerancia y generación de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase);
- facilitar informaciones y directrices suficientes para que las organizaciones pertinentes puedan medir y estudiar la acumulación de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en cualquier configuración de red.

2 Referencias

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.

- Proyecto de Recomendación UIT-T G.691, *Interfaces ópticas para sistemas STM-64; STM-256 de un solo canal y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos*.
- Recomendación UIT-T G.703 (1998), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.
- Recomendación UIT-T G.707 (1996), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona*.

- Recomendación UIT-T G.783 (1997), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.803 (2000), *Arquitecturas de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización.*
- Recomendación UIT-T G.811 (1997), *Características de temporización de los relojes de referencia primarios.*
- Recomendación UIT-T G.812 (1998), *Requisitos de temporización de relojes subordinados adecuados para utilización como relojes de nodo en redes de sincronización.*
- Recomendación UIT-T G.813 (1996), *Características de temporización de relojes subordinados de equipos de la jerarquía digital síncrona.*
- 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.*
- 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.*
- Recomendación UIT-T G.832 (1998), *Transporte de elementos de la jerarquía digital síncrona por redes de la jerarquía digital plesiócrona – Estructuras de trama y de multiplexión.*
- Recomendación UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona.*
- 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.*
- Recomendación UIT-T O.172 (1999), *Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona.*

3 Definiciones

En esta Recomendación UIT-T se definen los términos siguientes. En la Recomendación UIT-T G.810 se proporcionan definiciones adicionales relativas a las redes de sincronización.

3.1 interfaz síncrona: Estas interfaces proporcionan una señal de salida con una frecuencia que normalmente puede ser rastreada hasta un reloj de referencia primario.

3.2 interfaz asíncrona: Estas interfaces proporcionan una señal de salida con una frecuencia que no puede ser rastreada hasta un reloj de referencia primario y que satisface los requisitos de desplazamiento de frecuencia indicados en la Recomendación UIT-T G.703.

3.3 interfaz de sincronización: Estas interfaces son síncronas y se especifican límites a la fluctuación lenta de fase de la red por medio de los parámetros máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE, *maximum time interval error*) y desviación de tiempo (TDEV, *time deviation*) con valores indicados en esta Recomendación UIT-T.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación UIT-T se utilizan las siguientes siglas.

CMI	Inversión de marcas codificada (<i>code mark inversion</i>)
MRTIE	Máximo error relativo en el intervalo de tiempo (<i>maximum relative time interval error</i>)
MS-AIS	Señal de indicación de alarma de sección múltiplex (<i>multiplex section alarm indication signal</i>)
MTIE	Máximo error en el intervalo de tiempo (<i>maximum time interval error</i>)
NE	Elemento de red (<i>network element</i>)
NNI	Interfaz de nodo de red (<i>network node interface</i>)
pk-pk	Cresta a cresta (<i>peak-to-peak</i>)
RTIE	Error relativo en el intervalo de tiempo (<i>relative time interval error</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
TDEV	Desviación de tiempo (<i>time deviation</i>)
TIE	Error en el intervalo de tiempo (<i>time interval error</i>)
UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user network interface</i>)

5 Límites de red para los niveles máximos de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase a la salida en cualquier interfaz jerárquica

5.1 Límites de red para la fluctuación de fase

Los límites indicados en el cuadro 1 representan los niveles máximos permisibles de fluctuación de fase en una red digital. La fluctuación de fase medida en un intervalo de 60 segundos no rebasará los límites indicados en el cuadro 1 cuando se utilicen los filtros de medición especificados. Los límites se cumplirán para todas las condiciones operacionales y cualquiera que sea la cantidad de equipos que precedan a la interfaz. En general, estos límites de red son compatibles con la tolerancia mínima a la fluctuación de fase que todos los puertos de entrada de equipo deben proporcionar. En el apéndice I se dan directrices para la obtención de los valores de los parámetros del cuadro 1.

Existe una estrecha relación entre los límites de red y la tolerancia a la entrada por lo cual las frecuencias de corte de los filtros de medición de la fluctuación de fase utilizadas en el cuadro 1 tienen los mismos valores que las frecuencias esquina de la máscara de la tolerancia a la fluctuación de fase utilizadas en 6.1. En el apéndice I se ofrece más información sobre esta relación.

Los filtros de medición paso alto del cuadro 1 tienen una característica de primer orden y un régimen de caída de 20 dB/década. Los filtros de medición paso bajo tienen una característica Butterworth lo más uniforme posible y un régimen de caída de –60 dB/década.

La Recomendación UIT-T O.172 presenta una descripción funcional de un equipo adecuado para la medición de la fluctuación de fase en sistemas SDH. En la Recomendación UIT-T O.172 se presentan también otras especificaciones relativas a la respuesta de frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase, tales como la especificación de la exactitud del filtro de medición y la de los polos adicionales que puede tener el filtro.

Cuadro 1/G.825 – Máxima fluctuación de fase permisible en las interfaces de red

Interfaz	Anchura de banda de medición, frecuencias de –3 dB	Amplitud cresta a cresta (UIpp)
STM-1e (Notas 1, 2)	500 a 1,3 M	1,5
	65 k a 1,3 M	0,075
STM-1 (Nota 4)	500 a 1,3 M	1,5
	65 k a 1,3 M	0,15
STM-4 (Nota 4)	1 k a 5 M	1,5
	250 k a 5 M	0,15
STM-16 (Nota 4)	5 k a 20 M	1,5
	1 M a 20 M	0,15
STM-64 (Nota 4)	20 k a 80 M	1,5
	4 M a 80 M	0,15 (Nota 3)

NOTA 1 – Formato eléctrico codificado en CMI, de acuerdo con G.703.

