

**UIT-T**

**G.8275.1/Y.1369.1**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

(06/2016)

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

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

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

Aspectos del protocolo Internet – Transporte

---

**Perfil de telecomunicaciones del protocolo de tiempo de precisión para la sincronización de fase/tiempo con temporización plena de la red**

Recomendación UIT-T G.8275.1/Y.1369.1

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 SATÉLITE 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 Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	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 MULTIMEDIOS – 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>Sincronización, 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.8275.1/Y.1369.1

### Perfil de telecomunicaciones del protocolo de tiempo de precisión para sincronización de fase/tiempo con temporización plena de la red

#### Resumen

La Recomendación UIT-T G.8275.1/Y.1369.1 contiene el perfil del protocolo de tiempo de precisión para la distribución de fase y tiempo con temporización plena de la red. Proporciona la información necesaria para utilizar la norma IEEE 1588 de manera coherente con la arquitectura descrita en la Recomendación UIT-T G.8275/Y.1369.

#### Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2014-07-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12197">11.1002/1000/12197</a>
1.1	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (2014) Cor. 1	2015-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12397">11.1002/1000/12397</a>
2.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2016-06-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12815">11.1002/1000/12815</a>

#### Palabras clave

Apoyo de temporización plena, IEEE 1588, perfil de telecomunicaciones, PTP, sincronización de fase y tiempo.

---

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) 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 [ha recibido/no ha recibido] notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2017

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.....	2
3.1    Términos definidos en otros documentos.....	2
3.2    Términos definidos en esta Recomendación .....	2
4 Abreviaturas y acrónimos .....	2
5 Convenios .....	3
6 Uso del PTP para la distribución de fase y tiempo.....	3
6.1    Requisitos de diseño de alto nivel .....	4
6.2    Modos y opciones PTP.....	5
6.3    Aspectos relacionados con la protección y BMCA alternativo.....	8
6.4    Información de trazabilidad de fase/tiempo .....	14
7 Perfil PTP del UIT-T para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red.....	17
8 Aspectos de seguridad .....	17
Anexo A – Perfil PTP del UIT-T para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red.....	18
A.1    Identificación del perfil .....	18
A.2    Valores de los atributos del PTP .....	18
A.3    Opciones del PTP .....	23
A.4    Opciones del algoritmo óptimo de reloj maestro .....	23
A.5    Opción de medición del retardo del trayecto (retardo de petición / retardo de respuesta) .....	23
A.6    Formato de la identidad del reloj.....	24
A.7    Opciones de gestión de la configuración.....	24
A.8    Aspectos de seguridad .....	24
A.9    Otras características opcionales de IEEE 1588 .....	24
A.10   Banderas del encabezamiento común del PTP .....	24
Anexo B – Opciones para establecer la topología del PTP con el BMCA alternativo.....	25
Anexo C – Inclusión de una interfaz de entrada de fase/tiempo externa en un T-BC.....	26
Anexo D – Traza de trayecto (opcional).....	27
Anexo E – Indicación de incertidumbre de sincronización (opcional).....	28
Anexo F – Uso de stepsRemoved para limitar la cadena de referencia (opcional) .....	29
Apéndice I – Consideraciones sobre el uso de un reloj transparente.....	30
Apéndice II – Consideraciones sobre la transmisión de mensajes Delay_Req.....	31
Apéndice III – Consideraciones sobre la elección de la dirección de destino multidifusión ethernet de PTP.....	33

	<b>Página</b>
Apéndice IV – Consideraciones sobre el uso de priority2.....	34
Apéndice V – Descripción de los estados del reloj PTP y los contenidos asociados de los mensajes Announce .....	35
V.1    Propósito de este apéndice.....	35
V.2    Descripción de los estados.....	35
V.3    Ejemplo de correspondencia entre los estados de los puertos PTP y los estados del reloj PTP para un T-BC de 3 puertos.....	37
V.4    Contenido del mensaje <i>Announce</i> de T-GM según los estados internos del reloj PTP.....	38
V.5    Contenido del mensaje <i>Announce</i> de T-BC según los estados internos del reloj PTP.....	39
Apéndice VI – Funcionamiento en una agregación de enlaces .....	40
Apéndice VII – Relación entre clockClass y la especificación del modo autónomo .....	41
Apéndice VIII – Consideraciones sobre un T-TSC conectado a una aplicación final.....	43
Apéndice IX – Cálculo de offsetScaledLogVariance para un T-GM que toma la temporización de un PRTC o un ePRTC .....	44
IX.1    Intervalo de observación y TDEV por la generación de ruido.....	44
IX.2    Cálculo de la varianza de PTP a partir de TDEV .....	45
IX.3    Cálculo de offsetScaledLogVariance a partir de la varianza de PTP.....	46
Bibliografía .....	48

## Recomendación UIT-T G.8275.1/Y.1369.1

### Perfil de telecomunicaciones del protocolo de tiempo de precisión para sincronización de fase/tiempo con temporización plena de la red

#### 1 Alcance

Esta Recomendación especifica un perfil para aplicaciones de telecomunicaciones basado en el protocolo de tiempo de precisión (PTP) IEEE 1588. El perfil identifica las funciones de IEEE 1588 que son necesarias a fin de garantizar la interoperabilidad de los elementos de red para la distribución de sincronización precisa de fase/tiempo. El perfil se basa en el apoyo de la arquitectura de red para proveer la temporización, tal como se describe en [UIT-T G.8275] y en definiciones incluidas en [UIT-T G.8260].

La presente versión del perfil especifica los requisitos de diseño de alto nivel, los modos de funcionamiento para el intercambio de mensajes PTP, la correspondencia del protocolo PTP, las opciones del algoritmo óptimo de reloj maestro (BMCA, *best master clock algorithm*), así como los parámetros de configuración del protocolo PTP.

NOTA – Los parámetros definidos en la primera versión del perfil corresponden al caso en que se soporta la frecuencia a nivel de capa física.

En esta Recomendación también se especifican algunos aspectos que es necesario utilizar en un entorno de telecomunicaciones que están fuera del alcance del perfil PTP, pero que lo complementan.

#### 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.

- [UIT-T G.781] Recomendación UIT-T G.781 (2008), *Funciones de la capa de sincronización*.
- [UIT-T G.810] Recomendación UIT -T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización*.
- [UIT-T G.8260] Recomendación UIT -T G.8260 (2015), *Definiciones y terminología para la sincronización en redes de paquetes*.
- [UIT-T G.8265.1] Recomendación UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014), *G.8265.1 Perfil de telecomunicaciones del protocolo de tiempo de precisión para la sincronización de frecuencia*.
- [UIT-T G.8271.1] Recomendación UIT-T G.8271.1/Y.1366.1 (2013), *Límites de red para la sincronización del tiempo en las redes por paquetes*.
- [UIT-T G.8272] Recomendación UIT-T G.8272/Y.1367 (2012), *Características de temporización de relojes de referencia de tiempo primaria*.
- [UIT-T G.8273] Recomendación UIT-T G.8273/Y.1368 (2013), *Marco de los relojes de fase y de tiempo*.

- [UIT-T G.8273.2] Recomendación UIT-T G.8273.2/Y.1368.2 (2014), Características de temporización de relojes de la frontera de telecomunicaciones y de relojes esclavos de temporización de telecomunicaciones.
- [UIT-T G.8275] Recomendación UIT-T G.8275/Y.1369 (2013), Distribución del tiempo y la fase en redes de paquetes.
- [IEEE 1588] IEEE 1588-2008, IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.

### 3 Definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

La presente Recomendación se utilizará los siguientes términos definidos en otros documentos:

Los términos y definiciones utilizados en la presenta Recomendación están incluidos en [UIT-T G.810] y [UIT-T G.8260].

#### 3.2 Términos definidos en esta Recomendación

Ninguno.

### 4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas y acrónimos:

AVAR	Varianza de Allan ( <i>Allan variance</i> )
BC	Reloj frontera ( <i>boundary clock</i> )
BMCA	Algoritmo óptimo de reloj maestro ( <i>best master clock algorithm</i> )
DEP	Densidad espectral de potencia
EEC	Reloj de sincronización de equipo Ethernet ( <i>synchronous Ethernet equipment clock</i> )
ePRTC	Reloj de tiempo de referencia primario mejorado ( <i>enhanced primary reference time clock</i> )
EUI	Identificador único ampliado ( <i>extended unique identifier</i> )
FPM	Modulación de fase de centelleo ( <i>flicker phase modulation</i> )
GM	Maestro principal ( <i>grandmaster</i> )
GNSS	Sistema global de navegación por satélite ( <i>global navigation satellite system</i> )
LAG	Agregación de enlaces ( <i>link aggregation</i> )
MVAR	Varianza de Allan modificada ( <i>modified Allan variance</i> )
OC	Reloj común ( <i>ordinary clock</i> )
PRC	Reloj de referencia primario ( <i>primary reference clock</i> )
PRS	Fuente de referencia primaria ( <i>primary reference source</i> )
PRTC	Reloj de tiempo de referencia primario ( <i>primary reference time clock</i> )
PTP	Protocolo de tiempo de precisión ( <i>precision time protocol</i> )
QL	Nivel de calidad ( <i>quality level</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SSM	Mensaje de estado de señalización ( <i>synchronization status message</i> )

SSU	Unidad de suministro de señalización ( <i>synchronization supply unit</i> )
SSU-A	SSU de nivel primario ( <i>primary level SSU</i> )
SSU-B	SSU de nivel secundario ( <i>secondary level SSU</i> )
ST2	Estrato 2 ( <i>stratum 2</i> )
ST3E	Estrato 3 mejorado ( <i>stratum 3 enhanced</i> )
T-BC	Reloj de frontera de telecomunicaciones ( <i>telecom boundary clock</i> )
TC	Reloj transparente ( <i>transparent clock</i> )
T-GM	Maestro principal de telecomunicaciones ( <i>telecom grandmaster</i> )
T-TC	Reloj transparente de telecomunicaciones ( <i>telecom transparent clock</i> )
T-TSC	Reloj esclavo de tiempo de telecomunicaciones ( <i>telecom time slave clock</i> )
TLV	Valor de la longitud del tipo ( <i>type length value</i> )
TVAR	Varianza del tiempo ( <i>time variance</i> )
VLAN	Red de área local virtual ( <i>virtual local area network</i> )
WPM	Modulación de fase blanca ( <i>white phase modulation</i> )

## 5 Convenios

En la presente Recomendación se utilizan los siguientes convenios: el término PTP hace referencia a la versión 2 del protocolo PTP definido en [IEEE 1588]. Los mensajes PTP utilizados en esta Recomendación se definen en [IEEE 1588] y se identifican mediante texto en letra cursiva.

El término reloj de frontera de telecomunicación (T-BC) hace referencia a un dispositivo que consta de un reloj de frontera (BC) como se define en [IEEE 1588] y en esta Recomendación con características de calidad de funcionamiento adicionales definidas en [UIT-T G.8273.2].

El término reloj transparente de telecomunicaciones (T-TC) hace referencia a un dispositivo que consta de un reloj transparente (TC) como se define en [IEEE 1588] con características de calidad de funcionamiento adicionales que requieren ulteriores estudios.

El término reloj maestro principal de telecomunicaciones (T-GM) hace referencia a un dispositivo que consta de un reloj maestro principal (GM) como se define en [IEEE 1588] y en esta Recomendación, con características de calidad de funcionamiento adicionales que requieren ulteriores estudios.

El término reloj esclavo de temporización de telecomunicaciones (T-TSC) hace referencia a un dispositivo que consta de un reloj común (OC) con funcionamiento sólo en modo esclavo, como se define en [IEEE 1588] y en esta Recomendación, con características de calidad de funcionamiento adicionales definidas en el Anexo C [UIT-T G.8273.2].

El término reloj de tiempo de referencia primario (PRTC) hace referencia al reloj definido en [UIT-T G.8272]. El término reloj de temporización de referencia primario mejorado (ePRTC) hace referencia a una versión mejorada del PRTC, que está siendo objeto de estudio.

## 6 Uso del PTP para la distribución de fase y tiempo

La versión de 2002 de la norma IEEE 1588 fue inicialmente desarrollada por el IEEE para atender los requisitos de temporización de la automatización industrial y define el protocolo de tiempo de precisión (PTP) para la transferencia precisa de tiempo en ese contexto.

La versión de 2008 de la IEEE 1588 (definida en [IEEE 1588]) incluye características útiles para el transporte del protocolo sobre una red de área amplia, e introduce el concepto de "perfil", en virtud del cual pueden seleccionarse y especificarse aspectos del protocolo para un uso particular distinto del objetivo inicial de la automatización industrial.

El UIT-T ha definido un perfil PTP en [UIT-T G.8265.1] para aplicaciones que sólo requieren la sincronización de frecuencia. En esta Recomendación se define otro perfil PTP, para aplicaciones de telecomunicación que requieren la sincronización precisa tanto de fase como de tiempo. Soporta la arquitectura descrita en [UIT-T G.8275] para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red y se basa en la versión 2008 del PTP definida en [IEEE 1588].

Para declarar el cumplimiento del perfil de telecomunicaciones deben satisfacerse los requisitos de la presente Recomendación así como los requisitos pertinentes de [IEEE 1588] recogidos en el Anexo A.

En las secciones siguientes se presenta información detallada del perfil de telecomunicaciones, si bien el perfil propiamente dicho se incluye en el Anexo A. Se siguen las normas generales para la especificación de un perfil de [IEEE 1588].

Este perfil de telecomunicaciones PTP define los parámetros de [IEEE 1588] que deben utilizarse para garantizar la interoperabilidad del protocolo entre distintas implementaciones y especifica características facultativas, valores por defecto de atributos configurables y mecanismos que deben soportarse. Sin embargo, no garantiza que se satisfagan los requisitos de calidad de funcionamiento de una determinada aplicación. Estos aspectos de calidad de funcionamiento se definen en otras Recomendaciones UIT-T e implican elementos adicionales al propio perfil PTP.

## **6.1 Requisitos de diseño de alto nivel**

En la sección 19.3.1.1 de [IEEE 1588] se establece:

*"El objetivo del perfil PTP es permitir a las organizaciones seleccionar un conjunto específico de valores de atributos y de características facultativas del PTP que interfuncionan y consiguen una calidad de funcionamiento que satisface los requisitos de un aplicación en particular cuando utilizan el mismo protocolo de transporte."*

Para el funcionamiento en un red de telecomunicaciones también deben cumplirse algunos criterios adicionales coherentes con prácticas normalizadas de sincronización en el ámbito de las telecomunicaciones. Por lo tanto, el perfil PTP para la distribución de tiempo y de fase debe cumplir los siguientes requisitos de alto nivel:

- 1) Deben especificarse mecanismos que permitan la interoperabilidad entre los distintos relojes de fase/tiempo de la arquitectura definida en [UIT-T G.8275] y que se describen en [UIT-T G.8273].
- 2) Los mecanismos deben permitir el funcionamiento consistente en una red de telecomunicación de área amplia gestionada.
- 3) Los mecanismos en modo paquete deben permitir que la red de señalización se diseñe y se configure con una disposición fija determinada.
- 4) Los esquemas de protección utilizados por los sistemas en modo paquete deben basarse en la práctica normalizada de funcionamiento de las telecomunicaciones y permitir que los relojes esclavos de telecomunicaciones puedan adquirir la fase y el tiempo de diversos relojes maestros principales de telecomunicaciones geográficamente distribuidos.
- 5) Debe permitirse la selección de la fuente de referencia de fase/tiempo en base a la trazabilidad de la fase/tiempo recibida y la prioridad local, así como el establecimiento automático de la topología de la red de sincronización de fase/tiempo.

## 6.2 Modos y opciones PTP

### 6.2.1 Dominios PTP

Un dominio consta de una agrupación lógica de relojes que se comunican entre sí utilizando el protocolo PTP.

Los dominios PTP se utilizan para la partición de una red dentro de una entidad administrativa. Los mensajes y conjuntos de datos PTP están asociados a un dominio y, por lo tanto, el protocolo PTP es independiente para distintos dominios.

En este perfil de telecomunicaciones PTP, el número por defecto del dominio PTP es 24 y el rango de números de dominio PTP aplicable es {24 – 43}.

NOTA – Este rango se ha seleccionado a partir de un rango de números de dominio PTP de [IEEE 1588] definidos por el usuario. Aunque se han considerado rangos no solapados para distintos perfiles de telecomunicaciones PTP a fin de evitar interacciones entre los perfiles, nada impide que otro sector industrial utilice el mismo rango de números de dominio PTP definido por el usuario en la definición de un perfil PTP que no sea para telecomunicaciones. Es responsabilidad del operador de la red identificar si existe riesgo de interacciones no intencionadas entre los perfiles PTP y tomar las medidas oportunas para prevenir ese comportamiento.

### 6.2.2 Mensajes PTP utilizados en este perfil

Este perfil PTP utiliza los mensajes siguientes: *Sync*, *Follow\_Up*, *Announce*, *Delay\_Req*, y *Delay\_Resp*

La utilización de los mensajes *Signaling* y *Management* requiere estudios adicionales.

No se utilizan los mensajes *Pdelay\_Req*, *Pdelay\_Resp* y *Pdelay\_Resp\_Follow\_Up*.

### 6.2.3 Tipos de relojes PTP que admite el perfil

En este perfil se utilizan el reloj común (OC), el reloj frontera (BC) y el reloj transparente (TC) conformes con [IEEE 1588].

Existen dos tipos de relojes comunes (OC):

- 1) Un OC que sólo puede ser maestro principal (T-GM con arreglo a la arquitectura definida en [UIT-T G.8275] y como figura en [UIT-T G.8272]).
- 2) Un OC que sólo puede ser esclavo, es decir, un OC sólo esclavo (T-TSC con arreglo a la arquitectura definida en [UIT-T G.8275] y conforme con el Anexo C de [UIT-T G.8273.2]).

Existen dos tipos de relojes frontera (BC):

- 1) Un BC que sólo puede ser maestro principal (T-GM con arreglo a la arquitectura definida en [UIT-T G.8275] y como figura en [UIT-T G.8272]).
- 2) Un BC que puede convertirse en maestro principal y que también ser esclavo de otro reloj PTP (T-BC con arreglo a la arquitectura definida en [UIT-T G.8275] y conforme con [UIT-T G.8273.2]).

NOTA – T-GM y maestro principal (GM) son conceptos diferentes; GM es una situación definida en [IEEE 1588] que puede alcanzar un reloj PTP si dispone del algoritmo óptimo de reloj maestro (BMCA), mientras que T-GM es un tipo de reloj definido en la arquitectura [UIT-T G.8275].

El reloj transparente utilizado en este perfil (T-TC con arreglo a la arquitectura definida en [UIT-T G.8275] y el marco de los relojes de fase y tiempo [UIT-T G.8273]) es el reloj transparente extremo a extremo definido en [IEEE 1588]. En este perfil no se permite utilizar relojes transparentes entre pares

En el Cuadro 1 se describe la correspondencia entre estos tipos de relojes PTP y los relojes de fase/tiempo definidos en la arquitectura [UIT-T G.8275].

**Cuadro 1 – Correspondencia entre los tipos de relojes [UIT-T G.8275] y el PTP**

Tipo de reloj de [UIT-T G.8275]	Descripción	Tipo de reloj de [IEEE 1588]
T-GM	Reloj común solo maestro (maestro con un único puerto PTP, siempre un GM, no puede ser esclavo de otro reloj PTP)	OC
	Reloj frontera solo maestro (maestro con varios puertos PTP, siempre un GM, no puede ser esclavo de otro reloj PTP)	BC
T-BC	Reloj frontera (puede convertirse en GM, o puede ser esclavo de otro reloj PTP)	BC
T-TSC	Reloj común solo esclavo (siempre esclavo, no puede convertirse en GM)	OC
T-TC	Reloj transparente	TC extremo a extremo

#### 6.2.4 Funcionamiento unidireccional y bidireccional

En este perfil, el funcionamiento del PTP debe ser bidireccional a fin de transportar la sincronización de fase/tiempo, puesto que debe medirse el retardo de propagación. Por lo tanto, en este perfil solo se admite el modo bidireccional.

#### 6.2.5 Modo de reloj de un paso y de dos pasos

En este perfil se soportan los relojes de un paso y de dos pasos. Un reloj que sea conforme con el perfil puede usar un reloj de un paso o de dos pasos.

Para ser conforme con [IEEE 1588] un puerto esclavo debe poder recibir y procesar mensajes de relojes de un paso y de dos pasos, sin ninguna configuración en particular.

#### 6.2.6 Direccionamiento multidifusión ethernet para mensajes PTP

Este perfil de telecomunicaciones PTP utiliza direccionamiento multidifusión ethernet para la transmisión de todos los mensajes PTP.

Cuando el perfil PTP especificado en esta Recomendación utiliza la correspondencia de PTP definida en el Anexo F de [IEEE 1588], se soportan la dirección multidifusión no reenviable 01-80-C2-00-00-0E y la dirección multidifusión reenviable 01-1B-19-00-00-00.

Un reloj T-GM, T-BC, T-TSC o T-TC que sea conforme con este perfil debe poder manejar la dirección multidifusión no reenviable 01-80-C2-00-00-0E y la dirección multidifusión reenviable 01-1B-19-00-00-00 en todos sus puertos con capacidad PTP.

En el caso de reloj T-GM, T-BC y T-TSC, la elección de la dirección multidifusión se realiza mediante configuración en cada uno de sus puertos; todos los mensajes PTP de un puerto deben utilizar la dirección configurada para la transmisión de mensajes PTP al puerto PTP distante. Si el puerto PTP distante está configurado con la otra dirección, el puerto PTP local debe aceptar y procesar los mensajes recibidos.

La dirección por defecto depende de la política del operador. Véase información al respecto en el Apéndice III.

En transmisión, el modo por defecto de T-TC no requiere ninguna configuración: los mensajes PTP retransmitidos por el T-TC deben utilizar la misma dirección de destino multidifusión que el mensaje PTP recibido. Es obligatorio soportar este modo por defecto en transmisión.

NOTA – Este perfil utiliza el Anexo F de [IEEE 1588], *Transporte de PTP sobre IEEE802.3/Ethernet*, en la capa de transporte. En particular, de conformidad con los pertinentes modelos de puente Ethernet, la

dirección MAC adecuada del puerto ethernet de transmisión está en el campo `sourceAddress` del encabezamiento de la trama ethernet que encapsula los paquetes PTP enviados por cualquiera de los relojes PTP definidos en este perfil (es decir, T-GM, T-BC, T-TC o T-TSC).

Este perfil procesa los mensajes PTP con encapsulado multidifusión ethernet. Los mensajes PTP con otro tipo de encapsulado deben reenviarse de acuerdo con las reglas de reenvío del correspondiente protocolo de transporte.

### 6.2.7 Correspondencia de PTP

Este perfil de telecomunicaciones PTP se basa en la correspondencia de PTP definida en el Anexo F de [IEEE 1588], *Transporte de PTP sobre IEEE802.3/Ethernet*.

Por lo tanto, un reloj PTP que sea conforme con el perfil descrito en esta Recomendación también debe ser conforme con el Anexo F de [IEEE 1588].

En este perfil se utiliza el campo `transportSpecific`, que debe ponerse a "0".

En los casos actualmente considerados, es decir, basados en la temporización plena con T-BC y T-TC, no se permite en los T-GM, T-BC y T-TSC la inserción de una etiqueta de red de área local virtual (VLAN) en las tramas que transportan los mensajes PTP. En ese caso, cuando se recibe un mensaje PTP en una trama que contiene una etiqueta VLAN, los T-GM, T-BC y T-TSC deben descartar la trama.

En el Apéndice I se analizan algunas configuraciones específicas basadas en T-TC.

La utilización de etiquetas VLAN en otros casos requiere estudios adicionales.

### 6.2.8 Velocidades de transmisión de mensajes

En el contexto de este perfil, pueden utilizarse los mensajes siguientes y deben respetarse las velocidades nominales indicadas:

- mensajes *Sync* (si se utilizan mensajes *Follow\_up*, tendrán la misma velocidad) – velocidad nominal: 16 paquetes por segundo.
- mensajes *Delay\_Req/Delay\_Resp* – velocidad nominal: 16 paquetes por segundo.
- mensajes *Announce* – velocidad nominal: 8 paquetes por segundo.

En la transmisión de mensajes *Sync* y *Announce* también deben respetarse los requisitos de 7.7.2.1 de [IEEE 1588]. Además, el tiempo entre mensajes *Sync* sucesivos no debe exceder del doble del intervalo medio entre mensajes *Sync* arriba especificado, y el tiempo entre mensajes *Announce* sucesivos no debe exceder del doble del intervalo medio entre mensajes *Announce* arriba especificado.

En 9.5.11.2 de [IEEE 1588] se especifica la transmisión de mensajes *Delay\_Req*.

Además de los incisos 1 y 2 de 9.5.11.2 de [IEEE 1588], un reloj que sea conforme con este perfil debe implementar una de las dos alternativas siguientes:

- requisitos de tiempo de transmisión según el inciso 3 de 9.5.11.2 de [IEEE 1588], mediante una distribución específica de la implementación. En este caso, el nodo PTP debe, con un nivel de confianza del 90%, transmitir mensajes *Delay\_Req* con intervalos entre mensajes que se encuentren dentro del  $\pm 30\%$  de  $2^{\log_{10} \text{MinDelayReqInterval}}$  segundos;
- requisitos de tiempo de transmisión con arreglo al inciso 4 de 9.5.11.2 de [IEEE 1588].

Además, el tiempo entre sucesivos mensajes *Delay\_Req* no debe superar los  $2^{\log_{10} \text{MinDelayReqInterval}+1}$  segundos.

En el Apéndice II a esta Recomendación se incluye información adicional de respaldo sobre la transmisión del mensaje *Delay\_Req* especificada en 9.5.11.2 de [IEEE 1588].

La utilización de los mensajes *Signaling* y *Management* requieren estudios adicionales.

## 6.3 Aspectos relacionados con la protección y BMCA alternativo

### 6.3.1 BMCA alternativo

El perfil PTP especificado en esta Recomendación utiliza un BMCA alternativo, como se describe en 9.3.1 de [IEEE 1588]. Este BMCA alternativo difiere del BMCA por defecto de [IEEE 1588] en lo siguiente:

- a) El BMCA alternativo considera el atributo booleano por puerto `masterOnly`. Si `masterOnly` es VERDADERO, el puerto nunca pasa al estado SLAVE, y siempre pasará al estado MASTER. Si `masterOnly` es FALSO, el puerto puede pasar al estado SLAVE. El atributo `masterOnly` se fija a través del miembro del conjunto de datos del puerto configurable `portDS.masterOnly`.

El valor por defecto y el rango de valores de este atributo, para los puertos de un BC o de un OC que solo puede ser GM (es decir, T-GM) son VERDADERO y {VERDADERO} respectivamente.

El valor por defecto y el rango de valores de este atributo, para el puerto de un OC sólo esclavo (es decir, T-TSC) son FALSO y {FALSO} respectivamente.

El valor por defecto y el rango de valores de este atributo, para los puertos de un BC que puede o no ser un GM (es decir, T-BC) son VERDADERO y {VERDADERO, FALSO} respectivamente.

Obsérvese que para un T-BC, el atributo `masterOnly` debe ser FALSO en al menos un puerto a fin de que el T-BC pueda sincronizarse con otro reloj.

- b) El cálculo de  $E_{r_{best}}$  se hace con arreglo a la descripción que figura en 9.3.2.3 de [IEEE 1588], con la excepción de que el  $E_{r_{best}}$  de un puerto  $r$  debe ser el conjunto vacío cuando el atributo `masterOnly` de ese puerto  $r$  sea VERDADERO, con independencia de cualquier otra consideración. El cálculo de  $E_{best}$  no utilizará la información contenida en ningún mensaje *Announce* recibido en un puerto  $r$  en el que el atributo `masterOnly` sea VERDADERO.
- c) El BMCA alternativo permite que varios relojes sean simultáneamente GM activos (un reloj con `clockClass` inferior a 128 no puede ser esclavo). Si hay varios GM activos, cada reloj que no sea GM se sincroniza con un único GM en el dominio PTP.
- d) A cada puerto  $r$  de cada reloj se le asigna un atributo `localPriority`, que se utiliza en el cálculo de  $E_{r_{best}}$  y  $E_{best}$ . A cada reloj padre o conjunto de datos de un reloj maestro extranjero (ajeno al dominio), cuya información *Announce* se reciba en el puerto  $r$ , se le asigna el atributo `localPriority` del puerto local  $r$  antes de invocar la comparación de conjuntos de datos definida en las Figuras 2 y 3. El atributo `localPriority` no se transmite en mensajes *Announce*. Este atributo se utiliza como mecanismo de desempate del algoritmo de comparación de conjuntos de datos en caso de que sean iguales todos los demás atributos previos de los conjuntos de datos comparados. El valor del atributo `localPriority` se fija mediante el miembro del conjunto de datos del puerto, configurable de valor entero sin signo, `portDS.localPriority`. El tipo de datos de este atributo es `UInteger8`. El rango de valores de este atributo es {1-255}. El valor por defecto de este atributo es 128. Un reloj que sea conforme con el perfil PTP admite un subconjunto de los valores definidos en el rango.
- e) El atributo `localPriority` se asigna al reloj local para utilizarlo, si es necesario, cuando los datos asociados al reloj local,  $D_0$ , se comparen con datos de otro posible GM recibidos en un mensaje *Announce*. El atributo `localPriority` del reloj local se fija mediante el miembro del conjunto de datos por defecto, configurable de valor entero sin signo, `defaultDS.localPriority`. El tipo de datos de este atributo es `UInteger8`. El rango de valores de este atributo es {1-255}. El valor por defecto del atributo es 128. Un reloj que sea conforme con el perfil PTP admite un subconjunto de los valores definidos en el rango

- f) El algoritmo de comparación de conjuntos de datos se modifica con arreglo a las Figuras 2 y 3 de la cláusula 6.3.7.

NOTA 1 – Debido a que en todos los puertos PTP de un T-GM el valor del atributo masterOnly es por definición siempre VERDADERO, el atributo localPriority no se utiliza en la práctica en un T-GM.

NOTA 2 – En un T-GM, la salida del BCMA alternativo es, en la práctica, estática y proporciona un estado recomendado = BMC\_MASTER, puesto que el atributo masterOnly es VERDADERO para todos los puertos PTP de un T-GM. El código de decisión resultante puede ser M1 o M2, en función del estado del T-GM (es decir, el valor de clockClass del T-GM).

NOTA 3 – En un T-BC, los puertos para los que el atributo masterOnly es FALSO deben seleccionarse con arreglo al plan de sincronización de la red. Un caso de uso típico en el que este parámetro debe seguir siendo VERDADERO es para evitar la propagación de la temporización desde la parte de acceso de la red al núcleo de la red.

NOTA 4 – El uso de masterOnly está destinado básicamente a dos casos:

- 1) un puerto PTP de un T-GM;
- 2) un puerto PTP de un T-BC orientado en el sentido descendente del flujo de datos, hacia la parte de acceso de una topología en árbol.

El uso del parámetro masterOnly en otros casos, como en puertos PTP de una arquitectura en anillo, pueden dar lugar a un funcionamiento indeseado, especialmente durante reconfiguraciones o cambios de topología.

### **6.3.2 Consideraciones sobre el uso de los atributos localPriority**

Los atributos localPriority proporcionan una poderosa herramienta para la definición de la arquitectura de la red de sincronización.

La utilización de los valores por defecto de estos atributos, tal como define el BMCA alternativo, permite construir una red de sincronización sin bucles de temporización.

Es obligatorio realizar una planificación adecuada para evitar los bucles de temporización cuando se configuren valores distintos a los valores por defecto.

### **6.3.3 Atributo estático de reloj priority1**

En este perfil PTP, el atributo de reloj priority1 es estático. Se inicializa a un valor por defecto igual al valor central de su rango, 128, que no debe modificarse.

En esta versión del perfil de telecomunicaciones PTP no se utiliza el parámetro priority1. El uso de este atributo en futuras versiones requiere estudios adicionales.

### **6.3.4 Atributo de reloj priority2**

En este perfil PTP, el atributo de reloj priority2 es configurable.

Se inicializa a un valor por defecto, que es el mismo para los relojes T-GM y T-BC, el valor central de su rango de valores, 128, de {0-255}. El valor por defecto para los relojes T-TSC es 255, y el rango es {255}.

Un T-GM o un T-BC conforme con este perfil PTP debe admitir todos los valores de priority2 definidos en el rango. Un T-TSC conforme con este perfil debe admitir en recepción todos los valores de priority2 definidos en el rango completo de [IEEE 1588] (es decir, {0-255}).

En el Apéndice IV se describen posibles casos de uso del atributo priority2; otros casos requieren estudios adicionales.

### 6.3.5 Otros atributos del reloj

Un reloj PTP que sea conforme con este perfil PTP debe admitir la recepción de todos los valores de clockClass, clockAccuracy y offsetScaledLogVariance [no habrá descartes] definidos en todo el rango de [IEEE 1588].

Los valores aplicables del atributo de reloj clockClass se especifican en la cláusula 6.4.

NOTA – El comportamiento a la recepción de un valor de clockClass no especificado en el Cuadro 2 requiere estudios adicionales.

Los valores siguientes del atributo clockAccuracy se aplican en las situaciones descritas a continuación:

- 0x20 para un T-GM conectado a un reloj de tiempo de referencia primario mejorado (ePRTC) en modo enganchado (es decir, un ePRTC trazable con respecto a un sistema global de navegación por satélite (GNSS));
- 0x21 para un T-GM conectado a un reloj de tiempo de referencia primario (PRTC) en modo enganchado (es decir, un PRTC trazable con respecto a un GNSS);
- 0xFE para un T-GM no conectado a un ePRTC en modo enganchado ni a un PRTC en modo enganchado;
- 0xFE para un T-BC en todo momento.

Los valores siguientes del atributo de reloj offsetScaledLogVariance se aplican en las situaciones descritas a continuación:

- 0x4B32 para un T-GM conectado a un ePRTC en modo enganchado (es decir, ePRTC trazable con respecto a un GNSS). Ello corresponde a un TDEV de 10 ns, para un intervalo de observación de 10 000 s. El valor correspondiente de la varianza de PTP (PTPVAR) es  $1,271 \times 10^{-16} \text{ s}^2$  (véase el Apéndice IX);
- 0x4E5D para un T-GM conectado a un PRTC en modo enganchado (es decir, ePRTC trazable con respecto a un GNSS). Ello corresponde a un TDEV de 30 ns, para un intervalo de observación de 10 000 s. El valor correspondiente de la varianza de PTP (PTPVAR) es  $1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$  (véase el Apéndice IX);
- 0xFFFF para un T-GM no conectado a un ePRTC en modo enganchado ni a un PRTC en modo enganchado;
- 0xFFFF para un T-BC, en todo momento.

### 6.3.6 Algoritmo de decisión del estado

El algoritmo de decisión de estado aplicable al BMCA alternativo del perfil PTP especificado en esta Recomendación se presenta en la Figura 1. Una vez se toma una decisión mediante el algoritmo, los conjuntos de datos del reloj local se actualizan como se especifica en 9.3.5 de [IEEE 1588]. En 9.3.3 de [IEEE 1588] se ofrecen detalles sobre la utilización del algoritmo.

### 6.3.7 Algoritmo de comparación entre conjuntos de datos

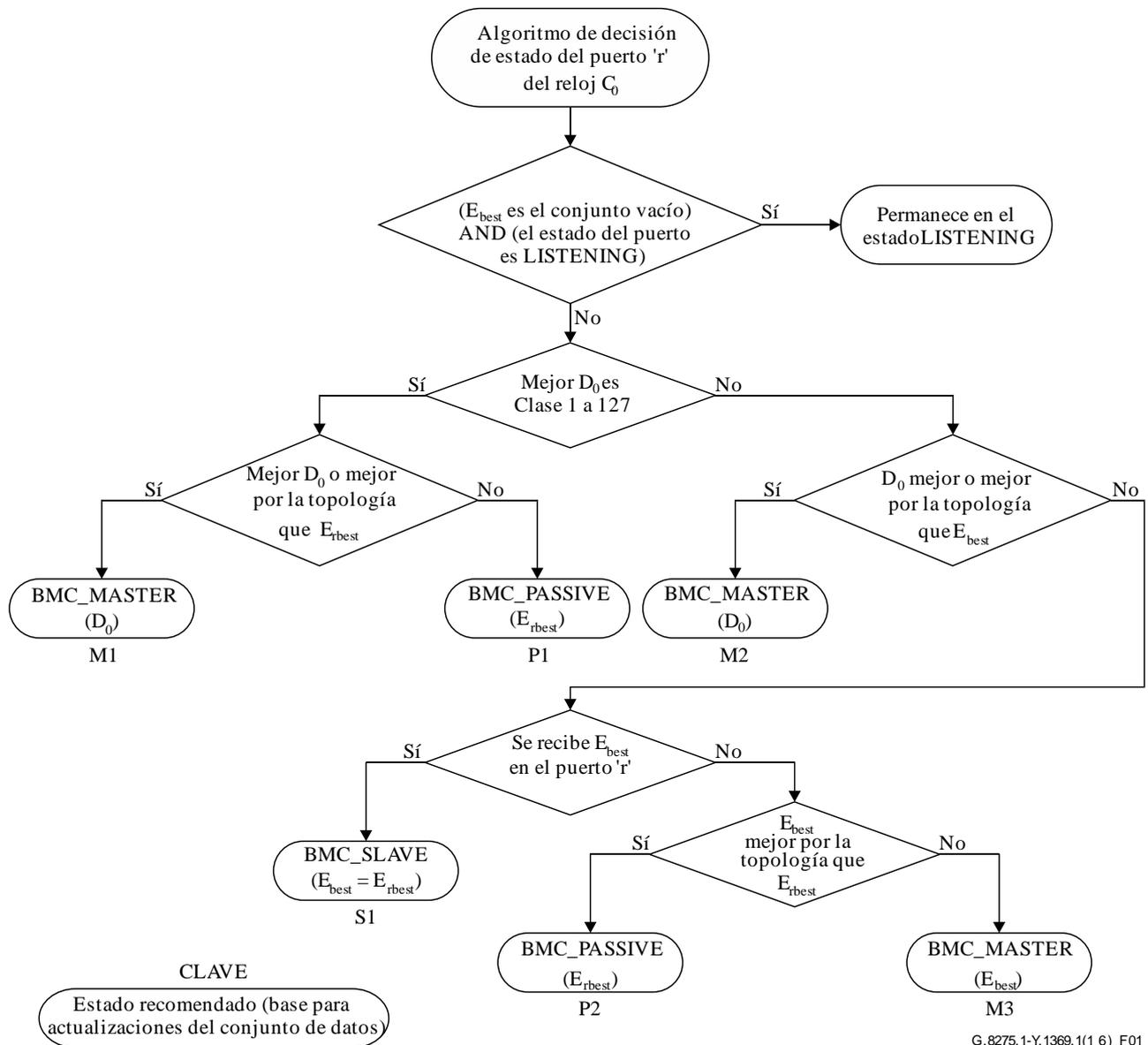
El algoritmo de comparación entre conjuntos de datos para el BMCA alternativo del perfil PTP especificado en esta Recomendación se presenta en las Figuras 2 y 3. Mediante este algoritmo, se comparan dos relojes en virtud de los conjuntos de datos de dichos relojes ligados al atributo localPriority. En 9.3.4 de [IEEE 1588] figura información sobre el uso del algoritmo.

Si alguno de los conjuntos de datos, A o B de las Figuras 2 y 3, contienen datos del reloj padre o de un reloj maestro extranjero, el localPriority de su conjunto de datos es el localPriority del puerto local r en el que se ha recibido la información desde el reloj padre o el reloj maestro extranjero (véase el inciso d) de la cláusula 6.3.1).

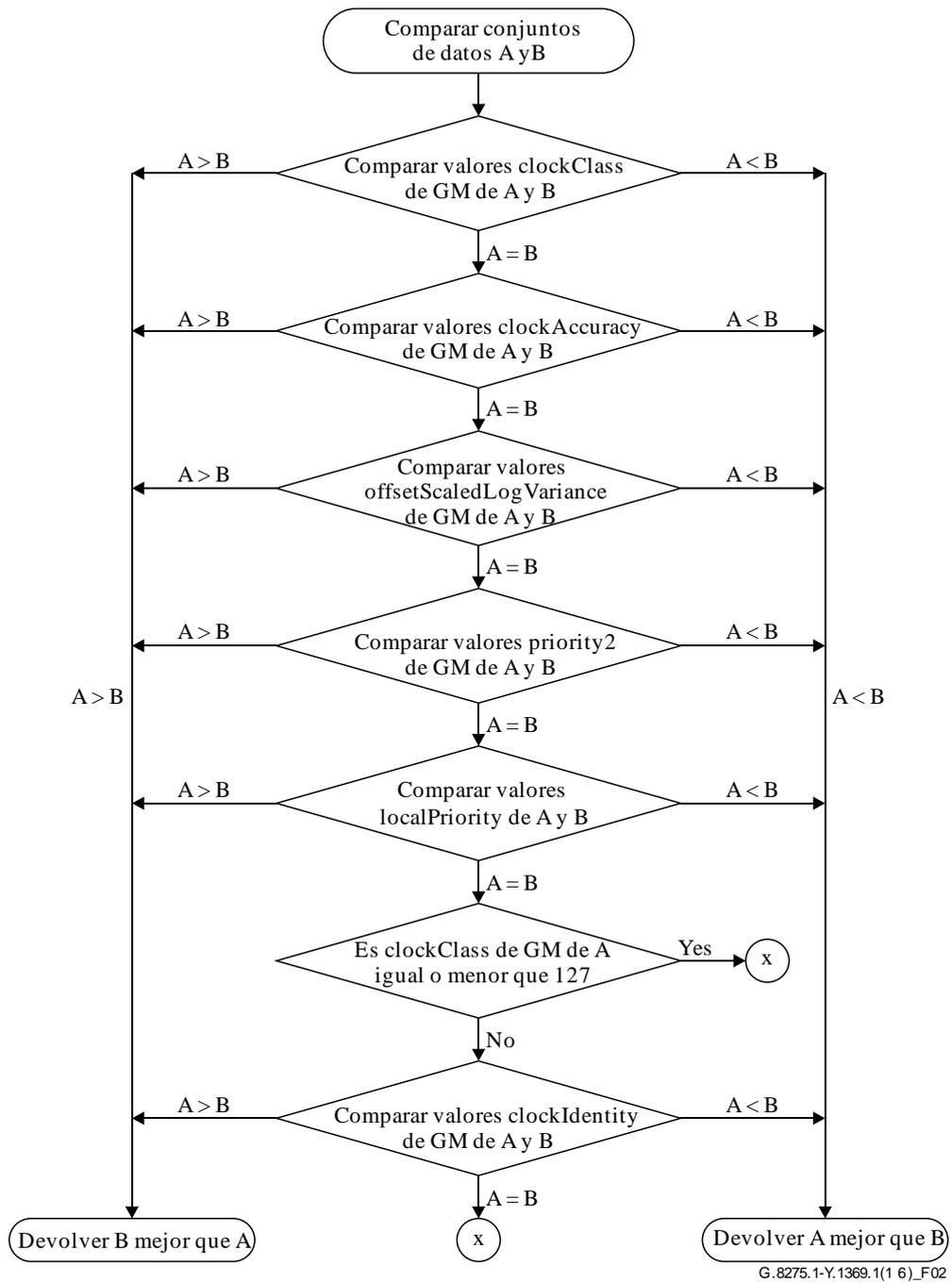
Si alguno de los conjuntos de datos, A o B de las Figuras 2 y 3, contienen datos del reloj local  $D_0$ , el localPriority de ese conjunto de datos es el localPriority del reloj local (véase el inciso e) de la cláusula 6.3.1).

NOTA 1 – Se recomienda implementar todo el algoritmo de comparación de conjuntos de datos descrito en las Figuras 2 y 3 aunque algunos parámetros sean en ese momento estáticos, puesto que pueden utilizarse en versiones futuras de esta Recomendación.

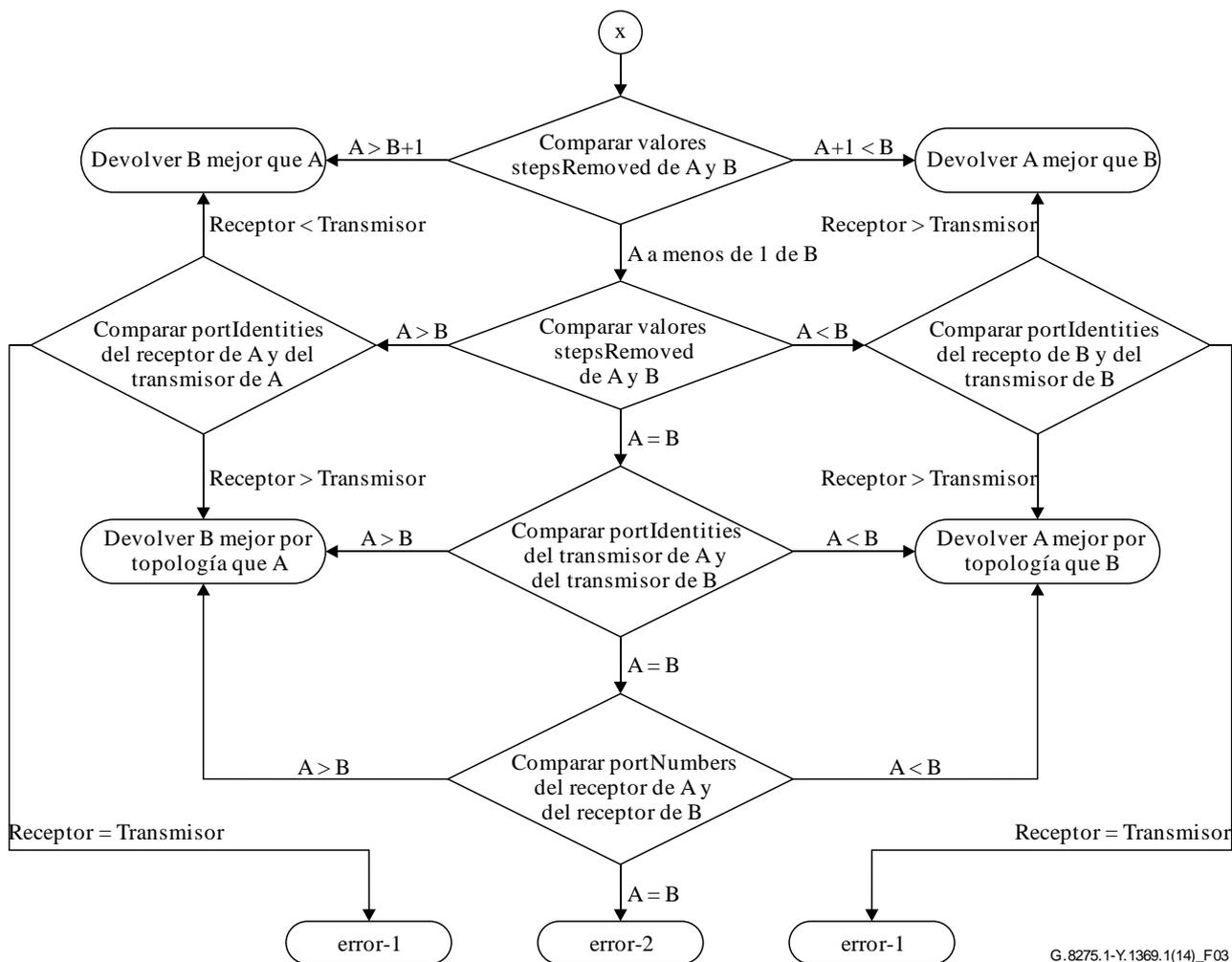
NOTA 2 – El bloque de la Figura 2 "¿Es el GM clockClass de A igual o menor que 127?" permite que distintos T-BC de la red se sincronicen con distintos T-GM cuando se despliegan varios T-GM.



**Figura 1 – Algoritmo de decisión del estado de BMCA alternativo**



**Figura 2 – Parte 1 del algoritmo de comparación de conjuntos de datos para BMCA alternativo**



G.8275.1-Y.1369.1(14)\_F03

**Figura 3 – Parte 2 del algoritmo de comparación de conjuntos de datos para BMCA alternativo**

### 6.3.8 Campos PTP no utilizados

En este perfil PTP no se utilizan algunos campos PTP. En esta sección se definen las actuaciones aplicables a dichos campos PTP no utilizados.

En el Cuadro A.8 de la cláusula A.10 de esta Recomendación se definen los valores de la bandera del encabezamiento común PTP y si cada una de esas banderas se utilizan en este perfil.

Además, en este perfil no se utilizan los campos siguientes:

- en este perfil no se utiliza "controlField" del encabezamiento común de mensajes PTP. El receptor debe ignorar este campo para todos los tipos de mensajes PTP;
- el campo "priority1" del mensaje *Announce* no se utiliza y debe ponerse a un valor fijo según se especifica en la cláusula 6.3.3.

Cuando un reloj PTP recibe un mensaje PTP con un campo cuyo uso no se especifica en este perfil PTP, que contiene un valor fuera del rango permitido, dicho campo del mensaje PTP debe ignorarse, sin descartar el mensaje PTP.

A título de ejemplo, un reloj PTP que sea conforme con este perfil PTP debe ignorar en recepción el valor de los campos siguientes. Un reloj PTP conforme con este perfil PTP no debe actualizar sus conjuntos de datos locales con el valor de entrada de estos campos:

- flagField – alternateMasterFlag;
- flagField – unicastFlag;
- flagField –Specific 1 del perfil PTP ;
- flagField –Specific 2 del perfil PTP.

Cuando un reloj PTP recibe un mensaje PTP con un campo cuyo uso está especificado en este perfil PTP que contiene un valor fuera del rango de recepción permitido, debe descartar todo el mensaje PTP. Excepto para los atributos clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance y priority2 (véanse las cláusulas 6.3.4 y 6.3.5), los rangos de recepción y de los miembros defaultDS son los mismos.

A título de ejemplo, un reloj que sea conforme debe descartar en recepción los paquetes de entrada (mensaje *General* y mensaje *Event*) cuando cualquiera de los campos siguientes tengan un valor fuera del rango permitido para el perfil:

- domainNumber;
- versionPTP.

El conjunto de datos locales del reloj no deben actualizarse con el valor de entrada.

NOTA 1 – Si un reloj recibe un mensaje *Announce* cuyo campo "priority" tiene un valor distinto de 128 y si el reloj que anuncia ese valor se ha seleccionado como GM, el reloj receptor debe volver a anunciar el valor 128. El reloj receptor ignora el atributo no usado priority1 para los fines del BMCA alternativo.

NOTA 2 – Los rangos permitidos para los atributos priority2, clockClass, clockAccuracy y offsetScaledLogVariance del reloj son los respectivos rangos completos de [IEEE 1588], véanse las cláusulas 6.3.4 y 6.3.5.

## 6.4 Información de trazabilidad de fase/tiempo

A fin de distribuir la información de trazabilidad de fase/tiempo, en este perfil de telecomunicaciones PTP deben utilizarse los valores de clockClass descritos en el Cuadro 2. En el Cuadro 4 se presenta información adicional con fines de interfuncionamiento,

En este perfil la bandera frequencyTraceable del encabezamiento de los mensajes PTP se define como sigue: si el reloj PTP es trazable con respecto a un PRTC en modo enganchado o con respecto a un reloj de referencia primario (PRC), es decir, mediante una entrada física de frecuencia trazable con respecto a un PRC, el parámetro deben ponerse en VERDADERO, en otro caso debe ponerse en FALSO. Esta bandera no se utiliza en el BMCA alternativo definido en la cláusula 6.3; los valores del Cuadro 2 para esta bandera puede ser utilizados por un operador de red con fines de seguimiento o por aplicaciones de usuario para tomar las acciones definitivas descritas en el Apéndice VIII.

Cuando un T-GM pasa al modo autónomo (*holdover*), degrada el valor de clockClass que utiliza a 7. Calcula entonces si el error de tiempo en su salida cumple la especificación del modo autónomo. Si el T-GM determina que el error en su salida excede la especificación del modo autónomo, degrada el valor de clockClass que utiliza a 140, 150 ó 160 en función de la calidad de su referencia de frecuencia (oscilador interno o señal de frecuencia de la capa física en una interfaz externa).

Cuando un T-BC pasa al modo autónomo, degrada el valor de clockClass que utiliza a 135. Calcula entonces si el error de tiempo en su salida cumple la especificación del modo autónomo. Si el T-BC determina que el error en su salida excede la especificación del modo autónomo, degrada el valor de clockClass que utiliza a 165 (oscilador interno o señal de frecuencia de la capa física en una interfaz externa).

NOTA 1 – La especificación para el modo autónomo es función del diseño y del balance de la red de sincronización. En el Apéndice V [UIT-T G.8271.1] figuran ejemplos de balances de red. Un valor típico del balance en modo autónomo, descrito para el escenario de fallo b) del Cuadro V.1 de [UIT-T G.8271.1] cuando se utiliza el T-GM o el T-BC en modo autónomo y se cumple el límite del error temporal total de 1,5  $\mu$ s, es de 400 ms.

**Cuadro 2 – Valores aplicables de clockClass**

<b>Descripción de la trazabilidad de fase/tiempo</b>	<b>defaultDS. clockQuality. clockClass</b>	<b>Bandera frequencyTraceable</b>	<b>Bandera timeTraceable</b>
T-GM conectado a un PRTC en modo enganchado (por ejemplo, un PRTC trazable con respecto al GNSS)	6	VERDADERO	VERDADERO
T-GM en modo autónomo, que cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 1 (Nota 1)	7	VERDADERO	VERDADERO
T-GM en modo autónomo, que cumple la especificación del modo autónomo, no trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 1 (Nota 1)	7	FALSO	VERDADERO
T-BC en modo autónomo, que cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 1 (Nota 1)	135	VERDADERO	VERDADERO
T-BC en modo autónomo, que cumple la especificación del modo autónomo, no trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 1 (Nota 1)	135	FALSO	VERDADERO
T-GM en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 1 (Nota 1)	140	VERDADERO	FALSO
T-GM en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 2 (Nota 1)	150	FALSO	FALSO
T-GM en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 3 (Nota 1)	160	FALSO	FALSO
T-BC en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo (Nota 1)	165	(Nota 2)	FALSO

**Cuadro 2 – Valores aplicables de clockClass**

<b>Descripción de la trazabilidad de fase/tiempo</b>	<b>defaultDS. clockQuality. clockClass</b>	<b>Bandera frequencyTraceable</b>	<b>Bandera timeTraceable</b>
T-GM o T-BC sin referencia de tiempo desde el inicio	248	(Nota 2)	FALSO
OC que solo es esclavo (no transmite mensajes Announce)	255	(Nota 2)	Según PTP
<p>NOTA 1 – El umbral de la especificación del modo autónomo que controla el tiempo dedicado a anunciar los valores 7 ó 135 de clockClass podría fijarse a cero para que el T-GM o el T-BC anuncien un valor de clockClass degradado inmediatamente después de perder la trazabilidad con respecto a un PRTC. En ese caso, inmediatamente después del anuncio de los valores 140, 150, 160, ó 165 de clockClass, un reloj puede cumplir la especificación del modo autónomo.</p> <p>NOTA 2 – El valor de la bandera frequencyTraceable puede ser VERDADERO o FALSO en función de la disponibilidad de una señal de entrada de frecuencia en la capa física trazable con respecto a un PRC.</p> <p>NOTA 3 – Como opción, el rango de clockClass de un T-BC puede ampliarse en algunos casos de (135, 165, 248) a (135, 140, 150, 160, 165, 248), donde a) 140, 150, 160 y 165 están relacionados con la calidad de la referencia de frecuencia, b) las circunstancias aplicables a 140, 150 y 160 son las mismas que para el T-GM, y c) 165 corresponde al reloj del equipo ethernet síncrono (EEC). Si se utiliza esta opción, en un único dominio PTP todos los relojes PTP deben implementar la opción (y no deben combinarse con relojes que no la implementen). Otros aspectos más detallados requieren estudios adicionales.</p> <p>NOTA 4 – El término "modo autónomo" en este cuadro se refiere a "modo autónomo de la señal de tiempo".</p>			

En el Cuadro 3 se describe la correspondencia entre los niveles de calidad del reloj (QL) definidos en [UIT-T G.781] y las fuentes de frecuencia de categoría 1, 2 y 3 utilizadas en el Cuadro 2.

**Cuadro 3 – Correspondencia entre las QL del reloj [UIT-T G.781] y las fuentes de frecuencia de categoría 1, 2 3**

<b>Categoría (en el Cuadro 2)</b>	<b>QL de UIT-T G.781 opción I</b>	<b>Ql de UIT-T G.781 opción II</b>
Fuente de frecuencia de categoría 1	QL-PRC	QL-PRS
Fuente de frecuencia de categoría 2	QL-SSU-A	QL-ST2
Fuente de frecuencia de categoría 3	QL-SSU-B	QL-ST3E

NOTA 2 – El caso de un T-BC que actúe como GM, con una señal de entrada de fase/tiempo externa procedente de un PRTC, se maneja mediante un puerto PTP virtual con atributos  $E_{r\text{best}}$  asociados, como se describe en el Anexo C de esta Recomendación. El caso general de un T-BC con una entrada de sincronización externa de fase/tiempo diferente de un PRTC requiere estudios adicionales.

En el Cuadro 4 se presenta un subconjunto de los valores de clockClass del Cuadro 2 en base a la calidad de la referencia de frecuencia, así como la correspondencia con los valores utilizados por algunos equipos desplegados antes de la adopción de esta Recomendación.

NOTA 3 – Cuando es necesaria la interoperabilidad con equipos instalados antes de la adopción de esta Recomendación, deben soportarse ambos conjuntos de valores de clockClass. Para una interoperabilidad completa puede ser necesario considerar otros aspectos.

**Cuadro 4 – Valores de clockClass de equipos implantados antes de la adopción de esta Recomendación**

Descripción de la trazabilidad fase/tiempo	Valores definidos en el Cuadro 2	Valores anteriores a esta Recomendación
T-GM conectado a PRTC en modo enganchado (por ejemplo, PRTC trazable con respecto al GNSS)	6	6
T-GM en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 1 (Nota 1)	140	7
T-GM en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 2 (Nota 1)	150	(Nota 2)
T-GM en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo, trazable con respecto a una fuente de frecuencia de categoría 3 (Nota 1)	160	52
T-BC en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo (Nota 1)	165	187
OC que solo es esclavo (no transmite mensajes <i>Announce</i> )	255	255
NOTA 1 – Inicialmente, tras anunciar valores de clockClass mayores de 6, el reloj puede estar aun cumpliendo la especificación del modo autónomo. NOTA 2 – Véase el valor aplicable especificado para el equipo.		

**7 Perfil PTP del UIT-T para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red**

En el Anexo A se incluye un perfil PTP para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red.

**8 Aspectos de seguridad**

Son necesarios estudios adicionales.

## Anexo A

### Perfil PTP del UIT-T para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

Este anexo contiene el perfil de telecomunicaciones PTP para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red, como requiere la norma [IEEE 1588]. Para declarar la conformidad con este perfil de telecomunicaciones PTP deben cumplirse los requisitos de este anexo y del cuerpo principal de la presente Recomendación.

#### A.1 Identificación del perfil

profileName: perfil PTP del UIT-T para la distribución de fase/tiempo con temporización plena de la red  
profileVersion: 2.0  
profileIdentifier: 00-19-A7-01-02-00

Este perfil ha sido especificado por el UIT-T.

Puede obtenerse una copia en [www.itu.int](http://www.itu.int)

NOTA – La versión 1 de este perfil sólo acepta un rango limitado de valores de clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance, en el caso del T-TSC, de priority2. El mensaje *Announce* se descarta si se reciben valores fuera del rango aceptable. La versión 2 del perfil amplía el rango de valores aceptables al rango completo del PTP. En redes que cuentan con ePRTC, que utilizan nuevos valores de clockAccuracy y offsetScaledLogVariance y tienen valores fuera del rango de la versión 1, todos los relojes deben usar la versión 2 del perfil. Si en dicha red no existen ePRTC, ésta puede funcionar con una combinación de relojes con la versión 1 y con la versión 2.

#### A.2 Valores de los atributos del PTP

Los valores por defecto y los rangos de los atributos PTP que pueden utilizarse en este perfil figuran en los Cuadros A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6 y A.7. En el caso de los atributos clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance y priority2, los rangos que se muestran son los correspondientes a defaultDS.

NOTA – Un reloj frontera cumple las normas de [IEEE 1588] de selección del reloj padre, actualización de parentDS y transmisión de mensajes *Announce*, de forma que pueda transmitir valores distintos a los de defaultDS.

Los atributos no especificados en este perfil deben utilizar los valores de inicialización por defecto y los rangos definidos en [IEEE 1588].

En los cuadros siguientes se incluyen el valor de inicialización por defecto y el rango para cada miembro del conjunto de datos:

- Maestro principal de telecomunicaciones: reloj común o reloj frontera que sólo puede actuar como GM (maestro principal) (T-GM conforme a [UIT-T G.8275] – primer reloj PTP de la cadena).
- Reloj esclavo de tiempo de telecomunicaciones: reloj común con clockClass = 255 (T-TSC conforme a [UIT-T G.8275] – último reloj PTP de la cadena).
- Reloj frontera de telecomunicaciones: reloj frontera, que puede o no ser GM; será GM si es el mejor reloj de la red (T-BC conforme a [UIT-T G.8275] – reloj PTP intermedio de la cadena).
- Reloj transparente de telecomunicaciones: reloj transparente extremo a extremo (T-TC conforme a [UIT-T G.8275] – reloj PTP intermedio de la cadena).

En el Cuadro 1 de la cláusula 6.2.3 se describe la correspondencia entre estos tipos de relojes PTP y los relojes de fase/tiempo definidos en la arquitectura [UIT-T G.8275].

Los atributos definidos en los Cuadros A.6 y A.7 para un reloj transparente son opcionales.

**Cuadro A.1 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos defaultDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj principal maestro de telecomunicaciones		Requisitos del reloj esclavo de telecomunicaciones		Requisitos del reloj frontera de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (estático)	Según PTP	{FALSO, VERDADERO}	Según PTP	{FALSO, VERDADERO}	Según PTP	{FALSO, VERDADERO}
8.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (estático)	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (estático)	1 para OC Según PTP para BC	{1} para OC Según PTP para BC	1	{1}	Según PTP	Según PTP
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (dinámico)	248	{6, 7, 140, 150, 160, 248}	255	{255}	248	{135, 165, 248}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.clockAccuracy (dinámico)	0xFE	{0x20, 0x21, 0xFE} (Nota)	0xFE	{0xFE}	0xFE	{0xFE}
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance (dinámico)	0xFFFF	{0x4B32, 0x4E5D, 0xFFFF} (Nota)	0xFFFF	{0xFFFF}	0xFFFF	{0xFFFF}
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (configurable)	128	{128}	128	{128}	128	{128}
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (configurable)	128	{0-255}	255	{255}	128	{0-255}
8.2.1.4.3	defaultDS.domainNumber (configurable)	24	{24-43}	24	{24-43}	24	{24-43}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (configurable)	FALSO	{FALSO}	VERDADERO	VERDADERO	FALSO	{FALSO}
Nuevo miembro	defaultDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
Nuevo miembro	defaultDS.maxSteps Removed (configurable)	255	{1-255}	255	{1-255}	255	{1-255}

NOTA – En la cláusula 6.3.5 se muestran ejemplos de valores aplicables.

**Cuadro A.2 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos currentDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj principal maestro de telecomunicaciones		Requisitos del reloj esclavo de telecomunicaciones		Requisitos del reloj frontera de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango
8.2.2.2	currentDS.steps Removed (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.2.3	currentDS.offset FromMaster (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.2.4	currentDS.mean PathDelay (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP

**Cuadro A.3 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos parentDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj principal maestro de telecomunicaciones		Requisitos del reloj esclavo de telecomunicaciones		Requisitos del reloj frontera de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango
8.2.3.2	parentDS.parent PortIdentity (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.3.3	parentDS.parentStats (dinámico)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)
8.2.3.4	parentDS.observed ParentOffsetScaled LogVariance (dinámico)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)
8.2.3.5	parentDS.observed ParentClockPhase ChangeRate (dinámico)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)
8.2.3.6	parentDS.grand masterIdentity (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.3.7	parentDS.grand masterClockQuality (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.3.8	parentDS.grand masterPriority1 (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.3.9	parentDS.grand masterPriority2 (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP

NOTA – Según PTP, no aplicable a este perfil.

**Cuadro A.4 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos timePropertiesDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj principal maestro de telecomunicaciones		Requisitos del reloj esclavo de telecomunicaciones		Requisitos del reloj frontera de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango
8.2.4.2	timePropertiesDS.currentUtcOffset (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.4.3	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}
8.2.4.6	timePropertiesDS.timeTraceable (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}	FALSO	{FALSO, VERDADERO}
8.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDADERO} (Nota)	FALSO	{FALSO, VERDADERO} (Nota)	FALSO	{FALSO, VERDADERO} (Nota)
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptpTimescale (dinámico)	VERDADERO	{VERDADERO}	VERDADERO	{VERDADERO}	VERDADERO	{VERDADERO}
8.2.4.9	timePropertiesDS.timeSource (dinámico)	0xA0	Según PTP	0xA0	Según PTP	0xA0	Según PTP

NOTA – Si el reloj es trazable con respecto a un PRTC en modo enganchado o a un PRC (por ejemplo, utilizando una entrada de frecuencia de capa física trazable con respecto a un PRC), este parámetro debe tomar el valor VERDADERO y en cualquier otro caso, debe ser FALSO.

**Cuadro A.5 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos portDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj principal maestro de telecomunicaciones		Requisitos del reloj esclavo de telecomunicaciones		Requisitos del reloj frontera de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (estático)	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.portNumber (estático)	1 para OC Según PTP para BC	{1} para OC Según PTP para BC	1	{1}	Según PTP	Según PTP
8.2.5.3.1	portDS.portState (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP

**Cuadro A.5 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos portDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj principal maestro de telecomunicaciones		Requisitos del reloj esclavo de telecomunicaciones		Requisitos del reloj frontera de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango	Valor de inicialización por defecto	Rango
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (dinámico)	-4	{-4}	-4	{-4}	-4	{-4}
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (dinámico)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (configurable)	-3	{-3}	-3 (Nota 2)	{-3} (Nota 2)	-3	{-3}
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (configurable)	3	{3 - z} z es FFS	3	{3 - z} z es FFS	3	{3 - z} z es FFS
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (configurable)	-4	{-4}	-4 (Nota 2)	{-4} (Nota 2)	-4	{-4}
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}	01	{01}	01	{01}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (configurable)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (configurable)	2	{2}	2	{2}	2	{2}
Nuevo miembro	portDS.masterOnly (configurable)	VERDADERO	{VERDADERO}	FALSO	{FALSO}	VERDADERO	{VERDADERO, FALSO}
Nuevo miembro	portDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}

NOTA 1 – Según PTP, no aplicable para este perfil.  
NOTA 2 – Un OC sólo esclavo no transmite este tipo de mensaje.

**Cuadro A.6 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos transparentClockDefaultDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj transparente de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango
8.3.2.2.1	transparentClockDefaultDS.clockIdentity (estático)	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP
8.3.2.2.2	transparentClockDefaultDS.numberPorts (estático)	Según PTP para TC	Según PTP para TC
8.3.2.3.1	transparentClockDefaultDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}
8.3.2.3.2	transparentClockDefaultDS.primaryDomain (configurable)	24	{24-43}

**Cuadro A.7 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos transparentClockPortDS**

Sección de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj transparente de telecomunicaciones	
		Valor de inicialización por defecto	Rango
8.3.3.2.1	transparentClockPortDS.portIdentity (estático)	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP
8.3.3.3.1	transparentClockPortDS.logMinPdelayReqInterval (dinámico)	(Nota 1)	(Nota 1)
8.3.3.3.2	transparentClockPortDS.faultyFlag (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDADERO}
8.3.3.3.3	transparentClockPortDS.peerMeanPathDelay (dinámico)	(Nota 1)	(Nota 1)
NOTA 1 – Según PTP, no aplicable para este perfil			

### **A.3 Opciones del PTP**

#### **A.3.1 Tipos de nodos requeridos, permitidos o prohibidos**

En este perfil lo tipos de nodos permitidos son: relojes comunes, relojes frontera y relojes transparentes extremo a extremo.

En este perfil, los tipos de nodos prohibidos son: relojes transparentes entre pares.

#### **A.3.2 Modo de reloj de un paso y de dos pasos**

Están permitidos los relojes de un paso y de dos pasos. Un reloj debe ser capaz de recibir y manejar mensajes transmitidos desde relojes de un paso y de dos pasos. No es necesario que un reloj soporte los modos de un paso y de dos pasos para la transmisión de mensajes.

#### **A.3.3 Mecanismos de transporte requeridos, permitidos o prohibidos**

En este perfil, el mecanismo de transporte requerido es IEEE 802.3/Ethernet, con arreglo al Anexo F de [IEEE 1588]. La conformidad con este perfil exige admitir la dirección multidifusión no reenviable, 01-80-C2-00-00-0E, y la dirección multidifusión reenviable, 01-1B-19-00-00-00.

Los restantes mecanismos de transporte dentro del alcance de este perfil requieren estudios adicionales.

#### **A.3.4 Mensajes unidifusión**

Todos los mensajes se transmiten en multidifusión, utilizando una de las dos direcciones multidifusión indicadas en la cláusula A.3.3. Esta versión del perfil no permite el modo unidifusión.

### **A.4 Opciones del algoritmo óptimo de reloj maestro**

Este perfil utiliza el algoritmo óptimo de reloj maestro (BMCA) alternativo descrito en la cláusula 6.3 de esta Recomendación.

### **A.5 Opción de medición del retardo del trayecto (retardo de petición / retardo de respuesta)**

En este perfil se utiliza el mecanismo retardo de petición /retardo de respuesta. En este perfil no debe utilizarse el mecanismo de retardo de par.

## A.6 Formato de la identidad del reloj

La utilización de EUI-64 del IEEE para generar la identidad del reloj debe realizarse tal como se indica en 7.5.2.2.2 de [IEEE 1588]. No se admiten formatos de clockIdentity que no sean los del IEEE.

## A.7 Opciones de gestión de la configuración

Los aspectos de gestión requieren estudios adicionales y se especificarán en versiones futuras de este perfil.

## A.8 Aspectos de seguridad

Los aspectos de seguridad requieren estudios adicionales. No se utiliza el protocolo de seguridad experimental del Anexo K de [IEEE 1588].

## A.9 Otras características opcionales de IEEE 1588

En esta versión de este perfil no se utilizan otras características opcionales de [IEEE 1588]. Entre ellas están la negociación de mensajes unidifusión (16.1 de [IEEE 1588]), las escalas de tiempo alternativas (16.3 de [IEEE 1588]), las agrupaciones de maestros principales (17.3 de [IEEE 1588]), el maestro alternativo (17.4 de [IEEE 1588]), el descubrimiento unidifusión (17.5 de [IEEE 1588]), la tabla aceptable para el maestro (17.6 de [IEEE 1588]) y la desviación del factor de escala de frecuencia acumulativa experimental (Anexo L de [IEEE 1588]).

## A.10 Banderas del encabezamiento común del PTP

En el Cuadro A.8 se muestran los valores de las banderas de encabezamiento común del PTP, indicándose para cada una de ellas si se utiliza en este perfil.

NOTA – Algunas de estas banderas sólo se utilizan en determinados mensajes PTP, pero no en todos, véase 13.3.2.6 de [IEEE 1588]. Debe respetarse la regla siguiente definida en 13.3.2.6 de [IEEE 1588]: "Para los tipos de mensajes en los que el bit no está definido en el Cuadro 20 de [IEEE 1588], los valores serán FALSO."

**Cuadro A.8 – Banderas del PTP**

<b>Bandera</b>	<b>Valor a transmitir</b>	<b>Comportamiento del nodo receptor</b>
alternateMasterFlag	FALSO	Se ignora la bandera
twoStepFlag	Según PTP	Utilizado
unicastFlag	FALSO	Se ignora la bandera
Specific 1 del perfil PTP	FALSO	Se ignora la bandera
Specific 2 del perfil PTP	FALSO	Se ignora la bandera
Reservada	FALSO	Reservado por PTP y se ignora la bandera
leap61	Según PTP	Utilizado
leap59	Según PTP	Utilizado
currentUtcOffsetValid	Según PTP	Utilizado
ptpTimescale	VERDADERO	Utilizado
timeTraceable	Véase Cuadro 2	Utilizado
frequencyTraceable	Véase Cuadro 2	Utilizado
Octeto 1, Bit 6	(Nota 1)	(Nota 1)
NOTA 1 – En el Anexo E se ha definido la bandera adicional "synchronizationUncertain" cuyo uso es facultativo.		

## Anexo B

### Opciones para establecer la topología del PTP con el BMCA alternativo

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

Este perfil del PTP define un BMCA alternativo que permite utilizar dos enfoques principales para establecer la topología de la red de sincronización de fase/tiempo:

- Establecimiento automático de la topología: cuando los atributos `localPriority` definidos en esta Recomendación se configuran con sus valores por defecto, el BMCA alternativo establece automáticamente la topología PTP en base a los mensajes *Announce* intercambiados entre los relojes PTP. Tras esta operación se construye un árbol de sincronización con los trayectos más cortos hasta los T-GM. De esta forma, durante los eventos de fallo y de reconfiguración de la topología, el BMCA se ejecuta de nuevo y se genera un nuevo árbol de sincronización. Este funcionamiento del BMCA alternativo garantiza que no se creará un bucle de temporización, sin que sea necesaria una intervención manual o un análisis previo de la red. El tiempo de convergencia a la nueva topología PTP depende del tamaño de la red y de la configuración específica de los parámetros PTP.
- Planificación manual de la red: la utilización de los atributos `localPriority` definidos en esta Recomendación con valores distintos a sus valores por defecto permite construir manualmente la topología de la red de sincronización de forma similar a como típicamente se explotan las redes de la jerarquía digital síncrona (SDH), que funcionan en base a mensajes de estado de sincronización (SSM). Esta opción permite tener control pleno de las actuaciones durante eventos de fallo y de reconfiguración de la topología en base a las prioridades locales configuradas del sistema. Sin embargo, es necesaria una cuidadosa planificación de la red antes del despliegue a fin de evitar bucles de temporización.

## Anexo C

### Inclusión de una interfaz de entrada de fase/tiempo externa en un T-BC

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

En este anexo se describe el modelo para la inclusión de una interfaz de entrada de fase/tiempo externa en un T-BC, de forma que ese puerto externo pueda participar en la selección de la fuente. En este anexo se presentan a continuación los principios de alto nivel.

Se asocian un puerto PTP virtual y un  $E_{r\text{best}}$  virtual a la entrada de fase/tiempo externa (por ejemplo, procedente de un PRTC) del T-BC a fin de permitir que dicha interfaz externa participe en el protocolo PTP.

Los atributos siguientes se asocian al puerto PTP virtual:

- clockClass;
- clockAccuracy;
- offsetScaledLogVariance;
- localPriority.

Si la interfaz de fase/tiempo externa esté conectada a un PRTC, el atributo stepsRemoved debe ser cero.

El valor de grandmasterIdentity asignado al puerto PTP virtual es el clockIdentity del propio T-BC. El portNumber asignado al puerto PTP virtual debe ser un valor distinto de los valores portNumber ya asignados a los puertos PTP del T-BC.

Los valores asignados al puerto PTP virtual para otros parámetros utilizados en el algoritmo de comparación del conjunto de datos requieren estudios adicionales.

NOTA 1 – El caso general de un T-BC con una entrada de sincronización externa de fase/tiempo que no proceda de un PRTC requiere estudios adicionales.

NOTA 2 – Si la interfaz de fase/tiempo externa contiene un canal de datos con la hora del día para la transmisión del tiempo y de la información asociada, dicha información debe tenerse en cuenta en la obtención de los valores de los atributos PTP pertinentes del puerto PTP virtual. La información de tiempo a transmitir requieren estudios adicionales. En el Apéndice III de [UIT-T G.8272] figuran descripciones iniciales.

## Anexo D

### Traza de trayecto (opcional)

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

Al objeto de disponer de la traza del trayecto real en la red de la referencia de sincronización PTP, el reloj PTP conforme con este perfil puede soportar, de manera opcional, la opción de la traza de trayecto de 16.2 de [IEEE 1588].

Aunque esta facilidad es opcional, si se soporta es necesario que sea tal como se describe a continuación.

A título de ejemplo, esta opción puede utilizarse para soportar el análisis para resolución de averías en caso de fallo de la red.

Un reloj PTP debe poder configurarse de forma que no transmita el valor longitud del tipo (TLV) de la traza del trayecto (por ejemplo, esta facilidad podría ser necesaria en las interfaces de administración de la red).

NOTA 1 – Puede haber casos en los que no todos los relojes PTP de la red soporten el TLV de la traza de trayecto. El comportamiento esperado es que si un mensaje *Announce* entrante incluye el TLV de la traza de trayecto, dichos nodos descarten el TLV.

NOTA 2 – Los T-TC que se encuentran en el trayecto pueden añadir sus propios *clickIdentity* en el TLV de la traza de trayecto.

## Anexo E

### Indicación de incertidumbre de sincronización (opcional)

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

Este anexo es opcional pero si se implementa, el equipo debe cumplir los requisitos incluidos en el mismo. Cuando un reloj PTP selecciona un nuevo padre como fuente de sincronización de tiempo, el puerto PTP asociado a ese nuevo padre pasa al estado UNCALIBRATED (no calibrado). Este estado del puerto PTP indica que el reloj PTP está en proceso de sincronización con la fuente de tiempo. La duración y funcionalidad de este estado depende de cada implementación. Durante este periodo, la frecuencia y la fase del reloj PTP pueden sufrir cambios amplios o rápidos, y si bien es deseable que la información actualizada del padre se propague en la red aguas abajo a fin de estabilizar la topología, puede no ser deseable que los relojes PTP de la red aguas abajo utilicen la información de temporización. Por lo tanto, sería beneficioso informar a los relojes PTP situados aguas abajo en la red sobre el estado UNCALIBRATED.

La variable booleana `synchronizationUncertain` local, utilizada con los mensajes *Announce* transmitidos desde un puerto de salida tiene el valor FALSO excepto en los casos siguientes, en que será VERDADERO:

- si la bandera `synchronizationUncertain` del mensaje *Announce* recibido del reloj padre toma el valor VERDADERO; o
- si el puerto de entrada está en el estado UNCALIBRATED; o
- en caso de implementación de criterios específicos.

Cuando `synchronizationUncertain` es VERDADERO, el `flagField` (bit 6 del octeto 1) del mensaje *Announce* transmitido se pone a 1. Si por el contrario `synchronizationUncertain` es FALSO, el bit se pone a 0.

## Anexo F

### Uso de `stepsRemoved` para limitar la cadena de referencia (opcional)

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

El parámetro `stepsRemoved` definido en [IEEE 1588] se utiliza para indicar la distancia entre un reloj y el reloj maestro principal de la red. Originalmente su uso era como herramienta para detectar trayectos cíclicos en sistemas PTP. Por defecto, un reloj no debe tener en cuenta ningún mensaje *Announce* en el que `stepsRemoved` sea igual o mayor de 255 a fin de garantizar que se eliminan tramas maliciosas.

Este perfil incluye un miembro del conjunto de datos por defecto, `maxStepsRemoved`, que permite al operador configurar un valor inferior a 255. El valor configurado es típicamente el mismo en todos los relojes del dominio PTP. Una vez configurado, un reloj no reconoce como válido ningún mensaje *Announce* recibido cuyo campo `stepsRemoved` del encabezamiento de entrada sea igual o superior al valor del campo `maxStepsRemoved`. Habría dos casos de uso básicos de esta capacidad de configuración.

En primer lugar, y en referencia a [UIT-T G.8271.1] y [UIT-T G.8275], se ha realizado un análisis que muestra que pueden atravesarse hasta 20 relojes entre el maestro principal y el esclavo manteniendo la calidad de funcionamiento adecuada de la red. Si el operador desea garantizar que no se supera el límite de calidad de funcionamiento de la red, o que no se excede la longitud de la cadena, puede configurar un valor inferior (como 20 ó 21).

Segundo, si el operador implanta PTP en una topología en anillo, puede configurar el parámetro `maxStepsRemoved` con un valor inferior para que los relojes puedan identificar más rápidamente tramas maliciosas y tomar medidas correctivas para eliminarlas y actualizar la topología.

## **Apéndice I**

### **Consideraciones sobre el uso de un reloj transparente**

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

La integración del reloj transparente en este perfil se considera de particular interés para aplicaciones tales como los dispositivos de 2 puertos.

Para topologías más complejas y dispositivos de varios puertos, se recomienda un análisis cuidadoso. En particular, si el operador quiere prevenir que la red se vea inundada por paquetes multidifusión, puede ser necesaria una configuración específica de los nodos.

Pueden considerarse algunas opciones, por ejemplo, configurar los T-TC mediante la inserción de una etiqueta de VLAN en las tramas que transportan PTP. En ese caso, todos los T-TC del trayecto de comunicación PTP en el que se utiliza la opción deben soportar esta opción. El último nodo T-TC debería eliminar la etiqueta VLAN. Utilizando esta opción para conectar los puertos físicos de T-GM, T-BC y T-TSCs mediante conexiones virtuales VLAN a través de los T-TC, puede evitarse la inundación de paquetes multidifusión. De esta forma, el puerto PTP de un T-GM, T-BC o T-TSC nunca procesaría una trama con etiqueta VLAN.

Deben analizarse cuidadosamente las implicaciones operacionales conexas.

## Apéndice II

### Consideraciones sobre la transmisión de mensajes *Delay\_Req*

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

En este Apéndice se analizan los requisitos definidos en [IEEE 1588] para la transmisión de mensajes *Delay\_Req* cuando se utiliza la distribución uniforme por defecto definida en el inciso 3 de 9.5.11.2 de [IEEE 1588]. Esta distribución uniforme no se utiliza en el perfil de telecomunicaciones PTP definido en esta Recomendación; en la cláusula 6.2.8 se define una distribución específica de este perfil.

El segundo elemento de los requisitos definidos en 9.5.11.2 de [IEEE 1588] controla la variabilidad de los intervalos de tiempo entre sucesivos mensajes *Delay\_Req*. Es análogo al correspondiente requisito aplicable al envío de los mensajes *Sync* y *Announce* que figura en 7.7.2.1 de [IEEE 1588]. Sin embargo, una diferencia fundamental es que mientras que el requisito para los mensajes *Sync* se aplica a todo el conjunto o población de intervalos entre mensajes, el requisito de los mensajes *Delay\_Req* sólo se aplica a la media de la población.

Con más precisión, si  $N$  es la población de intervalos medidos entre mensajes y  $T_j$  son los valores medidos,  $j = 1, 2, \dots, N$ . La media de las muestras,  $m$ , es la media numérica, es decir,

$$m = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j \quad (\text{II.1})$$

Sea  $T_{\min}$  el intervalo mínimo de *Delay Request*; es igual a  $2^{\text{portDS.logMinDelayReqInterval}}$  s. El segundo elemento arriba indicado establece que la media de la distribución debe ser mayor o igual a  $T_{\min}$  con un nivel de confianza estadística del 90% o mayor.

La prueba estadística de lo anterior es bien conocida y se basa en el hecho de que la distribución de  $m$  se aproxima a una distribución normal, conforme  $N$  crece (es decir, se basa en el teorema central del límite). Si  $\sigma$  la desviación típica de la distribución de los tiempos entre mensajes, es decir, la distribución de los  $T_j$ , y  $z_{0,90}$  es el percentil 90 de la distribución normal, que viene dada por  $z_{0,90} = 1,281$ , entonces la probabilidad de que la media de la distribución supere la cantidad

$$q_{0,1} = m - z_{0,90} \sqrt{\frac{\sigma}{N}} \quad (\text{II.2})$$

es del 0,9, es decir, el 90%. La probabilidad de que la media de la distribución sea inferior a ese valor es del 0,1. Además, si no se conoce  $\sigma$ , la desviación típica de las muestras,  $s$ , puede utilizarse en la ecuación (II.2) y la distribución Normal se sustituye por la distribución *t de Student* con  $N - 1$  grados de libertad. La desviación típica de las muestras viene dada por:

$$s = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (T_j - m)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{II.3})$$

Para cumplir los requisitos,  $q_{0,1}$  debe ser superior a  $T_{\min}$ . De la ecuación (II.2) se observa que  $q_{0,1}$  se aproxima a  $m$  conforme  $N$  se aproxima a infinito. Puesto que  $m$  converge al valor medio de la distribución de los tiempos entre mensajes conforme  $N$  se acerca a infinito, el requisito puede cumplirse para un valor de  $N$  suficientemente grande siempre que la media de la distribución sea mayor que  $T_{\min}$ . La media de la distribución debe ser mayor que  $T_{\min}$ ; el requisito no puede cumplirse si la media de la distribución es igual o inferior a  $T_{\min}$ .

Si se opta por cumplir el requisito del tercer elemento de 9.5.11.2 de [IEEE 1588], una forma de hacerlo es aumentando la parte alta de la distribución de probabilidad en un 10%. En ese caso, los tiempos de transmisión se seleccionan de forma que el intervalo entre sucesivos mensajes *Delay\_Req* responda a una distribución uniforme en el intervalo comprendido entre 0 y  $2,2T_{\min}$ . Se calcula un nuevo valor aleatorio del intervalo de transmisión para cada mensaje transmitido. Cuando se calcula el intervalo *Delay\_Req* medio de las muestras medidas para verificar si supera  $T_{\min}$  con un nivel de confianza estadística del 90% o superior (si se usa el tercer elemento marcado), deben medirse al menos 1 000 muestras de N. La granularidad de la distribución debe ser menor o igual al intervalo  $1/16 Sync$ .

Si se opta por cumplir el requisito del cuarto elemento de 9.5.11.2 de [IEEE 1588], se transmite un mensaje *Delay\_Req* tan pronto como sea posible después de la recepción de un mensaje *Sync*, sujeto al cumplimiento del requisito del segundo elemento.

## Apéndice III

### Consideraciones sobre la elección de la dirección de destino multidifusión ethernet de PTP

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

Este perfil PTP soporta tanto la dirección multidifusión no reenviable 01-80-C2-00-00-0E como la dirección multidifusión reenviable 01-1B-19-00-00-00 cuando se aplica la correspondencia PTP definida en el Anexo F de [IEEE 1588].

La dirección multidifusión ethernet que debe utilizarse depende de la política del operador; a continuación se presentan consideraciones adicionales a este respecto.

La función de puente de capa 2 asociada al puerto PTP de un T-BC o un T-TC no debe reenviar ninguna trama con destino a la dirección MAC 01-1B-19-00-00-00; ello podría hacerse incluyendo adecuadamente en la base de datos de filtrado esa dirección multidifusión.

#### **Opción 1 – Uso de la dirección multidifusión no reenviable 01-80-C2-00-00-0E**

Algunos operadores de red consideran que los mensajes PTP nunca deben reenviarse a través de equipos de red no preparados para utilizar el PTP.

El uso de la dirección multidifusión no reenviable 01-80-C2-00-00-0E garantiza el cumplimiento de esta característica la mayor parte del tiempo (algunos equipos ethernet antiguos son una excepción).

Por lo tanto, en caso de desconfiguración de equipos de red (por ejemplo, si las funciones PTP no están habilitadas en equipos de red compatibles con PTP), el uso de esta dirección multidifusión evita la distribución incorrecta de la sincronización, ya que los mensajes PTP serán bloqueados por los equipos de red no habilitados para PTP.

#### **Opción 1 – Uso de la dirección multidifusión reenviable 01-1B-19-00-00-00**

Algunos operadores de red consideran que la utilización de una dirección multidifusión reenviable es más flexible y preferible al reenvío de mensajes PTP para mantener el buen funcionamiento del enlace de sincronización en caso de desconfiguración de algunos equipos como nodos compatibles con de PTP, aunque existen riesgos potenciales de degradación de la calidad de funcionamiento. El sistema de gestión de red (NMS) detectará fácilmente la desconfiguración y transmitirá alarmas.

Sin embargo, es posible bloquear los mensajes PTP mediante una adecuada inclusión de esta dirección multidifusión en la base de datos de filtrado de cada equipo ethernet.

## Apéndice IV

### Consideraciones sobre el uso de priority2

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

En este perfil el atributo PTP priority2 es configurable. En circunstancias especiales, la utilización del atributo priority2 puede simplificar la gestión de la red. En este Apéndice se describen dos casos de uso; otros posibles casos requieren estudios adicionales.

#### Caso 1

Los operadores pueden configurar el atributo PTP priority2 para que todos los T-BC sean trazables con respecto a un T-GM, o con respecto a dos T-GM diferentes al mismo tiempo..

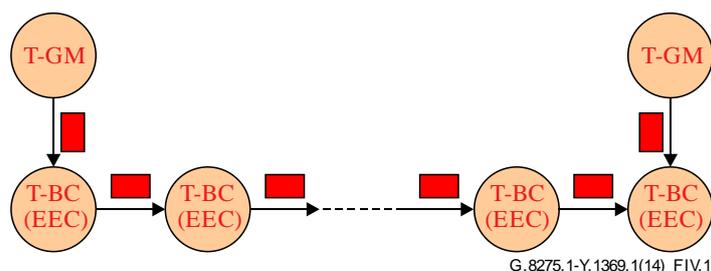


Figura IV.1 – Uso de priority2 con dos T-GM en la red

Por ejemplo, en la Figura IV.1, y si todos los demás atributos PTP de los dos T-GM son los mismos y los dos T-GM están configurados con el mismo valor de priority2, cada T-BC seleccionará el T-GM con el que tenga el trayecto más corto. Si los dos T-GM están configurados con valores distintos de priority2, todos los T-BC se sincronizarán al T-GM que tenga el menor valor de priority2.

#### Caso 2

Los operadores pueden configurar el atributo PTP priority2 para evitar que los T-BC de una red aguas arriba se sincronicen con los T-BC de una red aguas abajo cuando el T-GM está en fallo.

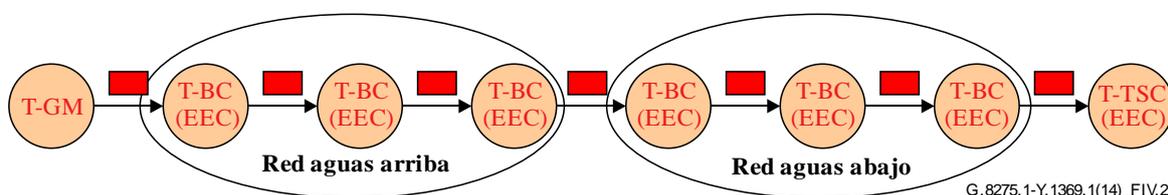


Figura IV.2 – Uso de priority2 con T-BC de distintas capas de red

Por ejemplo, en la Figura IV.2, si todos los restantes atributos PTP de todos los T-BC son los mismos y el atributo PTP priority2 de todos los T-BC están configurados con el mismo valor, en caso de fallo del T-GM, los T-BC de la red aguas arriba pueden sincronizarse con los T-BC de la red aguas abajo, en función de los valores de clockIdentity de los T-BC. Si los T-BC de la red aguas arriba están configurados con un valor de priority2 inferior al de los T-BC de la red aguas abajo, cuando falle el T-GM, los T-BC de la red aguas abajo se sincronizarán con los T-BC de la red aguas arriba.

## Apéndice V

### Descripción de los estados del reloj PTP y los contenidos asociados de los mensajes Announce

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

#### V.1 Propósito de este apéndice

Este apéndice proporciona información relacionada con posibles estados de los relojes T-GM y T-BC. El objetivo de la información de estado del reloj es proporcionar una indicación de alto nivel del estado de funcionamiento general del reloj, en contraposición a la situación de los puertos PTP individuales. Proporciona una correspondencia entre los estados del reloj y los estados de los puertos PTP definidos en [IEEE 1588]. Además, se ofrece un cuadro que refleja el contenido de los campos del mensaje *Announce* en los diversos estados del reloj.

Si una implementación incluye el estado Acquiring del reloj, permite que un T-GM o un T-BC retrase la distribución de la información GM transmitida por el reloj. El objetivo de este estado de reloj Acquiring es permitir que en ocasiones un T-GM o un T-BC establezcan una escala temporal con una precisión aceptable antes de usarla para la señal de tiempo del nodo del reloj.

NOTA – Los procedimientos definidos en este Apéndice para el estado de reloj Acquiring no son conformes con los procedimientos de [IEEE 1588] y el retardo que introduce este estado puede afectar a la configuración global durante reconfiguraciones de la topología PTP.

Las implantaciones de red con relojes que utilizan los procedimientos de este Apéndice son responsabilidad del operador.

#### V.2 Descripción de los estados

– Estado Free-Run (funcionamiento libre)

El reloj PTP no ha estado nunca sincronizado con una fuente de tiempo ni está en fase de sincronización con una fuente de tiempo.

En relación con el estado de un puerto PTP definido en [IEEE 1588], un reloj está en estado de funcionamiento libre (Free-Run) si no hay ningún puerto PTP que esté en alguno de los estados siguientes: MASTER, PRE-MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED o SLAVE

– Estado Acquiring (adquisición)

El reloj PTP está en fase de sincronización con una fuente de tiempo. La duración y funcionalidad de este estado depende de la implementación. Este estado no es necesario en una implementación.

En relación con el estado de los puertos PTP definido en [IEEE 1588], un reloj está en estado de adquisición (Acquiring) si existe un puerto PTP en estado UNCALIBRATED.

– Estado Locked (enganchado)

El reloj PTP está sincronizado con una fuente de tiempo y tiene un nivel de precisión interno aceptable.

En relación con el estado de los puertos PTP definido en [IEEE 1588], un reloj está en estado enganchado (Locked) si existe un puerto PTP en estado SLAVE.

– Estado Holdover-In-Specification (modo autónomo que cumple la especificación)

El reloj PTP ha dejado de estar sincronizado con una fuente de tiempo pero utiliza información obtenida mientras ha estado sincronizado, o procedente de otras fuentes de información, para mantener la calidad de funcionamiento especificada. El nodo puede utilizar exclusivamente sus propios recursos o puede utilizar una entrada de frecuencia de la red para mantener el modo autónomo de tiempo y/o fase.

En relación con el estado de los puertos PTP definido en [IEEE 1588], un reloj está en estado autónomo y cumple la especificación (Holdover-In-Specification) si no hay ningún puerto PTP que esté en alguno de los estados siguientes: INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED o SLAVE

– Estado Holdover-Out-Of-Specification (modo autónomo que no cumple la especificación)

El reloj PTP ha dejado de estar sincronizado con una fuente de tiempo y aunque puede estar utilizando información obtenida mientras ha estado sincronizado, o procedente de otras fuentes de información aún disponibles, es incapaz de mantener la calidad de funcionamiento especificada.

En relación con el estado de los puertos PTP definido en [IEEE 1588], un reloj está en estado autónomo sin cumplir la especificación (Holdover-Of-Out-Specification) si no hay ningún puerto PTP que esté en alguno de los estados siguientes: INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED o SLAVE y la calidad de funcionamiento no cumple lo especificado.

### V.3 Ejemplo de correspondencia entre los estados de los puertos PTP y los estados del reloj PTP para un T-BC de 3 puertos

**Cuadro V.1 – Correspondencia entre estados de puertos PTP y estados de reloj**

Reloj frontera de telecomunicaciones					
Evento activador	Estado del puerto			Estado del reloj	Notas
	Puerto 1	Puerto 2	Puerto 3		
Encendido del PTP	INITIALIZING	INITIALIZING	INITIALIZING	Funcionamiento libre	Ningún puerto está en estado MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED o SLAVE
El reloj completa su inicialización	LISTENING	LISTENING	LISTENING	Funcionamiento libre	Ningún puerto está en estado MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED o SLAVE
Se recibe un mensaje <i>Announce</i> válido de un maestro externo en el puerto P1	UNCALIBRATED	LISTENING	LISTENING	Adquisición	Un puerto en estado UNCALIBRATED
Evento ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES en los puertos P2 y P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Adquisición	Un puerto en estado UNCALIBRATED
Finaliza la calibración en el puerto P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Enganchado	Existe un puerto esclavo (Slave) en el nodo
Evento ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES en el puerto P1	MASTER	MASTER	MASTER	Autónomo, cumple la especificación	Inicio del temporizador del modo autónomo Ningún puerto está en estado SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING o INITIALIZING
Expira el tiempo del modo autónomo	MASTER	MASTER	MASTER	Autónomo, no cumplir la especificación	Expira el temporizador del modo autónomo y ningún puerto está en estado SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING o INITIALIZING
El puerto P3 recibe un mensaje <i>Announce</i> válido con clockClass = 7	MASTER	MASTER	UNCALIBRATED	Adquisición	Un puerto en estado UNCALIBRATED
Finaliza la calibración en el puerto P3	MASTER	MASTER	SLAVE	Enganchado	Existe un puerto esclavo (Slave) en el nodo
El puerto P1 recibe un mensaje <i>Announce</i> válido con clockClass = 6	UNCALIBRATED	MASTER	PRE_MASTER	Adquisición	Un puerto en estado UNCALIBRATED
QUALIFICATION_TIMEOUT_EXPIRES en el puerto P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Adquisición	Un puerto en estado UNCALIBRATED
Finaliza la calibración en el puerto P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Enganchado	Existe un puerto esclavo (Slave) en el nodo

#### V.4 Contenido del mensaje *Announce* de T-GM según los estados internos del reloj PTP

**Cuadro V.2 – Contenido del mensaje *Announce* de T-GM**

<b>Campos del mensaje <i>Announce</i></b>	<b>Estado Free-Run</b>	<b>Estado Acquiring</b>	<b>Estado Locked</b>	<b>Estado Holdover-In-Specification</b>	<b>Estado Holdover-Out-Of-Specification</b>
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	clockId local del T-GM + número de puerto	clockId local del T-GM + número de puerto	clockId local del T-GM + número de puerto	clockId local del T-GM + número de puerto	clockId local del T-GM + número de puerto
leap61 (header.flagField)	FALSO	Procedente de la fuente de tiempo	Procedente de la fuente de tiempo	FALSO	FALSO
leap59 (header.flagField)	FALSO	Procedente de la fuente de tiempo	Procedente de la fuente de tiempo	FALSO	FALSO
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSO	VERDADERO/FALSO [específico de la implementación]	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO/FALSO [específico de la implementación]
ptpTimescale (header.flagField)	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
timeTraceable (header.flagField)	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	FALSO
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSO	VERDADERO/FALSO En base al enganche a la fuente de frecuencia	VERDADERO	VERDADERO/FALSO En base al enganche a la fuente de frecuencia	VERDADERO/FALSO En base al enganche a la fuente de frecuencia
currentUtcOffset	35	En base al desplazamiento UTC de referencia en la entrada	En base al desplazamiento UTC de la referencia de entrada	Último desplazamiento UTC conocido	Último desplazamiento UTC conocido
grandmasterPriority1	128 (por defecto)	128 (por defecto)	128 (por defecto)	128 (por defecto)	128 (por defecto)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Específico de cada implementación, por lo general estado anterior 7/140/150/160/248	6	7	140/150/160
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Desconocido (0xFE)	Desconocido (0xFE)	Precisión del tiempo de 100 ns (0x21)	Desconocido (0xFE)	Desconocido (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (por defecto)	0xFFFF (por defecto)	0x4E5D	0xFFFF (por defecto)	0xFFFF (por defecto)
grandmasterPriority2	priority2 configurado del T-GM	priority2 configurado del T-GM	priority2 configurado del T-GM	priority2 configurado del T-GM	priority2 configurado del T-GM
grandmasterIdentity	clockId local del T-GM	clockId local del T-GM	clockId local del T-GM	clockId local del T-GM	clockId local del T-GM
stepsRemoved	0	0	0	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	Según PTP	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

## V.5 Contenido del mensaje Announce de T-BC según los estados internos del reloj PTP

**Cuadro V.3 – Contenido del mensaje Announce de T-BC**

Campos del mensaje Announce	Estado Free-Run	Estado Acquiring	Estado Locked	Estado Holdover-In-Specification	Estado Holdover-Out-Of-Specification
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	clockId local del T-BC + número de puerto	clockId local del T-BC + número de puerto	clockId local del T-BC + número de puerto	clockId local del T-BC + número de puerto	clockId local del T-BC + número de puerto
leap61 (header.flagField)	FALSO	(Nota)	(Nota)	FALSO	FALSO
leap59 (header.flagField)	FALSO	(Nota)	(Nota)	FALSO	FALSO
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSO	VERDADERO	(Nota)	VERDADERO	VERDADERO/FALSO [Implementation Specific]
ptpTimescale (header.flagField)	VERDADERO	VERDADERO	(Nota)	VERDADERO	VERDADERO
timeTraceable (header.flagField)	FALSO	VERDADERO	(Nota)	VERDADERO	FALSO
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSO	VERDADERO /FALSO basado en el enganche a la fuente de frecuencia	(Nota)	VERDADERO /FALSO basado en el enganche a la fuente de frecuencia	VERDADERO /FALSO basado en el enganche a la fuente de frecuencia
currentUtcOffset	35	Último desplazamiento UTC conocido	(Nota)	Último desplazamiento UTC conocido	Último desplazamiento UTC conocido
grandmasterPriority1	128 (por defecto)	128 (por defecto)	(Nota)	128 (por defecto)	128 (por defecto)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Específico de cada implementación, por lo general estado anterior 135/165/248	(Nota)	135	165
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Desconocido (0xFE)	Desconocido (0xFE)	(Nota)	Desconocido (0xFE)	Desconocido (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (por defecto)	0xFFFF (por defecto)	(Nota)	0xFFFF (por defecto)	0xFFFF (por defecto)
grandmasterPriority2	priority2 configurado del T-BC	priority2 configurado del T-BC	(Nota)	priority2 configurado del T-BC	priority2 configurado del T-BC
grandmasterIdentity	clockId local del T-BC	clockId local del T-BC	(Nota)	clockId local del T-BC	clockId local del T-BC
stepsRemoved	0	0	stepsRemoved recibido +1	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	(Nota)	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

NOTA – El valor enviado en el mensaje *Announce* corresponde al valor actual del GM.

## Apéndice VI

### Funcionamiento en una agregación de enlaces

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

Cuando dos dispositivos con relojes PTP integrados que son conformes con este perfil se conectan a través de una agregación de enlaces (LAG) definida en [b-IEEE 802.1AX], cada enlace físico debe ser accesible directamente para la transmisión de mensajes PTP, sin tener en cuenta el LAG. Este método evita posibles asimetrías que pueden tener lugar cuando los trayectos de reenvío e inverso se implementan sobre diferentes enlaces del LAG.

Existen soluciones alternativas que aprovechan algunas características del LAG, como la congruencia bidireccional definida en [b-IEEE 802.1AX]. Estas soluciones requieren estudios adicionales.

En los escenarios actualmente considerados, no está permitida la inserción de una etiqueta VLAN en tramas que transportan mensajes PTP. No obstante, puede aplicarse la solución alternativa basada en la congruencia bidireccional a las tramas PTP no etiquetadas mediante la asignación a un enlace físico de un ID de conversación igual a cero.

## Apéndice VII

### Relación entre clockClass y la especificación del modo autónomo

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

Los valores de clockClass utilizados en este perfil se describen en el Cuadro 2. Los valores pueden dividirse en cuatro categorías:

- 1) T-GM enganchado a un PRTC o ePRTC;
- 2) T-GM o T-BC en modo autónomo, que cumple la especificación del modo autónomo;
- 3) T-GM o T-BC en modo autónomo, que no cumple la especificación del modo autónomo;
- 4) reloj esclavo, o reloj que no se ha sido sincronizado.

Una breve nota de pie de página (Nota 1 de la cláusula 6.4) hace referencia al Apéndice V de [UIT-T G.8271.1] para obtener más información sobre el significado de "modo autónomo que cumple la especificación del modo autónomo" y "modo autónomo que no cumple la especificación del modo autónomo". En ese apéndice se describen posibles modelos del balance de la calidad de funcionamiento de sincronización. El modelo exacto depende de la red del operador y de los parámetros de diseño, aunque cada balance se desglosa en varios componentes:

- 1) atribución al PRTC/T-GM;
- 2) error de tiempo aleatorio debido a la acumulación de ruido en la red (dTE);
- 3) asimetría de los nodos (cTE, la suma de la asimetría de todos los nodos del sistema);
- 4) asimetría de los enlaces (cTE, la suma de la asimetría de todos los enlaces del sistema);
- 5) balance del modo autónomo;
- 6) balance de la aplicación final.

En el Cuadro V.1 de [UIT-T G.8271.1] se muestra un ejemplo de balance en el que se asignan 400 ns al modo autónomo en la red (que en el cuadro se denomina escenario de fallo b)). El operador puede hacer distintas asignaciones al balance en función de sus escenarios de despliegue. Los 400 ns asignados al balance en modo autónomo corresponden a toda la cadena de sincronización, no a un reloj individual.

Por lo tanto, el funcionamiento previsto del T-GM es el siguiente:

- Cuando el T-GM se sincroniza con un PRTC enganchado a un GNSS, genera la salida clockClass 6.
- Si el PRTC pierde su conexión al GNSS, pasa al modo autónomo. El T-GM debe degradar la ClockClass anunciada para indicar "modo autónomo que cumple la especificación" (clockClass 7).
- El T-GM estima en qué momento podría superarse el balance correspondiente al modo autónomo. Entre los factores a considerar están la calidad conocida de cualquier fuente de frecuencia externa (por ejemplo, QL Sync), las variaciones de temperatura y/o la calidad del oscilador interno.
- Cuando el T-GM considera que el reloj no cumple las especificaciones del modo autónomo (es decir, cuando se estima que su desviación supera el balance del modo autónomo), el T-GM anunciará una clockClass de 140, 150 ò 160.

En caso de un fallo de red en el que el T-GM se desconecta de la cadena de sincronización, un T-BC pasa a realizar la función de maestro principal de la cadena. Dicho T-BC funciona entonces en modo autónomo. El valor de clockClass que el T-BC puede anunciar depende de la clockClass del T-GM al que estaba sincronizado antes de perder la conectividad.

Por ejemplo, si el T-BC estaba previamente sincronizado a un T-GM de clockClass 6, no se habrá agotado ninguno de los balances del modo autónomo y, por lo tanto, el T-BC puede utilizar un clockClass que indique "cumple la especificación del modo autónomo" (por ejemplo, clockClass 135). Este valor se elige de forma que sea superior al de un T-GM que no cumpla la especificación del modo autónomo, ya que es probable que el T-BC disponga de una señal de tiempo más precisa debido a que ha estado enganchado más recientemente a una fuente de tiempo trazable. Por lo tanto, si se comparan los dos relojes (un T-BC en modo autónomo, que cumple la especificación del modo autónomo, y un T-GM en modo autónomo, pero que no cumple la especificación del modo autónomo) en el funcionamiento del BMCA alternativo del siguiente reloj, éste se sincronizará con el T-BC que cumple la especificación del modo autónomo en lugar de hacerlo con un T-GM que no cumpla la especificación del modo autónomo.

En otro ejemplo, si el T-BC estaba sincronizado con un T-GM en modo autónomo pero sin cumplir la especificación (por ejemplo, con clockClass 140, 150 ò 160), el T-BC también debe utilizar un clockClass que indique que "no cumple la especificación del modo autónomo" (por ejemplo, clockClass 165). Ello se debe a que el T-GM ya indicaba que, según su estimación, ha consumido todo el balance del modo autónomo.

En un último ejemplo, si el T-BC estaba sincronizado a un T-GM en modo autónomo pero cumpliendo la especificación, el T-BC puede indicar "cumple la especificación del modo autónomo". No obstante, el T-GM ya ha consumido parte del balance del modo autónomo. Si no se conoce qué parte del balance está aún disponible, el T-BC debe indicar "no cumple la especificación del modo autónomo".

## Apéndice VIII

### Consideraciones sobre un T-TSC conectado a una aplicación final

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

El valor por defecto 255 del `clockClass` de un T-TSC implica que el T-TSC siempre se enganchará a un referencia externa PTP cuando esté disponible.

La fuente de sincronización real utilizada por la aplicación final depende de las necesidades de sincronización. Este proceso está fuera del alcance de esta Recomendación.

A título de ejemplo, la decisión de usar la referencia PTP seleccionada por el T-TSC (en lugar, por ejemplo, de pasar al modo autónomo), depende de `clockQuality`, la bandera `frequencyTraceable`, la bandera `timeTraceable` y la bandera `synchronizationUncertain` asociadas a la referencia PTP externa. También pueden considerarse otros aspectos adicionales, como los relacionados con la supervisión de la calidad de funcionamiento de la referencia externa. Todo ello es función de la aplicación.

En otro ejemplo, cuando sea necesario cumplir los requisitos de temporización de la red con arreglo a, por ejemplo [UIT-T G.8271.1], es necesario que para que la aplicación pueda utilizar la referencia PTP externa, el `clockClass` de ésta sea 6, 7 ó 135 y que la bandera `timeTraceable` tenga el valor VERDADERO. Cuando no se cumple esa condición, la aplicación final puede tomar la decisión de pasar al modo autónomo (utilizando el oscilador interno o tomando SyncE como referencia).

## Apéndice IX

### Cálculo de `offsetScaledLogVariance` para un T-GM que toma la temporización de un PRTC o un ePRTC

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

#### IX.1 Intervalo de observación y TDEV por la generación de ruido

El parámetro `offsetScaledLogVariance` es una desviación, una representación a escala de la varianza de PTP (`PTPVAR`). `PTPVAR` se describe en 7.6.3 de [IEEE 1588]; es igual a la varianza de Allan multiplicada por  $\tau^2/3$ , donde  $\tau$  es el intervalo de observación. Por lo tanto, la varianza de PTP no es un valor singular; es una función del intervalo de observación. En 7.6.3 de [IEEE 1588] se especifica que el intervalo de observación  $\tau$  será el valor definido en el perfil PTP aplicable. En 7.6.3 de [IEEE 1588] se hace referencia a  $\tau$  como al periodo de muestreo. Sin embargo, la comparación entre las ecuaciones de 7.6.3.2 de [IEEE 1588] y las ecuaciones de la varianza de Allan en la cláusula II.1 de [UIT-T G.810] indica que el valor de  $\tau$  en 7.6.3 de [IEEE 1588] es el intervalo de observación de [UIT-T G.810], y no el intervalo de muestreo  $\tau_0$ .

El valor de `offsetScaledLogVariance`, es decir, `defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance`, es un atributo de reloj utilizado en el BMCA. Tal como se indica en 7.6.3.5 de [IEEE 1588], es "una estimación de las variaciones del reloj local en una escala lineal cuando no está sincronizado con otro reloj utilizando el protocolo" (el texto entre comillas es de [IEEE 1588]; el "protocolo" se refiere al protocolo PTP). Puesto que cuando un reloj es maestro principal no está sincronizado con otro reloj mediante PTP, `offsetScaledLogVariance` debería representar el ruido a largo plazo que genera el reloj, ya que se trata del ruido que se genera si el reloj es un maestro principal. Por lo tanto, el intervalo de observación debería ser el intervalo más largo para el que se especifica la generación de ruido del reloj en cuestión.

Para un T-GM que toma la temporización de un PRTC, es decir, un reloj que cumple los requisitos de [UIT-T G.8272], el intervalo de observación más largo para el que se especifica la TDEV por generación de ruido es de 10 000 s (véase la Figura 2 de [UIT-T G.8272]). Para ese intervalo, la TDEV es 30 ns. El tipo de ruido especificado para intervalos que van desde 1 000 s a 10 000 s es el ruido de modulación de fase por centelleo (FPM, *flicker phase modulation*), con TDEV igual a 30 ns en este rango. Para un T-GM que toma la temporización de un ePRTC, el intervalo de observación más largo para el que se especifica una TDEV de  $10^6$  s debida a la generación de ruido. Para este intervalo, TDEV es 10 ns. El tipo de ruido especificado para intervalos que van desde  $3 \times 10^5$  s a  $10^6$  s es FPM, siendo TDEV igual a 10 ns en este rango.

En el protocolo PTP no se utiliza directamente el valor del intervalo de observación, ni se transporta en ningún mensaje PTP. Sólo se utiliza para evaluar la varianza de PTP.

En el Cuadro IX se resumen los valores antes señalados del intervalo de observación y la correspondiente TDEV debida a la generación de ruido para el PRTC y el ePRTC.

**Cuadro IX.1 – Intervalos de observación y correspondientes valores de TDEV debida a la generación de ruido y tipos de ruido para un T-GM que toma la temporización de un PRTC y un T-GM que toma la temporización de un ePRTC.**

Reloj del que T-GM toma la referencia de tiempo	Intervalo de observación ( $\tau$ ) de offsetScaledLogVariance (s)	$n = \tau / \tau_0$ (véase la cláusula IX.2)	Tipo de ruido	TDEV (ns)
PRTC	1 000 – 10 000	$1,6 \times 10^4$ a $1,6 \times 10^5$	FPM	30
ePRTC	300 000 – 1 000 000	$4,8 \times 10^6$ a $1,6 \times 10^7$	FPM	10

## IX.2 Cálculo de la varianza de PTP a partir de TDEV

El paso siguiente es el cálculo de la varianza de PTP a partir de los valores de TDEV de la sección anterior. Dado que la varianza de PTP es igual a  $\tau^2/3$  multiplicada por la varianza de Allan, y la varianza temporal (TVAR) es igual a  $\tau^2/3$  multiplicada por la varianza de Allan modificada, la relación entre TVAR y la varianza de PTP es igual a la relación entre la varianza de Allan modificada (MVAR) y la varianza de Allan. Esta última relación se analiza y calcula para varios tipos de ruido en la cláusula A.6 de [b Sullivan]. Los resultados que se ofrecen a continuación se basan en [b-Walls] y [b Lesage]. Además, las relaciones entre la densidad espectral de potencia (DEP) y la varianza de Allan se muestran en el Cuadro 5.4 de [b Bregni], y entre la DEP y la varianza de Allan modificada en el Cuadro 5.5 de [b-Bregni] (cuando se utilizan las relaciones entre la DEP y los diversos parámetros de la estabilidad en el dominio del tiempo es importante tener en cuenta si la DEP es en el dominio del tiempo ( $S_x(f)$ ) o de la frecuencia ( $S_y(f)$ )).

Sea  $n$  la relación entre el intervalo de observación  $\tau$  y el intervalo de muestreo  $\tau_0$ , es decir,  $\tau = n\tau_0$ . En general, la relación entre MVAR y AVAR, denominada  $R(n)$ , depende de  $n$ , aunque al menos para los tipos de ruido con modulación de fase blanca (WPM, *white phase modulation*), modulación de fase de centelleo (FPM, *flicker phase modulation*), modulación de frecuencia blanca (WFM, *white frequency modulation*), modulación de frecuencia de centelleo (FFM, *flicker frequency modulation*), y modulación de frecuencia de camino aleatorio (RWFM, *random-walk frequency modulation*), se aproxima a un valor asintótico para un valor grande de  $n$ . Además, para el caso de la FPM,  $R(n)$  depende de la anchura de banda del sistema de medición (para WPM, tanto AVAR como MVAR individualmente dependen de la anchura de banda del sistema de medición, aunque no su relación). Dado que la información de sincronización temporal de cualquier reloj seleccionado como maestro principal se transporta a través de mensajes *Sync*, el intervalo de muestreo  $\tau_0$  puede considerarse igual al intervalo *Sync*. Los sucesivos intervalos *Sync* reales pueden variar con el tiempo, tal como se indica en 7.7.2.1 de [IEEE 1588]; por simplicidad,  $\tau_0$  puede hacerse igual al valor medio del intervalo *Sync*. Este es de 1/16 s en [UIT-T G.8275.1]. Utilizando entonces los valores de los intervalos de observación del Cuadro IX.1, los correspondientes valores de  $n$  van de  $1,6 \times 10^4$  a  $1,6 \times 10^5$  para un T-GM que toma la temporización de un PRTC, y de  $4,8 \times 10^6$  a  $1,6 \times 10^7$  para un T-GM que toma la temporización de un ePRTC. Los valores de  $n$  también se resumen en el Cuadro IX.1 anterior.

En el Cuadro IX.1 se observa que el rango de valores de  $n$  es distinto para un PRTC que para un ePRTC. Esto significa que aunque el tipo de ruido en los rangos de interés de dichos relojes sea el mismo,  $R(n)$  será diferente y el valor de TVAR de cada reloj se ajustará según un factor distinto para obtener PTPVAR. Sin embargo, la estabilidad del PRTC y del ePRTC (así como la estabilidad de otros relojes utilizados en telecomunicaciones) se especifican utilizando TDEV (es decir, la raíz cuadrada TVAR), y no mediante PTPDEV o PTPVAR. Por lo tanto, es conveniente ajustar la TVAR para el PRTC y para el ePRTC mediante el mismo factor. En estudios previos en los que la TVAR para PRTC se comparaba con la TVAR para un T-BC temporizado mediante *SyncE*, el valor de  $R(n)$  era 0,787. Este valor se usa por conveniencia tanto para PRTC como para ePRTC.

En base a los supuestos anteriores, la PTPVAR para PRTC viene dada por:

$$\text{PTPVAR}(\text{PRTC}) = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(30 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0,787} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.1})$$

y la PTPVAR para ePRTC viene dada por:

$$\text{PTPVAR}(\text{ePRTC}) = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(10 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0,787} = 1,271 \times 10^{-16} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.2})$$

### IX.3 Cálculo de offsetScaledLogVariance a partir de la varianza de PTP

El valor de offsetScaledLogVariance se calcula a partir de los resultados de la PTPVAR obtenidos en la sección anterior, utilizando el procedimiento descrito en 7.6.3.3 de [IEEE 1588]. El procedimiento es el siguiente:

- se calcula el logaritmo base 2 de PTPVAR, en unidades de  $\text{s}^2$ ;
- el resultado de a) se multiplica por  $2^8$  para obtener un valor a escala;
- El valor a escala se modifica según la especificación de la histéresis que figura en 7.6.3.3 de [IEEE 1588]. (Este paso no es necesario aquí ya que offsetScaledLogVariance se calcula a partir de una especificación y no a partir de mediciones en tiempo real);
- el resultado de c) se representa como un valor entero Integer16 complemento a 2 (es decir, se representa como un entero con signo en el que los valores negativos se representan en forma de complemento a 2 (ya que en la mayoría de los casos de interés PTPVAR es menor de  $1 \text{ s}^2$  en casi todos los casos de interés práctico y, ciertamente, en los casos descritos en la sección anterior el resultado de c) casi siempre será negativo));
- se suma  $0x8000$  al resultado de d), y se ignora cualquier desbordamiento;
- el resultado de e) es un valor Integer16. Este resultado, que también puede expresarse en formato hexadecimal, es el valor de offsetScaledLogVariance.

#### IX.3.1 Cálculo de offsetScaledLogVariance para un T-GM que toma la temporización de un PRTC

De la ecuación (IX.1), se obtiene  $\text{PTPVAR} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$ . Aplicando los pasos a) a f) anteriores, resulta:

$$\begin{aligned} \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -49,6348 \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -12706,5176 \cong -12707 \end{aligned} \quad (\text{IX.3})$$

Representando lo anterior como entero con signo en formato complemento a 2 se obtiene

$$12707 = 31A3_{16} \Rightarrow \text{CE}5\text{C}_{16} \text{ (formato complemento a 1)} \Rightarrow \text{CE}5\text{D}_{16} \text{ (formato complemento a 2)} \quad (\text{IX.4})$$

Sumando  $8\ 000_{16}$  al resultado anterior e ignorando cualquier desbordamiento, se obtiene

$$\text{CE}5\text{D}_{16} + 8\ 000_{16} = 14\text{E}5\text{D}_{16} \Rightarrow 4\text{E}5\text{D}_{16} \quad (\text{IX.5})$$

El resultado de offsetScaledLogVariance obtenido es  $4\text{E}5\text{D}_{16}$ .

### IX.3.2 Cálculo de offsetScaledLogVariance para un T-GM que toma la temporización de un ePRTC

Se calcula el logaritmo base 2 de PTPVAR expresado en unidades de  $s^2$ , y el resultado se multiplica por  $2^8$  para obtener un valor a escala.

$$\begin{aligned}\log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -52,8049 \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -13518,0507 \cong -13518\end{aligned}\quad (\text{IX.6})$$

Representando lo anterior como entero con signo en formato complemento a 2 se obtiene

$$13518 = 34\text{CE}_{16} \Rightarrow \text{CB31}_{16} \text{ (formato complemento a 1)} \Rightarrow \text{CB32}_{16} \text{ (formato complemento a 2)} \quad (\text{IX.7})$$

Sumando  $8000_{16}$  al resultado anterior e ignorando cualquier desbordamiento, se obtiene

$$\text{CB32}_{16} + 8\,000_{16} = 14\text{B32}_{16} \Rightarrow 4\text{B32}_{16}. \quad (\text{IX.8})$$

El valor de offsetScaledLogVariance obtenido es  $4\text{B32}_{16}$ .

## Bibliografía

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2014), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation*.
- [b-Bregni] Stefano Bregni, (2002), *Synchronization of Digital Telecommunications Networks*, Wiley.
- [b-Lesage] Paul Lesage and Theophane Ayi (1984), *Characterization of Frequency Stability: Analysis of the Modified Allan Variance and Properties of Its Estimate*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. IM-33, No. 4 (included in [b-Sullivan] as paper D.6).
- [b-Sullivan] D.B. Sullivan, D.W. Allan, D.A. Howe, and F.L. Walls (1990), *Characterization of Clocks and Oscillators*, NIST Technical Note 1337.
- [b-Walls] F.L. Walls, John Gary, Abbie O’Gallagher, Roland Sweet, and Linda Sweet (1991), *Time Domain Frequency Stability Calculated from the Frequency Domain Description: Use of the SIGINT Software Package to Calculate Time Domain Frequency Stability from the Frequency Domain*, NIST Report NISTR 89-3916 Revised (revision of 1989 version of this report).

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET, REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN, INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES INTELIGENTES**

<b>INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN</b>	
General	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>	
General	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
IPTV sobre NGN	Y.1900–Y.1999
<b>REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN</b>	
Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicios y características de red	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 NGN	Y.2250–Y.2299
Mejoras de las NGN	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599
Redes basadas en paquetes	Y.2600–Y.2699
Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899
Entorno abierto con calidad de operador	Y.2900–Y.2999
<b>REDES FUTURAS</b>	<b>Y.3000–Y.3499</b>
<b>COMPUTACIÓN EN LA NUBE</b>	<b>Y.3500–Y.3999</b>
<b>INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES Y COMUNIDADES INTELIGENTES</b>	
General	Y.4000–Y.4049
Definiciones y terminología	Y.4050–Y.4099
Requisitos y casos de utilización	Y.4100–Y.4249
Infraestructura, conectividad y redes	Y.4250–Y.4399
Marco, arquitectura y protocolos	Y.4400–Y.4549
Servicios, aplicaciones y procesamiento de datos	Y.4550–Y.4699
Gestión, control y calidad de funcionamiento	Y.4700–Y.4799
Identificación y seguridad	Y.4800–Y.4899
Examen y evaluación	Y.4900–Y.4999

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
<b>Serie Y</b>	<b>Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de la próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes</b>
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación