

**UIT-T**

**G.8261/Y.1361**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

(05/2006)

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

Aspectos relativos a los protocolos en modo paquete  
sobre la capa de transporte – Objetivos de calidad y  
disponibilidad

**SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA  
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO  
INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

Aspectos del protocolo Internet – Transporte

---

**Aspectos de la temporización y la  
sincronización en las redes de paquetes**

Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361

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
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
Aspectos relativos al protocolo Ethernet sobre la capa de transporte	G.8000–G.8099
Aspectos relativos al protocolo MPLS sobre la capa de transporte	G.8100–G.8199
<b>Objetivos de calidad y disponibilidad</b>	<b>G.8200–G.8299</b>
Gestión de servicios	G.8600–G.8699
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

# **Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361**

## **Aspectos de la temporización y la sincronización en las redes de paquetes**

### **Resumen**

Esta Recomendación define aspectos de la sincronización en las redes de paquetes. Especifica los límites máximos de red de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que no han de ser sobrepasados. Establece la tolerancia mínima de los equipos a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que habrá de estar presente en las interfaces TDM de la frontera de estas redes de paquetes. Indica además los requisitos mínimos de la función de sincronización de los elementos de red.

En esta Recomendación se especifican los requisitos de las características de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase que han de cumplirse para asegurar el interfuncionamiento de los equipos producidos por diferentes fabricantes y una calidad de funcionamiento de la red satisfactoria.

Esta edición incorpora las modificaciones introducidas por el Corrigendum 1 aprobado el 14 de diciembre de 2006 por la Comisión de Estudio 15 del UIT-T

### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361 fue aprobada el 22 de mayo de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

### **Palabras clave**

Fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, reloj, sincronización.

## 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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	3
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos .....	3
5 Convenios .....	4
6 Generalidades .....	5
6.1 Requisitos de sincronización de red de paquetes .....	5
6.2 Requisitos de temporización TDM.....	6
6.3 Ingeniería de red de sincronización en redes de paquetes.....	7
6.4 Requisitos de temporización en redes periféricas frente a requisitos de temporización en redes medulares.....	7
7 Límites de red .....	7
7.1 Modelo de red que subyace en los límites de red.....	8
8 Distribución de la señal de temporización de referencia por redes de paquetes .....	11
8.1 Métodos plesiócronicos y síncronicos de red.....	11
8.2 Métodos basados en paquetes.....	13
9 Recuperación de la temporización para servicios a velocidad binaria constante transportados por redes de paquetes .....	13
9.1 Funcionamiento síncrono de red .....	14
9.2 Métodos diferenciales.....	14
9.3 Métodos adaptativos.....	15
9.4 Reloj de referencia disponible en los sistemas de extremo TDM .....	15
10 Repercusión de las degradaciones de la red de paquetes en la distribución de la temporización y la recuperación del reloj de servicio .....	16
10.1 Retardo en la transferencia de paquetes y variación del retardo .....	18
10.2 Repercusiones de las degradaciones de los paquetes .....	21
11 Repercusión de la degradación del reloj de referencia en la distribución de la temporización y la recuperación del reloj de servicio .....	22
11.1 Degradaciones en el caso de métodos de funcionamiento síncrono de red....	22
11.2 Degradaciones en el caso de método diferencial.....	24
12 Requisitos relacionados con la sincronización de la IWF .....	25
12.1 Interfaces de tráfico .....	25
12.2 Interfaces de sincronización .....	25
12.3 Función de sincronización de la IWF .....	26
13 Resultados y consecuencias de los diferentes métodos de sincronización en los modelos de referencia de red de paquetes .....	28
13.1 Recomendaciones para el caso de instalación 1 .....	28
13.2 Recomendaciones para el caso de instalación 3 .....	29

	<b>Página</b>
13.3 Recomendaciones para la aplicación A del caso de instalación 2 .....	29
13.4 Recomendaciones para la aplicación B del caso de instalación 2 .....	30
Anexo A – Arquitectura de red propuesta para PHY Ethernet síncrona .....	32
A.1 Ubicación de PRC .....	32
A.2 Mensajería de estado de sincronización .....	32
A.3 Limitación de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de Ethernet síncrona .....	33
Apéndice I – Características de los conmutadores y las redes Ethernet .....	34
I.1 Características de retardo de los conmutadores Ethernet .....	34
I.2 Características de las redes Ethernet conmutadas .....	37
Apéndice II – Periodo de estabilización .....	39
Apéndice III – Modelos funcionales basados en las Recs. UIT-T G.805 y G.809 .....	40
III.1 Aplicación de la Rec. UIT-T G.805 a la IWF .....	40
III.2 Información de temporización transportada por redes de capa .....	41
III.3 Modelo funcional de temporización de capa física Ethernet .....	42
III.4 Modelo funcional para métodos diferenciales y adaptativos .....	43
Apéndice IV – Aspectos de la sincronización en la periferia de la red .....	46
IV.1 Requisitos de sincronización de las estaciones base GSM, WCDMA y CDMA2000 .....	46
Apéndice V – Modelos de referencia de las redes de paquetes .....	47
Apéndice VI – Directrices para la medición .....	51
VI.1 Puntos de referencia de la medición .....	51
VI.2 Topologías de prueba .....	52
Apéndice VII – Límites de la fluctuación lenta de fase en el caso de instalación 1 .....	58
VII.1 Límites para la interfaz a 2048 kbit/s .....	58
VII.2 Límites para la interfaz a 1544 kbit/s .....	59
Apéndice VIII – Mensajería de estado de sincronización en PHY Ethernet síncrona .....	60
VIII.1 Operaciones de sincronización y mantenimiento .....	60
VIII.2 Mensajería de estado de sincronización .....	61
VIII.3 Equipo Ethernet nuevo .....	62
VIII.4 Equipo Ethernet hereditario .....	62
BIBLIOGRAFÍA .....	63

# Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361

## Aspectos de la temporización y la sincronización en las redes de paquetes

### 1 Alcance

Esta Recomendación define aspectos de la sincronización en las redes de paquetes. Especifica los límites máximos de red de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que no han de ser sobrepasados. Establece la tolerancia mínima de los equipos a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que habrá de estar presente en las interfaces TDM de la frontera de estas redes de paquetes. Indica además los requisitos mínimos de la función de sincronización de los elementos de red.

En particular, centra su atención en el transporte de información de sincronización de señales TDM por redes de paquetes.

NOTA – La aplicación del transporte de señales SDH queda en estudio.

Las redes de paquetes que se encuentran dentro del ámbito de aplicación de esta Recomendación están limitadas actualmente a los escenarios siguientes:

- Ethernet (IEEE 802.3<sup>TM</sup> [15], IEEE 802.1D<sup>TM</sup> [14], IEEE 802.1 ad<sup>TM</sup> [32], IEEE 802.1Q-REV<sup>TM</sup> [29]).

Está previsto que en una futura versión de la presente Recomendación se incluyen también los escenarios siguientes:

- MPLS (IETF RFC 3031 [B12], Rec. UIT-T G.8110/Y.1370 [22]).
- IP (IETF RFC 791 [B13] y RFC 2460 [B9]).

### 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. 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.703 (2001), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.
- [2] Recomendación UIT-T G.783 (2006), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona*.
- [3] Recomendación UIT-T G.801 (1988), *Modelos de transmisión digital*.
- [4] Recomendación UIT-T G.803 (2000), *Arquitecturas de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona*.
- [5] Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización*.
- [6] Recomendación UIT-T G.811 (1997), *Características de temporización de los relojes de referencia primarios*.
- [7] Recomendación UIT-T G.812 (2004), *Requisitos de temporización de relojes subordinados adecuados para utilización como relojes de nodo en redes de sincronización*.

- [8] Recomendación UIT-T G.813 (2003), *Características de temporización de relojes subordinados de equipos de la jerarquía digital síncrona.*
- [9] Recomendación UIT-T G.822 (1988), *Objetivos de tasa de deslizamientos controlados en una conexión digital internacional.*
- [10] 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.*
- [11] 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.*
- [12] 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.*
- [13] IEEE Standard 802<sup>TM</sup> – 2001, *IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture.*
- [14] IEEE Standard 802.1D<sup>TM</sup> – 2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges.*
- [15] IEEE Standard 802.3<sup>TM</sup> – 2005, *Part 3, CSMA/CD access method and physical layer specifications.*
- [16] Recomendación UIT-T G.702 (1988), *Velocidades binarias de la jerarquía digital.*
- [17] 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.*
- [18] Recomendación UIT-T O.172 (2005), *Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona.*
- [19] Recomendación UIT-T V.90 (1998), *Par constituido por un módem digital y un módem analógico para uso en la red telefónica pública conmutada (RTPC) a velocidades de señalización de datos de hasta 56 000 bit/s en sentido descendente y hasta 33 600 bit/s en sentido ascendente.*
- [20] Recomendación UIT-T T.4 (2003), *Normalización de los terminales facsímil del grupo 3 para la transmisión de documentos.*
- [21] Recomendación UIT-T G.8010/Y.1306 (2004), *Arquitectura de redes de capa Ethernet.*
- [22] Recomendación UIT-T G.8110/Y.1370 (2005), *Arquitectura de la red de capa con conmutación por etiquetas multiprotocolo.*
- [23] Recomendación UIT-T G.701 (1993), *Vocabulario de términos relativos a la transmisión y multiplexación digitales y a la modulación por impulsos codificados.*
- [24] Recomendación UIT-T Y.1411 (2003), *Interfuncionamiento de redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo y modo de transferencia asíncrono – Interfuncionamiento en el plano de usuario en modo célula.*
- [25] Recomendación UIT-T Y.1540 (2002), *Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes de protocolo Internet.*
- [26] Recomendación ITU-T Y.1560, (2003), *Parámetros de la calidad de funcionamiento de conexiones con protocolo de control de transmisión en presencia de dispositivos intermedios.*
- [27] Recomendación UIT-T Y.1561 (2004), *Parámetros de calidad de funcionamiento y disponibilidad para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo.*

- [28] Recomendación UIT-T Y.1731 (2006), *Funciones y mecanismos de operación, administración y mantenimiento para redes basadas en Ethernet.*
- [29] IEEE Standard 802.1Q-REV<sup>TM</sup> – 2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks.*
- [30] Recomendación UIT-T G.705 (2000), *Características de los bloques funcionales de equipos de la jerarquía digital plesiócrona.*
- [31] Recomendación UIT-T I.363.1 (1996), *Especificación de la capa de adaptación del modo de transferencia asíncrono de la RDSI-BA: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo 1.*
- [32] IEEE Standard 802.1ad<sup>TM</sup>-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Provider Bridges.*

### 3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

- 3.1 interfaz asíncrona:** Véase la Rec. UIT-T G.823 [10].
- 3.2 isla de servicios de emulación de circuitos (CES, *circuit emulation services*):** Segmento de una red, basada en tecnologías de conmutación de paquetes, que emula las características de una red con conmutación de circuitos o de una red de transporte PDH/SDH, para llevar servicios CBR (por ejemplo, E1).
- 3.3 función de interfuncionamiento (IWF):** Véase la Rec. UIT-T Y.1411 [24].
- 3.4 funcionamiento síncrono de red:** Sincronización de la capa física (normalmente mediante la distribución de temporización de una señal de temporización rastreada hasta un reloj de referencia primario (PRC, *primary reference clock*), véase la Rec. UIT-T G.811).
- 3.5 periodo de estabilización:** El periodo que comienza en el momento en que una fuente de temporización validada ha sido seleccionada por la IWF y termina cuando las características de temporización de salida se hallan dentro de los requisitos de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase a la salida.
- 3.6 interfaz síncrona:** Véase la Rec. UIT-T G.823.
- 3.7 multiplexación por división en el tiempo (TDM, *time division multiplex*):** Término que se refiere, de manera convencional, a los trenes de bits isócronos utilizados en redes telefónicas; en particular las pertenecientes a la PDH (jerarquía digital plesiócrona), que se describe en la Rec. UIT-T G.705 [30]. Las velocidades binarias utilizadas tradicionalmente en diversas regiones del mundo se detallan en la Rec. UIT-T G.702 [16]. Ejemplos de señales abarcadas por la definición de TDM son las pertenecientes a las jerarquías PDH y SDH.
- 3.8 Interfaz de tráfico:** Véase la Rec. UIT-T G.823.

### 4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

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

- 3GPP Proyecto asociado de tercera generación (*third generation partnership project*)
- ATM Modo de transferencia asíncrono (*asynchronous transfer mode*)
- BS Estación base (*base station*)
- CBR Velocidad binaria constante (*constant bit rate*)
- CDMA Acceso múltiple por división de código (*code division multiple access*)

CE	Equipo de cliente ( <i>customer equipment</i> )
CES	Servicio de emulación de circuitos ( <i>circuit emulation service</i> )
FE	Ethernet rápida ( <i>fast Ethernet</i> )
GE	Ethernet con capacidad de gigabits ( <i>gigabit Ethernet</i> )
GPS	Sistema mundial de determinación de posición ( <i>global positioning system</i> )
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles ( <i>global system for mobile communications</i> )
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IWF	Función de interfuncionamiento ( <i>interworking function</i> )
MAC	Control de acceso a medio ( <i>medium access control</i> )
MRTIE	Máximo error relativo en el intervalo de tiempo ( <i>maximum relative time interval error</i> )
MTIE	Máximo error en el intervalo de tiempo ( <i>maximum time interval error</i> )
NTP	Protocolo de señales horarias de red ( <i>network time protocol</i> )
OTN	Red óptica de transporte ( <i>optical transport network</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PRC	Reloj de referencia primario ( <i>primary reference clock</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SASE	Equipo de sincronización autónomo ( <i>stand alone synchronization equipment</i> )
SLA	Acuerdo de nivel de servicio ( <i>service level agreement</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SEC	Reloj de equipo de SDH ( <i>SDH equipment clock</i> )
SRTS	Indicación de tiempo residual síncrona ( <i>synchronous residual time stamp</i> )
SSM	Mensaje de estado de sincronización ( <i>synchronization status message</i> )
SSU	Unidad de suministro de sincronización ( <i>synchronization supply unit</i> )
STM	Modo de transferencia síncrono ( <i>synchronous transfer mode</i> )
TDEV	Desviación de tiempo ( <i>time deviation</i> )
TDM	Multiplexación por división en el tiempo ( <i>time division multiplex</i> )
UI	Intervalo unitario ( <i>unit interval</i> )
UTC	Tiempo Universal Coordinado ( <i>universal time coordinated</i> )

## 5 Convenios

Los términos "paquetes" y "tramas" se utilizan indistintamente a lo largo de esta Recomendación.

## **6 Generalidades**

La conmutación de paquetes se introdujo inicialmente para el tratamiento de datos asíncronos.

No obstante, en aplicaciones nuevas tales como el transporte de servicios TDM y la distribución de sincronización por redes de paquetes, es preciso tener en cuenta los requisitos estrictos de la sincronización.

La evolución que se está produciendo en el campo de las telecomunicaciones aumenta la probabilidad de entornos híbridos paquetes/circuitos para servicios de telefonía y de datos en banda vocal. Esos entornos combinan tecnologías de paquetes (por ejemplo, ATM, IP, Ethernet) con sistemas TDM tradicionales. En estas condiciones, es fundamental asegurar el mantenimiento de un nivel de calidad aceptable (por ejemplo, una tasa de deslizamientos limitada).

La sincronización en redes TDM está bien estudiada e implementada. Lo normal es que un proveedor de servicios por circuito TDM mantenga una red de distribución de temporización, proporcionando sincronización rastreada hasta un reloj de referencia primario (es decir, un reloj conforme con la Rec. UIT-T G.811 [6]).

Los aspectos de la temporización y la sincronización analizados en esta Recomendación se refieren en principio a redes basadas en Ethernet con capas de protocolo como las definidas en IEEE 802 (véase la cláusula 1, Alcance).

En la Rec. UIT-T G.8010/Y.1306 [21] se define la arquitectura funcional de las redes Ethernet.

En el contexto de esta Recomendación, las capas más altas (por ejemplo, la capa 7 del modelo OSI) hacen referencia a aplicaciones transportadas por las redes de paquetes. Las aplicaciones en tiempo real tienen unos requisitos de temporización relativamente estrictos a propósito del retardo y de la variación del retardo. Algunas aplicaciones podrían resolver sus asuntos de temporización dentro de las capas superiores (por ejemplo, MPEG-2), otras aplicaciones en cambio se basan en el soporte de la temporización que proporcionan una o más capas inferiores (por ejemplo, la capa física).

Esta Recomendación tiene por objeto describir diferentes maneras de cumplir los requisitos relacionados con la sincronización.

Además, se exponen los requisitos relativos a las interfaces y los equipos que forman parte de la red Ethernet. Se dan también recomendaciones sobre cuándo aplicar los distintos tipos de sincronización.

En las cláusulas que siguen se hacen de forma resumida algunas consideraciones a propósito de los requisitos de la sincronización aplicable en una red basada en paquetes.

Esta Recomendación trata principalmente del CES en entornos de red pública. En algunas aplicaciones de red privada que implican la emulación de circuitos, puede ser suficiente distribuir un reloj común con nivel de calidad no PRC hacia nodos IWF del CES. Sin embargo, la utilización de una temporización de sincronización cuyo nivel de calidad fuese inferior al del PRC podría dar lugar a dificultades en el funcionamiento en red entre diferentes dominios de red, como en el caso de una interconexión en la que intervienen múltiples proveedores de redes públicas.

El empleo de un reloj común con un nivel de calidad no PRC queda en estudio.

### **6.1 Requisitos de sincronización de red de paquetes**

Los nodos de la tecnología de transmisión orientada a paquetes (por ejemplo, nodos de red ATM) no requieren sincronización alguna para la implementación de la función de conmutación de paquetes. De hecho, en cualquier punto de entrada de un conmutador de paquetes, un dispositivo particular proporcionará la adaptación de paquetes (por ejemplo, adaptación de la temporización de células en el caso de un conmutador ATM) de la señal entrante a la temporización interna. Si se trata de redes ATM, por ejemplo, la idea fundamental al tener que prever diferencias de frecuencia

es utilizar relleno a base de células de reserva. Por tanto, los enlaces de transmisión no necesitan en principio estar sincronizados entre sí.

Sin embargo, a medida que la red de paquetes evolucione hacia la integración de aplicaciones basadas en TDM, es decir, cuando transporte un tren CBR por una red de paquetes y cuando interfuncione con redes RTPC, proporcionará temporización correcta en las interfaces de tráfico.

Esto significa que los requisitos impuestos a las funciones de sincronización en las redes de paquetes, sobre todo en la frontera de dichas redes, dependen de los servicios llevados por la red. En el caso de servicios basados en TDM, es posible que la IWF exija funcionamiento síncrono de red para que la calidad de funcionamiento sea aceptable.

## **6.2 Requisitos de temporización TDM**

El transporte de señales TDM a través de redes de paquetes requiere que, a la salida de la red de paquetes, las señales cumplan los requisitos de temporización TDM, lo cual es fundamental para posibilitar el interfuncionamiento con equipos TDM.

Estos requisitos son independientes del tipo de información (voz o datos) transportada por la señal TDM.

La adaptación de señales TDM en la red de paquetes se denomina servicio de emulación de circuitos (CES, *circuit emulation services*).

Los requisitos de temporización aplicables son: límites de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en las interfaces de tráfico y/o sincronización, exactitud de la frecuencia a largo plazo (lo que puede influir en la calidad de funcionamiento en cuanto a tasa de deslizamientos) y el retardo total (sumamente importante en el caso de servicios en tiempo real, por ejemplo, servicios telefónicos).

### **6.2.1 Requisitos de temporización PDH**

Los requisitos de temporización PDH para interfaces de tráfico se refieren sobre todo al comportamiento de la fluctuación de fase, la fluctuación lenta de fase y la tasa de deslizamientos.

A la entrada del elemento de red, en la frontera de una red de paquetes, son aplicables los requisitos sobre tolerancia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase. A la salida del elemento de red, en el egreso de la red de paquetes, los requisitos aplicables se refieren a la generación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase.

Esos valores se especifican en la Rec. UIT-T G.823 para la red basada en la jerarquía de 2048 kbit/s y en la Rec. UIT-T G.824 para la red basada en la jerarquía de 1544 kbit/s.

Además, la Rec. UIT-T G.822 especifica los objetivos aplicables a propósito de la tasa de deslizamientos. Tal es el caso cuando el reloj del equipo que genera la señal TDM y el reloj utilizado en el equipo que recupera la señal TDM de los paquetes son diferentes y en la aplicación se necesita una memoria intermedia de deslizamientos.

### **6.2.2 Requisitos de las interfaces de sincronización**

Si las señales PDH se definen como interfaces de sincronización, los requisitos de sincronización son más estrictos que para las interfaces de tráfico 2048 kbit/s y 1544 kbit/s. Los requisitos de interfaces de sincronización de las interfaces PDH se definen también en las Recs. UIT-T G.823 [10] y G.824 [11].

### **6.2.3 Requisitos de temporización SDH**

Cualquier señal STM-N debe cumplir lo especificado en la Rec. UIT-T G.825 [12]. Los requisitos pertinentes se refieren a la tolerancia a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase a la entrada del elemento de red en la frontera de una red de paquetes, que recibe los datos STM-N, y a

la generación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase aplicable a la salida del elemento de red que genera tráfico STM-N en el otro extremo de la red de paquetes.

En el caso de señales STM-N, no hay distinción entre interfaces de tráfico e interfaces de sincronización ya que todas las señales STM-N se definen como interfaces de sincronización.

### **6.3 Ingeniería de red de sincronización en redes de paquetes**

La idea motriz de gran parte de este trabajo es satisfacer las necesidades de sincronización de la aplicación o, de manera más general, las necesidades de determinadas tecnologías (por ejemplo, las de las estaciones base del GSM y las redes WCDMA). Para ello, los operadores tienen que hacer llegar una señal de temporización de referencia de calidad adecuada a los elementos de red que procesan la aplicación.

Un procedimiento consiste en seguir la estrategia del PRC distribuido (por ejemplo, mediante tecnologías GPS). Un procedimiento alternativo se basa en la estrategia del maestro/subordinado. Las reglas de ingeniería para el diseño de la red de sincronización en estos casos están bien estudiadas y documentadas (véase, por ejemplo, la Rec. UIT-T G.803 [4]), y según ellas, el transporte subyacente de paquetes (por ejemplo, tramas Ethernet) se tendrá que efectuar con arreglo a las tecnologías con sincronismo existentes (redes PDH o SDH). Por otro lado, cuando el transporte subyacente se base en tecnologías sin sincronismo (es decir, Ethernet) habrán de considerarse procedimientos diferentes. Todo esto se analizará con más detalle en la cláusula 8.

### **6.4 Requisitos de temporización en redes periféricas frente a requisitos de temporización en redes medulares**

La calidad de funcionamiento demandada puede ser diferente en el caso de que la red de paquetes forme parte de una red de acceso o de que sea la capa subyacente de la red medular.

Se puede pedir que la distribución de una referencia de sincronización por una parte de la red medular cumpla los requisitos estrictos de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase (es decir, las Recs. UIT-T G.823 y G.824 relativa a interfaces de sincronización y la Rec. UIT-T G.825).

Por otro lado, en la red de accesos se pueden relajar los requisitos facilitando así la distribución de una señal de referencia de temporización con una calidad de funcionamiento suficiente (por ejemplo, inferior al nivel de calidad del PRC) como para soportar los requisitos de temporización del nodo de extremo (por ejemplo, una estación base o un módem V90). En el apéndice IV se da más información al respecto.

## **7 Límites de red**

Los límites de red de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase especificados actualmente en las Recomendaciones del UIT-T conexas (es decir, las Recs. UIT-T G.823 y G.824) se han de cumplir plenamente en todos los escenarios pertinentes a los efectos de la presente Recomendación.

Esta cláusula describe tres casos de instalación diferentes de un segmento o isla CES. En ella especifican los límites de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase para interfaces de tráfico TDM (excluyendo las señales STM-N) llevado por el segmento CES en cada uno de esos casos de instalación.

Los límites de red aplicables a interfaces de sincronización (según se especifica en la cláusula 6/G.823 y en la cláusula 6/G.824) y a las señales STM-N llevadas por redes de paquetes quedan en estudio.

Cabe señalar que, en algunos casos, señales cuya calidad se atiene a la cláusula 5/G.823 y de la cláusula 5/G.824 (interfaces de tráfico) y son rastreables hasta un PRC, se pueden utilizar como señales de temporización de referencia hacia equipos de extremo capaces de tolerar esas señales y de funcionar correctamente (el modelo del caso de instalación 2 es un ejemplo de este escenario).

NOTA – Los límites de red proporcionados por esta cláusula serán válidos en situaciones normales (es decir, en ausencia de condiciones de fallo o acciones de mantenimiento). La especificación del porcentaje de tiempo durante el cual esos límites son aplicables queda fuera del alcance de la presente Recomendación.

## 7.1 Modelo de red que subyace en los límites de red

Para el transporte de señales PDH, los modelos de la figura A.1/G.823 y la figura A.1/G.824 son el punto de partida al considerar la inserción de un segmento CES. El presupuesto de fluctuación lenta de fase asignado al segmento CES debe ser sólo una parte de todo el presupuesto de fluctuación lenta de fase que se especifica en las Recs. UIT-T G.823 o G.824, ya que el presupuesto de fluctuación lenta de fase total ha de ser compartido con el resto de la red.

Dependiendo de dónde esté situado el segmento CES, podrán aplicarse requisitos diferentes de fluctuación lenta de fase. Se han identificado varios modelos de instalación del CES; los modelos se definen en 7.1.1, 7.1.2 y 7.1.3.

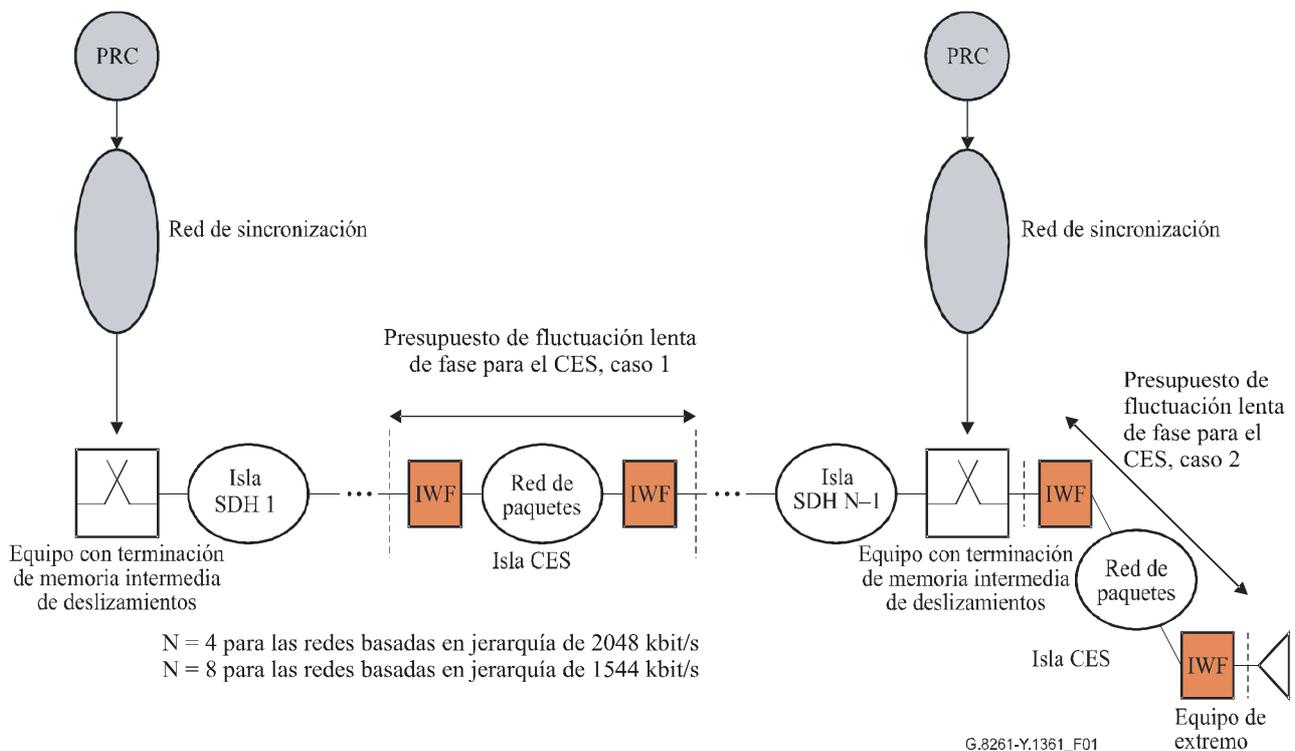
NOTA 1 – Las figuras de esta cláusula no muestran los detalles de cómo se recupera la temporización la IWF o de cómo se distribuye la temporización en la red de paquetes. Para más detalles al respecto, véanse las cláusulas 8 y 9.

NOTA 2 – En estos modelos sólo está presente una isla CES ya que se pretende asignar presupuesto de fluctuación lenta de fase únicamente al segmento de tecnología CES. Podría haber varios sistemas CES en tanto en cuanto su generación de fluctuación lenta de fase acumulada estuviera dentro del presupuesto asignado al CES.

La acumulación de fluctuación lenta de fase a través de múltiples islas queda en estudio.

### 7.1.1 Caso de instalación 1

Cuando el segmento CES está situado como una isla entre los dos conmutadores del modelo de referencia G.823, el presupuesto de fluctuación lenta de fase se calcula tomando como referencia el modelo de la figura 1 que sigue. El modelo está basado en las figuras A.1/G.823 y en la A.1/G.824, en donde una de las islas SDH es reemplazada por la red CES.



**Figura 1/G.8261/Y.1361 – Modelos de red para tráfico y acumulación de fluctuación lenta de fase de reloj, casos de instalación 1 y 2**

En el cuadro 1 se define el presupuesto de fluctuación lenta de fase para señal a 2048 kbit/s.

**Cuadro 1/G.8261/Y.1361 – Caso de instalación 1: Límite de fluctuación lenta de fase de salida de interfaz a 2048 kbit/s**

Intervalo de observación $\tau$ [s]	Requisito MRTIE [ $\mu$ s]
$0,05 < \tau \leq 0,2$	$10,75 \tau$
$0,2 < \tau \leq 32$	$9*0,24 = 2,15$
$32 < \tau \leq 64$	$0,067 \tau$
$64 < \tau \leq 1000$	$18*0,24 = 4,3$
NOTA – En el caso de configuración asíncrona, se ha de considerar un intervalo de observación máximo de 80 s. La especificación entre 80 y 1000 s para las interfaces asíncronas queda en estudio.	

Los límites de red de fluctuación de fase a 2048 kbit/s deberán cumplir lo especificado en 5.1/G.823.

En el cuadro 2 se define el presupuesto de fluctuación lenta de fase para señal a 1544 kbit/s.

**Cuadro 2/G.8261/Y.1361 – Caso de instalación 1: Límite de fluctuación lenta de fase de interfaz a 1544 kbit/s**

Intervalo de observación ( $\tau$ ) [s]	MTIE [ $\mu$ s]
$\tau \leq 0,1$	Ningún requisito (véase nota)
$0,1 < \tau \leq 0,47$	$4,5 \tau$
$0,47 < \tau \leq 900$	2,1
$900 < \tau \leq 1930$	$2,33*10e-3 \tau$
$1930 < \tau \leq 86400$	4,5
NOTA – Esta región queda cubierta por los requisitos de fluctuación de fase.	

Los límites de red de fluctuación de fase a 1544 kbit/s deberán cumplir lo especificado en 5.1/G.824.

NOTA – Los límites de red para las otras señales PDH (es decir, señales a 34 368 kbit/s, 44 736 kbit/s y 139 264 kbit/s) llevadas por los segmentos CES quedan en estudio.

## 7.1.2 Caso de instalación 2

### 7.1.2.1 Aplicación A

Cuando el segmento CES está situado fuera de los elementos de red que contienen las memorias intermedias de deslizamientos (véase la figura 1), se ha de tomar en consideración el efecto del ajuste de la temporización. A la salida de este equipo, la temporización de la señal de tráfico cumplirá el límite de red para una señal de sincronización, que es más estricto que para una señal de tráfico.

El presupuesto de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase del segmento CES en este caso es la diferencia entre el límite de red a 2048 kbit/s (véase la figura 1/G.823) y el límite de red de la interfaz de sincronización a 2048 kbit/s (véase la figura 10/G.823). En el cuadro 3 se da el límite de fluctuación lenta de fase.

**Cuadro 3/G.8261/Y.1361 – Caso 2A: Límite de fluctuación lenta de fase de salida de interfaz a 2048 kbit/s**

Intervalo de observación $\tau$ [s]	Requisito MRTIE [ $\mu$ s]
$0,05 < \tau \leq 0,2$	$40 \tau$
$0,2 < \tau \leq 32$	8
$32 < \tau \leq 64$	$0,25 \tau$
$64 < \tau \leq 1\ 000$ (nota)	16
NOTA – En el caso de configuración asíncrona, se ha de considerar un intervalo de observación máximo de 80 s. La especificación entre 80 y 1 000 s para las interfaces asíncronas queda en estudio.	

En el caso de interfaces a 1544 kbit/s, el presupuesto de fluctuación lenta de fase del segmento CES es la diferencia entre el límite de red a 1544 kbit/s (véase el cuadro 2/G.824) y el límite de red de interfaz de sincronización a 1544 kbit/s (véase la figura 3/G.824). Los valores reales quedan en estudio.

NOTA – Los límites de red para las otras señales PDH (es decir, señales a 34 368 kbit/s, 44 736 kbit/s y 139 264 kbit/s) llevadas por los segmentos CES quedan en estudio.

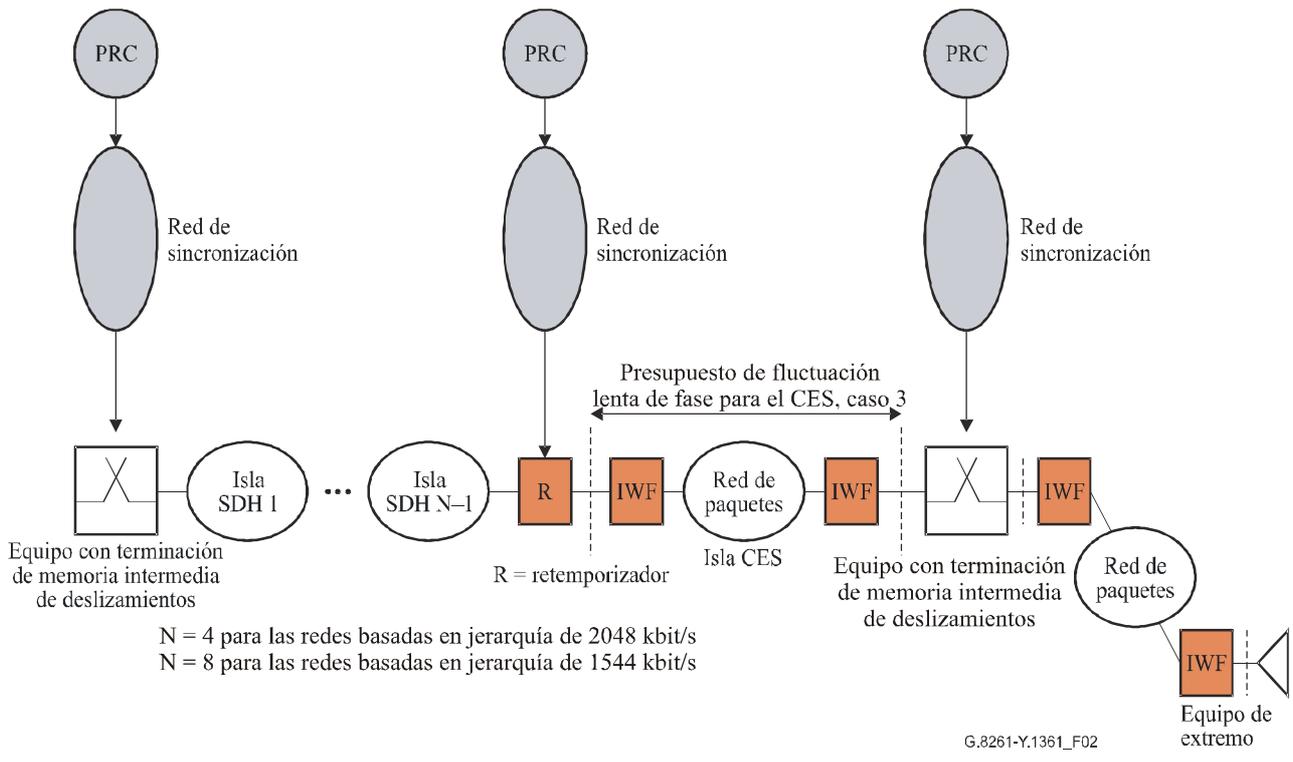
### 7.1.2.2 Aplicación B

En este caso, la aplicación recupera la temporización mediante la señal TDM, por lo que no hay fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase diferencial entre el reloj y los datos distinta de la que hay dentro de la anchura de banda de la recuperación del reloj, puesto que los datos del reloj se extraen de la misma señal. El presupuesto de fluctuación lenta de fase del segmento CES sólo está limitado por la calidad de temporización pedida por la aplicación (por ejemplo, los requisitos de la estación base) y no por la especificación G.823.

NOTA – Esta aplicación sólo es válida con una sola señal; si se reciben dos señales podría existir una fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase diferencial entre una señal y el reloj extraído de la otra señal.

### 7.1.3 Caso de instalación 3

Cuando se implementa el ajuste de la temporización a la salida de las islas SDH como se muestra en la figura 2, la amplitud de ruido a la salida PDH es la de una interfaz de sincronización. Esto permite incrementar el presupuesto de fluctuación lenta de fase hasta el de la aplicación A del caso 2 en algunas configuraciones. Cabe señalar que, en este caso, el reloj de servicio no se preserva de extremo a extremo.



**Figura 2/G.8261/Y.1361 – Escenario del caso de instalación 3**

## 8 Distribución de la señal de temporización de referencia por redes de paquetes

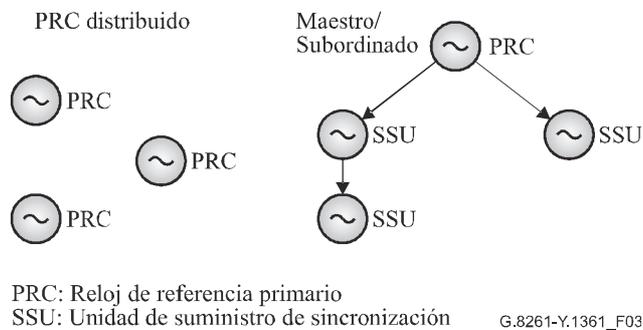
Para cumplir los requisitos de sincronización aplicables, deberá ser posible distribuir una señal de temporización de referencia con unas características de estabilidad de fase y exactitud de frecuencia adecuadas.

En la presente Recomendación se identifican dos tipos de métodos principales:

- Métodos plesiócronicos y síncronicos de red.
- Métodos basados en paquetes.

### 8.1 Métodos plesiócronicos y síncronicos de red

El primer tipo de métodos se refiere al método de PRC distribuido (basado, por ejemplo, en GPS), o al método maestro/subordinado utilizando una capa física síncrona (por ejemplo, STM-N), véase la figura 3. Estos métodos están ampliamente implementados para sincronizar las redes TDM.



**Figura 3/G.8261/Y.1361 – Métodos del PRC distribuido y del maestro/subordinado**

Se ha reconocido que, cuando se exige la posibilidad de rastreo G.811 resultaría ventajoso poder distribuir la temporización vía Ethernet síncrona, así como por medios tradicionales.

Las redes Ethernet funcionan libremente ( $\pm 100$  ppm). No obstante, en la tecnología Ethernet figuran todos los elementos clave para hacer que sea síncrona y posibilitar la introducción de una arquitectura de sincronización maestro/subordinado en la capa física. La capa física Ethernet puede utilizarse a continuación para proporcionar la distribución de la señal de temporización de referencia por redes de paquetes, desde el nivel central hasta el nivel de acceso. Este método se puede utilizar también con objeto de facilitar la recuperación de la temporización en las IWF para servicios CBR transportados por redes de paquetes. Podría utilizarse además para proporcionar una señal de referencia de temporización descendiendo hasta el equipo de acceso periférico en una red Ethernet pura.

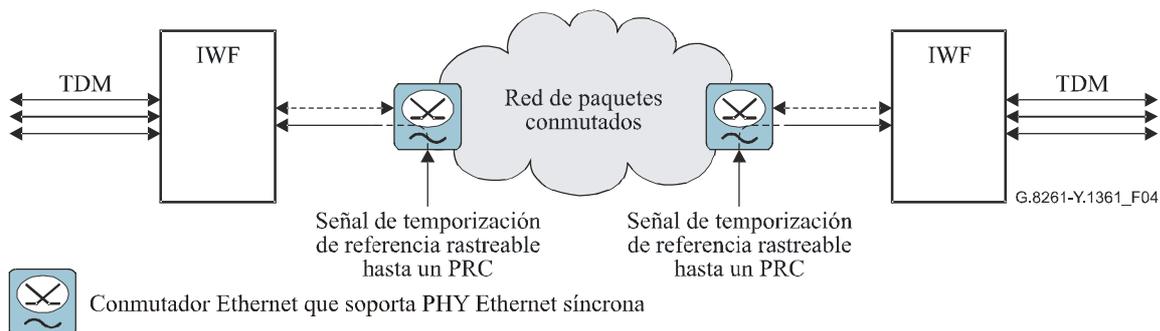
Cabe señalar que hay varias cuestiones técnicas que se han de resolver antes de que este método pueda utilizarse ampliamente: la posibilidad de rastreo para gestionar la calidad, las especificaciones de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de interfaces, la protección de redes, etc.

En 8.1.1 se detalla un método de alto nivel con el que conseguir una red Ethernet síncrona.

## 8.1.1 Redes Ethernet síncronas

### 8.1.1.1 Arquitectura general

En la figura 4 se presenta el concepto general de entrega de un reloj de capa física del conmutador Ethernet a la IWF.



NOTA – Las dos señales de temporización de referencia rastreadas hasta un PRC pueden tener su origen en la misma fuente.

**Figura 4/G.8261/Y.1361 – Temporización de IWF Ethernet proporcionada por PHY Ethernet**

En el conmutador Ethernet se inyecta una señal de temporización de referencia rastreada hasta un PRC utilizando un puerto de reloj externo. Esta señal se extrae y se procesa vía función de sincronización antes de inyectar sincronización en el tren de bits de Ethernet. La función de sincronización proporciona filtrado y quizás requiera actuación en régimen libre. Estos requisitos quedan en estudio.

Es evidente que puede haber un cierto número de conmutadores Ethernet entre el elemento en el que se inyecta la señal de referencia y la IWF. En tales casos, la función de sincronización dentro del conmutador Ethernet ha de poder recuperar la sincronización "temporización en línea" a partir del tren de bits entrante.

En tanto que parte de la arquitectura, debería establecerse una distinción entre el reloj de red y el reloj de servicio que se describen a continuación.

### 8.1.1.2 Reloj de red

El reloj de red es el reloj utilizado para disciplinar la función de sincronización dentro del conmutador Ethernet y, por tanto, la velocidad binaria que abandona el conmutador Ethernet. El reloj inyectado en la función de sincronización será síncrono, es decir, estará enganchado al reloj de red.

NOTA – En el caso de sincronización de red mediante reloj, la producción fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase se limitará utilizando un reloj de red. La especificación de ese reloj (que puede incluir la exactitud del mismo, la función de filtrado, el funcionamiento en régimen libre y la generación de ruido) queda en estudio.

### 8.1.1.3 Reloj de servicio

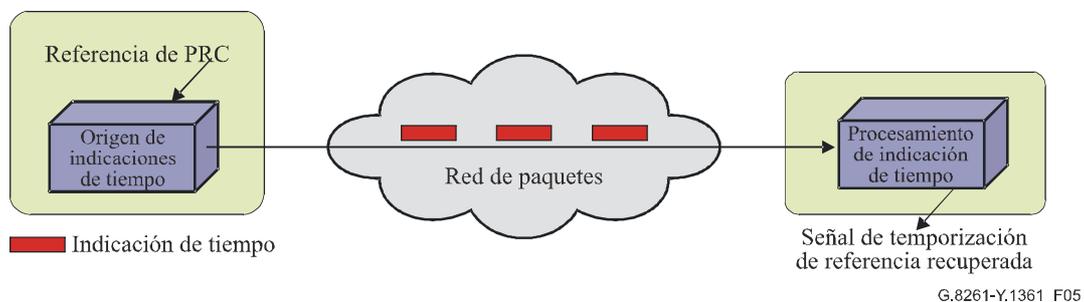
En la tecnología Ethernet existente, el servicio es efectivamente asíncrono. En Ethernet síncrona, se seguirá estableciendo la correspondencia de los servicios Ethernet existentes dentro y fuera de la capa física Ethernet a las velocidades apropiadas.

En el anexo A se describe una propuesta de arquitectura.

## 8.2 Métodos basados en paquetes

El segundo tipo de métodos se basa en la información de temporización llevada por los paquetes (por ejemplo, enviando mensajes de indicación de tiempo especializados como se muestra en la figura 5; son posibles así mismo métodos que utilicen transferencia bidireccional de la información tales como el protocolo NTP o protocolos similares; hay que señalar que los protocolos bidireccionales también pueden transportar información de tiempo). En algunos casos ésta es la única alternativa al procedimiento PRC distribuido.

Los métodos basados en paquetes y la calidad de funcionamiento relacionada con los mismos están siendo objeto de estudio.



**Figura 5/G.8261/Y.1361 – Ejemplo de método basado en paquetes con distribución de temporización de la señal de temporización de referencia vía indicaciones de tiempo**

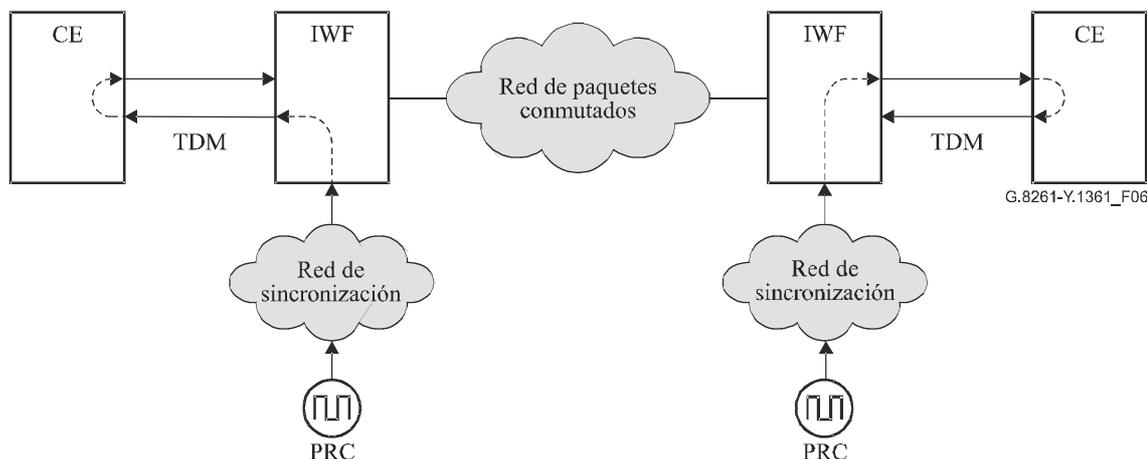
## 9 Recuperación de la temporización para servicios a velocidad binaria constante transportados por redes de paquetes

Los servicios a velocidad binaria constante (CBR, *constant bit rate*) (por ejemplo, el de señal TDM de circuito emulado) requieren que la temporización de la señal sea similar en ambos extremos de la red de paquetes y sea tratada por la IWF responsable de la entrega del tren a velocidad binaria constante. La noción de preservación del reloj de servicio se refiere a que la frecuencia del reloj de servicio entrante ha de ser repetida como frecuencia del reloj de servicio saliente cuando se considere en términos de valor medio a largo plazo. Ello no significa que la fluctuación lenta de fase en la señal TDM entrante sea repetida en la señal TDM saliente.

Los métodos operativos identificados en esta Recomendación se describen en las cláusulas que siguen.

### 9.1 Funcionamiento síncrono de red

Este método hace referencia a un funcionamiento plenamente síncrono de red utilizando un reloj obtenido a partir de una red y rastreado hasta un PRC o un PRC local (por ejemplo, un GPS) como reloj de servicio (véase la figura 6). Esto implica la disponibilidad de una referencia de PRC. Hay que destacar que este método no preserva la temporización del servicio.



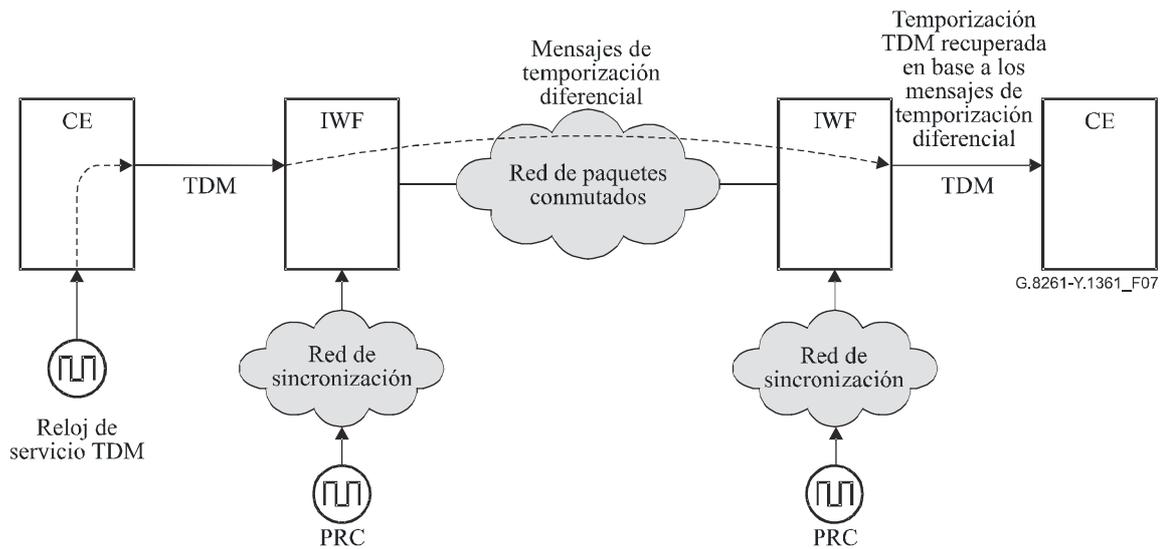
Los dos PRC pueden tener también su origen en la misma fuente.

**Figura 6/G.8261/Y.1361 – Ejemplo de funcionamiento síncrono de red**

NOTA – La señal de temporización de referencia a la entrada de la IWF deberá ser conforme a las interfaces de sincronización definidas en las Recs. UIT-T G.823 y G.824.

### 9.2 Métodos diferenciales

De acuerdo con los métodos diferenciales, la diferencia entre el reloj de servicio y el reloj de referencia se codifica y transmite a través de la red de paquetes (véase la figura 7). El reloj de servicio se recupera en el extremo lejano de la red de paquetes haciendo uso de un reloj de referencia común. El método de indicación de tiempo residual síncrona (SRTS, *synchronous residual time stamp*) [31] es un ejemplo de este tipo de métodos. Hay que destacar que este método puede preservar la temporización del servicio.



Los dos PRC pueden tener también su origen en la misma fuente.

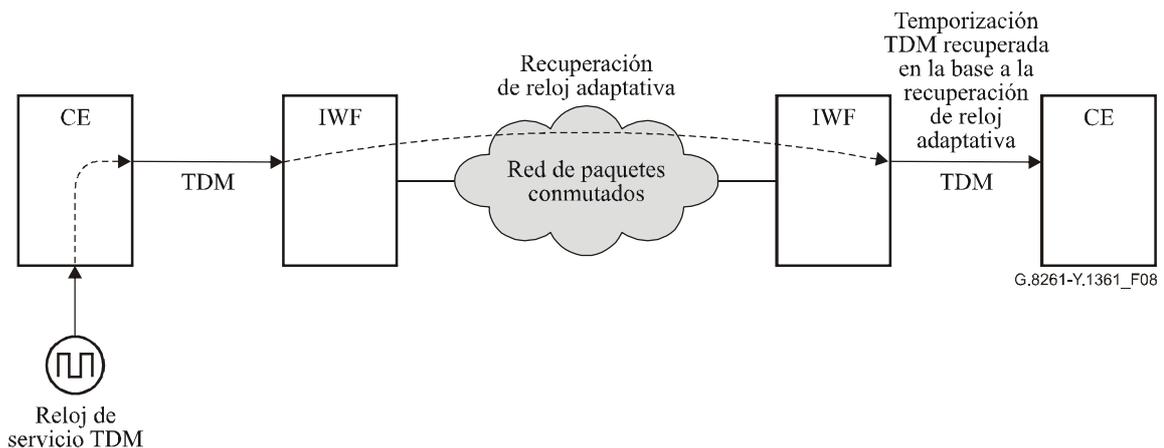
**Figura 7/G.8261/Y.1361 – Ejemplo de funcionamiento de la recuperación de la temporización basado en métodos diferenciales**

NOTA 1 – Los métodos diferenciales pueden actuar con relojes de referencia IWF que no son rastreables hasta un PRC. El uso de relojes no rastreables hasta un PRC depende de la aplicación y no está dentro del alcance de la presente Recomendación.

NOTA 2 – La señal de temporización de referencia a la entrada de la IWF deberá ser conforme a las interfaces de sincronización definidas en las Recs. UIT-T G.823 y G.824.

### 9.3 Métodos adaptativos

En los métodos adaptativos, la temporización puede ser recuperada en base al tiempo que transcurre entre llegadas de los paquetes o al nivel de llenado de la memoria intermedia de fluctuación de fase. Hay que destacar que este método preserva la temporización del servicio (véase la figura 8).

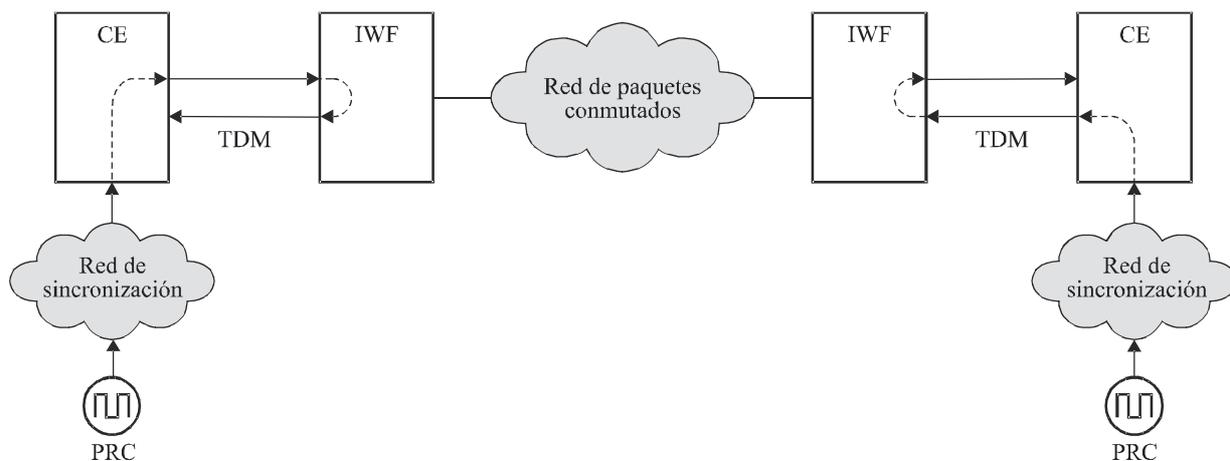


**Figura 8/G.8261/Y.1361 – Ejemplo de método adaptativo**

### 9.4 Reloj de referencia disponible en los sistemas de extremo TDM

Si en el sistema de extremo TDM está disponible el reloj de referencia, se trata de un caso trivial puesto que ambos sistemas de extremo tienen acceso directo a la referencia de temporización y ajustarán la temporización de la señal que abandona la IWF. Por consiguiente, no es necesario recuperar la temporización.

La utilización de temporización en bucle en la IWF de la interfaz TDM es un ejemplo de implementación de este método (véase la figura 9). Una situación en que podría aplicarse este método es, por ejemplo, cuando dos dominios RTPC están conectados vía red de paquetes.



G.8261-Y.1361\_F09

**Figura 9/G.8261/Y.1361 – Ejemplo de señal de temporización de referencia PRC disponible en los sistemas de extremo TDM**

Se señala que la figura 9 muestra un transmisor y un receptor TDM que están siendo rastreados hasta el reloj de referencia común, que puede ser un PRC. Tal es el caso cuando el transmisor y el receptor son, por ejemplo, conmutadores digitales en los que es necesario controlar los deslizamientos. Sin embargo, hay casos en los que el transmisor y el receptor no son rastreados hasta relojes G.811, por ejemplo, si se trata de multiplexores a 34 368 kbit/s o 44 736 kbit/s.

## **10 Repercusión de las degradaciones de la red de paquetes en la distribución de la temporización y la recuperación del reloj de servicio**

En esta cláusula se examinan las diferentes degradaciones de las redes de paquetes que repercuten en el tráfico y en su información de temporización. Se da por supuesto que los requisitos de los circuitos emulados y los relojes recuperados, especificados en la cláusula 7, se van a cumplir en condiciones operativas.

La sincronización de red se requiere, fundamentalmente, en las redes de capa 1 para gestionar memorias intermedias. Las memorias intermedias de capa 1, presentes en redes PDH, SDH y OTN, y sus funciones de adaptación son estructuras sencillas en las que la velocidad nominal de ingreso y egreso se controla dentro de unos límites específicos dados en las normas de funcionamiento en red propias de esas redes TDM. Mecanismos tales como los bytes de relleno y los punteros junto con los relojes de sistema son los métodos utilizados para gestionar esas memorias intermedias y acomodar dominios de temporización diferentes. El diseño de la red limita el tamaño de las memorias intermedias para minimizar la latencia. En redes de capa 1, tales como la SDH, hay una vinculación directa entre el reloj de red y el nivel de fluctuación de fase o fluctuación lenta de fase que se puede transmitir a una señal de cliente.

En el caso de redes de transporte de paquetes, los datos son entregados sobre la red en bloques (paquetes, tramas) en vez de ser llevados en un tren continuo a velocidad binaria constante. Los paquetes pueden ser multiplexados estadísticamente y son encaminados vía conmutadores de paquetes que imponen a los paquetes un retardo debido al procesamiento, el almacenamiento en memoria intermedia y la retransmisión de los conmutadores intermedios. Es posible que dentro de un único conmutador, múltiples trenes de paquetes tengan que converger hacia una sola memoria

intermedia de salida. La contienda resultante entre memorias intermedias introducirá un retardo variable. En algunos casos, tendrán que ser abandonados paquetes. Es probable que el reloj utilizado para dirigir los enlaces de transmisión de capa 1 no esté en sincronía con el reloj utilizado dentro del conmutador. Cualquier diferencia entre la velocidad a la que se presentan los paquetes para su transmisión y la velocidad de transmisión real se acomoda añadiendo relleno entre paquetes o descartando paquetes.

Puesto que los paquetes atraviesan rutas diferentes, un tren de paquetes puede mostrar de ingreso a egreso una variación significativa del retardo de los mismos. Además, los paquetes pueden estar mal ordenados con el resultado de un almacenamiento en memoria intermedia adicional. Los servicios que utilizan la red de paquetes han de tener en cuenta estas degradaciones. Para redes de paquetes, grandes memorias intermedias han de efectuar un procesamiento a nivel de paquete, en cuyo caso sólo se requieren niveles de sincronización aproximados en apoyo de la mayoría de los servicios.

A diferencia de lo que ocurre en una red de capa 1, como la SDH, no hay vinculación directa entre el reloj de red y las memorias intermedias de procesamiento de paquetes. Por tanto, no se puede utilizar la temporización de red para controlar la variación del retardo de los paquetes en estas redes. En general, sólo se necesita proporcionar sincronización de red a un conmutador de paquetes para cumplir cualquier requisito de sincronización de las interfaces de capa física con el conmutador, de acuerdo con los requisitos de interfaz TDM conexos establecidos por las normas particulares de funcionamiento en red, ya sea SDH o PDH.

Los requisitos de temporización de los servicios llevados en capas superiores, por encima de la red de capa 2 (por ejemplo, IPTV, MPEG-4), se especifican para dar cabida a las variaciones de las redes de paquetes existentes. Cualquier temporización específica de un servicio se codifica en la capa de servicio (por ejemplo, H.264, MPEG-4).

Hay no obstante casos en los que la capa física de una red de paquetes es síncrona (por ejemplo, SDH) y puede ser utilizada por la capa adaptación.

En la mayoría de los casos, la información transportada a través de la red, es decir, la información característica (CI, *characteristic information*, véase el apéndice III) no incluye información de temporización. Esto tiene determinadas consecuencias cuando los servicios requieren la transferencia de una temporización exacta. En el caso de servicios de extremo a extremo, es preciso que las características de temporización de la capa servidor soporten los requisitos de sincronización del cliente. En mecanismos de capa 1 tradicionales (PDH, SDH y OTN), los procesos de adaptación de la temporización de red se diseñan específicamente de manera que sean compatibles con los requisitos de temporización de la señal del cliente. Cuando la capa servidor sea incapaz de admitir la temporización del cliente, quizás se requieran formas alternativas de proporcionar dicha temporización. Algo que se haría en la capa de adaptación a la red. Un ejemplo es AAL1 de ATM.

Las degradaciones de la red de paquetes pueden tener un efecto nocivo en la recuperación del reloj de servicio en el caso de servicios a velocidad constante emulados en una red de paquetes. En esta cláusula se examinan los niveles de tales degradaciones que un proceso de recuperación de reloj debería ser capaz de soportar manteniendo al mismo tiempo el reloj dentro de las especificaciones pertinentes.

Los parámetros de calidad de funcionamiento siguientes, relacionados con las degradaciones de las redes de paquetes, se definen en las Recs. UIT-T Y.1540 [25] (para redes IP) e Y.1561 [27] (para redes MPLS). En la Rec. UIT-T Y.1731 [28] se definen también medidas de calidad de funcionamiento similares para redes Ethernet.

- 1) Retardo en la transferencia de paquetes y variación del retardo.
- 2) Proporción de errores en los paquetes.

- 3) Proporción de pérdida de paquetes.
- 4) Resultados severos de pérdida de paquetes.

## **10.1 Retardo en la transferencia de paquetes y variación del retardo**

### **10.1.1 Métodos diferenciales**

El retardo en la transferencia de paquetes y la variación del retardo no deberán afectar al funcionamiento de la recuperación del reloj cuando se disponga de un reloj de referencia de red en ambos extremos y se utilicen métodos diferenciales.

### **10.1.2 Métodos adaptativos**

La recuperación adaptativa del reloj de servicio a partir de un tren de paquetes que contenga datos a velocidad binaria constante se consigue por lo general mediante alguna función de computación de la velocidad de llegada o las horas de llegada de los paquetes en el nodo de destino.

Si el retardo a través de la red de paquetes es constante, la frecuencia de llegada de los paquetes al nodo de destino no resulta afectada por la red. Puede haber un desfase en el reloj recuperado debido al retardo a través de la red, pero no deberá haber fluctuación lenta de frecuencia o de fase.

Si el retardo varía, puede ser percibido por un proceso de recuperación de reloj como un cambio en la fase o en la frecuencia del reloj de servicio original. Por consiguiente, durante el diseño de un proceso de recuperación de reloj deben analizarse con mucha atención las causas de variación del retardo.

En una red de paquetes hay varias causas de variación del retardo. Entre ellas, las siguientes:

- Variación del retardo aleatoria (por ejemplo, retardos por puesta en cola de espera).
- Variación del retardo de baja frecuencia (por ejemplo, esquemas día/noche).
- Variación del retardo sistemática (por ejemplo, mecanismos de almacenamiento y retransmisión en la capa de transporte subyacente).
- Cambios del encaminamiento.
- Efectos de la congestión.

#### **10.1.2.1 Variación del retardo aleatoria**

La variación del retardo aleatoria es el resultado del comportamiento de los conmutadores o encaminadores de la red de paquetes. La fuente principal de esta variación es el retardo de espera en cola a la salida, causado cuando al llegar un paquete a un conmutador o encaminador está bloqueado el puerto de salida por otro tráfico, con lo que el paquete tiene que aguardar en cola de espera. Otros factores, debidos al funcionamiento interno del conmutador o el encaminador, pueden retardar también el paquete, como se describe en el apéndice I.

No es posible predecir con certeza alguna el retardo de cualquier paquete a través de un conmutador o encaminador, aunque es probable que el retardo aumente con la carga en ese dispositivo. Por consiguiente, habrá alguna correlación entre el retardo de paquetes sucesivos con la carga de tráfico de la red.

#### **10.1.2.2 Variación del retardo de baja frecuencia**

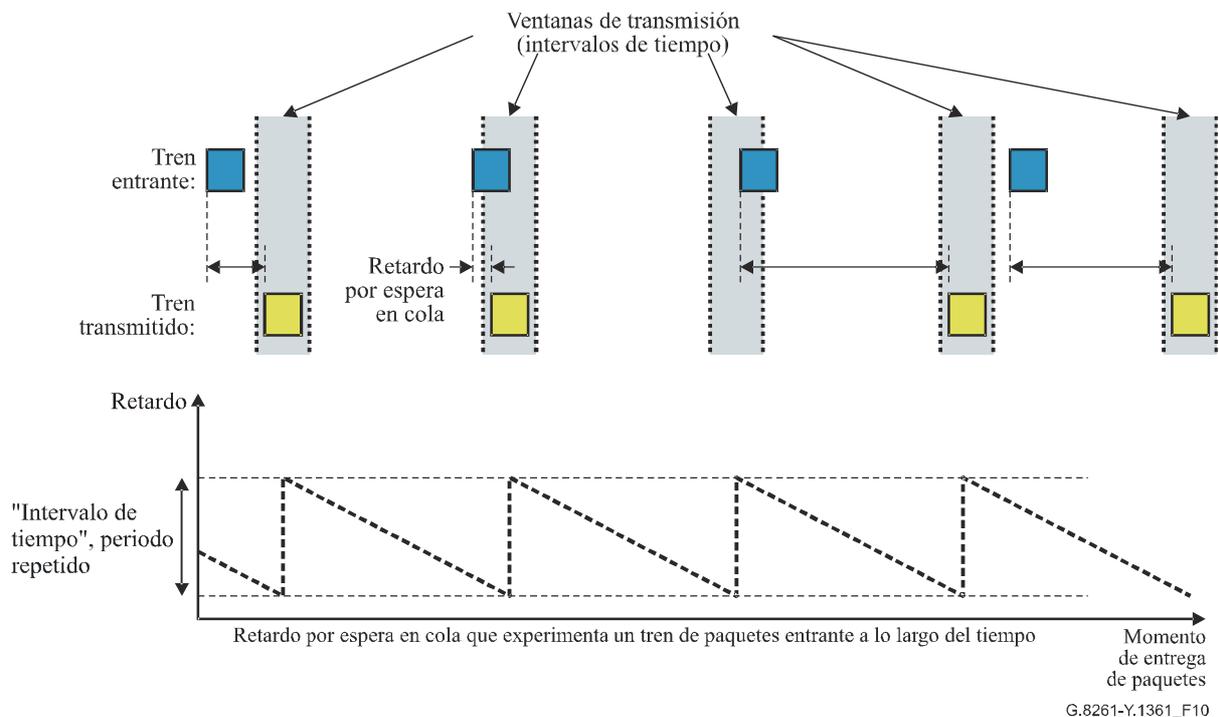
Como se describe más arriba, el retardo a través de una red de paquetes, si bien impredecible, está correlacionado por lo general con la carga de la red en el periodo de tiempo en cuestión. La carga es una cantidad dinámica y puede contener componentes de frecuencia extremadamente baja. Por ejemplo, si una red está más cargada durante el día que durante la noche, ello da lugar a un componente de variación de la carga con un periodo de 24 horas.

Esa variación de la frecuencia sumamente baja puede provocar una fluctuación lenta de fase en un reloj recuperado desde un tren de paquetes con el mismo periodo. Puesto que muchas de las especificaciones de reloj pertinentes limitan la fluctuación lenta de fase permisible a lo largo periodos de 24 horas o más (por ejemplo, la Rec. UIT-T G.824 [11]), esto es algo que habrá de ser compensado durante el diseño de un proceso de recuperación de reloj.

### 10.1.2.3 Variación del retardo sistemática

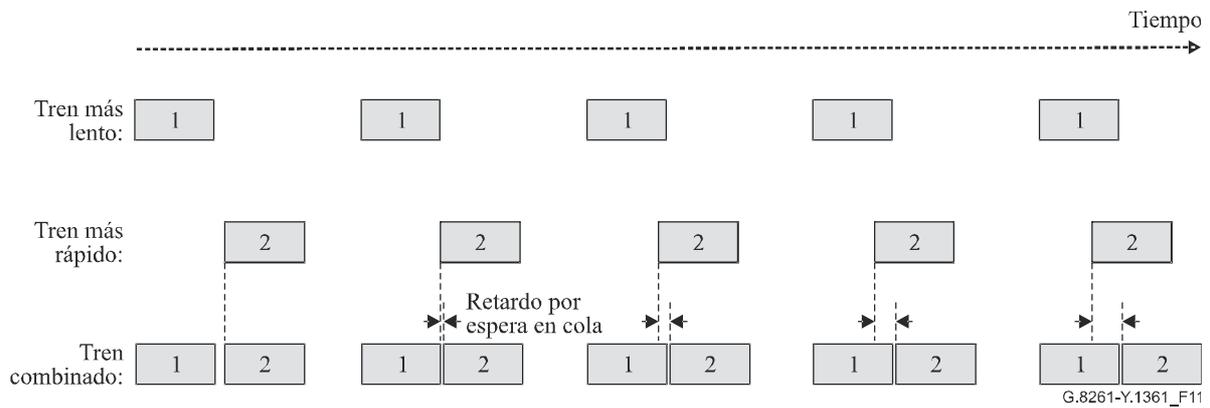
Determinados tipos de redes de transporte subyacente pueden provocar una variación sistemática del retardo de los paquetes a lo largo del tiempo. Por ejemplo, algunos tipos de transporte utilizan una "ventana de transmisión" o un "intervalo de tiempo" almacenando los paquetes que se han de transmitir hasta que se abra la ventana. Ejemplos al respecto son PON, xDSL y WiMAX.

El efecto de la ventana de transmisión consiste en imponer un perfil de retardo "en dientes de sierra" sistemático al tren de paquetes (véase la figura 10). En el caso de trenes de paquetes a velocidad regular, por ejemplo, los que contienen datos a velocidad binaria constante, el periodo de la ventana de transmisión puede entrar en colisión con la velocidad de los paquetes, provocando una lenta variación del retardo a lo largo del tiempo. Estos efectos son muy similares a los de la fluctuación del tiempo de espera en redes TDM. En dichas redes es posible controlar la fluctuación del tiempo de espera mientras que no ocurre lo mismo en las redes de paquetes.



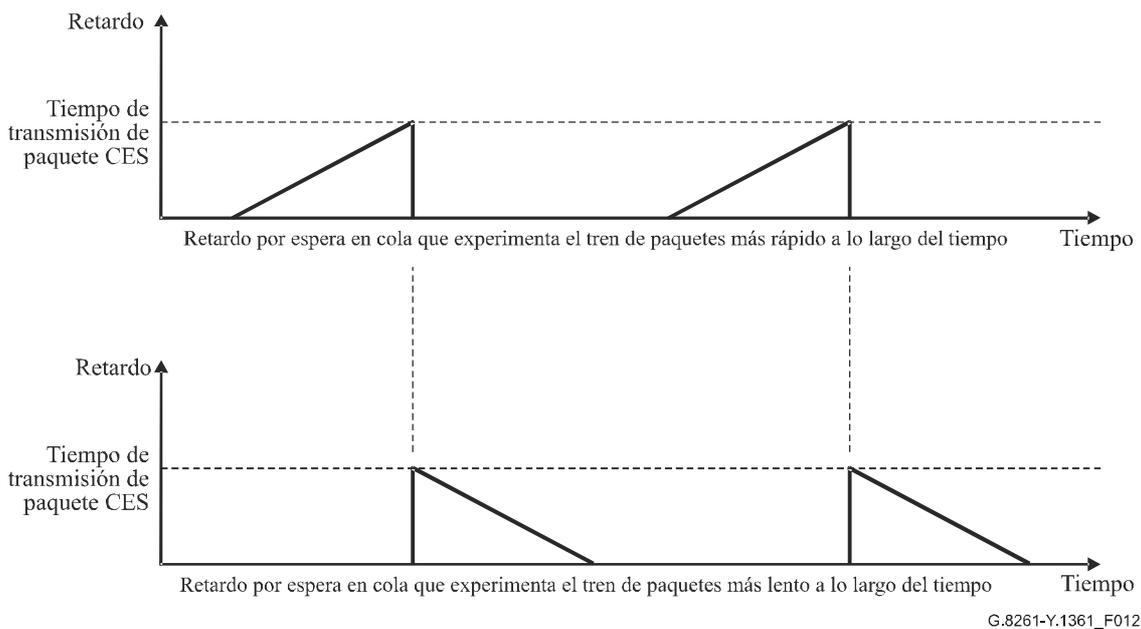
**Figura 10/G.8261/Y.1361 – Variación del retardo sistemática causada por una red con intervalos de tiempo**

Otro tipo de variación del retardo sistemática a la que pueden verse sometidos los trenes de paquetes es la que se produce por el enfrentamiento con otros trenes de paquetes regulares. La figura 11 muestra lo que ocurre cuando dos trenes de paquetes de casi la misma frecuencia son combinados para formar un enlace de paquetes único por un conmutador o encaminador.



**Figura 11/G.8261/Y.1361 – Enfrentamiento entre trenes de paquetes a velocidad regular**

El tren 1 es el tren más lento, y durante algún tiempo los paquetes del tren 1 llegan al conmutador o encaminador por delante de los del tren 2. Sin embargo, los paquetes del tren 2 comienzan a alcanzar a los del 1. Puesto que en cada momento sólo un paquete puede entrar en el enlace de paquetes, los paquetes del tren 2 empiezan a experimentar un retardo por espera en cola (véase la figura 12). Este retardo aumenta hasta que llega un momento en que se iguala al tiempo de transmisión del paquete por el enlace.



**Figura 12/ G.8261/Y.1361 – Perfil del retardo experimentado por trenes de paquetes que se enfrentan**

Eventualmente, los paquetes del tren 2 empiezan a llegar al conmutador o encaminador por delante de los del tren 1, y el retardo por espera en cola es eliminado. En ese momento es el tren 1 el que se ve sometido a un retardo por espera en cola. Esa situación va desapareciendo lentamente hasta que los paquetes del tren 1 llegan al conmutador después de que los paquetes del tren 2 hayan completado la transmisión.

La duración del periodo de tiempo en que los trenes de paquetes experimentan retardo por espera en cola (es decir, la anchura de los triángulos de la figura 12) es inversamente proporcional a la diferencia de velocidad entre los dos trenes de paquetes. Cuando las velocidades de los paquetes

están muy próximas, la duración puede ser extremadamente larga. Esta variación del retardo a largo plazo puede causar una variación lenta de fase en cualquier reloj recuperado de uno de los trenes de paquetes.

Cuando múltiples trenes asíncronos a velocidad binaria constante comparten el mismo enlace de paquetes, el efecto puede ser aditivo. En el caso más desfavorable, los paquetes de todos los trenes pueden llegar a estar exactamente alineados provocando el retardo por espera en cola máximo, aunque la frecuencia de ese enfrentamiento combinado se reducirá con el número de trenes.

#### **10.1.2.4 Cambios del encaminamiento**

La ruta tomada por un tren de paquetes a través de una red de paquetes puede cambiar en determinados momentos. Algo que puede deberse a situaciones especiales de la red (por ejemplo, encaminamiento evitando un enlace en fallo o congestionado), a una conmutación de protección para utilizar una ruta alternativa o por reconfiguración de la red.

El efecto neto de todo ello es un cambio en escalón del retardo a través de la red. Si no se compensa, puede ser visto en el reloj recuperado como un cambio de fase. Tales cambios deben ser detectados y tenidos en cuenta en el proceso de recuperación del reloj. Por lo general, los grandes cambios en el retardo son relativamente fáciles de detectar y de compensar, pero los cambios pequeños pueden ser enmascarados por la variación del retardo general, o por la deriva del oscilador local en el nodo de recuperación del reloj.

#### **10.1.2.5 Efectos de la congestión**

Congestión es el incremento temporal de la carga de tráfico en la totalidad o en una parte de la red. Puede hacer que toda la red o parte de la misma pase a estar "sobrecargada" y que algunos paquetes resulten severamente retardados o sean abandonados. La duración de los eventos de congestión es variable y puede ser de varios segundos o minutos. Si la red experimenta fenómenos frecuentes de grave congestión que duren más de 5 minutos, será una indicación de que la red probablemente no sea la adecuada para llevar a cabo una emulación de circuitos.

### **10.2 Repercusiones de las degradaciones de los paquetes**

#### **10.2.1 Errores en los paquetes y pérdidas de paquetes**

Las degradaciones en las redes de paquetes pueden repercutir en tres elementos distintos del trayecto de entrega, a saber, el proceso de recuperación del reloj IWF (quizás esto no pueda supervisarse), la recuperación del reloj de servicio y el propio servicio TDM. Los límites de la pérdida de paquetes y el desorden de estos últimos así como su repercusión en el servicio y en el proceso de recuperación de reloj quedan en estudio.

Las cláusulas que siguen contienen texto adicional en el que se analizan las cuestiones pertinentes.

La pérdida de paquetes y el desorden de los paquetes no afectan de manera particular a la calidad del proceso de recuperación del reloj IWF en ninguno de los métodos presentados en esta Recomendación. De manera específica, a niveles a los que el servicio de transporte TDM sigue siendo utilizable, la pérdida de paquetes (de manera uniforme y en ráfagas) y el desorden de los paquetes tienen un efecto irrelevante en la calidad del proceso de recuperación del reloj IWF.

##### **10.2.1.1 Repercusión en el servicio TDM**

Los circuitos TDM llevados por redes de paquetes pueden ser sumamente vulnerables a los errores en los bits causados por la pérdida de paquetes. Uno de los motivos de esa vulnerabilidad es que los errores en los bits son magnificados por el transporte de paquetes: un solo bit erróneo en el paquete hace que se descarte el paquete completo, provocando una ráfaga de bits erróneos consecutivos en el tren TDM recuperado. Por ello, incluso niveles moderados de pérdida de paquetes (desde el punto de vista de una red de paquetes convencional) pueden provocar la indisponibilidad de un circuito TDM.

NOTA – La vulnerabilidad de los circuitos TDM dependerá principalmente de las características específicas de la IWF. Algunas IWF podrían emplear técnicas de ocultamiento de pérdida de paquetes diferentes para proteger la aplicación contra dicha pérdida.

### **10.2.1.2 Repercusión en el proceso de recuperación del reloj IWF**

La recuperación del reloj IWF combina el algoritmo de recuperación del reloj basada en los paquetes entrantes, el reloj integrado y el método de recuperación de la temporización utilizado (a saber, adaptativo o diferencial). La calidad del proceso de recuperación del reloj IWF es una combinación de las perturbaciones de la red de paquetes, el algoritmo utilizado para superar esas perturbaciones, el reloj integrado en la IWF y el método de recuperación de la temporización empleado.

NOTA – Los límites de pérdida de paquetes y desorden de paquetes para que se preserve la recuperación del reloj IWF y la del reloj de servicio deberán especificarse de manera que se abarquen todos los escenarios posibles de pérdida de paquetes; esos límites quedan en estudio.

### **10.2.1.3 Repercusión en la recuperación del reloj de servicio**

Con respecto al proceso de recuperación del reloj de servicio, se requiere que dicha recuperación soporte pérdidas de paquetes mucho mayores que el propio circuito TDM, de tal modo que el reloj de servicio permanezca dentro de la especificación más allá del punto en que los datos se declaran indisponibles. La recuperación del reloj IWF influirá directamente en la calidad del proceso de recuperación del reloj de servicio.

## **10.2.2 Resultados severos de pérdida de paquetes**

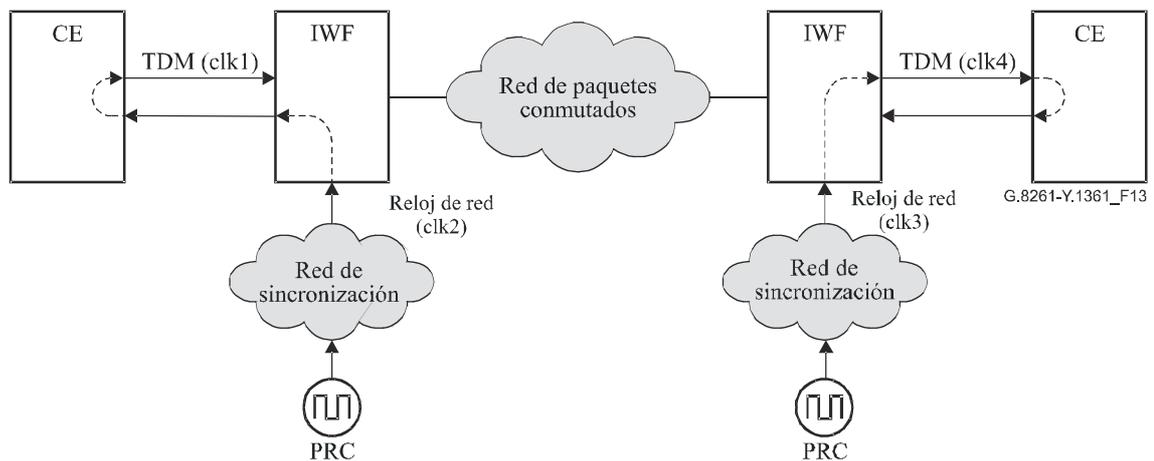
Según las Recs. UIT-T Y.1540 [25] e Y.1561 [27] un resultado severo de pérdida se produce cuando en un bloque de paquetes observado en el ingreso a una interfaz durante un intervalo de tiempo  $T$ , la relación entre paquetes perdidos y número total de paquetes supera un umbral determinado. En las redes Ethernet se prevén efectos similares.

Durante estas degradaciones, el mecanismo de recuperación de la temporización ha de hacer frente a la pérdida total de paquetes, tal como se analiza en 10.2.1. Este tema queda en estudio.

## **11 Repercusión de la degradación del reloj de referencia en la distribución de la temporización y la recuperación del reloj de servicio**

### **11.1 Degradaciones en el caso de métodos de funcionamiento síncrono de red**

En la figura 13 se muestran los relojes que intervienen en el transporte de señales TDM a través de una red de paquetes.



Los dos PRC pueden tener también su origen en la misma fuente.

**Figura 13/G.8261/Y.1361 – Relojes que intervienen en el transporte de señales TDM a través de una red de paquetes para funcionamiento síncrono de red**

Los relojes son:

- El reloj que genera la señal TDM (clk1).
- El reloj de referencia de red utilizado para la depaquetización en la IWF de la izquierda (clk2).
- El reloj de referencia de red utilizado para la depaquetización en la IWF de la derecha (clk3).
- El reloj que genera la señal TDM después de la red de paquetes (clk4).

clk1 ha de ser rastreado hasta un PRC, lo cual se puede hacer bien mediante temporización en bucle como se muestra en la figura 13 o bien por otros medios. De no ser así, la utilización de un reloj de referencia de red en el depaquetizador (es decir, clk3 en la figura) provocaría graves problemas.

Para tener una temporización correcta en la señal TDM de salida, los relojes que generan (es decir, clk1) y retemporizan (es decir, clk4) señales TDM han de tener la misma frecuencia a largo plazo (o dentro de los límites del PRC) ya que de otro modo se generará una tasa de deslizamientos inaceptable (el ruido a corto plazo deberá mantenerse dentro de límites aplicables).

En funcionamiento normal, el reloj de referencia de red en la fuente TDM (clk1) y el reloj de referencia de red en el depaquetizador están enganchados ambos a una señal de temporización de referencia que es rastreado hasta un PRC. Sin embargo, durante las condiciones de fallo en la red de sincronización, estos relojes pueden ser enganchados a una señal de temporización de referencia que sea rastreado hasta un reloj que funcione en el modo régimen libre. En las condiciones de fallo, estos relojes proporcionarán un modo régimen libre adecuado basado en los objetivos de calidad de funcionamiento relativos a la tasa de deslizamientos G.822.

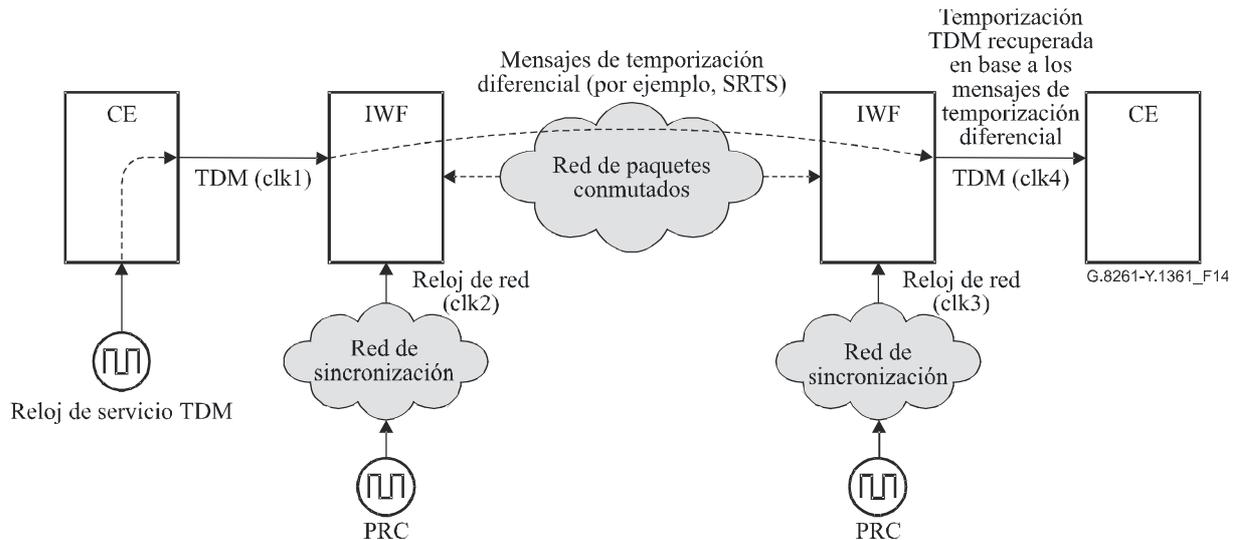
El reloj que proporciona esta función de régimen libre durante los fallos de la red de sincronización puede estar integrado en el propio equipo o estar disponible in situ (por ejemplo, integrado en un elemento de red de transmisión o en un SASE). Corresponde al planificador de la red proporcionar la solución más adecuada.

En resumen, el modo de funcionamiento síncrono de red requiere bien la introducción de relojes precisos en la IWF sumidero o bien un sistema que permita conmutar a un reloj adecuado en caso de pérdida de la sincronización del reloj de red (PRC).

Para detectar los periodos de pérdida de sincronización es preciso disponer de alguna forma de supervisión de la posibilidad de rastreo (por ejemplo, SSM).

## 11.2 Degradaciones en el caso de método diferencial

En la figura 14 se muestran los relojes que intervienen en el transporte de señales TDM a través de una red de paquetes.



Los dos PRC pueden tener también su origen en la misma fuente.

**Figura 14/G.8261/Y.1361 – Relojes que intervienen en el transporte de señales TDM a través de una red de paquetes en el caso de método diferencial**

Intervienen en la Figura 14:

- El reloj que genera la señal TDM, PDH o SDH (clk1). Este reloj puede ser plesiócrono aunque se considera que la mayoría de las señales son ahora síncronas.
- El reloj de red que se utiliza para generar los mensajes de temporización diferencial (clk2).
- El reloj de red (clk3) que se utiliza para regenerar el reloj TDM (clk4) en base a los mensajes de temporización diferencial.

Cualquier ruido de fase en estos relojes provocará ruido de fase en la temporización de la señal de salida TDM.

Para tener una temporización correcta en la señal de salida TDM, los relojes que generan (es decir, clk1) y retemporizan (es decir, clk4) las señales TDM deben tener la misma frecuencia a largo plazo (o dentro de los límites del PRC) ya que de otro modo se generará una tasa de deslizamientos inaceptable (el ruido a corto plazo deberá mantenerse dentro de límites aplicables).

En funcionamiento normal, los relojes de red que generan los mensajes de temporización diferencial y regeneran el reloj TDM (clk2 y clk3) están enganchados a una señal de temporización de referencia que es rastreable hasta un PRC. Sin embargo, durante las condiciones de fallo en la red de sincronización, estos relojes pueden ser enganchados a una señal de temporización de referencia que sea rastreable hasta un reloj que funcione en el modo régimen libre. En condiciones de fallo, estos relojes proporcionarán un modo régimen libre adecuado basado en los objetivos de calidad de funcionamiento relativos a la tasa de deslizamiento G.822.

El reloj que proporciona esta función de régimen libre durante los fallos de la red de sincronización puede estar integrado en la propia IWF o estar disponible in situ (por ejemplo, integrado en un elemento de red de transmisión o en un SASE). Corresponde al planificador de la red proporcionar la solución más adecuada.

Para detectar los periodos de pérdida de sincronización es preciso disponer de alguna forma de supervisión de la posibilidad de rastreo (por ejemplo, SSM).

## **12 Requisitos relacionados con la sincronización de la IWF**

### **12.1 Interfaces de tráfico**

Los requisitos que siguen se han tomado de Recomendaciones existentes (por ejemplo, las Recs. UIT-T G.823, G.824, etc.).

NOTA – Las interfaces SDH se mencionan en las cláusulas que siguen únicamente a efectos informativos ya que el transporte de las señales SDH por red de paquetes queda en estudio.

#### **12.1.1 Características físicas, eléctricas y ópticas**

Las características físicas y eléctricas de las interfaces E0 (64 kbit/s), E11 (1544 kbit/s), E12 (2048 kbit/s), todas las interfaces PDH, la interfaz a 51 840 kbit/s (STM-0) y la interfaz ES1 (STM-1) deberán cumplir los requisitos de la Rec. UIT-T G.703.

Las características físicas y ópticas de las interfaces STM-1, STM-4 y STM-16 deberán cumplir los requisitos de la Recomendación relativa a interfaces físicas pertinente, por ejemplo, G.957, G.691, G.959.1, etc.

#### **12.1.2 Tolerancia a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase**

La tolerancia a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s en las interfaces de tráfico E0, E12, E22, E31 y E4 deberá cumplir los requisitos de 7.1/G.823.

La tolerancia a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase a la entrada de redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s en las interfaces de tráfico E11, E21 a 32 064 kbit/s, E32 y a 97 728 kbit/s deberá cumplir los requisitos de 7.2/G.824.

La tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada de redes basadas en la SDH en las interfaces de tráfico STM-1e, STM-1, STM-4 y STM-16 deberá cumplir los requisitos de 6.1.2/G.825. La tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada en las interfaces de tráfico a 51 840 kbit/s deberá cumplir los requisitos de 16.3/G.703.

La tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada de redes basadas en la SDH en las interfaces de tráfico – a 51 840 kbit/s, STM-1e, STM-1, STM-4 y STM-16 – de conformidad con 6.1.1/G.825, deberá cumplir los requisitos de 9.1/G.812 y 8.1/G.813, la que sea aplicable. Estos requisitos se definen para interfaces de sincronización (SSU y SEC, respectivamente) porque las interfaces de tráfico STM-N se considera que son interfaces de sincronización.

En las Recs. UIT-T O.171 [17] y O.172 [18] se definen métodos de medida.

### **12.2 Interfaces de sincronización**

Los siguientes requisitos se han tomado de Recomendaciones existentes (por ejemplo, la Rec. UIT-T G.703, etc.).

#### **12.2.1 Características físicas y eléctricas**

Las características físicas y eléctricas de la interfaz de sincronización T12 (2048 kHz) deberán cumplir los requisitos de la cláusula 13/G.703.

Las características físicas y eléctricas de la interfaz de sincronización E12 (2048 kbit/s) deberán cumplir los requisitos de la cláusula 9/G.703.

Las características físicas y eléctricas de la interfaz de sincronización E11 (1544 kbit/s) deberán cumplir los requisitos de la cláusula 5/G.703.

### **12.2.2 Tolerancia a la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase**

La tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada en las interfaces de sincronización T12 y E12, de acuerdo con 7.2/G.823, deberá cumplir los requisitos de 9.2/G.812 (Tipo I) para interfaces SSU y 8.2/G.813 (Opción 1) para interfaces SEC, la que sea aplicable.

La tolerancia a la fluctuación de fase a la entrada en la interfaz de sincronización E11, de acuerdo con 7.3/G.824, deberá cumplir los requisitos de 9.2/G.812, (tipos II y III) para interfaces SSU y 8.2/G.813 (Opción 2) para interfaces SEC, la que sea aplicable.

La tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada en las interfaces de sincronización T12 y E12, de acuerdo con 7.2/G.823, deberá cumplir los requisitos de 9.1/G.812 (Tipo I) para interfaces SSU y 8.1/G.813 (Opción 1) para interfaces SEC, la que sea aplicable.

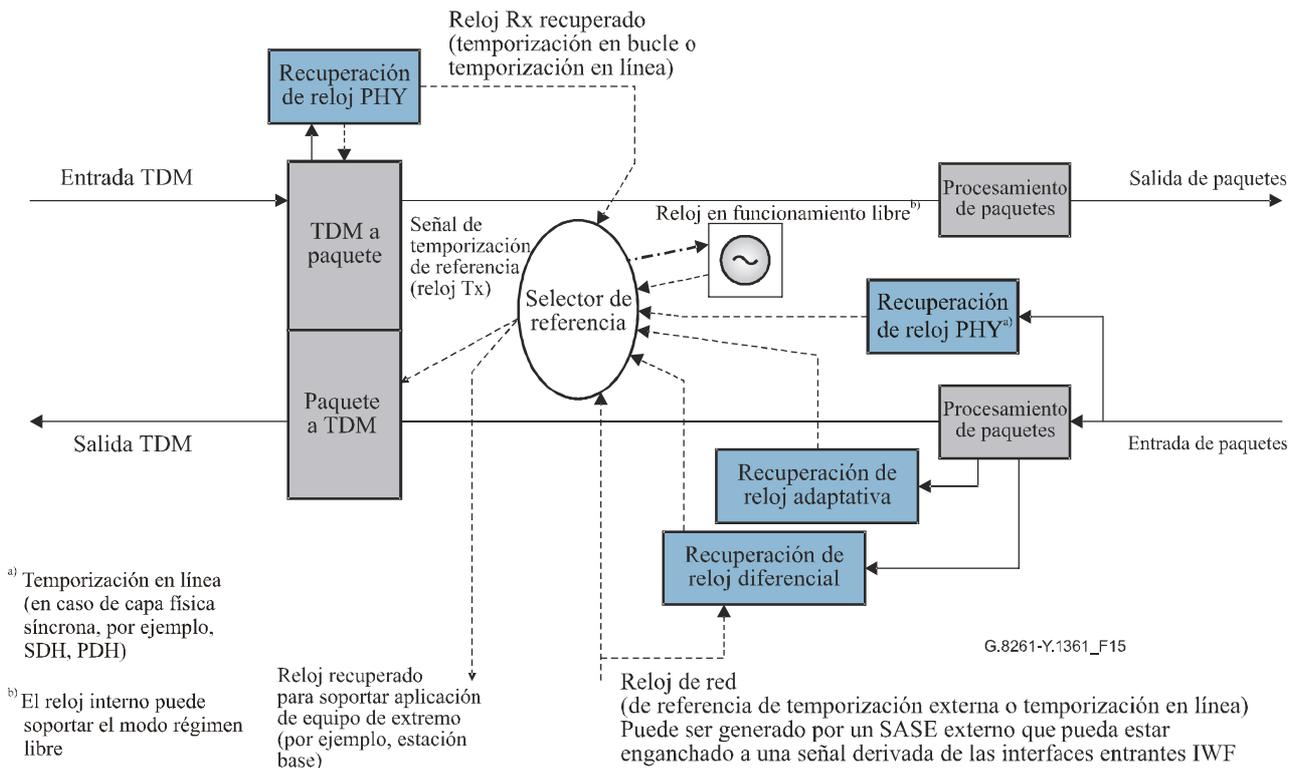
La tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada en la interfaz de sincronización E11, de acuerdo con 7.3/G.824, deberá cumplir los requisitos de 9.1/G.812 (Tipos II y III) para interfaces SSU y 8.1/G.813 (Opción 2) para interfaces SEC, la que sea aplicable.

### **12.3 Función de sincronización de la IWF**

En el contexto de esta Recomendación, la IWF proporciona las adaptaciones necesarias entre TDM y trenes de paquetes.

Con referencia a la figura 15, las posibles opciones de temporización admitidas para el reloj Tx son:

- Temporización desde el reloj fuente recuperado llevado por la entrada TDM (temporización en bucle o temporización en línea).
- Temporización desde el reloj de red (el reloj de red se puede derivar bien desde la capa física de los enlaces de tráfico de la red de paquetes o bien a través de una interfaz de temporización física externa, por ejemplo, a 2048 kHz).
- Temporización desde un reloj en funcionamiento libre (deberá proporcionar una exactitud de acuerdo con la interfaz de servicio TDM/CBR pertinente, por ejemplo, a 2048 kbit/s deberá cumplir con la Rec. UIT-T G.703,  $\pm 50$  ppm).
- Métodos diferenciales.
- Temporización adaptativa (incluida la recuperación de reloj utilizando indicaciones de tiempo especializadas).



**Figura 15/G.8261/Y.1361 – Funciones de sincronización de la IWF (sentido paquete a TDM)**

Dependiendo de los servicios que se han de proporcionar, deberá soportarse un subconjunto adecuado de las opciones de temporización reseñadas.

Se recomienda tener control de deslizamientos en el sentido Tx a TDM para controlar el posible desbordamiento por rebasamiento del límite superior/inferior de la memoria intermedia de reproducción. Los deslizamientos se efectuarán en tramas de  $n \times 125 \mu s$ .

Cuando relojes de transmisor y/o receptor TDM estén en el modo régimen libre o sean rastreables hasta relojes en régimen libre y se utilice una técnica de recuperación de reloj síncrona (método diferencial o funcionamiento síncrono de red), se producirán deslizamientos (muy probablemente no controlados).

NOTA – Los requisitos del reloj quedan en estudio.

En el sentido TDM a paquete, los requisitos relativos a la sincronización dependen principalmente de los requisitos de sincronización de la capa física, o bien se ha de soportar el método de temporización diferencial (estos aspectos no se detallan en la figura).

Hay que señalar que la figura 15 sólo da una visión funcional y no pretende restringir las implementaciones.

Cuando se selecciona una fuente de temporización nueva, la fluctuación lenta de fase a la salida puede sobrepasar temporalmente el límite de fluctuación lenta de fase a la salida. No obstante, la fluctuación lenta de fase a la salida debe estar dentro del límite de fluctuación lenta de fase a la salida al final de un periodo llamado "periodo de estabilización". Los requisitos del periodo de estabilización quedan en estudio; en el apéndice II se da más información.

Otra característica de interés para la IWF es la latencia. Los requisitos de latencia se definen normalmente a nivel de red especificando la latencia total en la conexión de extremo a extremo. Los requisitos impuestos a la contribución de la IWF a la latencia total quedan en estudio.

Las características de transferencia de ruido se pueden especificar en el segmento CES total, incluyendo el par de IWF que adapta el flujo TDM en la red de paquetes. La especificación de la transferencia de ruido total de un segmento CES queda en estudio.

### **13 Resultados y consecuencias de los diferentes métodos de sincronización en los modelos de referencia de red de paquetes**

Las recomendaciones sobre la metodología de distribución de referencias de sincronización y recuperación de la temporización de un servicio TDM difieren de acuerdo con los escenarios de red y los requisitos de sincronización de importancia para la aplicación específica.

Se ha determinado que los escenarios siguientes están dentro del alcance de la presente Recomendación (con referencia a los modelos de red de la cláusula 7).

#### **13.1 Recomendaciones para el caso de instalación 1**

##### **13.1.1 Recomendación para la recuperación de la temporización de un servicio TDM**

Los límites de red para señales PDH en este caso se definen en la cláusula 7 para el caso de instalación 1.

La recuperación de la temporización de señales PDH llevadas por red de paquetes se puede efectuar por medio de:

- El funcionamiento síncrono de red cuando se dispone de una señal rastreable hasta un PRC en las IWF y no se requiere preservar el reloj de servicio.
- Métodos diferenciales cuando se dispone de referencia rastreable hasta un PRC en la IWF. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.
- Métodos adaptativos cuando se puede controlar la variación del retardo en la red. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.

NOTA – En estos escenarios, los límites de red son muy estrictos. Se supone, sin embargo, que cuando la red puede ser modelada de acuerdo con el modelo A (al menos escenario 2 y escenario 3, véase el apéndice V), los métodos adaptativos deberían permitir el cumplimiento de los límites de red definidos en la cláusula 7.

Queda en estudio decidir si el método adaptativo puede ser utilizado en una red modelada de acuerdo con el modelo B (véase el apéndice V).

El transporte de señales SDH en este escenario queda en estudio. Hay que señalar que la recuperación del reloj para señales SDH deberá satisfacer el nivel de calidad de las interfaces de sincronización de acuerdo con la Rec. UIT-T G.823 para redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s y en la Rec. UIT-T G.824 para redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s. La utilización de los métodos descritos en 8.1 garantiza el cumplimiento de esos requisitos.

##### **13.1.2 Recomendación para distribuir una señal de temporización de referencia**

No es posible modelar la distribución de señales de temporización de referencia de acuerdo con la cláusula 6/G.823 y la cláusula 6/G.824 aplicando el modelo del caso de instalación 1 (por ejemplo, utilizando métodos que se describen en 8.2). Hay que señalar que los métodos descritos en 8.1 podrían ser utilizados para distribuir una señal de temporización de referencia a la IWF de extremo cumpliendo los requisitos de interfaz de sincronización.

Las señales de temporización de referencia de calidad inferior no son aplicables normalmente en estos escenarios (por ejemplo, la red medular).

## **13.2 Recomendaciones para el caso de instalación 3**

### **13.2.1 Recomendación para la recuperación de la temporización de un servicio TDM**

Los límites de red para señales PDH en este caso se definen en la cláusula 7 para el caso de instalación 3.

La recuperación de la temporización de señales PDH llevadas por red de paquetes se puede efectuar por medio de:

- El funcionamiento síncrono de red cuando se dispone de una señal rastreable hasta un PRC en las IWF y no se requiere preservar el reloj de servicio.
- Métodos diferenciales cuando se dispone de referencia rastreable hasta un PRC en la IWF. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.
- Métodos adaptativos cuando se puede controlar la variación del retardo en la red. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.

NOTA – En estos escenarios, los límites de red son menos estrictos que los de los escenarios de 13.1. Se supone que cuando la red puede ser modelada de acuerdo con el modelo A, los métodos adaptativos deberían permitir el cumplimiento de los límites de red definidos en la cláusula 7.

Queda en estudio decidir si el método adaptativo puede ser utilizado en una red modelada de acuerdo con el modelo B.

El transporte de señales SDH en este escenario queda en estudio. Hay que señalar que la recuperación del reloj para señales SDH deberá satisfacer el nivel de calidad de las interfaces de sincronización de acuerdo con la Rec. UIT-T G.823 para redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s y en la Rec. UIT-T G.824 para redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s. La utilización de los métodos descritos en 8.1 garantiza el cumplimiento de esos requisitos.

### **13.2.2 Recomendación para distribuir una señal de temporización de referencia**

No es posible modelar la distribución de señales de temporización de referencia de acuerdo con la cláusula 6/G.823 y la cláusula 6/G.824 aplicando el modelo del caso de instalación 3 (por ejemplo, utilizando métodos que se describen en 8.2). Hay que señalar que los métodos descritos en 8.1 podrían ser utilizados para distribuir una señal de temporización de referencia a la IWF de extremo cumpliendo los requisitos de interfaz de sincronización.

Las señales de temporización de referencia de calidad inferior no son aplicables normalmente en estos escenarios (por ejemplo, la red medular).

## **13.3 Recomendaciones para la aplicación A del caso de instalación 2**

### **13.3.1 Recomendación para la recuperación de la temporización de un servicio TDM**

Los límites de red para señales PDH se definen en este caso en la cláusula 7 para la aplicación A del caso de instalación 2.

La recuperación de la temporización de señales PDH llevadas por red de paquetes se puede efectuar por medio de:

- El funcionamiento síncrono de red cuando se dispone de una señal rastreable hasta un PRC en las IWF y no se requiere preservar el reloj de servicio.
- Métodos diferenciales cuando se dispone de referencia rastreable hasta un PRC en la IWF. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.
- Métodos adaptativos cuando se puede controlar la variación del retardo en la red. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.

NOTA – En estos escenarios, los límites de red son menos estrictos que los de los escenarios de 13.1. Se supone que cuando la red puede ser modelada de acuerdo con el modelo A, los métodos adaptativos deberían permitir el cumplimiento de los límites de red definidos en la cláusula 7.

Queda en estudio decidir si el método adaptativo puede ser utilizado en una red modelada de acuerdo con el modelo B.

El transporte de señales SDH en este escenario queda en estudio. Hay que señalar que la recuperación del reloj para señales SDH deberá satisfacer el nivel de calidad de las interfaces de sincronización de acuerdo con la Rec. UIT-T G.823 para redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s y en la Rec. UIT-T G.824 para redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s. La utilización de los métodos descritos en 8.1 garantiza el cumplimiento de esos requisitos.

### **13.3.2 Recomendación para distribuir una señal de temporización de referencia**

No es posible modelar la distribución de señales de temporización de referencia de acuerdo con la cláusula 6/G.823 y la cláusula 6/G.824 aplicando el modelo del caso de instalación 2 (por ejemplo, utilizando métodos que se describen en 8.2). Hay que señalar que los métodos descritos en 8.1 podrían ser utilizados para distribuir una señal de temporización de referencia a la IWF de extremo cumpliendo los requisitos de interfaz de sincronización.

Hay que tener en cuenta que, normalmente, el equipo de extremo no necesita estar sincronizado con una señal de temporización de referencia que se atenga a las interfaces de sincronización descritas en las Recs. UIT-T G.823 y G.824, y que en la aplicación A del caso de instalación 2 podrían tomarse en consideración señales de temporización de referencia de calidad inferior.

La distribución de temporización por red de paquetes se puede efectuar, en este caso, por medio de:

- El funcionamiento síncrono de red cuando se dispone de una señal rastreable hasta un PRC en las IWF (aplicando los métodos descritos en 8.1).
- Aplicando métodos basados en paquetes (métodos de 8.2) cuando se puede controlar la variación del retardo en la red.

Si se requiere que la calidad cumpla los límites de interfaz de tráfico de las Recs. UIT-T G.823 y G.824, se supone que, cuando la red puede ser modelada de acuerdo con el modelo A, estos métodos deberán permitir el referido cumplimiento.

Queda en estudio decidir si el método adaptativo puede ser utilizado en una red modelada de acuerdo con el modelo B.

## **13.4 Recomendaciones para la aplicación B del caso de instalación 2**

### **13.4.1 Recomendación para la recuperación de la temporización de un servicio TDM**

Los límites de red para señales PDH se definen en este caso en la cláusula 7 para la aplicación B del caso de instalación 2.

La recuperación de la temporización de señales PDH llevadas por red de paquetes se puede efectuar, en este caso, por medio de:

- El funcionamiento síncrono de red cuando se dispone de una señal rastreable hasta un PRC en las IWF y no se requiere preservar el reloj de servicio.
- Métodos diferenciales cuando se dispone de referencia rastreable hasta un PRC en la IWF. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.
- Métodos adaptativos cuando se puede controlar la variación del retardo en la red. Con este método es posible preservar el reloj de servicio.

NOTA – En estos escenarios, los límites de red dependen de las características del equipo de extremo que normalmente tolera los límites de interfaz de tráfico G.823 y G.824. Se supone que si la red puede ser modelada de acuerdo con el modelo A, los métodos adaptativos deberían permitir el cumplimiento de lo especificado en las Recs. UIT-T G.823 o G.824, según proceda.

Queda en estudio decidir si el método adaptativo puede ser utilizado en una red modelada de acuerdo con el modelo B.

El transporte de señales SDH en este escenario queda en estudio. Hay que señalar que la recuperación del reloj para señales SDH deberá satisfacer el nivel de calidad de las interfaces de sincronización de acuerdo con la Rec. UIT-T G.823 para redes basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s y en la Rec. UIT-T G.824 para redes basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s. La utilización de los métodos descritos en 8.1 garantiza el cumplimiento de esos requisitos.

#### **13.4.2 Recomendación para distribuir una señal de temporización de referencia**

No es posible modelar la distribución de señales de temporización de referencia de acuerdo con la cláusula 6/G.823 y la cláusula 6/G.824 aplicando el modelo del caso de instalación 2 (por ejemplo, utilizando métodos que se describen en 8.2). Hay que señalar que los métodos descritos en 8.1 podrían ser utilizados para distribuir una señal de temporización de referencia a la IWF de extremo cumpliendo los requisitos de interfaz de sincronización.

Hay que tener en cuenta que, normalmente, el equipo de extremo no necesita ser sincronizado con una señal de temporización de referencia que se atenga a las interfaces de sincronización descritas en las Recs. UIT-T G.823 y G.824, y que en la aplicación B del caso de instalación 2 podrían tomarse en consideración señales de temporización de referencia de calidad inferior.

La distribución de temporización por red de paquetes se puede efectuar, en este caso, por medio de:

- El funcionamiento síncrono de red cuando se dispone de una señal rastreable hasta un PRC en las IWF (aplicando los métodos descritos en 8.1).
- Aplicando métodos basados en paquetes (métodos de 8.2) cuando se puede controlar la variación del retardo en la red.

Si se requiere que la calidad cumpla los límites de interfaz de tráfico de las Recs. UIT-T G.823 y G.824, se supone que, cuando la red puede ser modelada de acuerdo con el modelo A, estos métodos deberán permitir el referido cumplimiento.

Queda en estudio decidir si el método adaptativo puede ser utilizado en una red modelada de acuerdo con el modelo B.

## Anexo A

### Arquitectura de red propuesta para PHY Ethernet síncrona

#### A.1 Ubicación de PRC

En una arquitectura de Ethernet síncrona típica, los PRC se situarán en una posición de entre tres posibles, dependiendo de la arquitectura global a la que el operador de red desee atenerse. Esas posiciones son las tres ubicaciones que se indican a continuación de forma resumida. De acuerdo con la figura A.1, serían como sigue:

- Caso A, situación medular – El PRC estará situado en el nodo medular. Véase la ubicación "A". Esta arquitectura sugiere la presencia de unos cuantos nodos PRC, es decir, que los PRC estarían situados centralmente con alguna forma de distribución a la IWF.
- Caso B, situación de acceso – El PRC estará situado en algún punto hacia atrás dentro de la red (geográficamente separado de la IWF), normalmente en el punto de acceso de servicios múltiples, véase la ubicación "B". Esta arquitectura sugiere un número mayor de nodos PRC que los requeridos para el caso A, es decir, los PRC estarían situados centralmente con alguna forma de distribución a la IWF.
- Caso C, situación en la IWF – El PRC estará situado geográficamente con la IWF y habrá una conexión de sincronización directa con la IWF, véase la ubicación "C". Según este caso, habría muchos nodos PRC, es decir, un PRC por IWF.

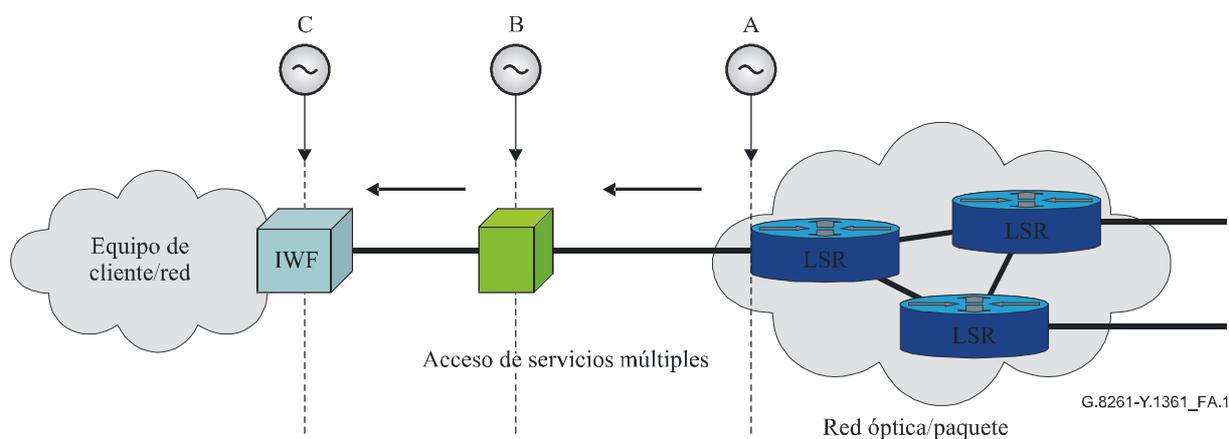


Figura A.1/G.8261/Y.1361 – Ubicación de reloj de referencia

En relación con la figura A.1, hay que señalar que el flujo de sincronización va de la red medular a la IWF. No se pretende que la temporización se distribuya desde el equipo de cliente hacia la red medular.

#### A.2 Mensajería de estado de sincronización

La mensajería de estado de sincronización (SSM, *synchronization status messaging*) proporciona un mecanismo con el que los conmutadores Ethernet en sentido descendente determinan la posibilidad de rastreo del esquema de distribución de sincronización de retorno al PRC o al reloj de mayor calidad de que se disponga. La función de sincronización procesa la SSM.

En condiciones de fallo de red en el sentido ascendente, la función de sincronización realiza las acciones apropiadas en base a la SSM, prefija prioridades y selecciona una alimentación de sincronización alternativa. Puede ser la alimentación de otra red o una alimentación externa.

En el apéndice VIII se dan más detalles al respecto.

### **A.3 Limitación de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de Ethernet síncrona**

El cumplimiento de los límites de red exigirá que se limite la producción de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la solución Ethernet síncrona en un entorno de red de zona amplia.

La función de sincronización dentro del conmutador Ethernet síncrona deberá basarse en las características de calidad de funcionamiento de un reloj integrado. Dicho reloj garantizará que el funcionamiento de la red sea el adecuado cuando el reloj se sincronice desde otro reloj de Ethernet síncrona similar o desde un reloj de calidad superior. Por coherencia con las redes de sincronización existentes, el reloj integrado puede basarse el SEC de la Rec. UIT-T G.813. De todos modos, los detalles precisos de este reloj quedan en estudio. La utilización de un reloj de red como el indicado aseguraría el cumplimiento del interfuncionamiento en sincronismo cuando la solución Ethernet síncrona aludida se combinara con SSU o SASE de la Rec. UIT-T G.812, y por tanto con un PRC de la Rec. UIT-T G.811, como se especifica en los modos de funcionamiento en sincronismo maestro/subordinado. También permitiría el interfuncionamiento entre redes TDM existentes y nuevas arquitecturas de red de paquetes.

Hay que señalar además que este trabajo no tiene repercusión alguna en las especificaciones IEEE 802.3 para tolerancia de la frecuencia, etc., sino que se refiere a la nueva funcionalidad adicional reloj de elemento de red.

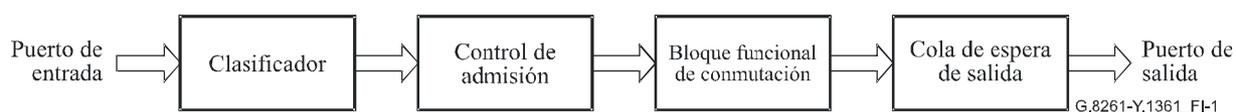
## Apéndice I

### Características de los conmutadores y las redes Ethernet

#### I.1 Características de retardo de los conmutadores Ethernet

##### I.1.1 Operaciones funcionales dentro de un conmutador Ethernet

Desde una perspectiva "caja negra", una trama Ethernet pasa a través de cuatro operaciones funcionales en un conmutador Ethernet típico. Son las que se muestran en la figura I.1.



**Figura I.1/G.8261/Y.1361 – Funciones típicas dentro de un conmutador Ethernet**

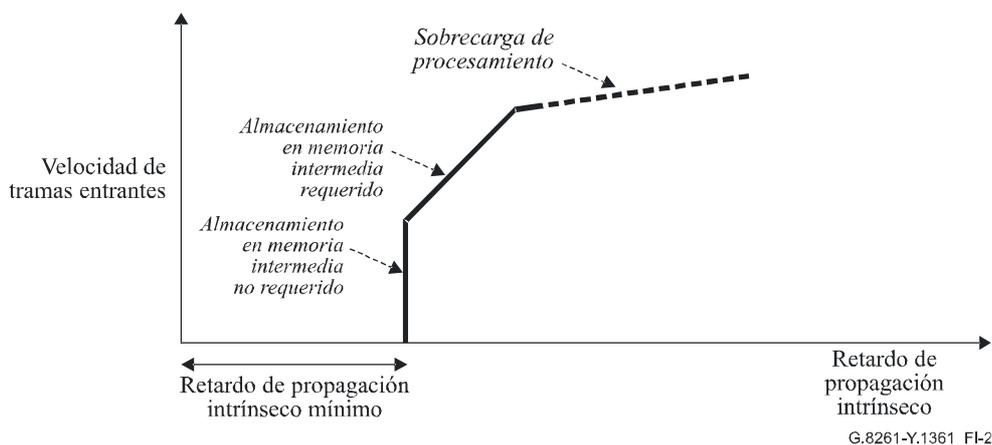
- Clasificación – Identificación del flujo al que pertenece la trama, y determinación del puerto de salida y la prioridad.
- Control de admisión – Aplicación de la gestión de tráfico al flujo (vigilancia, configuración, marcado).
- Conmutación – Reenvío al puerto de salida apropiado.
- Cola de espera de salida – Espera de un intervalo de transmisión en el puerto de salida. Normalmente se aplican políticas de puesta en cola de espera tales como la de prioridad estricta, la puesta en cola justa ponderada o la comparación cíclica por parejas.

En las cláusulas que siguen se examinan las propiedades en cuanto al retardo de diversas funciones dentro de un conmutador.

##### I.1.2 Retardo en la etapa de entrada

El tiempo requerido para las etapas de clasificación y control de admisión debería ser aproximadamente constante en la mayoría de los casos. Sin embargo, dependiendo del diseño del conmutador y de la carga de tráfico en el mismo, el retardo a través de esas funciones puede variar. Por ejemplo, en algunos conmutadores tanto la clasificación como el control de admisión pueden efectuarse aplicando un programa informático en un procesador de red. A plena carga, es posible que el programa informático no sea capaz de admitir el número de tramas que han de ser procesadas, por lo que el retardo puede aumentar y se puede producir el abandono de algunas tramas. Es posible que ocurra lo mismo con algunos diseños basados en el soporte físico.

La figura I.2 da una visión simplificada de la variación del retardo en la etapa de entrada con la carga del conmutador. En condiciones de carga de tráfico baja, el conmutador puede hacer frente al número de tramas que pasan por él sin añadir nada al retardo. A medida que aumenta la velocidad de las tramas, aunque no se supere la capacidad de procesamiento global del conmutador, la velocidad instantánea de las tramas puede superar la velocidad de procesamiento disponible. Finalmente, la velocidad media de las tramas entrantes puede exceder en algún momento la capacidad de procesamiento haciendo que el retardo se incremente todavía más, y en algunos casos se abandonen tramas debido a la falta de capacidad de almacenamiento en memoria intermedia.



**Figura I.2/G.8261/Y.1361 – Variación del retardo con la carga en la etapa de entrada**

### I.1.3 Retardo del bloque funcional de conmutación

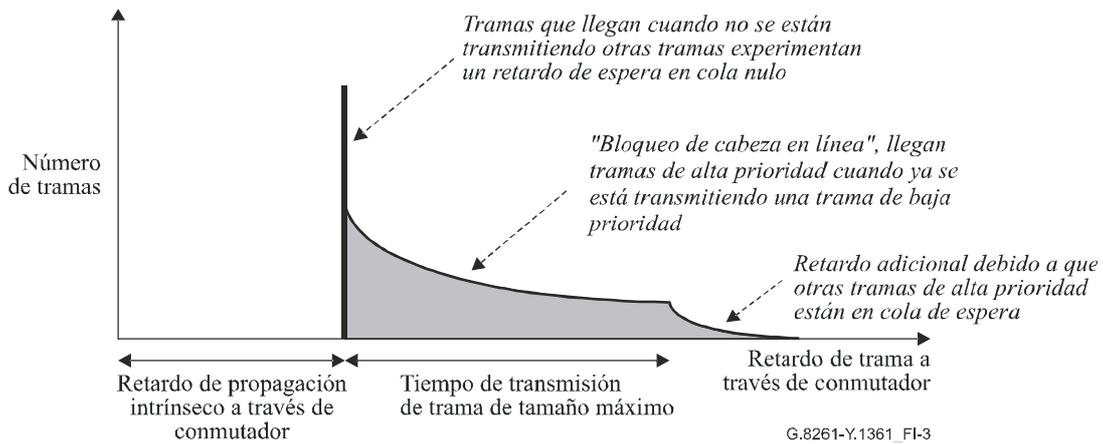
El retardo a través del propio bloque funcional de conmutación depende también tanto de la arquitectura del conmutador como de la carga de tráfico. Por ejemplo, muchos conmutadores utilizan algoritmos de planificación para la conmutación de tramas de entrada a puertos de salida, lo cual puede dar lugar a una pequeña variación en el retardo de las tramas, dependiendo de su momento de llegada con respecto al "tic" del planificador. Sin embargo, en la mayoría de los casos esta variación del retardo es pequeña debido a la elevada frecuencia a la que trabaja el planificador.

A velocidades de datos entrantes muy elevadas, es posible que el propio bloque funcional de conmutación esté sobrecargado y sea incapaz de manejar el volumen total de tráfico que requiere conmutación. Lo cual dará lugar a que se abandonen tramas.

### I.1.4 Retardo por espera en cola a la salida

La cantidad de retardo añadido por la espera en cola a la salida dependerá de los criterios de puesta en cola de espera empleados y de la prioridad del flujo de tráfico. Por ejemplo, un flujo de alta prioridad (como podría ser el caso de un flujo de temporización de paquetes) cuando se aplica una política de prioridad estricta podría sufrir retardo por "bloqueo de cabeza de línea". Esto es lo que ocurre si una trama que tiene prioridad máxima llega al puerto de salida justo después de que haya empezado a transmitirse una trama de prioridad baja. La trama de alta prioridad tiene que esperar entonces hasta que haya terminado la transmisión de la otra trama.

La figura I.3 muestra el perfil del retardo que experimenta un colectivo de tramas de alta prioridad en combinación con una política de puesta en cola de espera de prioridad estricta. Para mayor sencillez, en este diagrama se supone que las tramas experimentan un retardo aproximadamente constante a través de las otras funciones de conmutación, lo que aquí se denomina "retardo de propagación intrínseco a través del conmutador". Una proporción de las tramas llega a la cola de espera a la salida en un momento en que no están siendo transmitidas otras tramas. Esas tramas son transmitidas inmediatamente. El resto tiene que aguardar en la cola de espera mientras se completa la transmisión en curso. Puede haber un retardo adicional debido a la presencia, también en cola de espera, de otros paquetes de alta prioridad.



**Figura I.3/G.8261/Y.1361 – Puesta en cola de espera con prioridad estricta: bloqueo de cabeza de línea**

### I.1.5 Retardos típicos en los conmutadores Ethernet

En base al modelo descrito en I.1, es posible elaborar un modelo simplificado de los retardos causados por un conmutador Ethernet, identificando dos contribuciones principales.

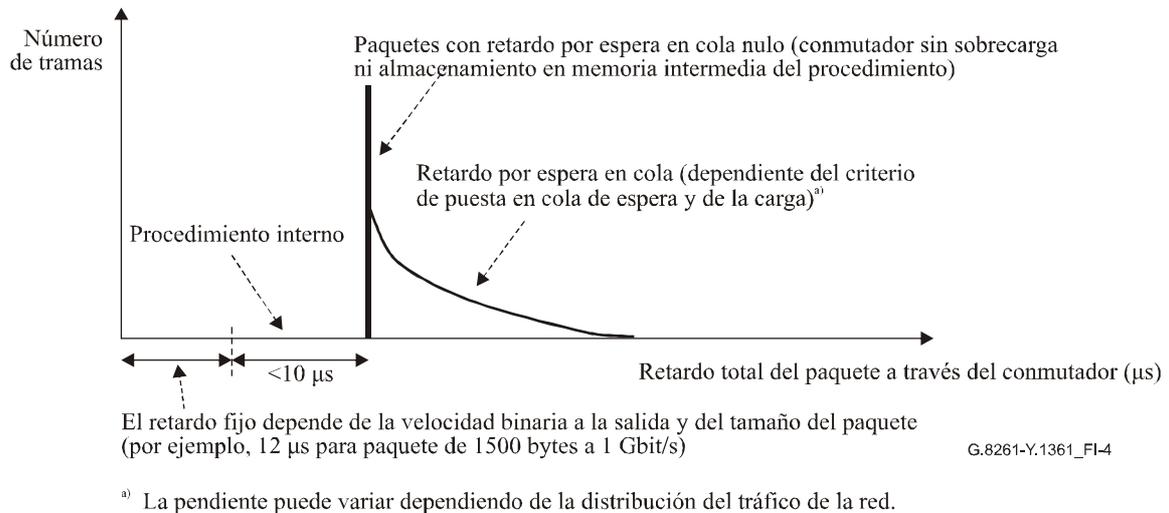
El primer tipo de contribución está relacionado con la clasificación, el control de admisión y las operaciones de conmutación; el segundo tipo de contribución está relacionado con la cola de espera a la salida y la transmisión.

El primer tipo de retardo tiene que ver principalmente, entonces, con la capacidad de procesamiento del conmutador mientras que el segundo depende de la velocidad binaria de la línea saliente (por ejemplo, 1 Gbit/s) y de la política/las prioridades de puesta en cola de espera que se implementen.

En la hipótesis de que el diseño de la red Ethernet no implementa conmutadores Ethernet allí donde el cuello de botella es la capacidad de procesamiento del conmutador Ethernet, cabe suponer que la capacidad de procesamiento contribuiría con valores por debajo de 10  $\mu$ s (de hecho, un paquete de 1500 bytes en la cola de espera de salida tarda 12  $\mu$ s por un enlace a 1 Gbit/s) y además la sobrecarga de procesamiento o el almacenamiento en memoria intermedia del procesamiento no deberían plantear problemas (véase la figura I.2).

Respecto al segundo tipo de retardo, se trata de un retardo que puede calcularse de acuerdo con el modelo proporcionado en el apéndice V.

En la figura I.4 se muestra el modelo simplificado.



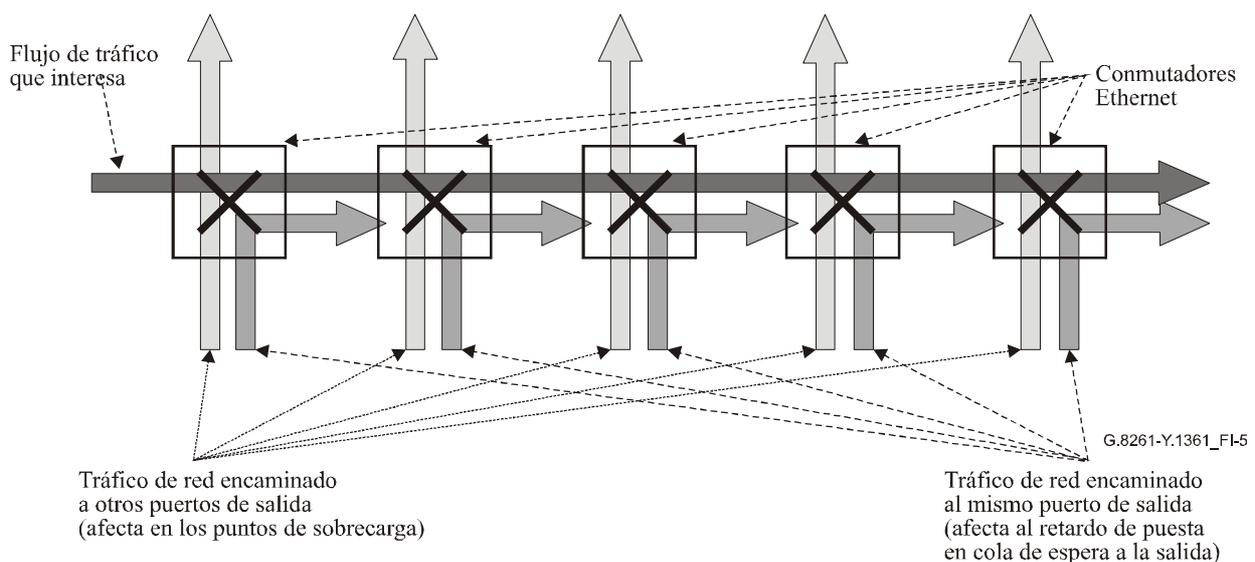
**Figura I.4/G.8261/Y.1361 – Modelo simplificado de los retardos en el conmutador Ethernet**

En relación con la figura I.4, hay que señalar que el procesamiento de la cola de espera puede influir también en la configuración de la distribución de retardos.

## I.2 Características de las redes Ethernet conmutadas

### I.2.1 Topología de las redes Ethernet

Si bien son numerosas las distintas topologías de red posibles, para la consideración de un flujo particular a través de una red se pueden modelar esas topologías como una cadena de conmutadores Ethernet según muestra la figura I.5. En cada conmutador de la cadena, es posible que una trama Ethernet sea retardada debido a los mecanismos descritos en I.1. Este retardo se verá afectado por el otro tráfico que fluye a través del conmutador. El tráfico dirigido al mismo puerto de salida influiría en el retardo por espera en cola a la salida, mientras que la suma total del tráfico que fluye a través del conmutador (incluyendo el que fluye hacia otros puertos) afectará a los retardos de procesamiento y del bloque funcional de conmutación.



**Figura I.5/G.8261/Y.1361 – Flujos de datos dentro de una red Ethernet**

La longitud de la cadena influye en el retardo total del sistema o, dicho más claramente, cuantos más conmutadores haya mayor es el retardo total y mayor es también la variación del retardo. Sin embargo, en muchas redes Ethernet, la longitud de la cadena puede ser muy pequeña. Por ejemplo, en una red jerárquica puede que a menudo sólo haya dos o tres niveles de jerarquía, que generan una longitud de cadena de hasta cinco conmutadores.

En algunos casos se puede emplear topología en anillo. Normalmente el anillo contiene en torno a diez conmutadores, lo que da lugar a una "distancia" máxima alrededor del anillo de cinco conmutadores. Ocasionalmente, se pueden utilizar anillos interconectados, lo cual duplicaría la "distancia" a unos diez.

### **I.2.2 Patrones y niveles de tráfico**

Con la excepción del tráfico a velocidad binaria constante y en tiempo real, la mayoría del tráfico de red se produce en forma de ráfagas muy intensas. Se ha constatado que casi a cualquier nivel por el que uno se interese, pueden observarse variaciones del tráfico. Por ejemplo, a un nivel muy pequeño se producen ráfagas debido a la apertura y el cierre del tamaño de la ventana TCP. A un nivel mayor, pueden producirse ráfagas por la naturaleza de la aplicación (por ejemplo, descargas de grandes ficheros), mientras que a un nivel mayor todavía puede haber ráfagas a causa de la hora del día (por ejemplo, niveles de actividad más altos durante el día que durante la noche).

Cuando se analiza la calidad de funcionamiento de un flujo de transporte TDM, en lo tocante al retardo, se han de tener en cuenta los efectos de otros tráficos por la red. Por ejemplo, en la figura I.5, cada uno de los tráficos de la red puede estar variando de alguna forma, independientemente de los otros flujos.

La Rec. UIT-T G.1020 propone la utilización de modelos Markov de cuatro estados para modelar la distribución de la pérdida de paquetes. Podría aplicarse una técnica similar a las longitudes de las ráfagas en cada flujo, lo que haría posible el modelado de ráfagas y grupos de ráfagas. A continuación podría aplicarse un plazo más largo (por ejemplo, el de variación diurna) como una variación gradual de las densidades de las ráfagas.

### **I.2.3 Eventos perturbadores en las redes Ethernet**

Hay varios tipos de "eventos perturbadores" que pueden provocar cambios súbitos del retardo en una red Ethernet. Los cambios de retardo resultantes pueden ser permanentes o temporales. Son eventos perturbadores los siguientes:

- Una alteración del encaminamiento, que provoca un cambio en escalón permanente en el retardo.
- La sobrecarga temporal de la red, que provoca un cambio importante pero temporal en el retardo.
- La pérdida temporal del servicio, que hace que se pierdan todos los paquetes durante un periodo de tiempo.

## Apéndice II

### Periodo de estabilización

El periodo de estabilización es un parámetro que puede ser importante durante la fase de arranque (para conseguir que la instalación del equipo se haga de forma rápida) o cuando se conmuta entre referencias de temporización (para limitar el estado transitorio de fase). Si el equipo ha estado funcionando en régimen libre durante largos periodos (por ejemplo, horas), el error de fase al seleccionar una nueva referencia de reloj estaría dominado en gran medida por el error de fase provocado por el error de frecuencia del reloj en régimen libre.

Cuando se utiliza el método adaptativo, el requisito respecto al periodo de estabilización quizás dependa del ruido de fase efectivo en la red de paquetes. De hecho, una variación elevada del retardo de los paquetes en la red de paquetes puede requerir un largo periodo antes de que el reloj se pueda enganchar a la referencia de temporización.

También son importantes la implementación del filtro y las características del oscilador interno. En realidad, dependiendo de las características del régimen libre (por ejemplo, Tipo II vs. Tipo III G.812), podría aceptarse una duración mayor cuando se conmutara de una referencia a una segunda referencia, ya que un buen funcionamiento en modo régimen libre permite periodos de enganche más largos (el requisito principal es limitar el error de fase total durante la conmutación de referencia).

Los requisitos del periodo de estabilización quedan en estudio.

A efectos de las pruebas que se detallan en el apéndice VI, se propone un periodo de estabilización de al menos 900 s en los métodos adaptativos ya que, para caracterizar convenientemente las estadísticas de variación del retardo de los paquetes en una red, podría hacer falta un periodo suficientemente largo.

## Apéndice III

### Modelos funcionales basados en las Recs. UIT-T G.805 y G.809

NOTA – Este apéndice contiene la visión actual del desarrollo del modelado de la sincronización utilizando algunos de los conceptos básicos proporcionados por la Rec. UIT-T G.805.

En esta versión de la Recomendación se analiza la emulación de circuitos en redes Ethernet. La arquitectura de las redes Ethernet se especifica en la Rec. UIT-T G.8010/Y.1306, que define la arquitectura en términos G.805 y G.809. Las Recs. UIT-T G.805 y G.809 son métodos de modelado desarrollados por el UIT-T que permiten la especificación formal de arquitecturas de redes y equipos.

La presente Recomendación incluye una breve descripción de la función de interfuncionamiento que se necesita para llevar cabidas útiles TDM por redes basadas en paquetes (véase la cláusula 12). Este apéndice da detalles de determinados componentes necesarios para llevar servicios PDH emulados por redes de paquetes. En esta versión de la Recomendación no se describe la función de interfuncionamiento en términos de constructores de modelado actuales G.805, ya que determinados aspectos relacionados con la sincronización no pueden describirse en base a métodos de modelado G.805. A este respecto, es preciso ampliar los modelos G.805. Este apéndice proporciona modelos funcionales preliminares.

La función de interfuncionamiento descrita en la figura 14 contiene un cierto número de elementos clave necesarios para adaptar las señales TMD al transporte basado en paquetes.

Las funciones correspondientes son:

- Conversión TDM a paquete.
- Conversión paquete a TDM.
- Funciones relacionadas con los paquetes (por ejemplo, adición de tara).
- Transporte de capa física.

A los efectos de sincronización de la IWF, es de capital importancia disponer de diversas funciones de reloj. Por ejemplo:

- Recuperación y generación de reloj TDM.
- Recuperación de reloj de capa física.
- Recuperación de reloj basada en paquetes.

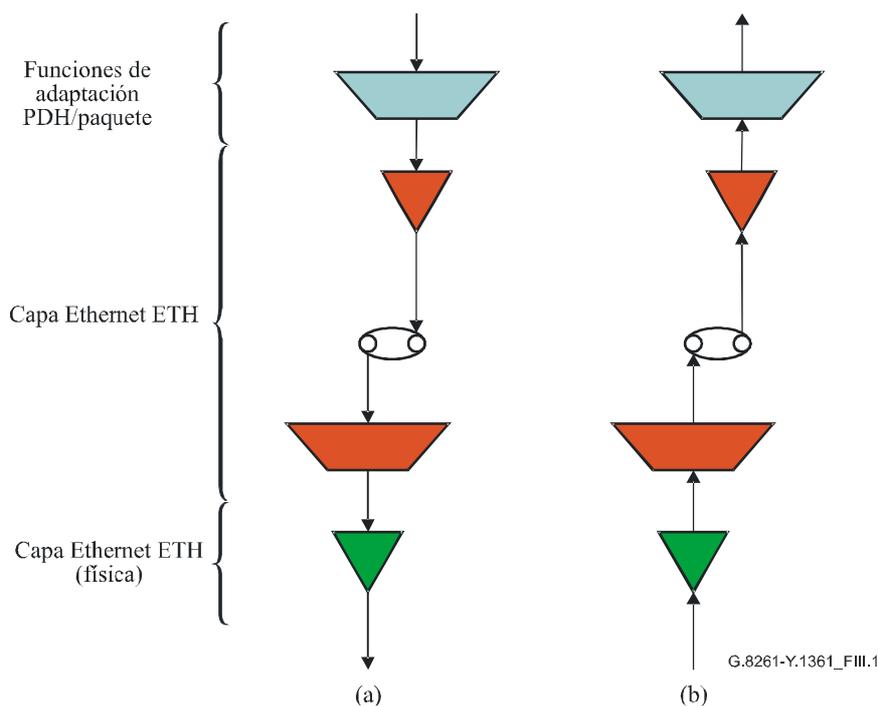
Para la recuperación de reloj basada en paquetes, la presente Recomendación describe dos métodos generales: diferencial y adaptativo.

#### III.1 Aplicación de la Rec. UIT-T G.805 a la IWF

La Rec. UIT-T G.805 contiene un cierto número de constructores arquitecturales que permiten especificar redes de capa. Una característica fundamental de G.805 es la noción de relaciones cliente/servidor dentro de una arquitectura de red. Una red específica puede tener múltiples capas, interactuando cada una de ellas con una determinada relación cliente/servidor. Son ejemplos de redes de capa las SDH, OTN y Ethernet. En el caso de la SDH, las tres capas son la capa trayecto, la capa sección múltiplex y la capa sección regenerador. La capa trayecto es cliente de la capa múltiplex y la capa múltiplex es cliente de la capa regenerador. Para la red Ethernet, la Rec. UIT-T G.8010/Y.1306 define dos capas, la capa ETH y la capa ETY. La capa ETH es análoga a la capa 2 del modelo de referencia OSI (la capa enlace de datos) y proporciona funciones de tipo paquete. La capa ETY es análoga a la capa física OSI (capa 1).

La Rec. UIT-T G.805 especifica bloques funcionales con los que es posible describir las propiedades de capas de red individuales. Los dos bloques funcionales clave son el de funciones de adaptación y el de funciones de terminación de camino. Las funciones de adaptación facilitan la interacción entre capas. Las funciones de terminación de camino añaden la tara necesaria para llevar las señales a través de la red de capa servidor. Una red de capa cliente es transportada por una capa de red servidor adaptando el cliente al servidor mediante una función de adaptación. La información llevada por una capa determinada se denomina información característica (CI). Para más información, véase la Rec. UIT-T G.805.

Respecto a la IWF de CES en la presente Recomendación, y respecto a la aplicación a las capas Ethernet ETH y ETY, la figura 12 contiene funciones de capa paquetes y capa física y, por tanto, las dos capas Ethernet, ETH y ETY, están implementadas dentro de la IWF. La conversión PDH a paquete no forma parte de las capas Ethernet, pero puede considerarse que es una función de adaptación en términos de la Rec. UIT-T G.805. La función IWF básica en el sentido PDH a paquete (entrada PDH a IWF) puede verse funcionalmente como en la figura III.1 (a) y en el sentido paquete a TDM (salida PDH), como en la figura III.1 (b). Se señala que algunos componentes de reloj de la IWF no se muestran de manera explícita en esta figura (por ejemplo, relojes, selectores de referencia de reloj), mientras que otros pueden estar contenidos dentro de funciones específicas. Por ejemplo, la recuperación de reloj PDH puede considerarse parte de la función de adaptación de capa PDH a paquete, ya que está relacionada con la adaptación de la información de reloj de la capa cliente a la capa servidor subyacente (véase III.2, más abajo). Además, los bloques funcionales que contiene la figura III.1 se describen de modo que no limiten la implementación y puedan aplicarse a diversas topologías de equipos.



**Figura III.1/G.8261/Y.1361 – Bloques funcionales dentro de la IWF del CES**

### III.2 Información de temporización transportada por redes de capa

La metodología del modelado de redes de capa permite transportar información desde una capa cliente por una red de capa servidor. A la información transportada se le denomina información característica (CI). La CI se define para cada red de capa específica y variará con redes de capa diferentes. Por ejemplo, la información característica de una señal PDH consiste en la información de datos y reloj.

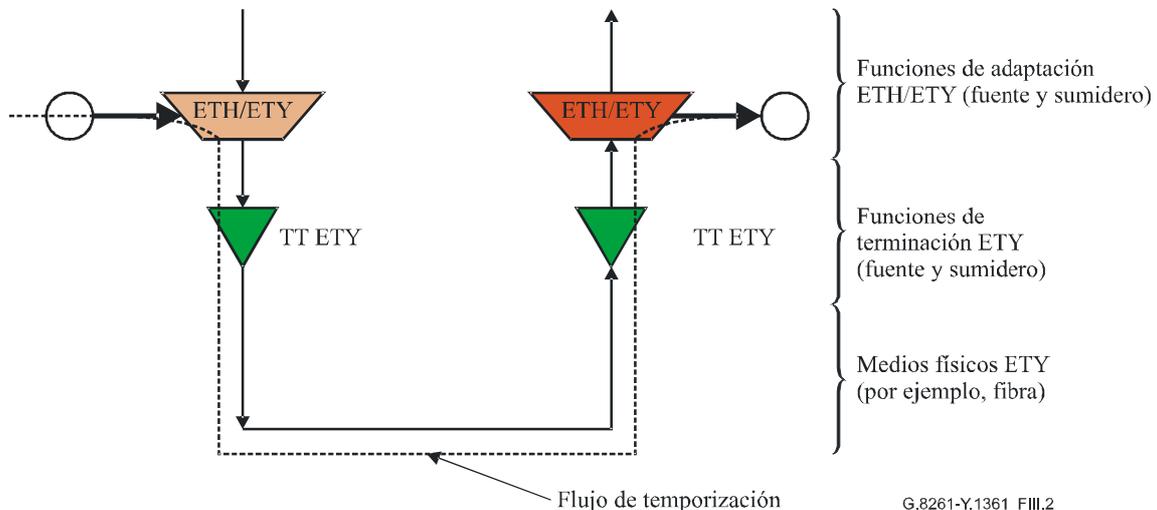
Respecto a la información de reloj, la red de capa PDH y la red de capa ETY tienen información de temporización que forma parte de la CI mientras que la capa ETH no la tiene. La información característica de una señal PDH en la IWF consiste en la información de datos y reloj (el reloj de servicio). La función de la IWF es transportar esta información de datos y reloj.

Como se ha indicado más arriba, las funciones de adaptación se utilizan para adaptar la información de cliente que se ha de llevar por una red de capa servidor. En este caso, la CI de la red de capa cliente se llama información adaptada (AI, *adapted information*). En todos los casos, las redes de capa servidor pueden transportar la porción de datos de la CI de cliente, pero no todas las redes de capa servidor pueden transportar de forma implícita información de temporización. En tal caso, cuando se requiere transportar temporización, se necesitan medios alternativos que proporcionen la temporización.

Respecto a las redes de paquetes de capa servidor, la presente Recomendación describe dos métodos cuyo objetivo es permitir que la información de temporización de la señal PDH de capa cliente sea transportada por una red de capa servidor basada en paquetes. La cláusula 9 describe mecanismos diferenciales y adaptativos con los que realizar esto.

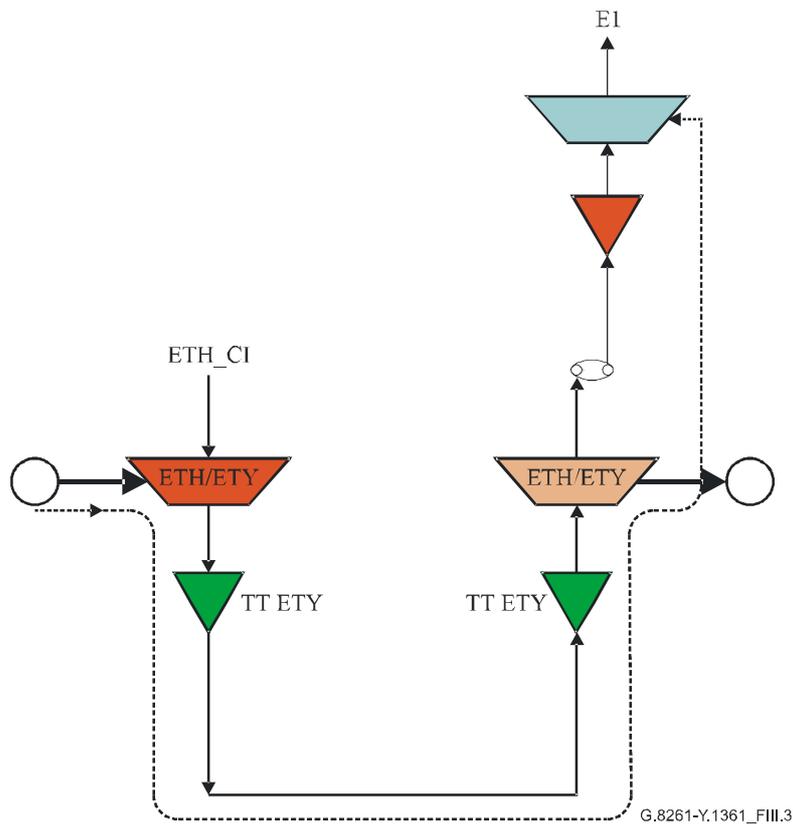
### III.3 Modelo funcional de temporización de capa física Ethernet

Según la figura 14, la IWF puede ser temporizada vía "interfaz física de paquetes". Respecto al modelo de arquitectura Ethernet, sólo se utilizan la función de terminación de camino (TT, *trail termination*) ETY y la función de adaptación ETH/ETY. En la figura III.2 se presenta el modelo funcional de un enlace punto a punto. Dicha figura muestra el flujo de temporización. La temporización de la función de adaptación ETH/ETY puede proceder bien de una fuente externa o bien de un oscilador interno en funcionamiento libre.



**Figura III.2/G.8261/Y.1361 – Modelo funcional para temporización de Ethernet (PHY Ethernet síncrona)**

La figura III.3 contiene un ejemplo de cómo la temporización de capa física puede temporizar una función de adaptación PDH/ETH sumidero.

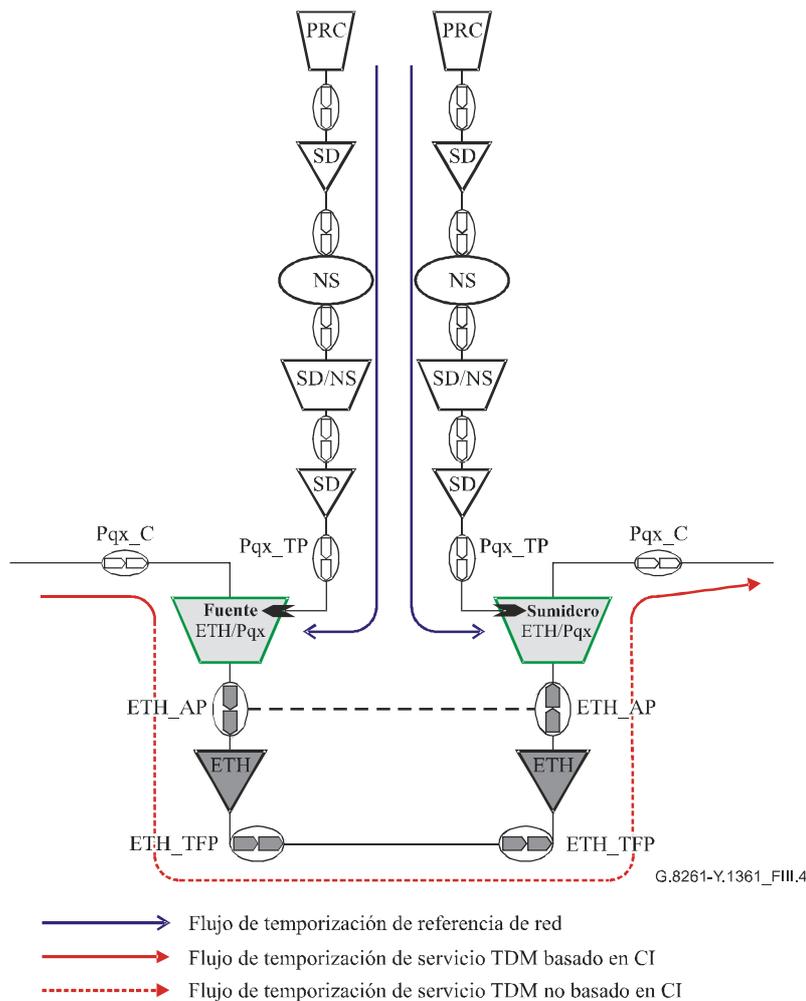


**Figura III.3/G.8261/Y.1361 – Ejemplo de utilización de la temporización de capa física para proporcionar temporización a una función de adaptación ETH/PDH**

### III.4 Modelo funcional para métodos diferenciales y adaptativos

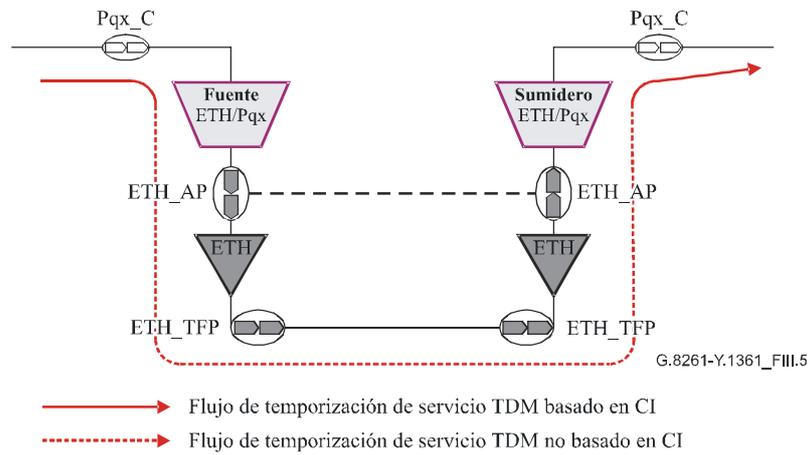
En esta Recomendación se describen los mecanismos diferenciales y adaptativos de transferencia de temporización basados en métodos de paquetes. En ambos casos, esas funciones residen en las de adaptación PDH/ETH (véase la figura III.1). La principal diferencia entre estas dos técnicas es que el método diferencial requiere que se proporcione una referencia de temporización tanto a la función PDH/ETH sumidero como a la función PDH/ETH fuente. Los métodos adaptativos se basan por lo general en la velocidad media de recepción de paquetes en la IWF sumidero (lo que normalmente se consigue midiendo el intervalo de tiempo entre llegadas de paquetes o supervisando el nivel de llenado de la memoria intermedia; algunos mecanismos de recuperación de reloj adaptativos pueden utilizar también indicaciones de tiempo) y por eso no necesitan que se les suministre una referencia externa. Los modelos funcionales de los métodos diferenciales y adaptativos se muestran en las figuras III.4 y III.5, respectivamente.

NOTA – En este apéndice se definen dos funciones distintas para modo diferencial y para modo adaptativo, lo que permite una mayor flexibilidad en la implementación.



**Figura III.4/G.8261/Y.1361 – Modelos funcionales de temporización diferencial**

En el caso del modo diferencial, se suministra reloj de referencia rastrearable hasta un PRC (flujos de temporización en trazo azul) a ambas funciones IWF, fuente y sumidero, (funciones de adaptación ETH/Pqx). En la IWF fuente, la diferencia entre la temporización del servicio (flujo de temporización en trazo rojo continuo) y la referencia externa se codifican en forma de indicaciones de tiempo. Esta información se transfiere por la red Ethernet (flujo de temporización en trazo rojo discontinuo). En la IWF sumidero, las indicaciones de tiempo junto con la referencia externa se utilizan para recrear el reloj de servicio (flujo de temporización en trazo rojo continuo). Por ello se requiere la misma referencia (rastrearable hasta un PRC) en ambos extremos.



**Figura III.5/G.8261/Y.1361 – Modelos funcionales de temporización adaptativa**

En el caso del modo adaptativo, la recuperación del reloj en el extremo de sincronización se basa en la velocidad media de recepción de paquetes en la IWF sumidero, y para ello normalmente se mide el intervalo de tiempo entre llegadas de paquetes o se supervisa el nivel de llenado de la memoria intermedia (algunos mecanismos de recuperación de reloj adaptativos pueden utilizar también indicaciones de tiempo). En este modo de distribución de la temporización no es preciso utilizar una referencia externa.

Los detalles de las funciones de los métodos adaptativos y diferenciales quedan en estudio.

## Apéndice IV

### Aspectos de la sincronización en la periferia de la red

#### IV.1 Requisitos de sincronización de las estaciones base GSM, WCDMA y CDMA2000

El requisito de temporización aplicable a la interfaz radioeléctrica GSM figura en la especificación técnica del ETSI TS 145 010 [B3]. El requisito básico es cumplir la exigencia de una exactitud de frecuencia de 50 partes por millardo (ppb, *parts per billion*) en la interfaz radioeléctrica.

El requisito de temporización aplicable a la interfaz radioeléctrica WCDMA figura en las especificaciones técnicas de TS 125 104 (modo FDD) [B4] y TS 125 105 (modo TDD) [B5]. También para la WCDMA el requisito básico es cumplir la exigencia de una exactitud de frecuencia de 50 partes por millardo en la interfaz radioeléctrica.

La estructura y las normas aplicables en capa 1 a la entrada de la BTS/el nodo B, para el cumplimiento de esos requisitos básicos, se presentan en las especificaciones técnicas TS 100 594 [B10] para GSM y TS 125 402 [B6] y TS 125 431 [B10] para WCDMA.

Los requisitos de sincronización de las señales de entrada se expresan en términos de enmascaramiento de la fluctuación lenta de fase a la salida, a lo que se refieren las Recs. UIT-T G.823 y G.824, y de la posibilidad de rastreo hasta una fuente PRC.

La especificación técnica TS 125 402 [B6] presenta exigencias adicionales a la exactitud de fase en el modo TDD de WCDMA: el requisito de que la diferencia de fase relativa entre nodos B no exceda de 2,5  $\mu$ s.

Debe señalarse que en el caso de la red de acceso radioeléctrico GSM y WCDMA no hay unos requisitos de exactitud de frecuencia tan estrictos para limitar la tasa de deslizamientos.

De hecho, en ese caso se almacenan los datos de un solo usuario en una memoria intermedia relativamente grande (de 10 a 30 ms) y, suponiendo también una exactitud de frecuencia de 50 partes por millardo, los datos se perderían (memoria intermedia vacía o llena) después de unos periodos de tiempo prolongados, mucho más largos si se comparan con los de elementos de red de conmutación clásicos en donde las memorias intermedias que manejan los datos son mucho más pequeñas (125  $\mu$ s).

La norma CDMA2000 pertinente es la 3GPP2 C.S0010-B. A propósito de los requisitos de sincronización establece que:

- La temporización de la estación base deberá estar dentro de 10  $\mu$ s con respecto al UTC.
- La diferencia de frecuencia media entre la frecuencia portadora de transmisión CDMA real y la asignación de frecuencia de transmisión CDMA especificada deberá ser inferior a  $\pm 50$  partes por millardo.

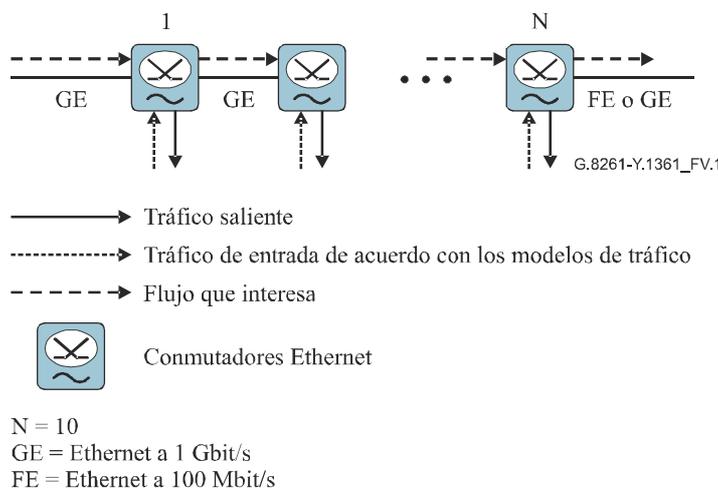
Según la especificación 3GPP2 C.S0002-B, además, para soportar el tiempo de sistema CDMA, todas las transmisiones digitales de estación base se refieren a una escala de tiempos del sistema CDMA común que utiliza la escala de tiempos del sistema mundial de determinación de posición (GPS, *global positioning system*), rastreable hasta, y síncrono con, el tiempo universal coordinado (UTC, *universal coordinated time*).

## Apéndice V

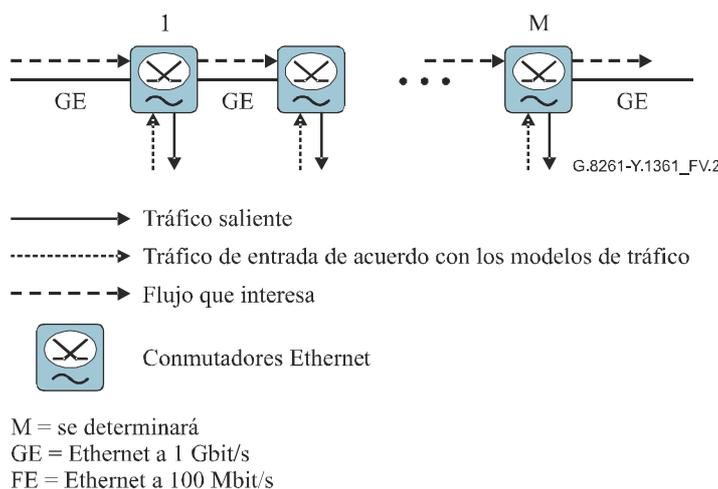
### Modelos de referencia de las redes de paquetes

Los modelos de referencia de las redes de paquetes que han de ser utilizados para caracterizar la calidad de funcionamiento de dichas redes en términos de variaciones del retardo de los paquetes se muestran en las figuras siguientes: la figura V.1, en la que el modelo A está relacionado con aplicaciones cuyos requisitos de retardo y variación del retardo son muy estrictos, y la figura V.2, en la que el modelo B se refiere a escenarios con requisitos de variación del retardo de los paquetes menos severos.

Estos modelos no explican cómo han sido diseñadas las redes de paquetes. Su objetivo es simplemente facilitar una comprensión general de las redes de paquetes típicas.



**Figura V.1/G.8261/Y.1361 – Modelo de referencia de red de paquetes A (red Ethernet conmutada)**



**Figura V.2/G.8261/Y.1361 – Modelo de referencia de red de paquetes B (red Ethernet conmutada)**

NOTA 1 – Respecto al número de conmutadores Ethernet ("M") de la figura V.2, hay un acuerdo general en el sentido de que 20 es un número razonable. Algo que ha de ser confirmado.

NOTA 2 – En los nuevos modelos podrían tomarse en consideración enlaces a 10 Gbit/s.

Se han tendido en cuenta los casos siguientes:

- Caso 1: Red Ethernet conmutada, consiguiéndose el mejor esfuerzo con sobreaprovisionamiento (una sola cola de espera).
- Caso 2: Red Ethernet conmutada. Calidad de servicio de acuerdo con IEEE 802.1q e IEEE 802.1p (al menos dos colas de espera, una de ellas especializada en el manejo de datos en tiempo real y disciplina de puesta en cola justa ponderada (WFQ, *weighted fair queuing*)).
- Caso 3: Red Ethernet conmutada. Calidad de servicio de acuerdo con IEEE 802.1q e IEEE 802.1p (con una cola especializada en el manejo de datos utilizados para la recuperación de la temporización, por ejemplo, indicaciones de tiempo).

NOTA 3 – Para comprender la aplicabilidad de los modelos de las figuras V.1 y V.2, un procedimiento sencillo podría consistir en definir dos escenarios principales de red: red medular que puede utilizarse también para llevar servicios por la red de acceso (por ejemplo, arrendando anchura de banda) y red de acceso especializada. El modelo B (figura V.2) podría ser el modelo de referencia aplicable sobre todo al primer tipo de red de paquetes (red medular), mientras que el modelo A (figura V.1) podría ser el modelo de referencia aplicable principalmente a una red de acceso (por ejemplo, una red de acceso inalámbrica).

Respecto a los modelos descritos en la cláusula 7, esto significa que por lo general (en la mayoría de los casos) la isla CE del caso 1 y del caso 3 podría ser caracterizada por el modelo B de referencia de red de paquetes, mientras que la isla CE del caso 2 podría ser caracterizada por el modelo A de referencia de red de paquetes. Un tercer escenario es aquel en que el operador arrienda anchura de banda para conectar dos puntos extremos vía conmutadores Ethernet (por ejemplo, anchura de banda garantizada a 100 Mbit/s sobre transporte a 1 Gbit/s). También en este caso podrían utilizarse los modelos del presente apéndice. Con un acuerdo de nivel de servicio apropiado entre el cliente y el operador de red Ethernet, podría suponerse que el tráfico que interfiere en los nodos intermedios es tráfico con menos prioridad. El SLA podría entonces garantizar anchura de banda y aumentar la prioridad, ya que ambas cosas serían elementos clave de un SLA con tarifa recargada como el que podrían demandar, por ejemplo, los operadores celulares a los proveedores de Ethernet. Esto podría considerarse entonces un escenario con características de manejo de tráfico entre el escenario 2 y el escenario 3. Por lo que se refiere al resultado esperado, si se arrienda anchura de banda en una red de paquetes, se conseguirá normalmente una mejor calidad de funcionamiento en comparación con los escenarios 1 y 2.

Las condiciones consideradas básicas para la caracterización de una red de paquetes son como sigue:

- Carga de tráfico: 60% estática.
- Velocidad de paquetes: 10 paquetes por segundo.
- Intervalos de observación: 60 minutos.
- Modelos de tráfico de acuerdo con el apéndice VI.
- Longitud de paquetes: 90 octetos.

Respecto a las condiciones arriba indicadas, se señala que también cabe tener en cuenta las características de señales a 2 Mbit/s, es decir, paquetes con una cabida útil de 256 octetos y velocidad de paquetes de 1000 p/s.

Tomando como base los modelos anteriores, los parámetros del cuadro V.1 describen el comportamiento típico de la red de paquetes en los diferentes casos:

**Cuadro V.1/G.8261/Y.1361 – Parámetros de los modelos de red pertinentes**

Modelo de red		Retardo medio ( $\mu$ s)	Retardo mínimo + umbral <sup>a)</sup> (x%) ( $\mu$ s)
Modelo A	Escenario 1	1400	800 + 1700 (95%) 800 + 800 (50%) 800 + 20 (10%) 800 + 1 (1%)
	Escenario 2	En estudio	En estudio
	Escenario 3	En estudio	En estudio
Modelo B	Escenario 1	En estudio	En estudio
	Escenario 2	En estudio	En estudio
	Escenario 3	En estudio	En estudio
<sup>a)</sup> Este valor es la variación del retardo máximo para x% de los paquetes (los valores de referencia son 95%, 50%, 10% y 1%).			

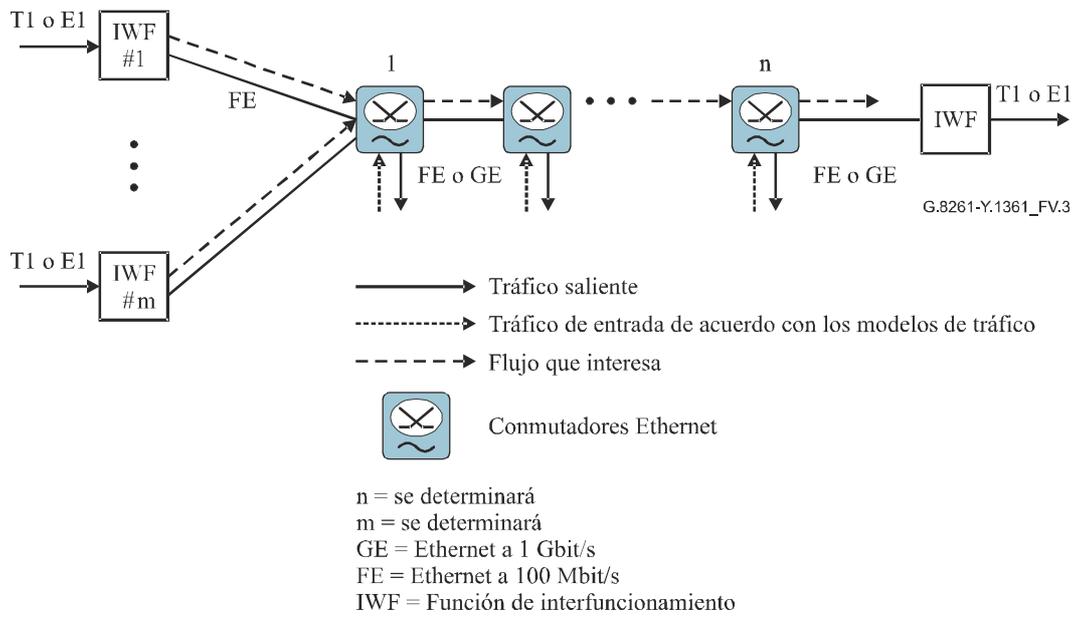
NOTA 4 – Los valores se basan en una configuración con enlaces a 100 Mbit/s solamente. Así se tiene un escenario conservador, sobre todo para paquetes con una variación del retardo mayor. Es preciso seguir trabajando en este tema para confirmar y completar el cuadro.

En el apéndice VI se dan detalles sobre los casos de prueba necesarios para probar la red también en condiciones no estáticas o de fallo.

Se pueden utilizar velocidades de paquetes diferentes para probar aplicaciones diferentes y mejorar la calidad de funcionamiento de los algoritmos de filtrado (esto tienen importancia en los métodos adaptativos, o de manera general cuando la sincronización se lleva en paquetes).

NOTA 5 – También debería considerarse la distribución espectral en la caracterización de las redes de paquetes. Este tema queda en estudio.

NOTA 6 – La definición de otros escenarios queda en estudio. Estos modelos deberían permitir el estudio de otros escenarios de red significativos (por ejemplo, concentraciones de tráfico que llevan a situaciones de cuello de botella, como se muestra en la figura V.3).



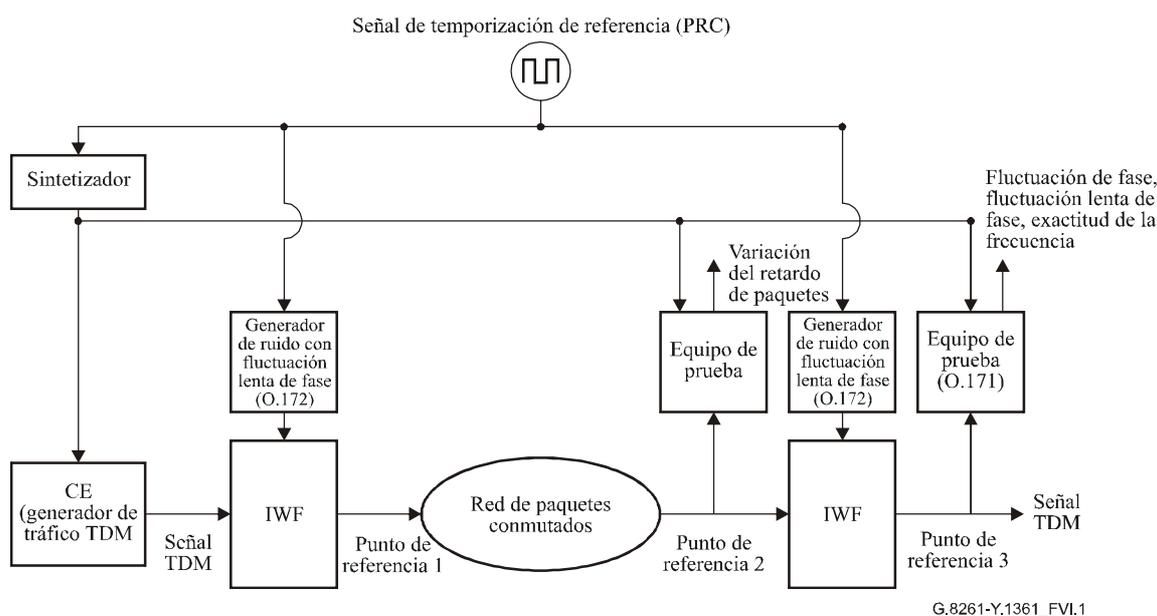
**Figura V.3/G.8261/Y.1361 – Configuración en cuello de botella**

## Apéndice VI

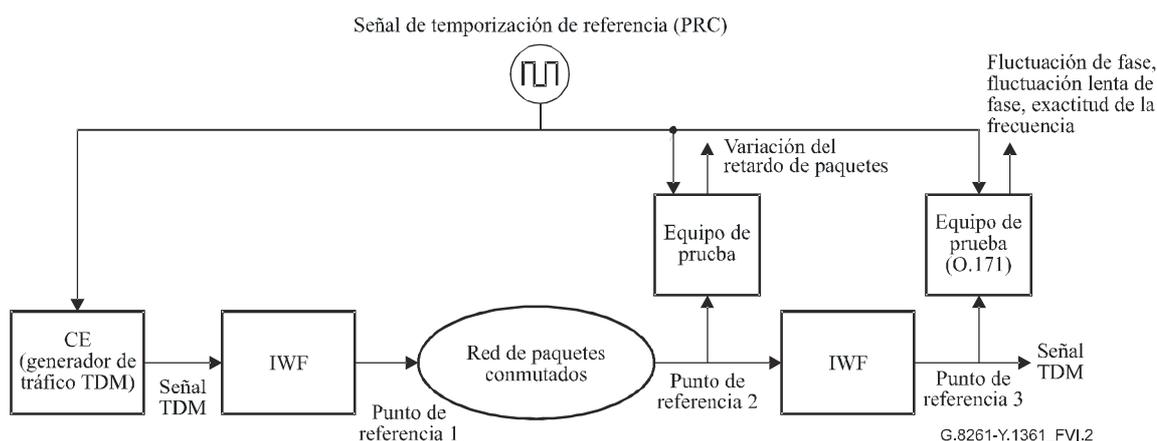
### Diretrizes para la medición

#### VI.1 Puntos de referencia de la medición

En la figura VI.1 (método de recuperación de reloj diferencial) y en la figura VI.2 (método de recuperación de reloj adaptativo) se muestran los puntos de referencia de la medición. Estas figuras proporcionan dos de los escenarios más relevantes. En versiones futuras de la presente Recomendación se podrán identificar más escenarios.



**Figura VI.1/G.8261/Y.1361 – Puntos de referencia de la medición en el método de recuperación de reloj diferencial**



NOTA – La señal de temporización de referencia (PRC) se utiliza para representar el reloj de servicio TDM.

**Figura VI.2/G.8261/Y.1361 – Puntos de referencia de la medición en el método de recuperación de reloj adaptativo**

NOTA 1 – El "generador de ruido con fluctuación lenta de fase" de la figura VI.1 se inserta para simular el ruido generado por la red de sincronización (que se especifica en la Rec. UIT-T O.172). La salida del generador de ruido con fluctuación lenta de fase deberá ser conforme a la interfaz de sincronización, como se especifica en las Recs. UIT-T G.824 y G.823.

NOTA 2 – El sintetizador de la figura VI.1 se necesita para cambiar la frecuencia de las señales TDM asíncronas (dentro de los límites G.703).

NOTA 3 – Este apéndice contiene una serie de pruebas con las que evaluar la calidad de la recuperación de reloj adaptativa con diferentes tipos de topología de red, características de tráfico y degradaciones. No obstante, las pruebas que aquí se definen no son exhaustivas y no abarcan todas las posibles degradaciones que podrían ser provocadas por la red de paquetes. En el futuro se pueden definir otras pruebas, por ejemplo:

- Recuperación del reloj en presencia de la agregación de enlaces, como en 802.1ad.
- Recuperación del reloj cuando se tiene en cuenta la calidad de servicio (QoS, quality of service).
- Recuperación del reloj en presencia de control del flujo, por ejemplo mediante tramas de pausa de 802.3x.

NOTA 4 – Las pruebas para el método de recuperación de reloj diferencial todavía no han sido definidas.

NOTA 5 – En el apéndice II/G.823 se dan metodologías de medición de las señales asíncronas.

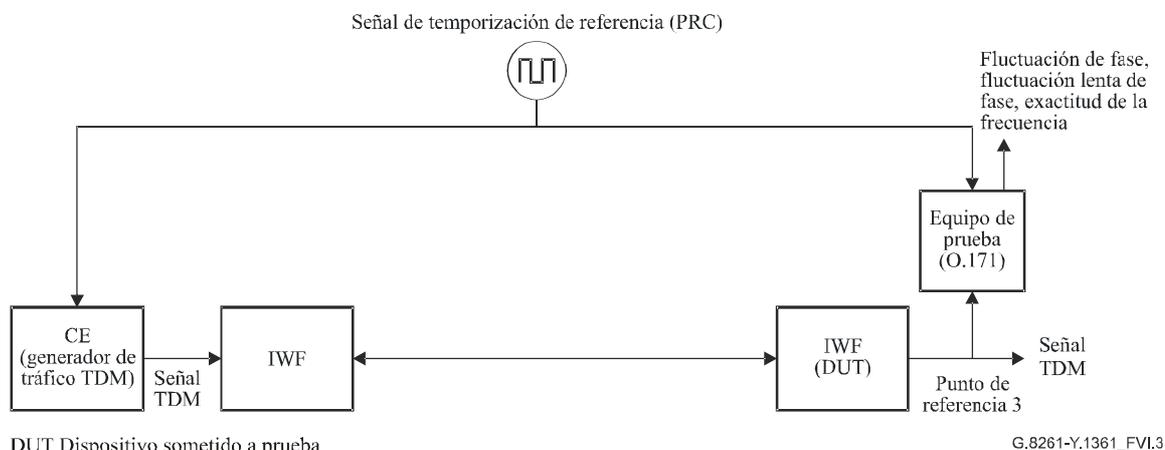
## VI.2 Topologías de prueba

Las topologías de prueba que aquí se describen incluyen procedimientos con los que verificar los métodos de sincronización aplicables a la presente Recomendación.

Estas pruebas se han definido en un entorno controlado (es decir, no sobre el terreno).

### VI.2.1 Prueba de línea de base

En la figura VI.3 se muestra la topología de prueba de línea de base.



NOTA – La señal de temporización de referencia (PRC) se utiliza para representar el reloj de servicio TDM.

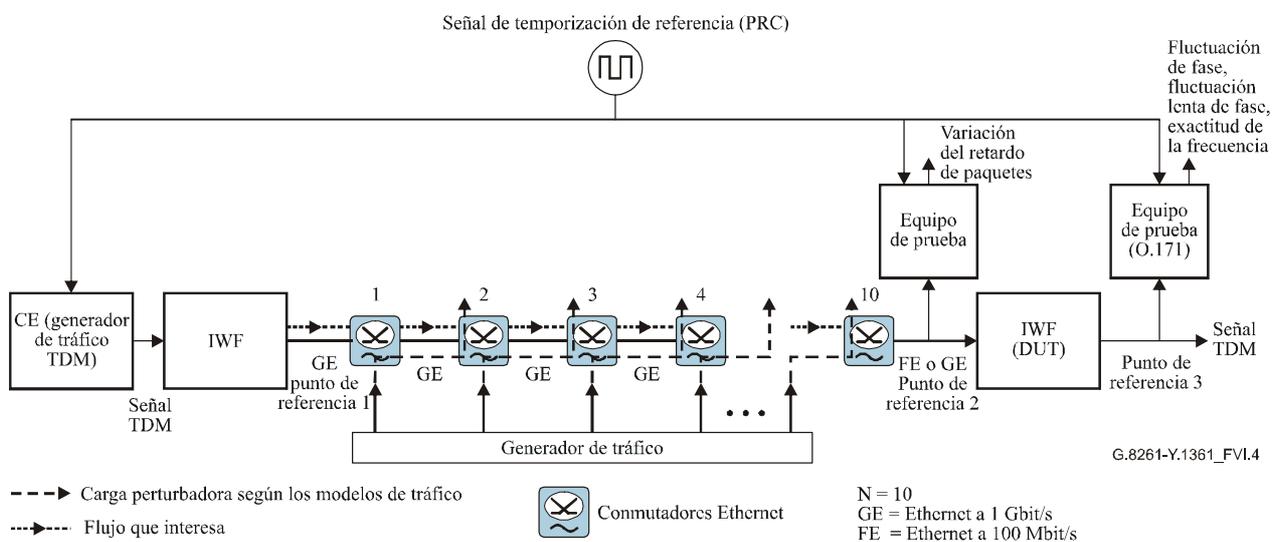
**Figura VI.3/G.8261/Y.1361 – Topología de prueba de línea de base**

La prueba de línea de base deberá llevarse a cabo en las condiciones siguientes:

- Sin carga de paquetes.
- Mediciones de prueba:
  - Medir TIE, MTIE y MRTIE (que se describen en las Recs. UIT-T G.823 y G.824).
  - Medir la exactitud de la frecuencia (el valor del tiempo de integración de medición de la exactitud de la frecuencia depende del equipo de extremo de que se trate).
  - La calidad de funcionamiento deberá cumplir los límites de red de los casos pertinentes definidos en la cláusula 7.

### VI.2.2 Prueba de la calidad de funcionamiento

La prueba de la calidad de funcionamiento es equivalente a la del modelo A del apéndice V, y se hace con 10 conmutadores Ethernet con capacidad de gigabits o bien con 9 de esos conmutadores y un conmutador Ethernet rápido. En la figura VI.4 se muestra la topología de prueba.



NOTA – La señal de temporización de referencia (PRC) se utiliza para representar el reloj de servicio TDM.

**Figura VI.4/G.8261/Y.1361 – Topología de prueba de la calidad de funcionamiento**

El dispositivo sometido a prueba (DUT, *device under test*) debe ser verificado a efectos de estabilidad del funcionamiento cuando se produzcan eventos perturbadores que puedan hacer que la sincronización falle o quede fuera de los límites de la especificación. Los casos de prueba 1 a 6 se llevan a cabo para probar el DUT en condiciones de variación de carga, cambios de red y pérdida de paquetes.

Para cada uno de los casos de prueba descritos en VI.2.2.2 a VI.2.2.7, deberán efectuarse las mediciones siguientes:

- Medir TIE, MTIE y MRTIE (que se describen en las Recs. UIT-T G.823 y G.824).
- Medir la exactitud de la frecuencia (el valor del tiempo de integración de medición de la exactitud de la frecuencia depende del equipo de extremo de que se trate).
- Medir la variación del retardo de los paquetes.
- La calidad de funcionamiento deberá cumplir los límites de red de los casos pertinentes definidos en la cláusula 7.

NOTA – La configuración de prueba descrita en la figura VI.4 proporciona el punto de comienzo hacia un escenario de prueba común.

No obstante, para conseguir un entorno de prueba cuya implementación sea más sencilla y eliminar cualquier riesgo de llegar a resultados diferentes cuando se utilicen conmutadores Ethernet de tecnologías diferentes, se está examinando la propuesta de sustituir la especificación definida en la figura VI.4 por una nueva configuración de prueba en la que la variación del retardo podría ser creada por un equipo de prueba, en sustitución de los conmutadores Ethernet y el generador de tráfico, con un perfil de variación del retardo a modo de entrada.

El perfil de variación del retardo podría expresarse en términos de "vectores de prueba" (secuencia de prueba) con una duración de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas. La variación del retardo deberá expresarse con la resolución de temporización apropiada.

Las secuencias de prueba se basarían en los resultados de las pruebas efectuadas utilizando la topología de pruebas descrita en la figura VI.4.

#### **VI.2.2.1 Características del tráfico de entrada**

Para poder tener en cuenta tipos de tráfico diferentes en la red, se han definido dos tipos de modelo de tráfico perturbador, como se describe en VI.2.2.1.1 y VI.2.2.1.2.

El modelo de tráfico de red 1 tiene por objeto modelar el tráfico en la red de acceso en donde la mayoría del tráfico es voz. El modelo de tráfico de red 2 tiene por objeto modelar el tráfico en las redes en donde la mayoría del tráfico es datos.

Hay que señalar que el tráfico CES se añade al tráfico perturbador.

##### **VI.2.2.1.1 Modelo de tráfico de red 1**

De acuerdo con 3GPP, el tráfico de acceso está constituido por flujo continuo (audio-vídeo), de conversación (voz), en modo interactivo (por ejemplo, http) y en modo operación de fondo (sms, correo electrónico). Se sabe que en una red inalámbrica, del 80% al 90% del tráfico es de conversación, durando la llamada media de uno a dos minutos. Para poder modelar este tráfico, el 80% de los paquetes deben ser paquetes a velocidad binaria constante de tamaño fijo pequeño y el 20% de los paquetes debe ser una combinación de paquetes de tamaño medio y máximo.

El perfil del tamaño de los paquetes debe ser como sigue:

- El 80% de la carga ha de ser de paquetes de tamaño mínimo (64 octetos).
- El 15% de la carga ha de ser de paquetes de tamaño máximo (1518 octetos).
- El 5% de la carga ha de ser de paquetes de tamaño medio (576 octetos).

Los paquetes de tamaño máximo aparecerán en ráfagas con una duración de entre 0,1 y 3 s.

##### **VI.2.2.1.2 Modelo de tráfico de red 2**

Paquetes mayores, en comparación con los del modelo de tráfico de red 1, componen la red que maneja más tráfico de datos. Para poder modelar este tráfico, el 60% de los paquetes deben ser de tamaño máximo y el 40% de los paquetes debe ser una combinación de paquetes de tamaño mínimo y medio.

El perfil del tamaño de los paquetes debe ser como sigue:

- El 60% de la carga ha de ser de paquetes de tamaño máximo (1518 octetos).
- El 30% de la carga ha de ser de paquetes de tamaño mínimo (64 octetos).
- El 10% de la carga ha de ser de paquetes de tamaño medio (576 octetos).

Los paquetes de tamaño máximo aparecerán en ráfagas con una duración entre 0,1 y 3 s.

### VI.2.2.2 Caso de prueba 1

El caso de prueba 1 modela la carga de paquetes "estática". Este caso ha de atenerse a las condiciones de red siguientes:

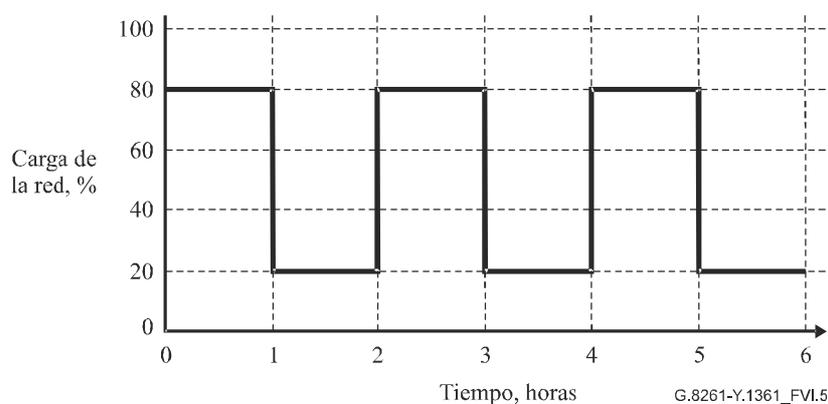
- Carga de perturbación de red del 80% durante una hora suponiendo que la recuperación del reloj esté en condición estable. Permite un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice antes de efectuar las mediciones. Los paquetes para cargar la red deben utilizar el modelo de tráfico de red 2 definido en VI.2.2.1.2.

### VI.2.2.3 Caso de prueba 2

El caso de prueba 2 modela grandes cambios, repentinos y persistentes, en la carga de la red. Demuestra la estabilidad ante grandes cambios repentinos en las condiciones de la red y la calidad de funcionamiento de la fluctuación lenta de fase en presencia de una variación del retardo de paquetes (PDV, *packet delay variation*) de frecuencia baja.

El caso de prueba 2 ha de atenerse a las condiciones de red siguientes:

- Los paquetes para cargar la red han de utilizar el modelo de tráfico de red 1 definido en VI.2.2.1.1.
- Permitir un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice antes de efectuar las mediciones.
- Comenzar con una carga de perturbación de red del 80% durante una hora, bajar al 20% durante una hora, aumentar de nuevo al 80% durante una hora, bajar otra vez al 20% durante una hora, subir al 80% durante una hora, bajar al 20% durante una hora (véase la figura VI.5).



**Figura VI.5/ G.8261/Y.1361 – Modulación de la carga de perturbación de la red repentina**

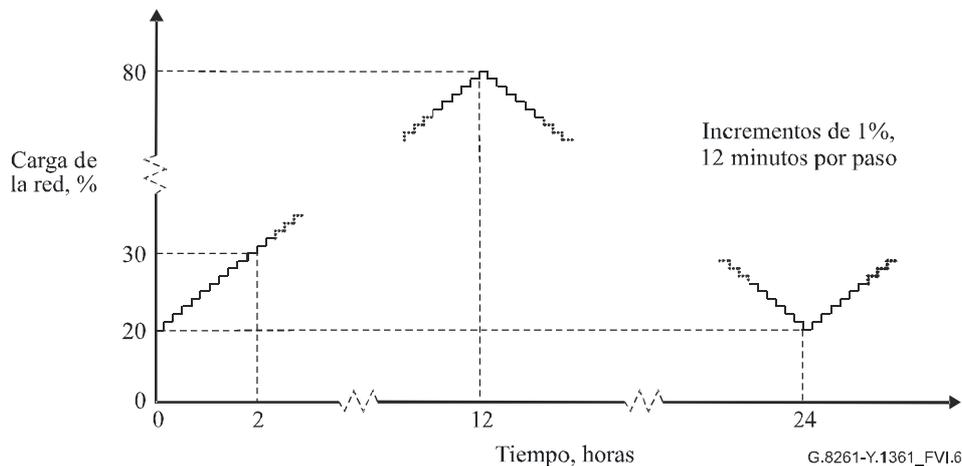
- Repetir la prueba utilizando el modelo de tráfico de red 2 definido en VI.2.2.1.2 para cargar la red.

### VI.2.2.4 Caso de prueba 3

El caso de prueba 3 modela un cambio lento en la carga de la red durante un intervalo de tiempo sumamente largo. Demuestra la estabilidad ante cambios muy lentos en las condiciones de la red y la calidad de funcionamiento de la fluctuación lenta de fase en presencia de una PDV de frecuencia extremadamente baja.

El caso de prueba 3 ha de atenderse a las condiciones de red siguientes:

- Los paquetes para cargar la red han de utilizar el modelo de tráfico de red 1 definido en VI.2.2.1.1.
- Permitir un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice antes de efectuar las mediciones.
- Variar suavemente la carga de perturbación de la red del 20% al 80% y viceversa a lo largo de un periodo de 24 horas (véase la figura VI.6).



**Figura VI.6/G.8261/Y.1361 – Modulación de la carga de la red lenta**

- Repetir la prueba utilizando el modelo de tráfico de red 2 definido en VI.2.2.1.2 para cargar la red.

#### VI.2.2.5 Caso de prueba 4

El caso de prueba 4 modela interrupciones de red temporales y su restablecimiento durante periodos de tiempo variables. Demuestra la capacidad que tiene la red de sobrevivir a las interrupciones y su recuperación con el restablecimiento. Hay que tener en cuenta que el MTIE durante una interrupción de 1000 s vendrá determinado en buena medida por la calidad del oscilador local, y no deberá tomarse como una indicación de la calidad del proceso de recuperación del reloj.

El caso de prueba 4 ha de atenderse a las condiciones de red siguientes:

- Los paquetes para cargar la red han de utilizar el modelo de tráfico de red 1 definido en VI.2.2.1.1.
- Comenzar con una carga de perturbación de red del 40%. Tras un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II, eliminar la conexión de red durante 10 s y a continuación restablecerla. Permitir un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice. Repetir con interrupciones de la red de 100 s.
- Repetir la prueba utilizando el modelo de tráfico de red 2 definido en VI.2.2.1.2 para cargar la red.

#### VI.2.2.6 Caso de prueba 5

El caso de prueba 5 modela una congestión de red temporal y su restablecimiento durante periodos de tiempo variables. Demuestra la capacidad que tiene la red de sobrevivir a una congestión temporal en la red de paquetes.

El caso de prueba 5 ha de atenderse a las condiciones de red siguientes:

- Los paquetes para cargar la red han de utilizar el modelo de tráfico de red 1 definido en VI.2.2.1.1.
- Comenzar con una carga de perturbación de red del 40%. Tras un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II, aumentar la carga de perturbación de la red hasta el 100% (incluyendo retardos graves y pérdida de paquetes) durante 10 s y a continuación restablecer. Permitir un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice. Repetir con un periodo de congestión de 100 s.
- Repetir la prueba utilizando el modelo de tráfico de red 2 definido en VI.2.2.1.2 para cargar la red.

#### **VI.2.2.7 Caso de prueba 6**

El caso de prueba 6 modela los cambios de encaminamiento.

El caso de prueba 6 ha de atenderse a las condiciones de red siguientes:

- Cambiar el número de conmutadores entre los DUT, provocando un cambio en escalón en el retardo de la red de paquetes.
  - Los paquetes para cargar la red deben utilizar el modelo de tráfico de red 1 definido en VI.2.2.1.1.
  - Comenzar con una carga de perturbación de red del 40%. Tras un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II, reencaminar la red para eludir un conmutador. Permitir un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice, y restablecer a continuación el trayecto original.
  - Comenzar con una carga de perturbación de red del 40%. Tras un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II, reencaminar la red para eludir cinco conmutadores. Permitir un periodo de estabilización de acuerdo con el apéndice II para que el proceso de recuperación del reloj se estabilice, y restablecer a continuación el trayecto original.
- Repetir la prueba utilizando el modelo de tráfico de red 2 definido en VI.2.2.1.2 para cargar la red.

## Apéndice VII

### Límites de la fluctuación lenta de fase en el caso de instalación 1

#### VII.1 Límites para la interfaz a 2048 kbit/s

El cuadro 1 se ha calculado en base a las consideraciones que siguen con referencia al anexo A/G.823.

El presupuesto de fluctuación lenta de fase se puede dividir en 3 componentes principales:

- fluctuación lenta de fase diurna;
- correspondencia asíncrona de 2048 kbit/s;
- fluctuación lenta de fase causada por el ruido de reloj y los fenómenos transitorios.

#### Fluctuación lenta de fase diurna

No hay motivo para cambiarlo, y su amplitud es pequeña: 1  $\mu$ s.

#### Correspondencia asíncrona de 2048 kbit/s

Se ha utilizado una ley de raíz cuadrática media (RMS) para calcular la acumulación de las 2UI por isla, 3 islas acumularán  $\sqrt{3} * 2UI$ , es decir, 1,7  $\mu$ s, en vez de 2  $\mu$ s en el modelo de red original.

#### Fluctuación lenta de fase causada por el ruido de reloj y los fenómenos transitorios

Según I.1.5/G.823, el proceso de acumulación puede ser diferente dependiendo de la magnitud del desfase de frecuencia, lo que puede dar lugar a efectos correlacionados y no correlacionados. Se ha acordado una ley de acumulación de ruido RMS. Esto significa que cada una de las 4 islas es responsable de la mitad del presupuesto de fluctuación lenta de fase, como se indica actualmente en la presente Recomendación. En el nuevo modelo de red, el ruido generado por las 3 islas SDH viene dado por  $\sqrt{3}$  el presupuesto de (el ruido generado por) una isla SDH de conformidad con la ley de acumulación RMS.

La cantidad total de fluctuación de fase atribuida por la Rec. UIT-T G.823 es de 15  $\mu$ s, y según las simulaciones es de 12,6  $\mu$ s.

La ley de acumulación entre SDH y CES difiere de la ley de acumulación entre islas SDH.

El ruido generado en una isla SDH es el resultado de los eventos de puntero VC-12, que no son frecuentes, al menos para un desplazamiento de frecuencia en el intervalo de  $10^{-9}$  a  $10^{-10}$ , como se indica en I.1.5/G.823; de lo que resulta una probabilidad muy baja de que se produzcan punteros al mismo tiempo en varias islas.

En cuanto al ruido en una isla CES, parece muy diferente del observado en islas SDH. Este ruido se debe a la PDV.

Puesto que no se ha demostrado que la ley de acumulación RMS sea aplicable entre CES e islas SDH, se propone establecer la hipótesis de un nuevo modelo que tenga una ley de acumulación RMS para las 3 islas SDH y una acumulación lineal para el CES.

Así pues, el presupuesto de fluctuación lenta de fase que puede ser asignado a un CES sería:

$$18 - (1 \text{ (fluct. lenta de fase diurna)} + \sqrt{3} * 2UI(3 \text{ corresp. VC-12}) + 12,6/2 * \sqrt{3}(3 \text{ islas SDH})) = 4,3 \mu\text{s}$$

Se asigna entonces una fluctuación lenta de fase de 4,3  $\mu$ s al CES para un periodo de 24 horas, y la plantilla de fluctuación lenta de fase se reduce aplicando un factor de 4,3/18 (0,24) para las otras partes planas (*plateau*) derivadas del cuadro 2/G.823.

## VII.2 Límites para la interfaz a 1544 kbit/s

El modelo de referencia y el presupuesto de fluctuación lenta de fase para 1544 kbit/s se especifica en la Rec. UIT-T G.824, y consta de ocho islas SDH. Los componentes del presupuesto de fluctuación lenta de fase incluyen la sincronización de los conmutadores, el establecimiento de la correspondencia entre DS1 y DS3, el establecimiento de la correspondencia entre DS1 y VC-11, la fluctuación lenta de fase diurna (efectos de la temperatura en la fibra), el ruido de sincronización de NE y la fluctuación lenta de fase debida a punteros aleatorios. El presupuesto total de 18  $\mu$ s (durante 24 horas) permite 14,3  $\mu$ s de fluctuación lenta de fase entre conmutadores (véase la figura A.1/G.824) y esto se ha subdividido para acomodar la sustitución de una isla SDH por una isla CES. En el procedimiento seguido se supone que la acumulación por la correspondencia de la fluctuación lenta de fase, el ruido de sincronización y la fluctuación debida a los punteros se basa en adición de ley RMS. En base a esa adición RMS, la porción disponible de los 18  $\mu$ s (es decir, 12,7, véase el cuadro VII.1) para cada una de las ocho islas es ahora de 4,5  $\mu$ s ( $12,7/\sqrt{8}$ ).

**Cuadro VII.1/G.8261/Y.1361 – Asignación de los componentes del presupuesto de fluctuación lenta de fase a 1544 kbit/s**

Componente del presupuesto	Asignación	Porción disponible para subdividir
Sincronización del conmutador	3,7	
Correspondencia entre E11 y E31	0,3	
Correspondencia entre E11 y VC-11	2,6	2,6
Fluct. lenta fase diurna (temper.)	1,3	
Ruido de sinc. de NE/punteros	10,1	10,1
Total	18,0	12,7

En el cuadro 2 se da la fluctuación lenta de fase resultante para cada isla en términos de MTIE a lo largo de todos los periodos de observación hasta 24 horas. El cuadro se basa en una reducción uniforme de la especificación de interfaz del cuadro 2/G.824. Se señala que este cuadro tiene en cuenta también el requisito del establecimiento de la correspondencia de la fluctuación de fase para una isla VC-11 única, 0,7 intervalos unitarios cresta a cresta ( $UI_{pp}$ , *unit interval, peak-to-peak*), que se especifica en la Rec. UIT-T G.783, (véase el cuadro 15-3/G.783).

Los estudios sobre acumulación de la fluctuación lenta de fase que se llevaron a cabo para obtener los componentes de la fluctuación lenta de fase SDH se basaron en simulaciones extensivas con las que verificar la posibilidad de cumplir el requisito de 18  $\mu$ s en el modelo de referencia SDH. Es posible que se necesite un trabajo de simulación futuro, cuando los modelos de red CES y las correspondencias se especifiquen con más detalle. Las cifras indicadas podrían ser revisadas como consecuencia de los resultados de ese trabajo.

## Apéndice VIII

### Mensajería de estado de sincronización en PHY Ethernet síncrona

NOTA – El texto que sigue está aguardando la asignación oficial de un identificador único de organización (OUI, *organizationally unique identifier*) del IEEE. Una vez asignada, este apéndice pasará a ser un anexo.

#### VIII.1 Operaciones de sincronización y mantenimiento

La funcionalidad operaciones, administración y mantenimiento (OAM, *operations, administration and maintenance*) se realiza utilizando unidades de datos de protocolo OAM (OAMPDU, *OAM, protocol data units*) que son identificadas por campos de encabezamiento específicos en la trama Ethernet.

Las OAMPDU son tramas MAC de Ethernet estándar, pero se identifican por su longitud y tipo como tramas de protocolo lento (valor 8809) y a continuación, de manera específica, mediante un subtipo (valor 0x03) como OAMPDU. Se utiliza un campo de código para especificar de qué tipo de OAMPDU es la trama. Hay 8 valores posibles para el campo de código. Se reserva un valor concreto (FE) para extensiones específicas de la organización. La extensión específica de la organización está situada en los 3 primeros octetos del campo de datos y constará de los valores XX, YY y ZZ (valores que han de ser definidos por el IEEE) dejando un mínimo de 39 octetos para datos de usuario OAM. En la figura VIII.1 se dan, y en la figura VIII.2 se ilustran, el campo de código, la extensión específica de la organización y la porción de datos de usuario.

#### Descripción de campo

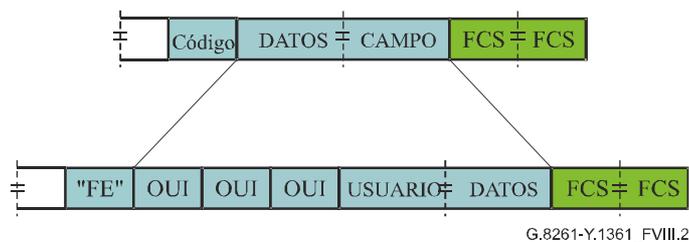
Función	Tamaño	Notas
Dirección de destino	6 octetos	
Dirección de fuente	6 octetos	
Longitud/tipo de OAMPDU	2 octetos	Valor 8809 del campo tipo de protocolo lento
Subtipo de OAMPDU	1 octeto	La identificación de protocolo lento se encapsula para OAMPDU = 0x03
Banderas	2 octetos	
Código	1 octeto	Identificar el tipo de OAMPDU específico fijado en FE
Funcionalidad de sincronización, es decir, datos de usuario [OUI y función de sincronización]	42 octetos	NOTA – Los 3 primeros octetos de los datos de usuario incluyen el OUI
Secuencia de comprobación de trama (FCS)	4 octetos	

8	7	6	5	4	3	2	1	Octetos
Dirección de destino								1-6
Dirección de fuente								7-12
Longitud/tipo de OAMPDU								13-14
Subtipo de OAMPDU								15
Banderas								16-17
Código								18
OUI								19-21
SSM (véase nota 1)								22
Reservado (véase nota 2)								23-60
Secuencia de comprobación de trama (FCS)								61-64

NOTA 1 – Todo el octeto se reserva para uso SSM. Para los detalles, véanse las figuras VIII.3 y VIII.4.

NOTA 2 – Este cuadro especifica un requisito mínimo de longitud de trama de 64 octetos para asegurar que las tramas de la norma 802.3 son tramas válidas. Se utilizan como mínimo 39 octetos de datos de relleno de naturaleza no definida para conseguir esa longitud mínima. La longitud máxima del campo funcionalidad de sincronización queda en estudio.

**Figura VIII.1/G.8261/Y.1361 – Encapsulación de la sección campo de datos de OAMPDU**



**Figura VIII.2/G.8261/Y.1361 – Disposición general de la sección campo de datos de OAMPDU**

El formato, la función y la estructura de la parte restante de la OAMPDU se dan en la cláusula siguiente.

No obstante, la longitud real del campo de datos – hasta la longitud máxima especificada por el IEEE – antes de la secuencia de comprobación de trama (FCS, *frame check sequence*) queda en estudio.

### VIII.2 Mensajería de estado de sincronización

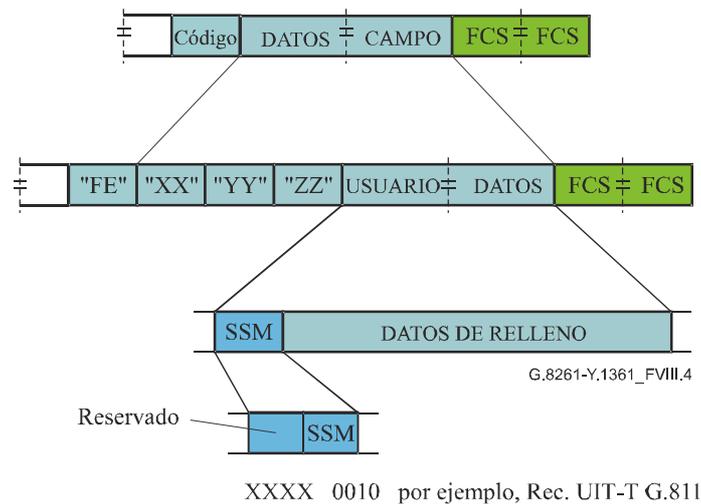
La mensajería de estado de sincronización (SSM) proporciona un mecanismo mediante el cual los conmutadores Ethernet en sentido descendente determinan la posibilidad de rastreo del esquema de distribución de sincronización de retorno al PRC o al reloj de mayor calidad de que se disponga. La función de sincronización procesa la SSM. En condiciones de fallo de la red en el sentido ascendente, la función de sincronización realiza las acciones apropiadas en base a la SSM y las prioridades prefijadas y selecciona una alimentación de sincronización alternativa. Puede ser la alimentación de otra red o una alimentación externa.

La SSM se define en las Recs. UIT-T G.707/Y.1322 y G.781 [B15]. Las directrices sobre la utilización de la SSM en redes Ethernet queda en estudio.

La disposición general de la sección SSM del campo de datos de usuario se da en la figura VIII.3 y se ilustra en la figura VIII.4. El primer octeto del campo datos de usuario se reserva para los SSM; la mitad menos significativa de este octeto contiene el mensaje SSM y la mitad más significativa no se utiliza, pero se reserva para capacidad SSM.

Mensaje de estado de sincronización (SSM)		Descripción
Bits 8-5	Bits 4-1	
Reservado para uso futuro	Estado SSM existente como se da en las Recs. UIT-T G.707/Y.1322 y G.781	Estado SSM existente como se da en las Recs. UIT-T G.707/Y.1322 y G.781

**Figura VIII.3/G.8261/Y.1361 – Formato de mensaje de estado de sincronización**



**Figura VIII.4/G.8261/Y.1361 – Mensaje de estado de sincronización de OMAPDU**

El espacio restante del campo de datos de usuario se llena con datos de relleno.

### VIII.3 Equipo Ethernet nuevo

El equipo Ethernet nuevo que requiere funcionalidad de transporte de sincronización deberá soportar la norma IEEE 802.3ah.

### VIII.4 Equipo Ethernet hereditario

No se contempla que la Ethernet síncrona sea utilizada por equipos hereditarios ya que en dichos equipos no se habrán introducido los cambios necesarios para el transporte de sincronización.

Los equipos que no están al corriente de la norma IEEE 802.3ah, es decir, los equipos Ethernet hereditarios, no reconocerá tramas OAMPDU, y ninguna de esas tramas será considerada como trama MAC Ethernet normal ni retransmitida de manera transparente. Por consiguiente, esta función deberá ser cancelada en puertos específicos de manera que no se reenvíe a redes o nodos no deseados.

## BIBLIOGRAFÍA

- [B1] MEF 3, *Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks*.
- [B2] ETSI TR 101 685 (1999), *Transmission and multiplexing (TM); Timing and synchronization aspects of Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks*.
- [B3] ETSI TS 145 010 (2005), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem synchronization*.
- [B4] ETSI TS 125 104 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS); radio transmission and reception (FDD)*.
- [B5] ETSI TS 125 105 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), Base Station (BS); radio transmission and reception (TDD)*.
- [B6] ETSI TS 125 402 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Synchronization in UTRAN Stage 2*.
- [B7] 3GPP2 C.S0010-B, *Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Base Stations*.
- [B8] 3GPP2 C.S0002-C, *Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems*.
- [B9] IETF RFC 2460 (1998), *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*.
- [B10] ETSI TS 100 594 (2002), *Digital cellular Telecommunications System (Phase 2+); Base Station Controller – Base Transceiver Station – (BSC-BTS) interface – Layer 1; Structure of physical circuits*.
- [B11] ETSI TS 125 431 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); UTRAN Iub Interface Layer 1*.
- [B12] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
- [B13] IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol (IP)*.
- [B14] IEEE Standard 802.1p<sup>TM</sup>-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering*.
- [B15] Recomendación UIT-T G.781 (1999), *Funciones de capa de sincronización*.

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

<b>INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN</b>	
Generalidades	Y.100–Y.199
Servicios, aplicaciones y programas intermedios	Y.200–Y.299
Aspectos de red	Y.300–Y.399
Interfaces y protocolos	Y.400–Y.499
Numeración, direccionamiento y denominación	Y.500–Y.599
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.600–Y.699
Seguridad	Y.700–Y.799
Características	Y.800–Y.899
<b>ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET</b>	
Generalidades	Y.1000–Y.1099
Servicios y aplicaciones	Y.1100–Y.1199
Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos	Y.1200–Y.1299
<b>Transporte</b>	<b>Y.1300–Y.1399</b>
Interfuncionamiento	Y.1400–Y.1499
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899
<b>REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN</b>	
Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicio y calidad de funcionamiento	Y.2100–Y.2199
Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios	Y.2200–Y.2249
Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de próxima generación	Y.2250–Y.2299
Numeración, denominación y direccionamiento	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599
Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899

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



## 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
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
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