NOTA 2 – Para redes implantadas con relojes de la opción II de G.813 o con relojes de los tipos II, III o IV de G.812; los requisitos de STM-1 se aplican a STM-1e.

NOTA 3 – El efecto de la dispersión y de las no linealidades en la apertura del diagrama de ojo y en la elección de este valor queda en estudio.

NOTA 4 – STM-1 1 UI = 6,43 ns
 STM-4 1 UI = 1,61 ns
 STM-16 1 UI = 0,402 ns
 STM-64 1 UI = 0,100 ns

5.2 Límites de red para la fluctuación lenta de fase

Las interfaces STM-N se definen como interfaces de sincronización. Los límites de red para la fluctuación lenta de fase en interfaces de sincronización se especifican en la Recomendación UIT-T G.823 para las redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s, y en la Recomendación UIT-T G.824 para las redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s.

6 Especificación de equipos digitales individuales

Para contribuir a asegurar que como consecuencia de la interconexión de equipos digitales no se produce una acumulación de fluctuación de fase que exceda los límites de red se definen las características de transferencia de fluctuación de fase y las características de generación de fluctuación de fase de equipos individuales. Asimismo, para contribuir a asegurar que los equipos puedan funcionar correctamente, dados los límites de red especificados, se definen características de tolerancia a la fluctuación de fase.

6.1 Tolerancia a la fluctuación de fase y a la fluctuación lenta de fase para los puertos de entrada de la interfaz STM-N

Esta subcláusula especifica la tolerancia a la fluctuación de fase y a la fluctuación lenta de fase para los puertos de entrada SDH. La tolerancia a la fluctuación de fase y a la fluctuación lenta de fase para puertos de entrada PDH a equipos SDH se especifica en las Recomendaciones UIT-T G.823 y G.824.

Para garantizar que, en general, cualquier equipo pueda conectarse a cualquier interfaz adecuada dentro de la red es necesario tomar disposiciones para que los puertos de entrada de todos los

equipos puedan aceptar niveles de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase hasta, por lo menos, los límites mínimos definidos en 6.1.1 y 6.1.2.

La tolerancia a la fluctuación de fase y a la fluctuación lenta de fase de una interfaz SDH indica el nivel mínimo de ruido de fase que el puerto de entrada deberá aceptar sin que:

- se provoquen alarmas;
- se provoque deslizamientos;
- se provoquen errores de bit; exceptuadas las interfaces STM-N ópticas a frecuencias de fluctuación de fase superiores a f_p (f_p es 6,5 kHz para STM-1, 25 kHz para STM-4, 100 kHz para STM-16 y 400 kHz para STM-64), en las que no se excederá una penalización de potencia óptica equivalente de 1 dB.

Todos los puertos de entrada digital del equipo deberán poder aceptar una señal digital de tenga:

- a) características eléctricas que satisfagan los requisitos de la Recomendación UIT-T G.703, o las características ópticas de las Recomendaciones UIT-T G.957 y G.691;
- b) un desplazamiento de frecuencia (con relación al valor nominal) comprendido en la gama definida en el cuadro 2;
- c) una desviación de fase sinusoidal que tenga una característica de amplitud/frecuencia, definida en las subcláusulas siguientes que indique los límites adecuados para las diferentes interfaces.

En principio, estos requisitos deberán cumplirse cualquiera que sea el contenido de información de la señal digital. Sin embargo, para fines de pruebas, el contenido de la señal con modulación por la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase debe ser una señal de prueba estructurada como se define en el anexo A/O.172.

Cuando se especifica o se evalúa la tolerancia de la interfaz, pueden distinguirse dos modos de funcionamiento de los equipos:

- funcionamiento asíncrono, en el que el equipo receptor no está regido por las señales de reloj procedentes de una fuente que está sincronizada con la interfaz considerada. En este caso lo único que ofrece interés es la capacidad del equipo (en términos de los circuitos para la recuperación de las señales de reloj y las memorias intermedias de sincronización/desincronización) para aceptar una variación de fase de la señal entrante.
- funcionamiento síncrono, en el que el equipo receptor está regido por las señales de reloj procedentes de una fuente que está sincronizada con la interfaz considerada. En este caso ofrecen también interés la dimensión y el funcionamiento de la memoria intermedia de deslizamientos.

A menos que se exprese otra cosa, las especificaciones de 6.1.1 y 6.1.2 relativas a la tolerancia son aplicables tanto al modo de funcionamiento asíncrono como al síncrono.

El límite de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase por encima de 10 Hz refleja la cantidad máxima permisible de fluctuación de fase en una red digital. En cambio, el límite por debajo de 10 Hz no tiene por finalidad representar la cantidad máxima permisible de fluctuación lenta de fase que podría producirse en la práctica. Por debajo de 10 Hz, los límites se determinan de tal manera que, cuando es necesario, la provisión de este nivel de almacenamiento en memoria intermedia a la entrada del equipo facilita la aceptación de la fluctuación lenta de fase generada por una gran proporción de conexiones reales.

Por razones de conveniencia para la realización de pruebas, la tolerancia requerida se define en términos de la amplitud de cresta a cresta y la frecuencia de la fluctuación de fase sinusoidal que modula a una señal digital patrón de prueba. Es importante reconocer que no se pretende que esta condición de prueba, por sí misma, sea representativa del tipo de fluctuación de fase que se encuentra en la práctica en una red.

En el apéndice III/G.823 se dan directrices sobre el montaje utilizado para la medición de la tolerancia a la fluctuación de fase y a la fluctuación lenta de fase a la entrada. Una instrumentación conforme a la Recomendación UIT-T O.172 es adecuada para la generación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en sistemas SDH.

Cuadro 2/G.825 – Máximo desplazamiento de frecuencia en las interfaces STM-N

Máximo desplazamiento de frecuencia (\pm ppm)	Ejemplo de aplicación
4,6	Elementos de red SDH implantados con relojes de la opción I de G.813
20	MS-AIS en secciones de regenerador SDH y elementos de red implantados con relojes de opción II de G.813.

Los requisitos de los regeneradores se especifican en la Recomendación UIT-T G.783. En el apéndice III se ofrece información adicional.

6.1.1 Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada de las interfaces STM-N

Las interfaces STM-N utilizadas como interfaces de sincronización satisfarán las especificaciones de la tolerancia a la fluctuación de fase de las Recomendaciones UIT-T G.812 y G.813. Estas dos Recomendaciones UIT-T especifican requisitos para dos tipos de redes. Para los equipos implantados en redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s, los requisitos de tolerancia a la fluctuación lenta de fase se especifican en la opción II de la Recomendación UIT-T G.813, y para los relojes de tipo II, III y IV en la Recomendación UIT-T G.812. Para los equipos SDH implantados en redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s los requisitos de tolerancia a la fluctuación lenta de fase se especifican en la opción I de la Recomendación UIT-T G.813, y para relojes de tipo I, V y VI en la Recomendación UIT-T G.812.

NOTA – Las interfaces de tráfico deberán también poder aceptar desplazamientos de frecuencia de al menos 20 ppm para fines de la detección de MS-AIS.

6.1.2 Tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-N

En las siguientes subcláusulas se indican requisitos específicos para la tolerancia a la fluctuación de fase a distintas velocidades de las interfaces STM-N. Estos requisitos especifican los niveles mínimos de fluctuación de fase que deben ser aceptados en una interfaz STM-N. En la Recomendación UIT-T O.172 se dan directrices sobre las secuencias de prueba adecuadas para sistemas SDH.

Como se señaló en 6.1.1, los equipos SDH pueden estar implantados en diferentes redes. Si bien los requisitos básicos de la tolerancia a la fluctuación de fase son los mismos para ambas redes, la región de baja frecuencia del requisito de la tolerancia a la fluctuación de fase será diferente, para que sea compatible con los requisitos específicos de fluctuación lenta de fase de red formulados en las Recomendaciones UIT-T G.824 y G.825. Estas diferencias se señalan en los requisitos que se indican más adelante.

6.1.2.1 Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM 1/1e

El nivel de la fluctuación de fase que debe ser aceptado por las interfaces STM-1 y STM-1e de la SDH se especifica en los cuadros 3 y 4 y se muestra en las figuras 1 y 2, respectivamente. Se presentan especificaciones para interfaces ópticas (STM-1) y eléctricas (STM-1e). En los equipos implantados en redes existentes, generación de fluctuación de fase para las interfaces STM-1e pueden basarse en requisitos relativos a la interfaz STM-1 contenidos en la Recomendación UIT-T G.813. El interfuncionamiento entre equipos antiguos y equipos que satisfacen los requisitos

de las interfaces STM-1e del cuadro 4 ha quedado en estudio. En el caso de redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s, las interfaces deberán satisfacer el requisito, más estricto, de la tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-1.

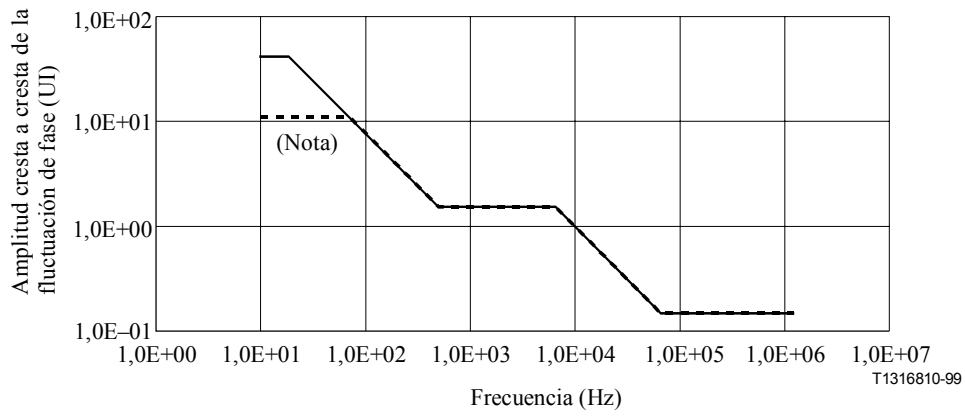
Cuadro 3/G.825 – Límite de la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-1

Frecuencia f (Hz)		Requisito (Cresta a cresta)
Redes de 2048 kbit/s	Redes de 1544 kbit/s	
–	$10 < f \leq 68,7$	10,9 UI
$10 < f \leq 19,3$	–	38,9 UI (0,25 μ s)
$19,3 < f \leq 68,7$	–	$750 f^{-1}$ UI
$68,7 < f \leq 500$		$750 f^{-1}$ UI
$500 < f \leq 6,5$ k		1,5 UI
$6,5$ k $< f \leq 65$ k		$9,8 \times 10^3 f^{-1}$ UI
65 k $< f \leq 1,3$ M		0,15 UI

Cuadro 4/G.825 – Límite de la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-1e

Frecuencia f (Hz)	Requisito (Cresta a cresta)
$10 < f \leq 19,3$	38,9 UI (0,25 μ s)
$19,3 < f \leq 500$	$750f^{-1}$ UI
$500 < f \leq 3,3$ k (nota 2)	1,5 UI
$3,3$ k $< f \leq 65$ k	$4,9 \times 10^3 f^{-1}$ UI
65 k $< f \leq 1,3$ M	0,075 UI

NOTA 1 – La interfaz STM-1e está codificada en CMI, de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.703.
 NOTA 2 – Cuando las interfaces STM-1e están implantadas en redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s tienen que satisfacer los requisitos indicados para STM-1 en el cuadro 3.



NOTA – La curva de trazo discontinuo representa el requisito para redes de la jerarquía de 1544 kbit/s en frecuencias inferiores a 68,7 Hz.

Figura 1/G.825 – Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-1

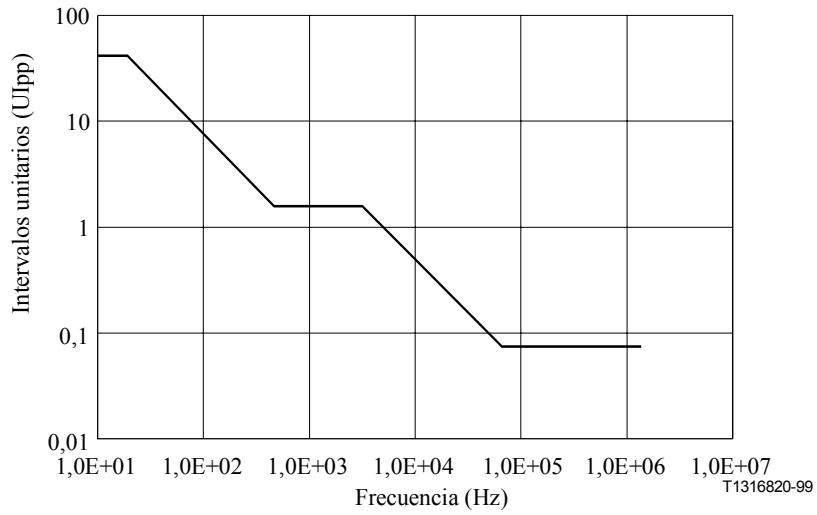


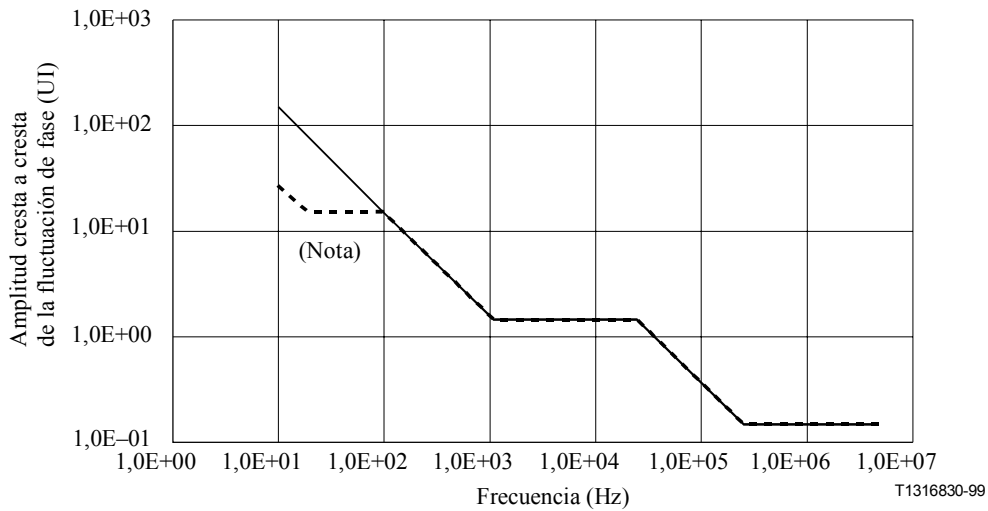
Figura 2/G.825 – Requisito de tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-1e (se aplica solamente a redes de la jerarquía de 2048 kbit/s)

6.1.2.2 Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-4

El nivel de fluctuación de fase que debe ser aceptado por las interfaces STM-4 de la jerarquía digital síncrona se especifica en el cuadro 5 y se ilustra en la figura 3.

Cuadro 5/G.825 – Límite de la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-4

Frecuencia f (Hz)		Requisito (Cresta a cresta)
Redes de 2048 kbit/s	Redes de 1544 kbit/s	
–	10 < f ≤ 18,5	277,5 f ⁻¹ UI
–	18,5 < f ≤ 100	15 UI
9,65 < f ≤ 100	–	1500 f ⁻¹ UI
100 < f ≤ 1000		1500 f ⁻¹ UI
1 k < f ≤ 25 k		1,5 UI
25 k < f ≤ 250 k		3,8 × 10 ⁴ f ⁻¹ UI
250 k < f ≤ 5 M		0,15 UI



NOTA – La curva de trazo discontinuo representa el requisito para redes de la jerarquía de 1544 kbit/s en frecuencias inferiores a 100 Hz.

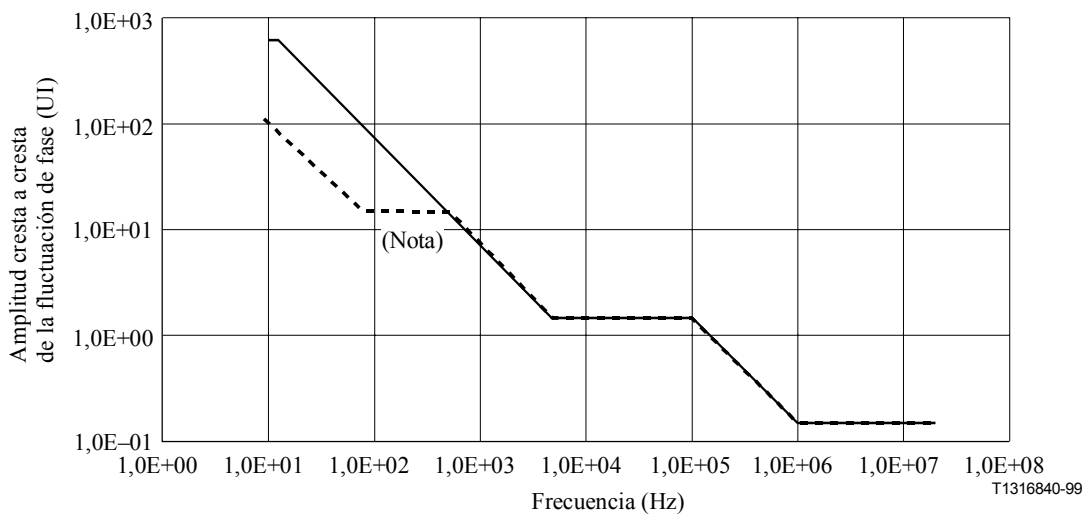
Figura 3/G.825 – Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-4

6.1.2.3 Tolerancia a la fluctuación de fase las interfaces STM-16

El nivel de fluctuación de fase que debe ser aceptado por las interfaces STM-16 de la jerarquía digital síncrona se especifica en el cuadro 6 y se ilustra en la figura 4.

Cuadro 6/G.825 – Límite de la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-16

Frecuencia f (Hz)		Requisito (Cresta a cresta)
Redes de 2048 kbit/s	Redes de 1544 kbit/s	
–	$10 < f \leq 70,9$	$1063,5 f^{-1}$ UI
–	$70,9 < f \leq 500$	15 UI
$10 < f \leq 12,1$	–	622 UI
$12,1 < f \leq 500$	–	$7500 f^{-1}$ UI
$500 < f \leq 5$ k		$7500 f^{-1}$ UI
5 k $< f \leq 100$ k		1,5 UI
100 k $< f \leq 1$ M		$1,5 \times 10^5 f^{-1}$ UI
1 M $< f \leq 20$ M		0,15 UI



NOTA – La curva de trazo discontinuo representa el requisito para redes de la jerarquía de 1544 kbit/s en frecuencias inferiores a 500 Hz.

Figura 4/G.825 – Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-16

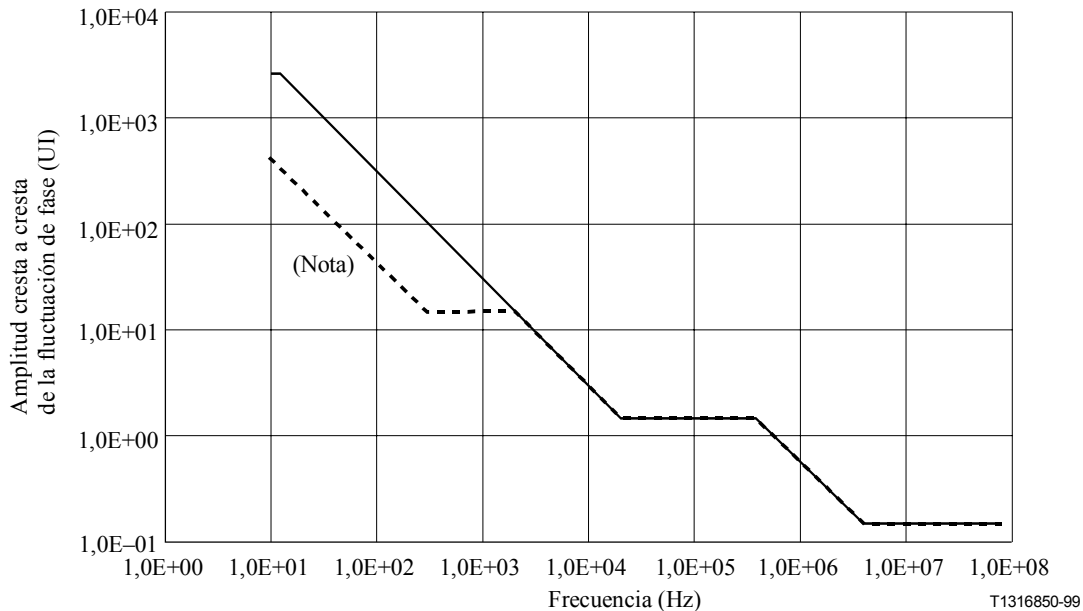
6.1.2.4 Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-64

El nivel de fluctuación de fase que debe ser aceptado por las interfaces STM-64 de la jerarquía digital síncrona se especifica en el cuadro 7 y se ilustra en la figura 5.

Para fines de pruebas de conformidad realizadas en la práctica, las características del diagrama de ojo en transmisión deben examinarse cuidadosamente. Este tema queda en estudio.

Cuadro 7/G.825 – Límite de la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de las interfaces STM-64

Frecuencia f (Hz)		Requisito (Cresta a cresta)
Redes de 2048 kbit/s	Redes de 1544 kbit/s	
–	$10 < f \leq 296$	4446^{-1} UI
–	$296 < f \leq 2000$	15 UI
$10 < f \leq 12,1$	–	2490 UI (0,25 μ s)
$12,1 < f \leq 2000$	–	$3,0 \times 10^4 f^{-1}$
$2000 < f \leq 20$ k		$3,0 \times 10^4 f^{-1}$
20 k $< f \leq 400$ k		1,5 UI
400 k $< f \leq 4$ M		$6,0 \times 10^5 f^{-1}$ UI
4 M $< f \leq 80$ M		0,15 UI



NOTA – La curva de trazo discontinuo representa el requisito para redes de la jerarquía de 1544 kbit/s en frecuencias inferiores a 2 kHz.

Figura 5/G.825 – Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces STM-64

6.2 Generación de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase

Los requisitos relativos a la generación de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para equipos SDH se especifican en las Recomendaciones UIT-T G.783, G.812 y G.813. En el apéndice II se dan directrices para la medición de la fluctuación lenta de fase.

6.3 Transferencia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase

La transferencia de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para equipos SDH depende del método de sincronización utilizado en cada tipo de equipo. Los requisitos de la transferencia de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para equipos SDH se especifican en las Recomendaciones UIT-T G.783, G.812 y G.813.

APÉNDICE I

Relación entre los requisitos de la fluctuación de fase en la interfaz de red y la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada

I.1 Requisitos de la fluctuación de fase en la interfaz de red

Para todas las velocidades binarias de la jerarquía digital síncrona (SDH) se especifican en el cuadro 1 dos límites: uno para un filtro de medición de banda ancha y uno para un filtro de medición de banda alta. La forma general de esta especificación se muestra en el cuadro I.1 y es aplicable a todas las velocidades de la SDH.

En cualquier interfaz de una red SDH se deben cumplir las siguientes especificaciones de la fluctuación de fase a la salida:

la fluctuación de fase de la temporización medida en un intervalo de 60 segundos con un filtro paso de banda con una frecuencia de corte inferior f_1 y una frecuencia mínima de corte superior f_4 no excederá de A_2 intervalos unitarios (UI, *unit interval*) cresta a cresta. Asimismo, la fluctuación de fase de la temporización medida en un intervalo de 60 segundos con un filtro paso de banda con una frecuencia de corte inferior f_3 y una frecuencia mínima de corte superior f_4 no excederá de A_1 intervalos unitarios (UI) cresta a cresta. El régimen de caída a las frecuencias de corte inferior, f_1 y f_3 , será de 20 dB/década. El régimen de caída a la frecuencia de corte superior, f_4 , será de -60 dB/década, de acuerdo con la Recomendación UIT-T O.172.

Cuadro I.1/G.825 – Forma general de los requisitos de la fluctuación de fase en las interfaces SDH

Filtro de medición	Anchura de banda de medición	Amplitud cresta a cresta de la fluctuación de fase (UIpp)
Banda ancha	f_1 a f_4	A_2
Banda alta	f_3 a f_4	A_1

El valor de f_1 refleja la frecuencia de corte más baja del circuito de temporización que se espera en un sistema de línea. El circuito de temporización puede temporizar una señal de salida del regenerador y podría implementarse como un bucle de enganche de fase (PLL, *phase-locked loop*). La fluctuación de fase a frecuencias mayores que la anchura de banda de este PLL será absorbida en parte por la memoria intermedia del PLL. La parte no absorbida, que desborda la memoria intermedia, podría causar errores de transmisión. La fluctuación de fase a frecuencias inferiores a esta anchura de banda simplemente pasará sin influir en la transmisión. El valor de f_1 representa, por tanto, la menor anchura de banda que podría utilizarse en este circuito de temporización de salida. El valor de f_3 está relacionado con la anchura de banda del circuito de adquisición de la temporización a la entrada. La fluctuación de fase a frecuencias más altas que esta anchura de banda constituirán la fluctuación de fase de la alineación y provocarán una penalización de potencia óptica debida a su efecto sobre el diagrama de ojo. Esta fluctuación de fase a una frecuencia elevada hay que limitarla, por tanto, en la misma medida en que las especificaciones de equipo limitan la penalización de potencia óptica por medio de una tolerancia a la fluctuación de fase.

El valor de f_4 refleja limitaciones de medición razonables y se indica para establecer requisitos mínimos de la anchura de banda de medición. f_4 se elige de manera que incluya toda la fluctuación de fase de la alineación significativa, esperada. El valor elegido está situado una década más allá de la frecuencia de corte más alta esperada (véase la Recomendación UIT-T G.783).

Los valores de A_1 y A_2 están directamente relacionados con la tolerancia de la fluctuación de fase sinusoidal a la entrada. Estos parámetros tienen un margen predefinido y son razonablemente moderados porque:

- 1) la fluctuación de fase sinusoidal representa la fluctuación de fase de caso más desfavorable con respecto a la tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada; y
- 2) la fluctuación de fase acumulada de la línea SDH no será sinusoidal (en cambio, generará ruido).

I.2 Tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de equipos de red

La forma general de los filtros de ponderación utilizados para medir la fluctuación de fase a la salida en una interfaz de red se indica en el cuadro I.1 y se representa en la figura I.1. Las respuestas del filtro se dan por las ecuaciones I.2-1 y I.2-2.

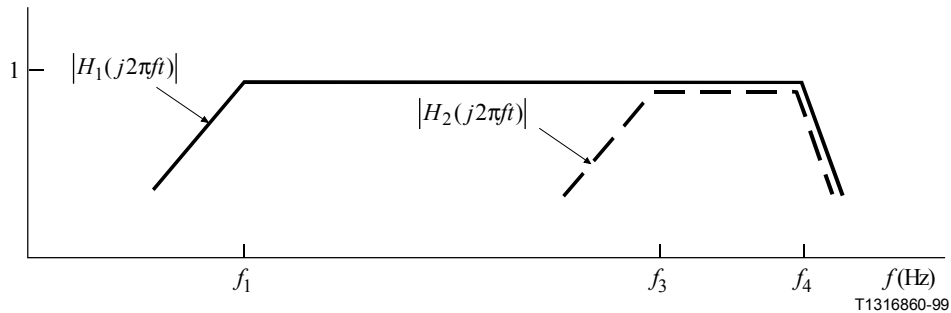


Figura I.1/G.825 – Filtros de ponderación para la medición de la fluctuación de fase a la salida de interfaces de red

$$H_1(s) = \frac{s}{s + \omega_1} \cdot \frac{\omega_4^3}{s^3 + 2\omega_4 s^2 + 2\omega_4^2 s + \omega_4^3} \quad (\text{I.2-1})$$

$$H_2(s) = \frac{s}{s + \omega_3} \cdot \frac{\omega_4^3}{s^3 + 2\omega_4 s^2 + 2\omega_4^2 s + \omega_4^3} \quad (\text{I.2-2})$$

$$\omega_1 = 2\pi f_1 \quad \omega_3 = 2\pi f_3 \quad \omega_4 = 2\pi f_4$$

El primer término de la función $H_1(s)$ representa la función de transferencia de error de fase $H_e(s)$ de algún PLL, y su amplitud de $A_2 = 1,5 \text{ UIpp}$ representa su tolerancia a los errores de fase.

Por consiguiente, la correspondiente tolerancia de fase a la entrada del PLL se da por:

$$A_{tol1}(f) = \frac{A_2}{|H_1(j2\pi f)|} \quad (\text{I.2-3})$$

De manera similar, la tolerancia de fase a la entrada que corresponde a $H_2(s)$ y su amplitud de $A_1 = 0. \text{UIpp}$ se da por:

$$A_{tol2}(f) = \frac{A_1}{|H_2(j2\pi f)|} \quad (\text{I.2-4})$$

Estas máscaras de tolerancia a la fluctuación de fase sinusoidal se ilustran en la figura I.2. Si la fluctuación de fase sinusoidal no ponderada en una interfaz de red satisface estas *dos* máscaras, también satisface (es decir, está situada por debajo de) una máscara única que sea la más baja de las dos máscaras para cada frecuencia. Esta máscara combinada se representa por una curva de trazo discontinuo en la figura I.3.

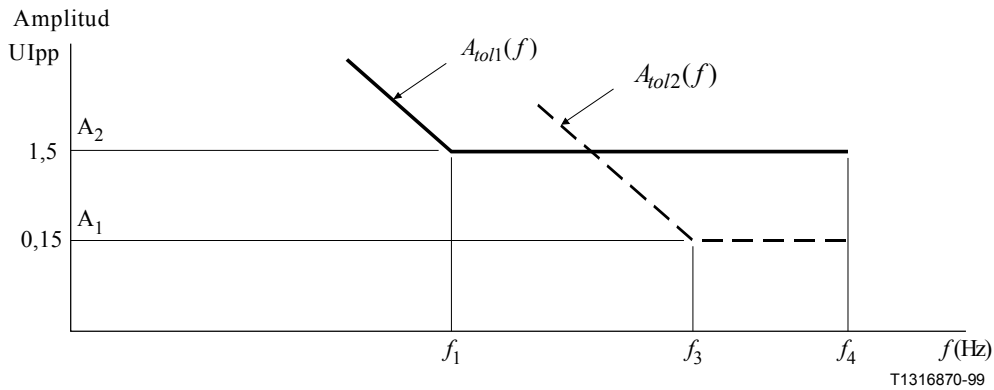


Figura I.2/G.825 – Límites superiores a la amplitud de la fluctuación de fase sinusoidal

La figura I.3 compara esta máscara combinada con la máscara de la tolerancia sinusoidal a la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase a la entrada de la interfaz STM-1(óptica). Ambas coinciden en la gama $19,3 < f < 1,3$ MHz. En la región de fluctuación lenta de la fase ($f < 19,3$ Hz) no hay especificaciones de interfaz que utilicen filtros de ponderación para comprobar la amplitud cresta a cresta de la fase. (Podría considerarse que el filtro paso bajo de medición de la fluctuación lenta de fase de 10 Hz es un filtro de ponderación, pero en el caso de la fluctuación lenta de fase lo que se mide es el MTIE o la TDEV, y no la amplitud cresta a cresta de la fase.)

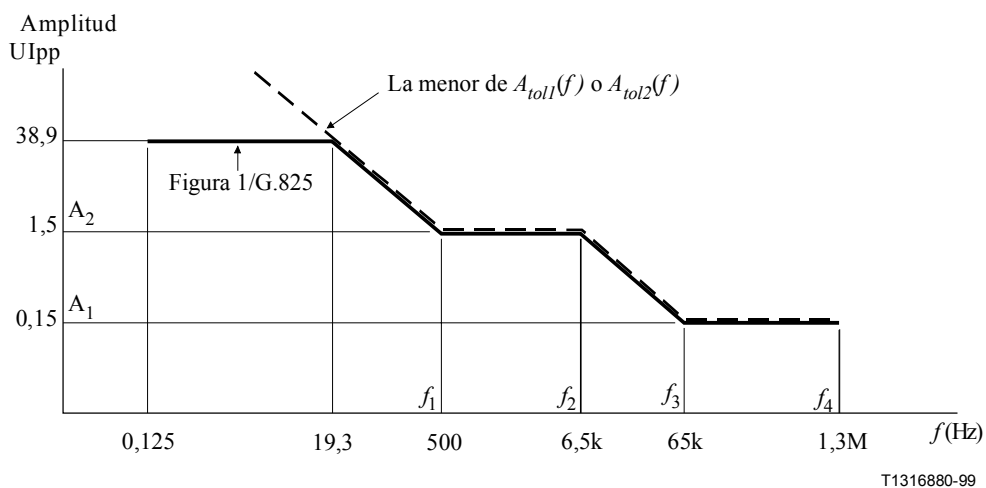


Figura I.3/G.825 – Límite superior de la fluctuación de fase sinusoidal a la salida en una interfaz STM-1(óptica) [la menor de $A_{tol1}(f)$ o $A_{tol2}(f)$] comparada con la máscara de tolerancia a la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase a la entrada

APÉNDICE II

Metodología para la medición de la fluctuación lenta de fase a la salida de las interfaces síncronas

Una instrumentación de acuerdo con la Recomendación UIT-T O.172 es adecuada para la medición de los parámetros de la fluctuación lenta de fase.

Cuando la señal es síncrona (es decir, normalmente regida por un reloj de referencia primario), y se utiliza para transportar señalización, su fluctuación lenta de fase se mide comparando su fase con la fase de otro reloj de referencia primario (PRC, *primary reference clock*). El procedimiento de prueba para medir el MTIE de una señal síncrona se muestra en la figura II.1 (la fórmula del estimador normalizado para el cálculo del MTIE se indica en el anexo B/G.810).

No es necesario que el PRC utilizado para la medición de la fluctuación lenta de fase sea el mismo utilizado para generar la señal síncrona, para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, debe señalarse que la diferencia de frecuencia de caso más desfavorable entre dos PRC podría dar lugar a una diferencia de fase del orden de 2 μ s por día.

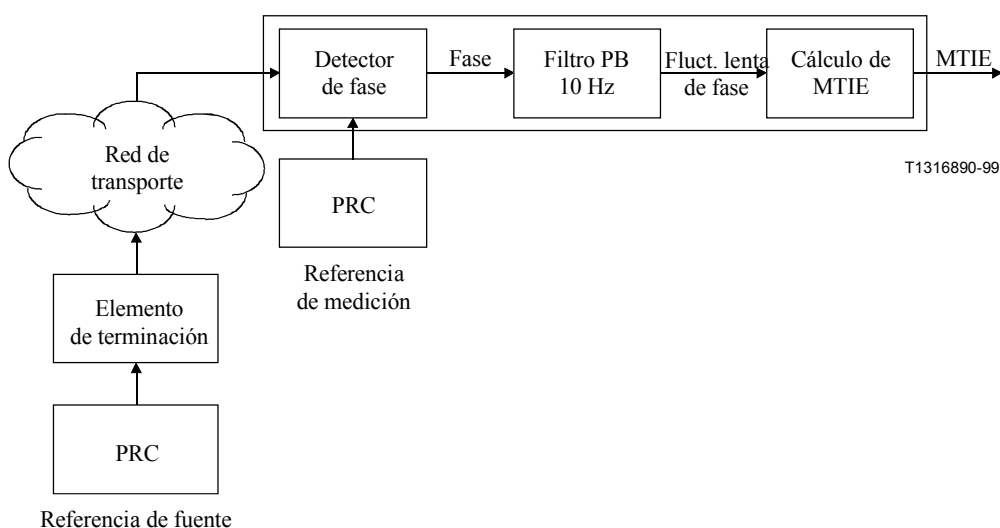


Figura II.1/G.825 – Medición del máximo error en el intervalo de tiempo de las señales síncronas

APÉNDICE III

Sistemas de línea SDH e implicaciones en el interfuncionamiento

La Recomendación UIT-T G.783 identifica dos tipos de regeneradores, A y B, que pueden utilizarse en sistemas de línea de la jerarquía digital síncrona (SDH). Estos dos tipos de regeneradores tienen características de fluctuación de fase diferentes. Los regenerados de tipo B tienen una menor tolerancia a la fluctuación de fase. Las penalizaciones de calidad de funcionamiento debidas a una fluctuación de fase excesiva de la alineación imponen restricciones a la utilización de equipos de ambos tipos, A y B, en el mismo sistema de línea SDH. Además, la característica de amplitud/frecuencia de la fluctuación de fase acumulada puede afectar adversamente a la calidad de funcionamiento en transmisión. Las empresas de telecomunicaciones que administran los distintos sistemas de línea SDH deben tener en cuenta estas limitaciones.

En interfaces de red (por ejemplo, en las situadas en fronteras internacionales), las señales tienen que respetar los límites de la interfaz cualquiera que sea el equipo elegido por la empresa de telecomunicaciones. Conviene por tanto que el requisito a cumplir en la interfaz sea compatible con el tipo de fluctuación de fase esperada en los sistemas de línea de tipo A y de tipo B.

Implicaciones en el interfuncionamiento

Habida cuenta de las características de los regeneradores de tipo A y de tipo B, y de las especificaciones de interfaz antes mencionadas, se pueden considerar las siguientes implicaciones en el interfuncionamiento:

- 1) la magnitud de la fluctuación de fase que se espera que se acumulará en todos los sistemas de línea SDH que emplean solamente equipos de tipo A está comprendida dentro de los límites especificados en el cuadro 1;
- 2) la magnitud de la fluctuación de fase que se espera que se acumulará en todos los sistemas de línea SDH que emplean solamente equipos de tipo B está comprendida dentro de los límites especificados en el cuadro 1;
- 3) los equipos que tienen la característica de tolerancia a la fluctuación de fase de tipo A tolerarán esa fluctuación de fase, la cual respeta los límites indicados en el cuadro 1;
- 4) los equipos que tienen la característica de tolerancia a la fluctuación de fase de tipo B tolerarán la fluctuación de fase que se espera que se acumulará en los sistemas de línea SDH de tipo B. Sin embargo, esos equipos pueden requerir cierta reducción de la fluctuación de fase en el caso de señales de entrada que, justamente, se acercan a los límites indicados para las velocidades de línea adecuadas en los cuadros 3, 5, 6 ó 7. Se espera que este será el caso cuando un equipo de tipo B siga a una cadena de regeneradores de tipo A. Esta situación es la única que habrá que tomar en consideración en lo que respecta a las especificaciones de interfaz SDH contenidas en esta Recomendación UIT-T.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
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 y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación