

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# Y.1541

(02/2006)

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

Aspectos del protocolo Internet – Calidad de servicio y  
características de red

---

## **Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet**

Recomendación UIT-T Y.1541

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y  
**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET Y  
 REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

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

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

## **Recomendación UIT-T Y.1541**

### **Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet**

#### **Resumen**

En esta Recomendación se definen las clases de calidad de servicio de la red (QoS), con unos objetivos para los parámetros de calidad de funcionamiento de redes con protocolo Internet. Dos de las clases contienen objetivos provisionales de calidad de funcionamiento. Estas clases tienen por objetivo establecer las bases para los acuerdos entre los proveedores de servicios de red, y entre los usuarios de extremo y sus proveedores de servicios de red.

En el apéndice I se indica cómo podría el ATM soportar la calidad de funcionamiento en la capa IP. En el apéndice II se discuten alternativas para definir la variación del retardo IP. En el apéndice III se presentan los trayectos de referencia ficticios con los que se probó la factibilidad de los objetivos de QoS Y.1541. En el apéndice IV se dan ejemplos de cálculo de la variación del retardo de los paquetes. En el apéndice V se discuten los temas que se deben considerar siempre que se efectúen mediciones de IP. En el apéndice VI se describe la relación entre esta Recomendación y el mecanismo definido por el IETF para la gestión de QoS. En el apéndice VII se ofrece un cálculo de la calidad de transmisión vocal para los trayectos ficticios de referencia del apéndice III. En el apéndice VIII se presenta una bibliografía. En el apéndice VIII se discute el transporte de televisión digital por redes IP. En el apéndice IX se ofrece un cálculo de la calidad de funcionamiento de la transferencia de ficheros TCP sobre trayectos que cumplen los objetivos Y.1541.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T Y.1541 fue aprobada el 22 de febrero de 2006 por la Comisión de Estudio 12 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## PREFACIO

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

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

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

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

## NOTA

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

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

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
1	Introducción y Alcance..... 1
1.1	Introducción..... 1
1.2	Alcance ..... 2
2	Referencias ..... 3
3	Abreviaturas, siglas o acrónimos ..... 4
4	Capacidad de transferencia, acuerdos de capacidad y aplicabilidad de las clases de QoS ..... 6
5	Objetivos de calidad de funcionamiento de la red..... 7
5.1	Discusión general de QoS ..... 7
5.2	Trayecto de referencia para la QoS de UNI a UNI ..... 7
5.3	Clases de QoS de red..... 9
6	Objetivos de disponibilidad ..... 14
7	Logro de los objetivos de calidad de funcionamiento ..... 14
8	Concatenación de secciones de la red y sus valores de QoS ..... 15
8.1	Introducción..... 15
8.2	Composición de valores UNI-UNI..... 15
8.3	Procedimientos de acumulación de la degradación..... 17
9	Seguridad ..... 17
	Apéndice I – Soporte de QoS IP con la QoS de red ATM..... 18
	Apéndice II – Consideraciones para la definición del parámetro de variación de retardo IP.. 19
	Apéndice III – Ejemplo de trayectos de referencia ficticios para validar los objetivos de calidad de funcionamiento IP ..... 20
III.1	Cantidad de nodos IP en el HRP ..... 20
III.2	Ejemplo de cálculos para soportar el retardo de clase 0 y clase 1 extremo a extremo ..... 22
III.3	Ejemplo de cálculo de retardo de la clase 1 extremo a extremo ..... 24
III.4	Ejemplos de cálculos para soportar el retardo clase 4 extremo a extremo ..... 25
III.5	Carga dentro del HRP..... 26
III.6	Satélites geostacionarios dentro del HRP ..... 26
	Apéndice IV – Ejemplo de cálculos de la variación de retardo de los paquetes IP ..... 26
IV.1	Contribuyentes a la variación de retardo de los paquetes IP ..... 27
IV.2	Modelos y procedimientos de cálculo para establecer un límite superior en el IPDV ..... 27
IV.3	Ejemplos de cálculos ..... 29
	Apéndice V – Material pertinente para los métodos de medición de calidad de funcionamiento IP..... 31

	<b>Página</b>
Apéndice VI – Aplicabilidad de las capacidades de transferencia Y.1221 y de los servicios diferenciados del grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet a las clases de calidad de servicio del protocolo Internet.....	32
Apéndice VII – Percepción del usuario de los efectos de la QoS de red en la calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo .....	33
VII.1 Ejemplo de cálculo VoIP con la calidad de funcionamiento de red de la clase 0 Y.1541 .....	34
VII.2 Ejemplo de cálculos de VoIP con la calidad de funcionamiento de red de la clase 1 Y.1541 .....	35
VII.3 Cálculo de la calidad vocal para los trayectos ficticios de referencia Y.1541 .....	35
Apéndice VIII – Efectos de la calidad de funcionamiento de la red IP en la QoS de transmisión de la televisión digital .....	38
VIII.1 Introducción.....	38
VIII.2 Punto extremo de referencia ficticia (HRE) para señales de vídeo de gran ancho de banda .....	38
VIII.3 Perfiles del servicio y requisitos de calidad de funcionamiento de paquetes de extremo a extremo .....	38
VIII.4 Corrección de errores en recepción (FEC)/entrelazado para mejorar la calidad de funcionamiento UNI-UNI .....	40
VIII.5 Evaluación en el laboratorio de la efectividad de la corrección de errores en recepción (FEC)/entrelazado .....	41
VIII.6 Parámetros adicionales de calidad de funcionamiento.....	41
Apéndice IX – Efectos de la QoS de la red sobre la calidad de funcionamiento de la transmisión de datos extremo a extremo utilizando TCP .....	42
IX.1 Introducción.....	42
IX.2 Modelo de calidad de funcionamiento TCP .....	42
IX.3 Punto extremo ficticio de referencia (HRE) TCP.....	43
IX.4 Observaciones.....	43
IX.5 Resumen de las estimaciones de capacidad TCP .....	45
BIBLIOGRAFÍA .....	46

## Recomendación UIT-T Y.1541

### Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet

#### 1 Introducción y Alcance

##### 1.1 Introducción

Los clientes precisan de niveles de calidad de funcionamiento de la red que, en combinación con sus ordenadores centrales, sus terminales y otros dispositivos soporten satisfactoriamente sus aplicaciones. La adopción de servicios de red basados en el protocolo Internet no ha cambiado esta circunstancia, salvo en lo que respecta al hecho de que las redes deben estar limitadas en cuanto a los parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes (como se define en la Rec. UIT-T Y.1540).

Los requisitos de la calidad de funcionamiento de las aplicaciones son sobradamente conocidos, pero algunos contribuyentes importantes quedan frecuentemente fuera del ámbito de control del proveedor de servicios de la red (por ejemplo, las redes domésticas, las redes de área local (LAN), las pasarelas de aplicación, los terminales, los ordenadores centrales y otros dispositivos del cliente). Se destaca la definición de objetivos de calidad de funcionamiento del equipo del cliente, por ejemplo en la Rec. UIT-T P.1010 para terminales y pasarelas VoIP y, al combinar esos objetivos con los niveles específicos de calidad de funcionamiento de las redes (como se refleja en los apéndices de la presente Recomendación), un aspecto de la calidad de funcionamiento de las aplicaciones puede relacionarse directamente con la calidad de funcionamiento de la red.

A tal efecto, los proveedores de servicios acordaron trabajar conjuntamente para lograr unos niveles de calidad de funcionamiento de la red comunes y codificaron los objetivos numéricos en la presente Recomendación. El hecho de lograr un acuerdo sobre los niveles de calidad de funcionamiento de redes es muy beneficioso porque restringe un factor de vital importancia y a menudo dominante de la calidad de funcionamiento de la aplicación.

Los objetivos se organizan en conjuntos denominados clases de calidad de servicio (QoS, *quality of service*) de la red (véase el cuadro 1) que pueden ajustarse a equipos de cliente bien diseñados para soportar satisfactoriamente diversas aplicaciones (como se indica en el cuadro 2). En el cuadro 3 se recogen las clases con objetivos provisionales. El número de clases se ha mantenido pequeño a propósito a fin de simplificar el diseño de los trayectos que atraviesan redes de varios operadores, de manera que los objetivos de cada clase han de satisfacer las necesidades de varias aplicaciones. Los lectores de la presente Recomendación deben planificar *al menos* ocho clases al considerar los campos y valores de protocolo, habida cuenta de que puede aumentar el número de clases en el futuro.

Los valores objetivos se obtienen como resultado del análisis de aplicaciones esenciales, como la telefonía de conversación, las conferencias multimedia, el intercambio de datos fiable mediante TCP y la televisión digital, junto con un análisis de viabilidad de la red. En los apéndices se ofrece un testimonio detallado y significativo de la manera en que los objetivos de las clases de QoS de red pueden servir para determinar la calidad (de la aplicación) extremo a extremo facilitada.

Las clases de QoS de red constituyen un eslabón importante en la cadena de desarrollos necesarios para lograr la calidad de funcionamiento extremo a extremo, y forman parte del léxico de la negociación de la QoS entre usuarios y redes, especialmente cuando los protocolos de señalización comunican peticiones de QoS de forma dinámica.

Otro tema fundamental que interesa al cliente es la verificación de que el servicio cumple los objetivos de la red. Este tema se aborda aquí mediante los intervalos de evaluación recomendados,

los tamaños de la cabida útil de los paquetes y otros aspectos útiles para los diseñadores de mediciones. Además, los usuarios pueden verificar directamente los objetivos UNI-UNI, a diferencia de los objetivos que se aplican a las interfaces que no son de usuario o que utilizan información que los clientes desconocen, tal como la longitud de la ruta.

## 1.2 Alcance

En esta Recomendación se especifican los valores de calidad de funcionamiento IP de la red (UNI-UNI) para cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en la Rec. UIT-T Y.1540. Los valores de calidad de funcionamiento específicos varían en función de la clase de QoS de la red. En esta Recomendación se definen ocho clases de QoS de red, de las cuales dos son provisionales. Esta Recomendación se aplica a los trayectos internacionales de redes IP (UNI-UNI). Las clases de QoS de red definidas aquí tienen por objetivo establecer las bases de los acuerdos entre los usuarios de extremo y los proveedores de servicios de red, y entre los proveedores de servicio. Las clases continuarán utilizándose cuando los acuerdos estáticos den paso a las peticiones dinámicas soportadas por los protocolos de especificación de QoS.

Las clases de QoS definidas aquí soportan una gama de aplicaciones extremadamente amplia, entre las que se encuentran las siguientes: la telefonía de conversación, las conferencias multimedia, el vídeo digital y la transferencia interactiva de datos. Otras aplicaciones pueden requerir clases nuevas o revisadas, pero si se desea introducir nuevas clases, se debe tener en cuenta que la implementación sea factible y que su número sea pequeño para que las implementaciones puedan acomodarse en las redes mundiales.

Los objetivos de QoS son aplicables principalmente cuando las velocidades del enlace de acceso sean equivalentes a la T1 o E1, y superiores. Para esta limitación se considera que el tiempo de serialización de los paquetes IP está incluido en la definición de retardo de transferencia de paquetes IP (IPTD, *IP packet transfer delay*) y que las velocidades de acceso inferiores a T1 pueden producir tiempos de serialización superiores a 100 ms para paquetes con una cabida útil de 1500 octetos. Además, esta Recomendación requiere efectivamente la instalación de mecanismos de QoS de red sobre dispositivos de acceso a fin de lograr el objetivo de la variación del retardo de paquetes IP (IPDV, *IP packet delay variation*), especialmente cuando la velocidad de acceso es reducida (por ejemplo, T1). Los diseños de red pueden tener velocidades de acceso inferiores si:

- 1) los planificadores de red comprenden la repercusión del tiempo de serialización adicional sobre la interfaz usuario-red (UNI, *user-network interface*) sobre el objetivo UNI para el IPTD.
- 2) los mecanismos de QoS restringen la contribución del acceso a la IPDV, y se cumple el objetivo UNI a UNI para la IPDV. El objetivo actual de la IPDV es necesario para lograr una alta calidad de funcionamiento de la aplicación, como se muestra claramente en los apéndices III y VII.

En esta Recomendación se presentan las clases de QoS de red necesarias para soportar categorías QoS orientadas a los usuarios. Siendo así, esta Recomendación es coherente con el marco de trabajo general para la definición de la calidad de los servicios de comunicaciones en la Rec. UIT-T G.1000, y con las categorías QoS multimedia de usuario de extremo necesarias para soportar las aplicaciones de usuario dadas en la Rec. UIT-T G.1010.

NOTA – En esta Recomendación se utilizan parámetros definidos en la Rec. UIT-T Y.1540 que se pueden utilizar para caracterizar el servicio IP suministrado utilizando el protocolo IPv4; queda pendiente para un estudio ulterior su aplicabilidad o extensión a otros protocolos (por ejemplo IPv6).

## 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.114 (2003), *Tiempo de transmisión en un sentido*.
- [2] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*.
- [3] Recomendación UIT-T G.826 (2002), *Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante*.
- [4] Recomendación UIT-T G.1020 (2003), *Definición de parámetros de calidad de funcionamiento para aplicaciones de voz y otras aplicaciones en la banda vocal que utilizan redes del protocolo Internet*.
- [5] Recomendación UIT-T I.113 (1997), *Vocabulario de términos relativos a los aspectos de banda ancha de las redes digitales de servicios integrados*.
- [6] Recomendación UIT-T I.350 (1993), *Aspectos generales de calidad de servicio y de calidad de funcionamiento en las redes digitales incluidas las redes digitales de servicios integrados*.
- [7] Recomendación UIT-T P.1010 (2004), *Objetivos fundamentales de la transmisión vocal para terminales y pasarelas VoIP*.
- [8] Recomendación UIT-T Y.1540 (2002), *Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes de protocolo Internet*.
- [9] IETF RFC 791 (STD-5) (1981), *Internet Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification*.
- [10] Recomendación UIT-T Y.1231 (2000), *Arquitectura de red de acceso de protocolo Internet*.
- [11] Recomendación UIT-T E.651 (2000), *Conexiones de referencia para ingeniería de tráfico de redes de acceso con protocolo Internet*.
- [12] Recomendación UIT-T G.1000 (2001), *Calidad de servicio de las comunicaciones: Marco y definiciones*.
- [13] Recomendación UIT-T G.1010 (2001), *Categorías de calidad de servicios para los usuarios de extremo de servicios multimedia*.
- [14] Recomendación UIT-T Y.1221 (2002), *Control de tráfico y control de congestión en las redes basadas en el protocolo Internet*.
- [15] Recomendación UIT-T G.107 (2005), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión*.
- [16] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación*.

### 3 Abreviaturas, siglas o acrónimos

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

AF	Reenvío asegurado ( <i>assured forwarding</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
CBR	Velocidad binaria constante ( <i>constant bit rate</i> )
CDV	Variación del retardo de célula ( <i>cell delay variation</i> )
CER	Tasa de errores de células ( <i>cell error ratio</i> )
CLR	Tasa de pérdida de células ( <i>cell loss ratio</i> )
CMR	Tasa de inserción errónea de células ( <i>cell misinsertion ratio</i> )
CS	Sección de circuito ( <i>circuit section</i> )
DS	Servicios diferenciados ( <i>differentiated services</i> )
DST	Computador principal de destino ( <i>destination host</i> )
E1	Transmisión jerárquica digital a 2,048 Mbit/s ( <i>digital hierarchy transmission at 2.048 Mbit/s</i> )
E3	Transmisión jerárquica digital a 34 Mbit/s ( <i>digital hierarchy transmission at 34 Mbit/s</i> )
EF	Reenvío expeditado ( <i>expedited forwarding</i> )
FEC/I	Corrección de errores en recepción y entrelazado ( <i>forward error correction and interleaving</i> )
FIFO	Primero en entrar, primero en salir ( <i>first-in, first-out</i> )
FTP	Protocolo de transferencia de ficheros ( <i>file transfer protocol</i> )
GW	Pasarela ( <i>gateway</i> )
HRE	Punto extremo de referencia ficticia ( <i>hypothetical reference endpoint</i> )
HRP	Trayecto ficticio de referencia ( <i>hypothetical reference path</i> )
HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto ( <i>hypertext transfer protocol</i> )
IETF	Grupo de tareas especiales de Ingeniería en Internet ( <i>Internet engineering task force</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPDV	Variación de retardo del paquete IP ( <i>IP packet delay variation</i> )
IPER	Tasa de errores en los paquetes IP ( <i>IP packet error ratio</i> )
IPLR	Tasa de pérdida de paquetes IP ( <i>IP packet loss ratio</i> )
IPOT	Caudal de paquetes IP basado en octetos ( <i>octet based IP packet throughput</i> )
IPPT	Caudal de paquetes IP ( <i>IP packet throughput</i> )
IPRE	Evento de referencia de transferencia de paquetes IP ( <i>IP packet transfer reference event</i> )
IPRR	Tasa de reordenación de paquetes IP ( <i>IP packet reordering ratio</i> )
IPTD	Retardo de transferencia de paquetes IP ( <i>IP packet transfer delay</i> )
ISP	Proveedor de servicio Internet ( <i>Internet service provider</i> )
LAN	Red de área local ( <i>local area network</i> )

LL	Capas inferiores, protocolos y tecnologías que soportan la capa IP ( <i>lower layers, protocols and technology supporting the IP layer</i> )
M <sub>av</sub>	Número mínimo de paquetes recomendado para evaluar el estado de disponibilidad ( <i>the minimum number of packets recommended for assessing the availability state</i> )
MP	Punto de medición ( <i>measurement point</i> )
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo ( <i>multi-protocol label switching</i> )
MTBISO	Tiempo medio entre interrupciones del servicio IP ( <i>mean time between IP service outages</i> )
MTTISR	Tiempo medio de restablecimiento del servicio IP ( <i>mean time to IP service restoral</i> )
N	Número de paquetes en una sonda de caudal de tamaño N ( <i>the number of packets in a throughput probe of size N</i> )
NS	Sección de red ( <i>network section</i> )
NSE	Conjunto de secciones de red ( <i>network section ensemble</i> )
NSP	Proveedor de servicio de red ( <i>network service provider</i> )
OSPF	Primer trayecto más corto abierto ( <i>open shortest path first</i> )
PDB	Comportamiento por dominio ( <i>per domain behaviour</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiosynchronous digital hierarchy</i> )
PHB	Comportamiento por salto ( <i>per hop behaviour</i> )
PIA	Porcentaje de disponibilidad de servicio IP ( <i>percent IP service availability</i> )
PIU	Porcentaje de indisponibilidad de servicio IP ( <i>percent IP service unavailability</i> )
pkt	Datagramas IP ( <i>paquetes IP</i> ) ( <i>IP datagram (IP packet)</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>quality of service</i> )
R	Encaminador ( <i>router</i> )
RFC	Peticiones de comentario ( <i>request for comment</i> )
RSVP	Protocolo de reservación de recursos ( <i>resource reservation protocol</i> )
RTP	Protocolo de transporte en tiempo real ( <i>real-time transport protocol</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SPR	Tasa de paquetes no esenciales ( <i>spurious packet ratio</i> )
SRC	Computador principal de origen ( <i>source host</i> )
STD	Norma ( <i>standard</i> )
T1	Transmisión jerárquica digital a 1,544 Mbit/s ( <i>digital hierarchy transmission at 1.544 Mbit/s</i> )
T3	Transmisión jerárquica digital a 45 Mbit/s ( <i>digital hierarchy transmission at 45 Mbit/s</i> )
T <sub>av</sub>	Duración mínima del tiempo de disponibilidad de IP, duración mínima del tiempo de indisponibilidad de IP ( <i>minimum length of time of IP availability; minimum length of time of IP unavailability</i> )
TBD	Por determinar ( <i>to be determined</i> )
TCP	Protocolo de control de transmisión ( <i>transmission control protocol</i> )
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo ( <i>time division multiple access</i> )

TE	Equipo terminal ( <i>terminal equipment</i> )
T <sub>max</sub>	Retardo máximo de paquete IP a partir del cual se considera que el paquete se ha perdido ( <i>maximum IP packet delay beyond which the packet is declared to be lost</i> )
ToS	Tipo de servicio ( <i>type of service</i> )
TTL	Tiempo para vivir ( <i>time to live</i> )
UDP	Protocolo de datagrama de usuario ( <i>user datagram protocol</i> )
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
VoIP	Voz sobre el protocolo Internet ( <i>voice over Internet protocol</i> )
VTC	Videoconferencia ( <i>video teleconference</i> )

#### **4 Capacidad de transferencia, acuerdos de capacidad y aplicabilidad de las clases de QoS**

En esta cláusula se trata el tema de la capacidad de transferencia de la red (la velocidad binaria efectiva entregada a un flujo en un intervalo de tiempo), y su relación con los parámetros de calidad de servicio (QoS) de la transferencia de paquetes definidos en la Rec. UIT-T Y.1540, y los objetivos allí especificados.

La capacidad de transferencia es un parámetro fundamental de QoS que tiene una influencia primordial sobre la calidad de funcionamiento percibida por los usuarios de extremo. Muchas de las aplicaciones de usuario tienen requisitos mínimos de capacidad, que deben considerarse cuando se discuten los acuerdos de servicio. En la Rec. UIT-T Y.1540 no se define un parámetro para la capacidad, aunque se define el parámetro de pérdida de paquetes. Los bits u octetos perdidos se pueden restar del total enviado a fin de determinar provisionalmente la capacidad de la red. Queda en estudio una definición independiente de la capacidad.

Se supone que el usuario y el proveedor de servicios de red han acordado la capacidad máxima de acceso que estará disponible para uno o más flujos de paquetes, en una clase QoS específica (a excepción de la clase no especificada). Un flujo de paquetes es el tráfico asociado con un tren de bits con conexión o sin conexión determinado, que tiene el mismo computador principal de origen (SRC, *source host*), computador principal de destino (DST, *destination host*), clase de servicio e identificación de sesión. En otros documentos se pueden utilizar los términos microflujo o subflujo para referirse a trenes de tráfico con este grado de clasificación. Inicialmente, las partes que establecen el acuerdo pueden emplear cualesquiera especificaciones de capacidad que consideren apropiadas, siempre que permitan tanto el cumplimiento del proveedor de red como la verificación del usuario. Por ejemplo, puede resultar suficiente especificar la velocidad binaria de cresta en un enlace de acceso (incluyendo la tara de la capa inferior). El proveedor de servicios de red acuerda transferir paquetes a la capacidad especificada de conformidad con la clase QoS acordada.

Cuando se disponga de protocolos y sistemas que soporten las peticiones dinámicas, el usuario negociará un contrato de tráfico, en el que se especificarán uno o varios parámetros de tráfico (tal como aquellos definidos en la Rec. UIT-T Y.1221 [14], o según el RSVP) y la clase de servicio, y que se aplicará a un flujo específico.

Pueden dejar de ser aplicables los objetivos de calidad de funcionamiento de la red cuando la cantidad de paquetes que se pretende transmitir exceda el acuerdo de capacidad o el contrato de tráfico negociado. Si se observa un exceso de paquetes, la red está autorizada para suprimirlo. Los paquetes suprimidos no deben incluirse en la población de interés, que es el conjunto de paquetes evaluados mediante los parámetros de calidad de funcionamiento de la red. Los paquetes

suprimidos, en particular, no deben contarse como paquetes perdidos al evaluar la calidad de funcionamiento IPLR de la red. Un paquete suprimido podría retransmitirse, pero, en tal caso, debería considerarse como paquete nuevo al evaluar la calidad de funcionamiento de la red.

Es un privilegio de la red definir su respuesta a los flujos con paquetes en exceso, posiblemente basándose en el número de paquetes excedentes observados. Cuando un flujo incluye paquetes excedentes, no es necesario respetar los compromisos de calidad de funcionamiento de la red. No obstante, la red puede ofrecer compromisos de calidad de funcionamiento de red modificados.

## **5 Objetivos de calidad de funcionamiento de la red**

En esta cláusula se discuten objetivos para la calidad de funcionamiento de transferencia de información del usuario de los servicios IP públicos. Estos objetivos se establecen en términos de los parámetros de calidad de funcionamiento de capa IP definidos en la Rec. UIT-T Y.1540. En el cuadro 1 se presenta un resumen de los objetivos junto con sus notas generales asociadas. Todos los valores del cuadro 1 son estables.

NOTA – Desde la perspectiva del usuario, los objetivos QoS de red contribuyen sólo en parte a la calidad de funcionamiento de la transmisión (por ejemplo, calidad boca a oído en el protocolo de transmisión de la voz por Internet). En el apéndice VII se señalan las Recomendaciones apropiadas en esta materia.

### **5.1 Discusión general de QoS**

Las definiciones de clases QoS dadas en el cuadro 1 presentan límites en la calidad de funcionamiento de red entre las interfaces usuario-red (UNI). Mientras que los usuarios (y las redes individuales) no excedan la especificación de capacidad acordada o el contrato de tráfico, y se disponga de un trayecto (como se define en la Rec. UIT-T Y.1540), los proveedores de servicio de red deberán soportar colaborativamente estos límites UNI a UNI durante la vida útil del flujo.

En la práctica la QoS de red ofrecida a un flujo dado dependerá de la distancia y la complejidad del trayecto cursado. A menudo será mejor que los límites incluidos en las definiciones de clase QoS en el cuadro 1.

Es posible implementar los acuerdos de clase QoS estáticos asociando marcas de paquetes (por ejemplo, bits de precedencia de tipo de servicio o punto de código Diff-Serv) con una clase específica.

Se encuentran en estudio los protocolos para soportar las peticiones QoS dinámicas entre los usuarios y los proveedores de servicios de red, y entre los proveedores de servicios de red. Cuando se implementen estos protocolos y los sistemas de soporte, los usuarios o las redes podrán solicitar y recibir diferentes clases de QoS flujo por flujo. En esta modalidad, se podrán comunicar, evaluar y acusar recibo (o rechazar, o modificar) de las distintas necesidades de calidad de funcionamiento de los diferentes servicios y aplicaciones.

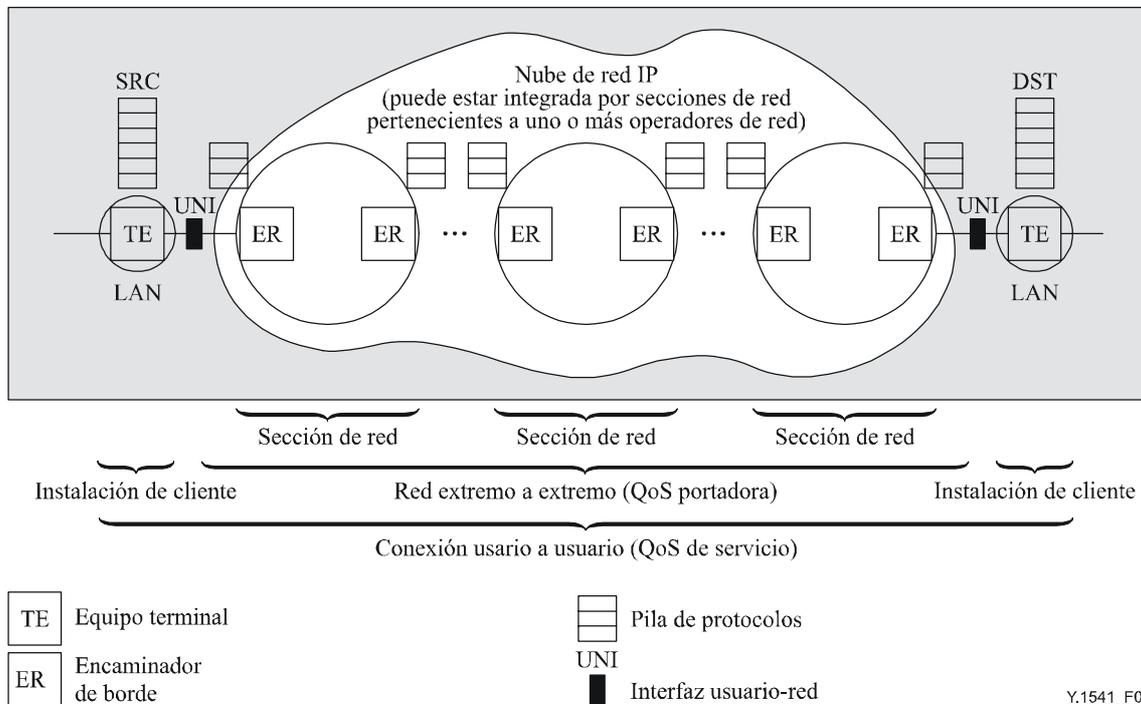
### **5.2 Trayecto de referencia para la QoS de UNI a UNI**

Cada paquete en un flujo sigue un trayecto específico. Se puede considerar que cualquier flujo (con uno o más paquetes en un trayecto) que satisface los objetivos de calidad de funcionamiento de esta cláusula cumple totalmente con las Recomendaciones normativas de la Rec. UIT-T Y.1541.

NOTA – La expresión "extremo a extremo" tiene un significado diferente en las Recomendaciones relativas a las clases QoS de los usuarios, donde significa boca a oído, por ejemplo, de boca a oído en las Recomendaciones relativas a la calidad de la voz. Dentro del contexto de esta Recomendación, extremo a extremo se debe entender como de UNI a UNI.

Se definen los objetivos de calidad de funcionamiento de UNI a UNI para los parámetros de calidad de funcionamiento IP que corresponden a los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE, *IP packet transfer reference events*). En la figura 1, los objetivos de calidad de funcionamiento IP UNI a UNI se aplican de la interfaz usuario-red a la interfaz usuario-red. El

trayecto de red IP UNI a UNI incluye el conjunto de secciones de red (NS, *network sections*) y los enlaces interredes que proporcionan el transporte de los paquetes IP transmitidos de la UNI, en el lado SRC, a la UNI en el lado DST; los protocolos inferiores, incluida la capa IP (capa 1 a capa 3), también pueden considerarse parte de una red IP. Las secciones de red (NS) (definidas en la Rec. UIT-T Y.1540) son sinónimos de los dominios de operador, y pueden incluir arquitecturas de red de acceso IP como se describe en las Recs. UIT-T E.651 e Y.1231. El trayecto de referencia de la figura 1 es una adaptación del modelo de calidad de funcionamiento Y.1540.



NOTA – El equipo de instalación del cliente (área sombreada) se muestra solamente para propósitos ilustrativos.

**Figura 1/Y.1541 – Trayecto de referencia UNI a UNI para los objetivos QoS de la red**

La instalación de cliente incluye todos los equipos terminales (TE, *terminal equipment*), tales como un computador principal y cualquier encaminador o LAN presentes. Algunas aplicaciones serán utilizadas solamente por una persona. Es importante observar que las especificaciones para el TE y la conexión usuario a usuario están fuera del alcance de esta Recomendación. Los encaminadores de borde que se conectan al equipo terminal se conocen también como pasarelas de acceso.

Los trayectos de referencia tienen los siguientes atributos:

- 1) Las nubes IP pueden soportar las conexiones usuario a usuario, conexiones usuario a computador principal, y otras variaciones de punto extremo.
- 2) Las secciones de red se pueden representar como nubes con encaminadores de extremo en sus bordes, y cierta cantidad de encaminadores interiores con diversas funciones.
- 3) El número de secciones de red en un trayecto determinado puede depender de la clase de servicio ofrecida, junto con la complejidad y la extensión geográfica de cada sección de red.
- 4) El alcance de esta Recomendación permite una o más secciones de red en un trayecto.
- 5) Las secciones de red que soportan los paquetes en un flujo pueden modificarse durante su vida.

- 6) La conectividad IP se extiende a través de fronteras internacionales, pero no sigue los convenios de la conmutación de circuitos (por ejemplo, es posible que no haya pasarelas identificables en una frontera internacional si se utiliza la misma sección de red en ambos lados de la frontera).

### 5.3 Clases de QoS de red

En esta cláusula se describen las clases de QoS de red definidas actualmente. Cada clase de QoS de red crea una combinación específica de límites en los valores de la calidad de funcionamiento. En esta cláusula se incluyen directrices sobre hasta cuándo se podría utilizar cada clase de QoS de red, pero no se obliga a utilizar ninguna en particular en ningún contexto especial.

**Cuadro 1/Y.1541 – Definiciones de clases de QoS de las redes IP y objetivos de calidad de funcionamiento de la red**

Parámetro de calidad de funcionamiento de la red	Tipo de objetivo de calidad de funcionamiento de la red	Clases de QoS					
		Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5 sin especificar
IPTD	Límite superior sobre el IPTD medio (Nota 1)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Límite superior sobre el cuantil $1 - 10^{-3}$ de IPTD menos el IPTD mínimo (Nota 2)	50 ms (Nota 3)	50 ms (Nota 3)	U	U	U	U
IPLR	Límite superior sobre la probabilidad de pérdida de paquetes	$1 \times 10^{-3}$ (Nota 4)	$1 \times 10^{-3}$ (Nota 4)	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	U
IPER	Límite superior	$1 \times 10^{-4}$ (nota 5)					U

**Notas generales:**

Los objetivos se aplican a las redes IP públicas. Se considera que los objetivos son alcanzables en las implementaciones de red IP comunes. El compromiso del proveedor de servicios de red ante el usuario es tratar de entregar los paquetes de modo que se alcancen cada uno de los objetivos aplicables. La gran mayoría de los trayectos IP que ofrecen conformidad con la Rec. UIT-T Y.1541 deberían satisfacer estos objetivos. Para algunos parámetros, la calidad de funcionamiento en trayectos más cortos y/o menos complejos puede ser significativamente mejor.

Se sugiere un intervalo de evaluación de un minuto para IPTD, IPDV e IPLR, y en todos los casos se debe registrar el intervalo con el valor observado. Cualquier minuto observado debe cumplir esos objetivos.

Los proveedores de servicios de red pueden decidir ofrecer compromisos de calidad de funcionamiento mejores que los de estos objetivos.

"U" significa "no especificado" o "sin límites". Cuando la calidad de funcionamiento relativa a un parámetro particular se identifica como "U", el UIT-T no establece objetivo para este parámetro y se puede ignorar cualquier objetivo Y.1541 por defecto. Cuando se establece el objetivo para un parámetro como "U", la calidad de funcionamiento con respecto a ese parámetro puede, a veces, ser arbitrariamente deficiente.

## **Cuadro 1/Y.1541 – Definiciones de clases de QoS de las redes IP y objetivos de calidad de funcionamiento de la red**

NOTA 1 – Cuando los tiempos de propagación sean muy largos no se cumplirán objetivos de bajo retardo extremo a extremo. En éstas y algunas otras circunstancias, que todo proveedor experimentará, tarde o temprano, no siempre se podrán cumplir los objetivos de IPTD en las clases 0 y 2 y, en su lugar, se podrán utilizar los objetivos para el IPTD del cuadro 1 que representan clases de QoS factibles. Los objetivos de retardo de una clase no impiden que un proveedor de servicios de red ofrezca servicios con compromisos de retardo más cortos. De acuerdo con la definición de IPTD en la Rec. UIT-T Y.1540, se incluye el tiempo de inserción del paquete en el objetivo IPTD. En esta Recomendación se sugiere un campo de información de paquetes máximo de 1500 octetos para la evaluación de estos objetivos.

NOTA 2 – La definición del objetivo de IPDV (definido en la Rec. UIT-T Y.1540) es la variación del retardo de paquetes IP entre dos puntos. Véanse la Rec. UIT-T Y.1540 y el apéndice II para obtener información adicional detallada sobre la naturaleza de este objetivo. A efectos de planificación, el límite sobre el IPTD medio puede tomarse como límite superior del IPTD mínimo y, por consiguiente, el límite sobre el cuantil  $1 - 10^{-3}$  se puede obtener sumando el IPTD medio y el valor de la IPDV (por ejemplo, 150 ms en la clase 0).

NOTA 3 – Este valor depende de la capacidad de los enlaces interredes. Son posibles variaciones más pequeñas cuando todas las capacidades son mayores que la velocidad primaria (T1 o E1), o cuando los campos de información de paquetes en competencia son menores que 1500 octetos (véase el apéndice IV).

NOTA 4 – Los objetivos de clase 0 y 1 para IPLR están basados parcialmente en estudios que muestran que las aplicaciones y los códecs voz de alta calidad no se verán afectados esencialmente por un IPLR de  $10^{-3}$ .

NOTA 5 – Este valor asegura que la pérdida de paquetes es la fuente dominante de los defectos presentados a las capas superiores, y es factible con un transporte IP sobre ATM.

### **5.3.1 Naturaleza de los objetivos de calidad de funcionamiento de red**

Se aplican los objetivos del cuadro 1 a las redes IP públicas, entre los MP que delimitan la red IP extremo a extremo. Se considera que estos objetivos se pueden lograr en las implementaciones comunes de redes IP.

En la parte izquierda del cuadro 1 se indica la naturaleza estadística de los objetivos de calidad de funcionamiento que aparecen en las filas subsiguientes.

Los objetivos de calidad de funcionamiento para el retardo de transferencia de los paquetes IP son límites superiores para su valor IPTD medio subyacente para el flujo. Aunque muchos paquetes individuales tengan un retardo de transferencia superior a este límite, el IPTD promedio durante la vida útil del flujo (un estimador estadístico de la media) será, en general, menor que el límite aplicable del cuadro 1.

Los objetivos de calidad de funcionamiento para la variación del retardo de los paquetes IP de dos puntos (definidos en la Rec. UIT-T Y.1540) se basan en un límite superior en el cuantil  $1 - 10^{-3}$  de la distribución de IPTD subyacente para el flujo. El cuantil  $1 - 10^{-3}$  permite intervalos de evaluación cortos (por ejemplo, una muestra con 1000 paquetes es la mínima necesaria para evaluar este límite). Además, esto permite mayor flexibilidad en el diseño de la red cuando la ingeniería de las memorias intermedias de inserción de retardo y las longitudes de las colas de los encaminadores deban alcanzar un objetivo IPLR completo del orden de  $10^{-3}$ . La utilización de valores cuantiles inferiores resultará en subestimaciones del tamaño de la memoria intermedia del defluctuador de fase, y la pérdida efectiva de los paquetes excederá el objetivo IPLR total (por ejemplo, un cuantil superior de  $1 - 10^{-2}$  puede tener una pérdida total de paquetes de 1,1%, con  $\text{IPLR} = 10^{-3}$ ). Se encuentran en estudio otras técnicas y definiciones estadísticas para IPDV, como se describe en el apéndice II y en el apéndice IV se discute la estimación de la calidad de funcionamiento de IPDV.

Los objetivos de calidad de funcionamiento para las tasas de pérdidas de paquetes IP son límites superiores para la pérdida de paquetes IP en el flujo. Aunque se perderán paquetes individuales, la probabilidad subyacente de que se pierda cualquier paquete individual durante el flujo debería ser menor que el límite aplicable del cuadro 1.

Los objetivos para los resultados de la transferencia de los paquetes menos frecuentes y sus parámetros asociados, tales como la tasa de paquetes no esenciales (SPR, *spurious packet ratio*) definida en la Rec. UIT-T Y.1540, quedan en estudio.

### 5.3.2 Intervalos de evaluación

Los objetivos del cuadro 1 no pueden evaluarse instantáneamente. Los intervalos de evaluación producen subconjuntos de la población de los paquetes de interés (como se define en la Rec. UIT-T Y.1540). Idealmente, estos intervalos son:

- Suficientemente largos para incluir bastantes paquetes del flujo deseado, con respecto a las tasas y cuantiles especificados.
- Suficientemente largos para reflejar un periodo de uso típico (vida útil del flujo), o la evaluación del usuario.
- Suficientemente cortos para asegurar un balance de la calidad de funcionamiento aceptable a través de cada intervalo (se deberían identificar los intervalos de calidad de funcionamiento deficiente, sin ocultarlos dentro de un intervalo de evaluación muy largo).
- Suficientemente cortos para tratar los aspectos prácticos de la medición.

Para las evaluaciones asociadas con la telefonía, es necesario un intervalo mínimo del orden de 10 a 20 segundos con velocidades de paquetes convencionales (50 a 100 paquetes por segundo), y los intervalos deberían tener un límite superior del orden de minutos. Se sugiere un valor de un minuto y, en cualquier caso, se debe registrar el valor utilizado con el valor observado, junto con los eventuales intervalos hipotéticos y de confianza. Cualquier minuto observado debe cumplir los objetivos IPTD, IPDV e IPLR del cuadro 1. Las metodologías de estimación aceptable mínimas están orientadas a las revisiones futuras de esta Recomendación.

Quedan en estudio los métodos para verificar el logro de los objetivos. Se puede utilizar una evaluación continua o no continua. En RFC 3432 figura un posible método de medición, "*Network Performance Measurement with Periodic Streams*" (medición de la calidad de funcionamiento de la red con trenes periódicos), en el que el requisito para los momentos de inicio de la medición aleatoria y los intervalos de evaluación de una longitud finita dan como resultado una evaluación no continua.

### 5.3.3 Tamaño del paquete para la evaluación

El tamaño del paquete puede influir en los resultados de la mayoría de los parámetros de calidad de funcionamiento. Será apropiada una gama de tamaños de paquete ya que muchos flujos tienen una variación de tamaño considerable. Sin embargo, se simplifica la evaluación con un solo tamaño de paquete cuando se trata de la IPDV, o cuando tiene por objetivo los flujos que soportan fuentes de velocidad binaria constante, y por lo tanto se recomienda un tamaño de campo de información fijo. Se sugieren campos de información de 160 ó 1500 octetos, y se debe registrar el tamaño del campo utilizado. Además, se recomienda un campo de información de 1500 octetos para la estimación de la calidad de funcionamiento de los parámetros IP cuando se utilizan pruebas de capas inferiores, tales como las mediciones de errores en los bits.

### 5.3.4 Calidad de funcionamiento no especificada (sin límites)

En algunas clases de QoS de red se designa el valor de algunos parámetros de calidad de funcionamiento como "U". En estos casos, el UIT-T no establece objetivos con relación a estos parámetros. Los operadores de red pueden elegir unilateralmente asegurar algún nivel mínimo de calidad para los parámetros no especificados, aunque el UIT-T no recomienda ningún mínimo de este tipo.

Los usuarios de estas clases de QoS deben ser conscientes de que la calidad de funcionamiento de los parámetros no especificados puede, a veces, ser arbitrariamente deficiente. Ahora bien, se espera que el IPTD medio no sea mayor de un segundo.

NOTA – La expresión "no especificado" puede tener un significado diferente en las Recomendaciones relativas a la señalización RDSI-BA.

### 5.3.5 Discusión de los objetivos de IPTD

Cuando los tiempos de propagación sean muy largos no se podrán cumplir los objetivos de bajo retardo UNI a UNI, por ejemplo, en casos de distancias geográficas muy grandes o cuando se empleen satélites geoestacionarios. En éstas y en algunas otras circunstancias, no siempre será posible lograr los objetivos de IPTD en las clases 0 y 2. Cabe observar que los objetivos de retardo de una clase no impiden a un proveedor de servicios de red ofrecer servicios con compromisos de retardo más cortos. Se debería establecer explícitamente cualquier compromiso de este tipo. Véase el apéndice III para un ejemplo de cálculo de IPTD en una ruta global. Cada proveedor de servicios de red encontrará estas circunstancias (ya sea en una red simple, o cuando trabaje en cooperación con otras redes para suministrar el trayecto UNI a UNI), y la gama de objetivos IPTD del cuadro 1 es una alternativa para las clases QoS de red, factible de lograr. A pesar de los diferentes encaminamientos y las consideraciones de distancia, las clases relacionadas (por ejemplo, clase 0 y 1) se implementarían, en general, utilizando los mismos mecanismos de nodo.

De acuerdo con la definición de IPTD en la Rec. UIT-T Y.1540, se incluye el tiempo de inserción de paquete en los objetivos de IPTD. En esta Recomendación se sugiere un campo de información de paquete máximo de 1500 octetos para la evaluación de los objetivos.

### 5.3.6 Directriz sobre la utilización de clase

En el cuadro 2 se presentan algunas directrices para la aplicabilidad y la ingeniería de las clases de QoS de red.

**Cuadro 2/Y.1541 – Directriz para las clases QoS IP**

Clase de QoS	Aplicaciones (ejemplos)	Mecanismos de nodo	Técnicas de red
0	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, VTC)	Cola separada con servicio preferencial, preparación del tráfico	Encaminamiento y distancia limitados
1	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, interactivas (VoIP, VTC).		Encaminamiento y distancia menos limitados
2	Datos transaccionales, altamente interactivas (señalización)	Cola separada, prioridad por supresión	Encaminamiento y distancia limitados
3	Datos transaccionales, interactivas		Encaminamiento y distancia menos limitados

**Cuadro 2/Y.1541 – Directriz para las clases QoS IP**

Clase de QoS	Aplicaciones (ejemplos)	Mecanismos de nodo	Técnicas de red
4	Sólo pérdida baja (transacciones cortas, datos en grandes cantidades, flujo continuo de vídeo)	Cola larga, prioridad por supresión	Cualquier ruta/trayecto
5	Aplicaciones tradicionales de redes IP por defecto	Cola separada (prioridad inferior)	Cualquier ruta/trayecto
NOTA – Cualquier ejemplo de aplicación enumerado en el cuadro 2 podría utilizarse asimismo en la clase 5 con objetivos de calidad de funcionamiento no especificados, en la medida en que los usuarios deseen aceptar el nivel de calidad de funcionamiento vigente durante su sesión.			

También se pueden aplicar en los nodos de red las políticas y/o la conformación del tráfico.

En el apéndice VIII puede encontrarse la discusión del transporte de televisión con calidad de radiodifusión sobre IP.

### 5.3.7 Clases provisionales de QoS

La presente cláusula presenta un conjunto de clases provisionales de QoS. La distinción entre estas clases (véase el cuadro 3) y las del cuadro 1 radica en que los valores de todos los objetivos son provisionales y no es necesario que sean satisfechos por las redes hasta que se revisen (al alza o a la baja) sobre la base de las experiencias de explotación reales.

**Cuadro 3/Y.1541 – Definiciones de las clases provisionales de QoS y objetivos de calidad de funcionamiento de la red**

Parámetro de calidad de funcionamiento de red	Tipo de objetivo de calidad de funcionamiento de red	Clases de QoS	
		Clase 6	Clase 7
IPTD	Límite superior sobre el IPTD medio	100 ms	400 ms
IPDV	Límite superior sobre el cuantil $1 - 10^{-5}$ de IPTD menos el IPTD mínimo (Nota 1)	50 ms	
IPLR	Límite superior sobre la tasa de pérdidas de paquetes	$1 \times 10^{-5}$	
IPER	Límite superior	$1 \times 10^{-6}$	
IPRR	Límite superior	$1 \times 10^{-6}$	

### **Cuadro 3/Y.1541 – Definiciones de las clases provisionales de QoS y objetivos de calidad de funcionamiento de la red**

Notas generales:

Los intervalos de evaluación para estas clases serán de un minuto o superiores. Las evaluaciones han de utilizar cabidas útiles de 1500 octetos. Se proponen intervalos de evaluación de un minuto para el IPTD, la PDV y la IPLR, y cualquier minuto observado deberá cumplir esos objetivos.

Uno de los fundamentos del objetivo de la tasa de pérdidas de paquetes IP (IPLR, *IP packet loss ratio*) era reducir al mínimo los efectos de las pérdidas sobre la capacidad del TCP, aun cuando se hayan ajustado los parámetros del TCP y del sistema operativo y se haya utilizado la opción de grandes ventanas. En el apéndice IX se proporcionan antecedentes a este respecto y respecto de otros argumentos de apoyo.

El valor para la IPRL no es suficiente para soportar todos los niveles de calidad previstos por la comunidad de usuarios de vídeo digital, y es probable que se necesite una corrección de errores en recepción y entrelazado (FEC/I, *forward error correction and interleaving*). En el apéndice VIII se facilitan antecedentes relativos a las expectativas de calidad de los usuarios de transporte de vídeo y la FEC/I necesaria para proveer tasas de pérdidas aún más bajas.

El objetivo de la tasa de errores de los paquetes IP (IPER, *IP packet error ratio*) se estableció con el fin de que apenas influyera en la pérdida global de paquetes.

La tasa de reordenación de paquetes IP (IPRR, *IP packet reordering ratio*) viene definida en el apéndice VII/Y.1540 como terminología complementaria. Los paquetes reordenados pueden parecer perdidos para un emisor TCP según la distancia a sus posiciones iniciales. Por consiguiente, la IPRR se estableció con el fin de que apenas influyera en la pérdida global de paquetes.

El valor para la IPDV está en estudio. Se solicitan contribuciones que examinen el fundamento y viabilidad de otros valores (inferiores).

NOTA 1 – La definición del objetivo de la IPDV (especificado en la Rec. UIT-T Y.1540) es la variación del retardo de paquetes IP entre dos puntos. Véanse la Rec. UIT-T Y.1540 y el apéndice II para obtener información adicional detallada sobre la naturaleza de este objetivo. A efectos de planificación, el límite sobre el IPTD medio puede considerarse como límite superior sobre el IPTD mínimo y, por consiguiente, el límite sobre el cuantil  $1 - 10^{-5}$  se puede obtener sumando el IPTD medio y el valor de la IPDV (por ejemplo, 150 ms en la clase 6).

Con estas clases se pretende soportar las necesidades de calidad de funcionamiento de las aplicaciones de usuarios de velocidad binaria elevada, que tienen requisitos de pérdidas/errores más rigurosos que los soportados por las clases 0 a 4 del cuadro 1.

#### **6 Objetivos de disponibilidad**

En esta cláusula se incluirá información relativa a los objetivos de disponibilidad basándose en el parámetro de disponibilidad definido en la Rec. UIT-T Y.1540. Los objetivos requieren mayor estudio, ya que las opciones de diseño de la red fundamental cambian muy rápidamente.

#### **7 Logro de los objetivos de calidad de funcionamiento**

Se requieren estudios para determinar cómo lograr estos objetivos de calidad de funcionamiento cuando intervienen múltiples proveedores de servicios de red. Existen actividades prometedoras de elaboración de normas destinadas a completar otros aspectos necesarios para la consecución de la QoS UNI-UNI.

En la cláusula 8 figuran las relaciones para concatenar los niveles de calidad de funcionamiento de dos o más secciones de red a fin de determinar si se cumplen los objetivos UNI-UNI.

## 8 Concatenación de secciones de la red y sus valores de QoS

### 8.1 Introducción

Esta cláusula trata de la estimación de la calidad de funcionamiento UNI-UNI de un trayecto, conociendo con antelación la calidad de funcionamiento de sus subsecciones. Su objetivo es proporcionar relaciones normales para componer esas estimaciones UNI-UNI.

Estas relaciones dan como resultado estimaciones razonablemente precisas de la calidad de funcionamiento UNI-UNI. Se considera que los errores del proceso de estimación equivalen aproximadamente a los posibles errores de los valores particulares de los mismos. Cuando estos valores proceden de mediciones recientes o de actividades de modelado pueden contener una cantidad considerable de errores en el caso de que las condiciones no sean estables o de que no siga siendo válida la principal hipótesis de independencia entre secciones de red.

Estas relaciones pretenden servir de soporte a la acumulación de degradaciones facilitada por los protocolos de señalización de la QoS, y no deben utilizarse para una atribución de los valores UNI-UNI.

### 8.2 Composición de valores UNI-UNI

#### 8.2.1 Retardo medio de transferencia

En cuanto al parámetro de calidad de funcionamiento del retardo medio de transferencia de paquetes IP (IPTD), la calidad de funcionamiento UNI-UNI es la suma de los valores medios de las secciones de la red.

Los valores del IPTD se expresan en segundos y su precisión mínima es de un microsegundo. Si la precisión de un valor es inferior, los dígitos no utilizados se ponen a cero.

#### 8.2.2 Tasa de pérdidas

Para el parámetro de calidad de funcionamiento de tasa de pérdidas de paquetes IP (IPLR), la calidad de funcionamiento UNI-UNI se puede calcular insistiendo la probabilidad de la transferencia de paquetes con éxito a través de n secciones de red, del siguiente modo:

$$IPLR_{UNI-UNI} = 1 - \{ (1 - IPLR_{NS1}) \times (1 - IPLR_{NS2}) \times (1 - IPLR_{NS3}) \times \dots \times (1 - IPLR_{NSn}) \}$$

Esta relación no impone límites sobre los valores de los parámetros, de modo que se prefiere a otras aproximaciones, como por ejemplo la suma simple de tasas de pérdidas. En todas las mediciones se utilizará el mismo valor de  $T_{m\acute{a}x}$  (el tiempo de espera para declarar un paquete perdido).

Las unidades de valores IPLR son paquetes perdidos por total de paquetes enviados, con una precisión mínima de  $10^{-9}$ . Si la precisión de un valor es inferior, los dígitos no utilizados se ponen a cero.

#### 8.2.3 Tasa de paquetes con errores

Para el parámetro de calidad de funcionamiento de la tasa de errores en los paquetes IP (IPER), la calidad de funcionamiento UNI-UNI se puede calcular invirtiendo la probabilidad de transferencia de paquetes sin errores a través de n secciones de red, del siguiente modo:

$$IPER_{UNI-UNI} = 1 - \{ (1 - IPER_{NS1}) \times (1 - IPER_{NS2}) \times (1 - IPER_{NS3}) \times \dots \times (1 - IPER_{NSn}) \}$$

Esta relación no impone límites sobre los valores de los parámetros, de manera que se prefiere a otras aproximaciones, como por ejemplo la suma simple de tasas de errores en los paquetes.

Las unidades de valores de las IPER son paquetes con errores por total de paquetes enviados, con una precisión mínima de  $10^{-9}$ . Si la precisión de un valor es inferior, los dígitos no utilizados se ponen a cero.

#### 8.2.4 Relación provisional para la variación del retardo

La relación para calcular la calidad de funcionamiento de variación de retardo (IPDV) UNI-UNI a partir de los valores de las secciones de la red debe reconocer la naturaleza subaditiva de estas últimas, por lo que será difícil calcular este parámetro con precisión sin disponer de suficiente información sobre la distribución de los retardos individuales. Si, por ejemplo, se conocen o miden todas las caracterizaciones de las distribuciones de retardo independientes, pueden convolucionarse para estimar la distribución combinada. No es frecuente que esta información detallada se comparta entre los operadores, y probablemente no esté disponible en forma de distribución continua. Por consiguiente, la estimación de la IPDV UNI-UNI puede tener una precisión limitada. Habida cuenta de que existen estudios en curso sobre este tema, la relación de estimación que figura infra se ha especificado de manera provisional, y esta cláusula podría variar en el futuro al tomar en consideración nuevas conclusiones o experiencias operacionales reales.

La relación provisional para combinar valores de IPDV se indica a continuación.

Este problema se puede plantear de la siguiente manera: calcular el cuantil  $t$  del retardo UNI-UNI  $T$  definido por la condición:

$$\Pr(T < t) = p$$

##### Paso 1

Medir la media y la varianza del retardo para cada sección de red  $n$ . Calcular la media y la varianza del retardo UNI-UNI sumando las medias y varianzas de las distribuciones componentes.

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2$$

##### Paso 2

Medir los cuantiles para cada componente del retardo a la probabilidad de interés  $p = 0,999$ . Calcular la correspondiente asimetría y el tercer momento mediante la fórmula que figura a continuación, donde  $x_{0,999} = 3,090$  es el valor que satisface  $\Phi(x_{0,999}) = 0,999$  siendo  $\Phi$  la función de distribución normal típica (de media 0 y varianza 1).

$$\gamma_k = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}}{1 - x_p^2}$$

$$\omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3$$

Suponiendo que las distribuciones de retardo son independientes, el tercer momento del retardo UNI-UNI es precisamente la suma de los terceros momentos de la sección de red.

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots = \sum_{k=1}^n \omega_k$$

La asimetría UNI-UNI se calcula dividiendo por  $\sigma^3$  como se indica a continuación.

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3}$$

### Paso 3

El percentil 99,9 ( $p = 0,999$ ) del retardo UNI-UNI  $t$  se calcula del siguiente modo:

$$t = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\}$$

siendo  $x_p = x_{0,999} = 3,090$ .

Como se señaló anteriormente, la naturaleza del objetivo de la IPDV es el límite superior del cuantil  $1 - 10^{-3}$  del IPTD menos el IPTD mínimo (es decir, la distribución de las IPDV se normaliza al IPTD mínimo). Los valores de la IPDV se expresan en segundos, con una precisión mínima de un microsegundo. Si la precisión de un valor es inferior, los dígitos no utilizados se ponen a cero.

### 8.3 Procedimientos de acumulación de la degradación

Existen dos medios principales en los que las relaciones anteriormente mencionadas pueden aplicarse para estimar los niveles de calidad de funcionamiento UNI-UNI. Ambos son aceptables.

Cuando los valores de todas las secciones de red en la trayectoria están disponibles en un lugar a efectos de computación, habría que utilizarlos en las relaciones anteriormente mencionadas como valores individuales. En un protocolo de señalización, los valores individuales se recogerían del origen al destino y se comunicarían a la entidad encargada de la computación y de la actuación sobre el resultado.

Asimismo se pueden acumular los valores cada vez que se disponga de uno nuevo. En tal caso, las relaciones anteriores sirven para combinar la estimación acumulativa con el valor de la red actual (o del encaminador, de constituir éste la base de la combinación). La estimación calculada se convierte en el nuevo valor acumulativo y seguirá comunicándose a lo largo del trayecto hacia su destino.

## 9 Seguridad

En esta Recomendación no se especifica ningún protocolo y existen pocos ámbitos en los que puedan surgir problemas de seguridad. Todos ellos asociados a la verificación de los objetivos de calidad de funcionamiento con las implementaciones de los sistemas de medición.

Los sistemas de medición que evalúan la calidad de funcionamiento de las redes para determinar la observancia de los objetivos numéricos definidos en la presente Recomendación deben limitar el tráfico de medición a niveles adecuados para evitar el uso abusivo (por ejemplo, un ataque de denegación de servicio). Las partes que participen en actividades de medición, y entre ellas las administraciones y operadores de redes que cursan el tráfico, deben acordar previamente los niveles de tráfico aceptables.

Los sistemas que supervisan el tráfico de los usuarios para realizar estas mediciones deben salvaguardar la confidencialidad de la información de los usuarios.

Los sistemas que pretendan realizar estas mediciones pueden emplear técnicas (por ejemplo, el troceo criptográfico) para determinar si alguna entidad malintencionada, que parece formar parte de la población de interés, introduce tráfico adicional.

## Apéndice I

### Soporte de QoS IP con la QoS de red ATM

En este apéndice se presenta un análisis de la correspondencia de los parámetros de calidad de funcionamiento IP con los objetivos de clase de QoS ATM, como se especifica en la Rec. UIT-T I.356. El propósito de este análisis es estimar la calidad de funcionamiento del nivel IP obtenida cuando se utiliza ATM como el modo de transporte subyacente. Debido a que no se consideran encaminadores en este análisis, los valores de calidad de funcionamiento IP indicados son los mejores que se pueden esperar. En escenarios donde existen encaminadores intermedios, será peor la calidad de funcionamiento IP.

**Cuadro I.1/Y.1541 – Valores de la tasa de pérdida de paquetes IP (IPLR) correspondientes a las clases 1 y 2 de servicio QoS ATM (tamaño de paquete IP de 40 octetos; se suponen perdidos todos los paquetes con errores)**

Clase QoS ATM	CER ATM entregada	CLR ATM entregada	IPLR resultante
1	4,00 E-06	3,00 E-07	4,30 E-06
2		1,00 E-05	1,40 E-05

**Cuadro I.2/Y.1541 – Valores de retardo de transferencia de paquetes IP (IPTD) para un flujo en una porción nacional y un flujo extremo a extremo**

Porción de red	IPTD resultante de la clase 1 de QoS ATM (sin retardo en los encaminadores IP)
Porción nacional	~27,4 ms
Extremo a extremo	400 ms

Obsérvese que no se puede cumplir con el IPTD medio para la clase 0 y clase 2 en la conexión de referencia de 27 500 km de I.356.

El valor de la tasa de errores de células (CER, *cell error ratio*) en las clases ATM es  $4 \times 10^{-6}$ . Si los paquetes IP son largos (1500 octetos) y las células con errores provocan paquetes IP con errores, el valor de la tasa de errores de paquetes IP será de aproximadamente  $10^{-4}$ .

La tasa de inserción errónea de células (CMR, *cell misinsertion ratio*) se especifica actualmente como 1/día. Las implicaciones de la CMR sobre la SPR quedan en estudio.

## Apéndice II

### Consideraciones para la definición del parámetro de variación de retardo IP

En este apéndice se discuten las consideraciones para la definición de la IPDV y la utilización de métodos estadísticos optativos para el objetivo de IPDV.

A fin de proporcionar una directriz a los diseñadores de las memorias intermedias de fluctuación de fase en el equipo en el borde, el(los) parámetro(s) debe(n) reproducir los efectos en la IPDV de:

- la congestión de rutina en la red (variaciones de IPTD de alta frecuencia);
- el comportamiento de ventanas TCP (variaciones de IPTD de baja frecuencia);
- las variaciones periódicas y aperiódicas en la carga promedio de red (variaciones IPTD de baja frecuencia);
- los efectos de actualización de encaminamiento en IPTD (cambios instantáneos (y posiblemente grandes) en IPTD).

La definición vigente de la variación de retardo IP es:

$$IPDV = IPTD_{upper} - IPTD_{mín}$$

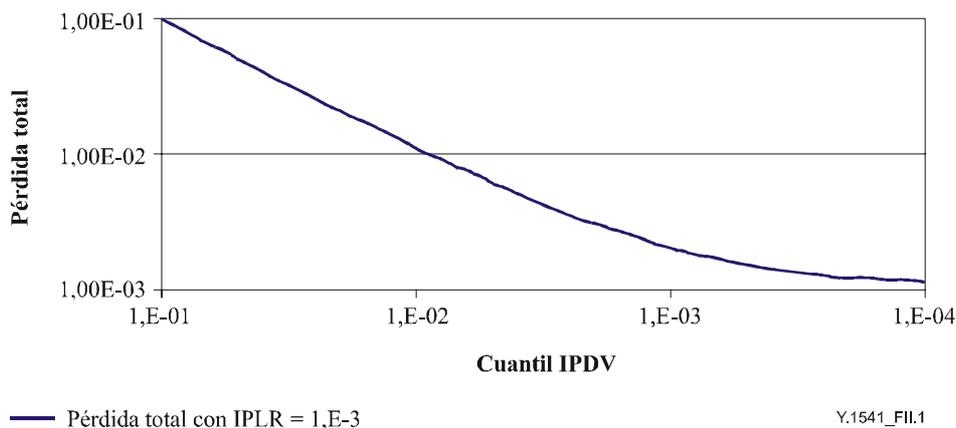
donde:

$IPTD_{upper}$  es el cuantil  $1 - 10^{-3}$  de IPTD en el intervalo de evaluación

$IPTD_{mín}$  es el IPTD mínimo en el intervalo de evaluación

La definición de IPDV se basa en los eventos de referencia que figuran en 6.2.2/Y.1540. Aquí, el retardo nominal se basa en el paquete con el retardo unidireccional mínimo (como una opción al primer paquete, o el promedio de la población como el retardo nominal).

La especificación del cuantil  $1 - 10^{-3}$  (equivalente al percentil 99,9º) está influenciada por el tamaño de la muestra del paquete en un intervalo de medición de un minuto, y el objetivo  $IPLR \leq 10^{-3}$ , lo que resulta en un objetivo de tasa de pérdida total de aproximadamente  $10^{-3}$ . Cuantiles más pequeños añadirán mayores pérdidas, como se muestra a continuación.



**Figura II.1/Y.1541 – Efecto de diferentes cuantiles de IPDV sobre la pérdida total cuando IPLR = 0,001**

A continuación, se presenta una definición optativa de ejemplo de la variación de retardo IP. Se puede definir la variación de retardo IP como el IPTD máximo menos el IPTD mínimo durante un intervalo corto de medición determinado.

$$\text{IPDV} = \text{IPTD}_{\text{máx}} - \text{IPTD}_{\text{mín}}$$

donde:

$\text{IPTD}_{\text{máx}}$  es el IPTD máximo registrado durante un intervalo de medición

$\text{IPTD}_{\text{mín}}$  es el IPTD mínimo registrado durante un intervalo de medición

Se miden varios valores de IPDV durante un intervalo de tiempo largo, que comprenden varios intervalos de medición cortos. Se espera que el percentil 95° de estos valores de IPDV cumplan un objetivo deseado. Éste es un método simple y bastante preciso para calcular IPDV en tiempo real. Queda pendiente para estudio ulterior el valor real del intervalo de medición. El intervalo de medición tiene influencia sobre la capacidad de la métrica para resolver las variaciones de bajas y altas frecuencias en el comportamiento del retardo del paquete IP.

## Apéndice III

### Ejemplo de trayectos de referencia ficticios para validar los objetivos de calidad de funcionamiento IP

En este apéndice se presentan los trayectos de referencia ficticios considerados al validar la factibilidad de los objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo presentados en la cláusula 5. Estos trayectos ficticios de referencia (HRP, *hypothetical reference path*) son ejemplos solamente. El material en este apéndice no es normativo y no recomienda o aboga por ninguna arquitectura de trayecto particular.

Cada paquete en un flujo sigue un trayecto específico. Cualquier flujo (con uno o más paquetes en un trayecto) que satisface los objetivos de calidad de funcionamiento de la cláusula 5 puede considerarse que cumple totalmente con las recomendaciones normativas de la parte principal de esta Recomendación.

Se definen los objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo para los parámetros de calidad de funcionamiento IP que corresponden a los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE). La red IP extremo a extremo incluye el conjunto de secciones de red (NS) y los enlaces interredes que proporcionan el transporte de los paquetes IP transmitidos del SRC al DST; los protocolos inferiores incluida la capa IP (capa 1 a capa 3) dentro del SRC y del DST se pueden considerar también parte de una red IP.

NOTA – Véase el apéndice VII por lo que se refiere a la información relativa a los efectos en la calidad extremo a extremo percibida por el usuario de los valores de retardo dados por los trayectos de referencia ficticios presentados.

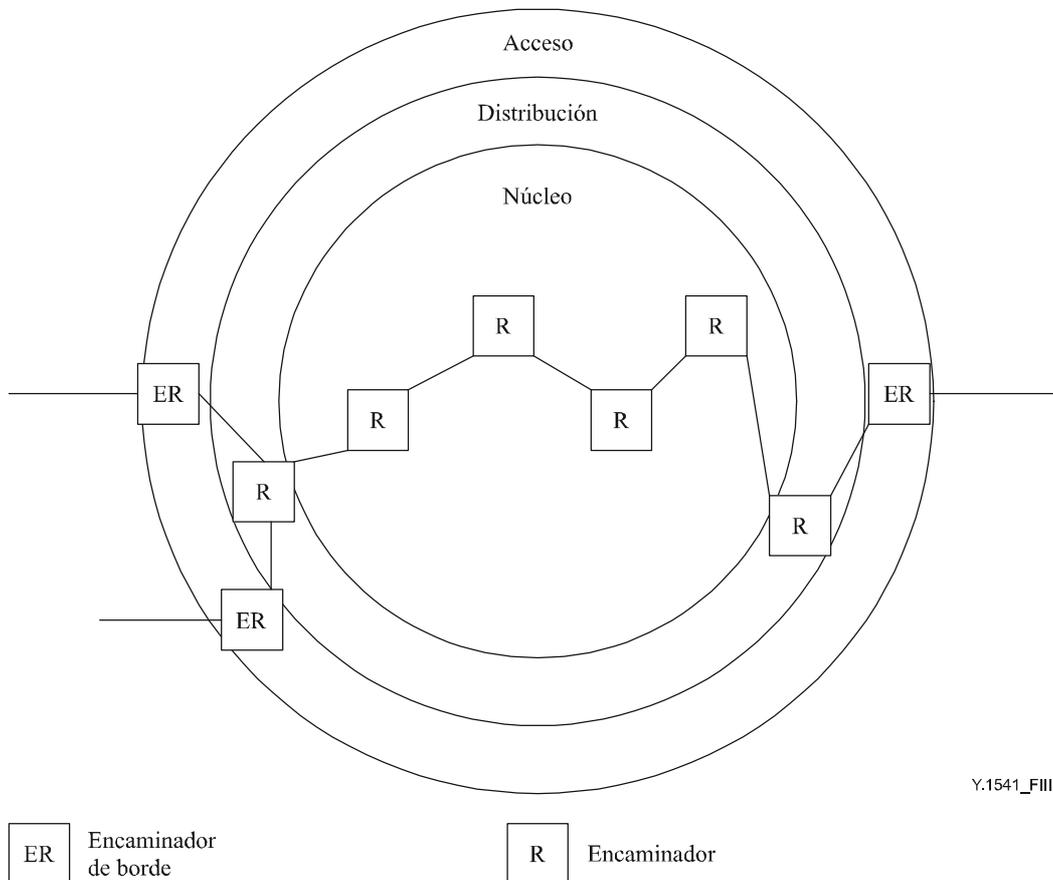
#### III.1 Cantidad de nodos IP en el HRP

Los HRP tienen atributos similares al trayecto de referencia de la cláusula 5.

Las secciones de red se definen (en la Rec. UIT-T Y.1540) como conjuntos de computadores principales combinados con todos los enlaces de interconexión que proporcionan conjuntamente una parte del servicio IP entre un computador principal de origen (SRC) y un computador principal de destino (DST), y están bajo una responsabilidad jurisdiccional única (o conjunta). Es lo mismo hablar de secciones de red que de dominios de operadores. Las secciones de red pueden representarse como nubes con encaminadores de borde en sus fronteras, y cierto número de

encaminadores interiores con distintas funciones. En este caso, los HRP son equivalentes al "compendio de trayectos" de RFC 2330.

Cada NS puede estar compuesta de nodos IP que llevan a cabo las funciones de acceso, distribución y las centrales, como se ilustra en la figura III.1.



Y.1541\_FIII.1

**Figura III.1/Y.1541 – Función de los nodos IP en una sección de red**

Obsérvese que se necesitan uno o más encaminadores para completar cada función, y el trayecto central (Núcleo) ilustrado tiene cuatro encaminadores en cascada. Un trayecto a través de una NS puede encontrar como mínimo tres encaminadores, o como máximo ocho en este ejemplo.

La contribución de los encaminadores a los distintos parámetros puede variar de acuerdo a su función. Los encaminadores de borde desempeñan por lo general una o dos funciones, bien sea como encaminadores de pasarela de acceso o como encaminadores de pasarela de interfuncionamiento.

**Cuadro III.1/Y.1541 – Ejemplos de contribución de retardo convencional por la función del encaminador**

Función	Retardo total promedio (suma de colas y procesamientos)	Variación de retardo
Pasarela de acceso	10 ms	16 ms
Pasarela de interfuncionamiento	3 ms	3 ms
Distribución	3 ms	3 ms
Núcleo	2 ms	3 ms

NOTA – Las pasarelas de interfuncionamiento generalmente tienen características de calidad de funcionamiento distintas de las pasarelas de acceso.

### **Cálculo de la longitud de la ruta**

Si el componente basado en la distancia es proporcional a la distancia terrenal real, más una tolerancia proporcional para una relación convencional de ruta física a distancia real. El cálculo de la longitud de la ruta que se utiliza se basa en la Rec. UIT-T G.826, y sólo para las distancias largas consideradas aquí. Si  $D_{km}$  es la distancia aérea de la ruta entre los dos MP que limitan la porción, en ese caso el cálculo de la longitud de la ruta es:

- si  $D_{km} > 1200$ ,  $R_{km} = 1,25 \times D_{km}$

Lo anterior no se aplica cuando la porción contiene un salto de satélite.

## **III.2 Ejemplo de cálculos para soportar el retardo de clase 0 y clase 1 extremo a extremo**

### **Cálculo del retardo de red de clase X (X = 0 hasta 4)**

En esta cláusula se calcula el IPTD para cualquier porción de trayecto que soporte un flujo con QoS clase X. Cuando una porción del flujo no contiene un salto de satélite, su IPTD viene dado por (utilizando el retardo para el transporte óptico determinado en la Rec. UIT-T G.114):

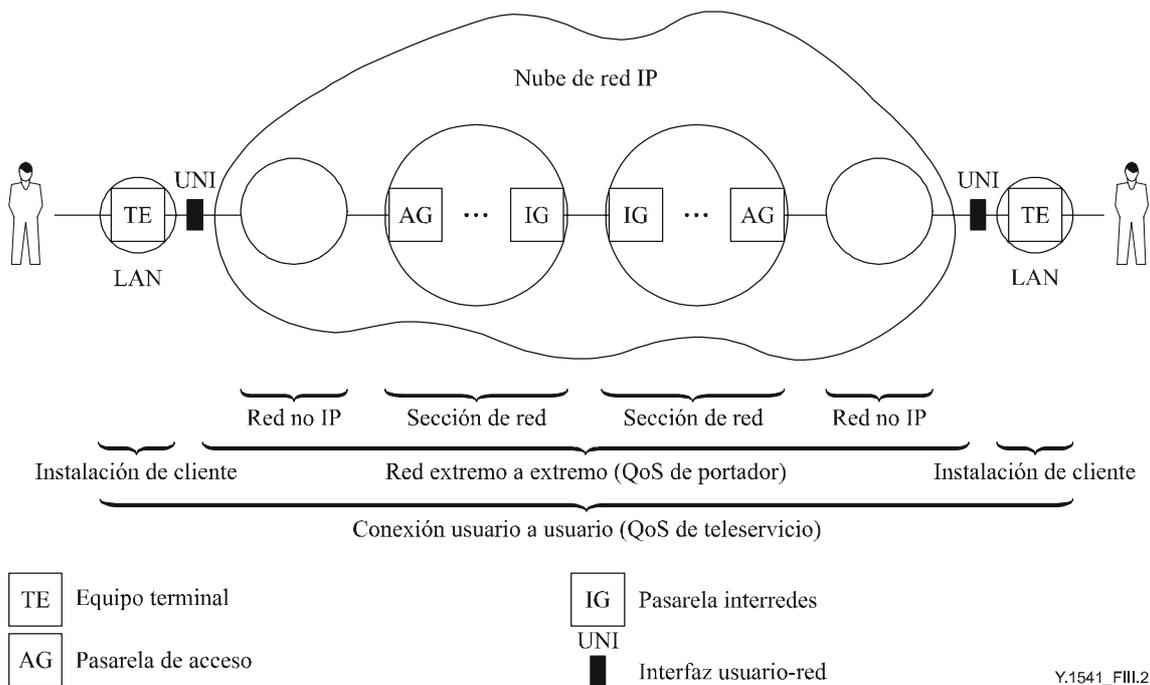
$$\text{IPTD (en microsegundos)} \leq (R_{km} \times 5) + (N_A \times D_A) + (N_D \times D_D) + (N_C \times D_C) + (N_I \times D_I)$$

En esta fórmula:

- $R_{km}$ : representa la suposición de la longitud de la ruta calculada anteriormente.
- $(R_{km} \times 5)$ : es una tolerancia para la "distancia" dentro de la porción.
- $N_A$ ,  $N_D$ ,  $N_C$  y  $D_I$ : representan el número de nodos de pasarela de acceso IP, de distribución, de núcleo y de pasarelas interredes, respectivamente. Lo anterior es coherente con el ejemplo de la sección de red en la figura III.1.
- $D_A$ ,  $D_D$ ,  $D_C$  y  $D_I$ : representan el retardo de los nodos de pasarela de acceso IP, de distribución, de núcleo y de pasarelas interredes, respectivamente. Lo anterior es coherente con los valores para la clase X (por ejemplo, cuadro III.1).

El IPDV máximo se puede calcular de forma similar.

Como un ejemplo de este cálculo, considere el siguiente HRP. Este trayecto contiene dos redes IP y un punto de interfuncionamiento.



**Figura III.2/Y.1541 – Trayecto de referencia hipotético para la clase 0 de QoS**

No se muestran las configuraciones de los encaminadores interiores en el trayecto ficticio de referencia (HRP) de la figura III.2. El número de encaminadores de núcleo y de distribución se presenta en el cuadro III.2.

Suposiciones:

- 1) La distancia utilizada es aproximadamente igual entre Daytona Beach y Seattle (diagonal en los EE.UU., mayor que la de Lisboa a Moscú).
- 2) Los enlaces de acceso tienen capacidad T1, y otros son más largos que T1 (por ejemplo, OC-3).
- 3) El tamaño del paquete más grande es de 1500 octetos, y el tamaño del paquete VoIP es de 200 octetos.
- 4) Se necesitan redes no IP entre la NI y la GW de acceso.

**Cuadro III.2/Y.1541 – Análisis del ejemplo del trayecto clase 0**

Elemento	Unidad	Unidad/ IPTD	IPTD promedio	Unidad/ IPDV	IPDV máxima
Distancia	4070 km				
Ruta	5087,5 km		25		
Tiempo de inserción	200 octetos (1500 octetos)		1 (8)		
<b>Red 1 no IP</b>			15		0
<b>Red 1 IP</b>					
Acceso, N <sub>A</sub>	1	10	10	16	16
Distribución, N <sub>D</sub>	1	3	3	3	3
Núcleo, N <sub>C</sub>	2	2	4	3	6
GW interredes, N <sub>I</sub>	1	3	3	3	3
<b>Red 2 IP</b>					
Acceso, N <sub>A</sub>	1	10	10	16	16
Distribución, N <sub>D</sub>	1	3	3	3	3
Núcleo, N <sub>C</sub>	4	2	8	3	12
GW interredes, N <sub>I</sub>	1	3	3	3	3
<b>Red 2 no IP</b>			15		0
<b>Total, ms</b>			<b>100</b>		<b>62</b>

En el cuadro III.2 se presenta la configuración HRP en términos del número y tipo de encaminadores, distancia y contribución de todos los componentes HRP al retardo (IPTD) y a la variación de retardo (IPDV). Obsérvese que el cálculo de la IPDV máxima es muy pesimista (suponiendo la adición del caso más desfavorable de cada nodo) y por lo tanto es mayor que la especificación de IPDV en esta Recomendación.

### III.3 Ejemplo de cálculo de retardo de la clase 1 extremo a extremo

La clase 1 está disponible para soportar longitudes más largas de trayecto y trayectos de red más complejos. Utilizando las suposiciones descritas en el cuadro III.2, pero con una distancia de 12 000 km, el IPTD medio será de 150 ms y es posible un valor R de aproximadamente 83.

En un segundo ejemplo, se añade una sección de red IP de tránsito, para un total de 3 NS.

**Cuadro III.3/Y.1541 – Ejemplo de cálculo para el trayecto clase 1**

Elemento	Unidad	Unidad/ IPTD	IPDT promedio	Unidad/ IPDV	IPDV máxima
Distancia	km				
Ruta	27 500 km		138		
Tiempo de inserción	200 octetos (1500 octetos)		1 (8)		
<b>Red 1 no IP</b>			15		0
<b>Red 1 IP</b>					
Acceso, $N_A$	1	10	10	16	16
Distribución, $N_D$	1	3	3	3	3
Núcleo, $N_C$	2	2	4	3	6
GW interredes, $N_I$	1	3	3	3	3
<b>Red 2 IP</b>					
Distribución, $N_D$	2	3	6	3	6
Núcleo, $N_C$	4	2	8	3	12
GW interredes, $N_I$	2	3	6	3	6
<b>Red 3 IP</b>					
Acceso, $N_A$	1	10	10	16	16
Distribución, $N_D$	1	3	3	3	3
Núcleo, $N_C$	4	2	8	3	12
GW interredes, $N_I$	1	3	3	3	3
<b>Red 2 no IP</b>			15		0
<b>Total, ms</b>			<b>233</b>		<b>86</b>

En el cuadro III.3 se presenta la configuración HRP en términos del número y tipo de encaminadores, distancia, y contribución de todos los componentes HRP al retardo (IPTD) y la variación de retardo (IPDV).

#### III.4 Ejemplos de cálculos para soportar el retardo clase 4 extremo a extremo

Si se sigue la misma metodología de cálculo anterior, se puede incrementar el número de NS con las contribuciones de retardo dadas en el cuadro III.1, o se pueden aumentar las contribuciones como sigue:

**Cuadro III.4/Y.1541 – Contribución de retardo clase 4 por la función del encaminador**

Función	Retardo total promedio (Suma de colas y procesamientos)
Pasarela de acceso	200 ms
Pasarela interredes	64 ms
Distribución	64 ms
Núcleo	3 ms

En este caso, con una longitud de ruta de 27 500 km, el retardo promedio en un sentido sería de 884 ms (si se utiliza el HRP con la configuración de nodo descrita en el cuadro III.2).

### **III.5 Carga dentro del HRP**

La fracción de cada enlace de transmisión ocupado por paquetes activos es uno de los factores que se deben considerar en los HRP. Los niveles de carga en los cuales funcionará continuamente la red es otro factor.

### **III.6 Satélites geoestacionarios dentro del HRP**

Se consideró la utilización de satélites geoestacionarios durante el estudio de los HRP. Se puede utilizar un solo satélite geoestacionario dentro de los HRP y aun así lograr los objetivos extremo a extremo, bajo la suposición de que sustituye una distancia terrenal significativa, múltiples nodos IP y/o secciones de red de tránsito.

No se consideró la utilización de satélites en órbita terrena baja y mediana en conexión con estos HRP.

Cuando un trayecto contiene un salto de satélite, esta porción requerirá un IPTD de 320 ms, para reflejar el ángulo de sección de la estación terrena baja, los sistemas TDMA de baja velocidad, o ambos. En el caso de un satélite que dispone de capacidades de procesamiento a bordo, se necesita un IPTD de 330 ms, a fin de considerar el procesamiento a bordo y los retardos en las colas de los paquetes.

Se espera que la mayoría de los HRP que incluyen un satélite geoestacionario logren un IPTD por debajo de 400 ms. No obstante, en algunos casos se puede exceder el valor de 400 ms. En trayectos muy largos hacia zonas distantes, los proveedores de servicios de red pueden necesitar establecer acuerdos bilaterales adicionales para mejorar la probabilidad del logro del objetivo de 400 ms.

## **Apéndice IV**

### **Ejemplo de cálculos de la variación de retardo de los paquetes IP**

En este apéndice se presenta material para facilitar el cálculo de la variación del retardo de los paquetes IP (IPDV) para aquellas clases QoS IP donde se especifica un valor más estricto para el IPDV, es decir, las clases 0 y 1 de QoS IP.

En este caso se supone, para los cálculos, que un operador de red ofrece una selección de diferentes clases de QoS IP incluyendo además clases QoS para las cuales no se especifican objetivos IPDV. Esta mezcla de propiedades motiva la noción de flujos con "retardo sensible a la variación" (por ejemplo, las clases 0 y 1 de QoS) y flujos con "retardo insensible a la variación" (por ejemplo, las clases 2, 3, 4, y 5 de QoS). Se supone además que un operador que ofrece tal mezcla de clases de QoS, hace un esfuerzo razonable para separar los flujos sensibles de los insensibles a la variación, mediante, en especial, una estrategia de programación de paquetes y medidas de control de tráfico adicional. Para los cálculos en este apéndice se supone que los paquetes de los flujos sensibles a las variaciones se programan con una prioridad no preferente sobre los paquetes de los flujos insensibles a las variaciones y que la programación dentro de cada una de estas dos categorías es FIFO.

NOTA – Esta simple suposición sirve solamente para el propósito de llegar a un modelo "calculable". No se excluyen otras estrategias de programación de paquetes (tales como la gestión equitativa de las colas con ponderación) o las medidas de control del tráfico. Se supone además que la calidad de funcionamiento de otros métodos es ya sea mejor o no mucho peor que la calidad de funcionamiento del utilizado para estos cálculos.

## **IV.1 Contribuyentes a la variación de retardo de los paquetes IP**

Se consideran los siguientes factores como los contribuyentes más significativos a la variación de retardo de los paquetes IP (IPDV) para los flujos sensibles a las variaciones.

- Retardo variable debido a que el retardo de procesamiento para la decisión del reenvío de los paquetes (consulta de encaminamiento) no es un valor fijo único sino que puede variar de paquete a paquete.
- Retardo variable porque el paquete tiene que esperar atrás de otros paquetes sensibles a la variación que llegaron antes.
- Retardo variable porque el paquete tiene que esperar la conclusión del servicio de un paquete insensible a las variaciones que llegó antes y que ya está en servicio.

## **IV.2 Modelos y procedimientos de cálculo para establecer un límite superior en el IPDV**

### **IV.2.1 Variación de retardo debida a la consulta de encaminamiento**

Para un paquete que llega, el encaminador necesita establecer, basándose en la dirección IP, el puerto de salida al cual se debe reenviar el paquete. El tiempo requerido para esta decisión de reenvío puede variar de paquete a paquete.

Los encaminadores de alta calidad de funcionamiento pueden ocultar las direcciones IP utilizadas recientemente para acelerar este proceso con los paquetes subsiguientes. En consecuencia, todos los paquetes de un flujo, excepto el primero, deben experimentar un corto retardo de consulta y una variación muy pequeña entre ellos. Aunque, estrictamente, el retardo más largo del primer paquete contribuye al IPDV, el retardo excepcional del primer paquete se descarta en estos cálculos porque es un evento 'único en su género' y su efecto desaparecerá en los flujos con una duración relativamente más larga (por ejemplo, un flujo VoIP).

Se espera que la variación paquete a paquete en el retardo de consulta de encaminamiento no sea mayor que unas pocas decenas de microsegundos en cada encaminador. Para los cálculos se supone que la variabilidad es menor de 30  $\mu$ s por encaminador.

Dado que existe poca información disponible con respecto a la distribución de este componente de retardo, la variabilidad sumada en varios encaminadores en cascada se toma como igual a la suma de las variabilidades individuales, es decir, se desprecian los efectos estadísticos para este componente de IPDV.

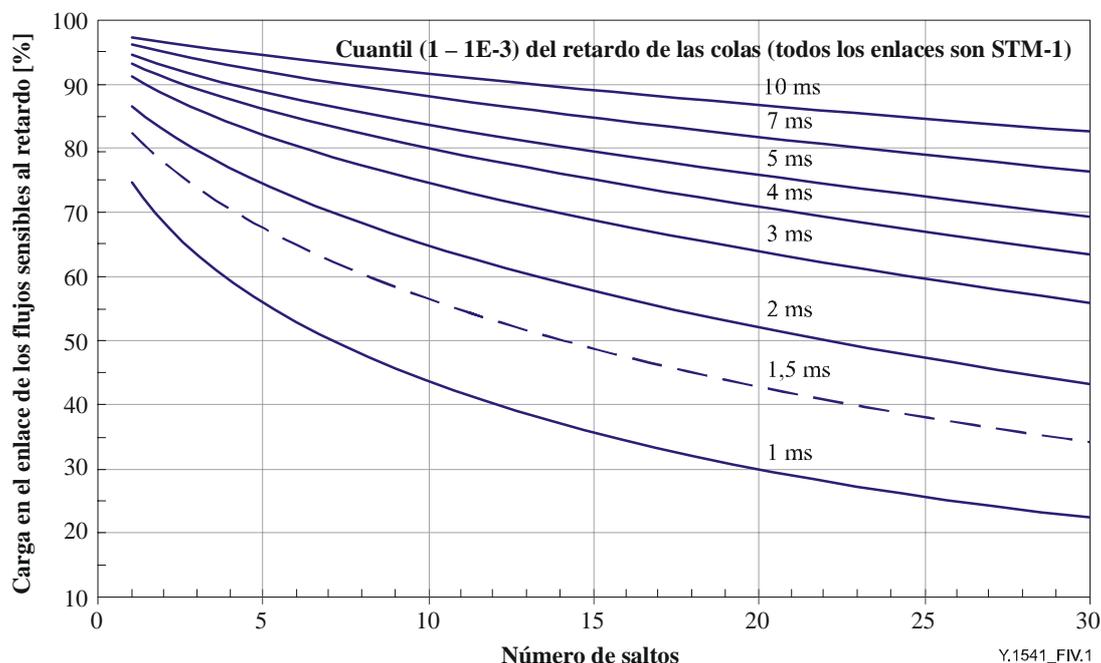
### **IV.2.2 Variación de retardo debido a los paquetes sensibles a las variaciones**

Un paquete sensible a las variaciones tendrá que esperar a que se atiendan otros paquetes similares que llegaron antes (disciplina FIFO). Cada flujo sensible a las variaciones se modela como un flujo continuo de paquetes con variación despreciable de retardo de paquete IP de un punto comparable al "CDV despreciable" utilizado para un tren CBR de células ATM (véase la Rec. UIT-T E.736).

Para los cálculos se supone además que todos los paquetes sensibles a las variaciones tienen un tamaño fijo de 1500 octetos. Esto permite aplicar el modelo de colas M/D/1 bien conocido (véase la Rec. UIT-T E.736) para el cálculo de este componente en la variación de retardo de los paquetes. El tiempo de servicio fijo se determina por el tamaño del paquete fijo supuesto (1500 octetos) y la velocidad del enlace de salida del encaminador, por ejemplo, 80,13  $\mu$ s en un enlace STM-1.

Para la adición de este componente de retardo a través de varios encaminadores en cascada, se debe utilizar la convolución de las distribuciones de retardo pertinentes, tomando en cuenta diferentes velocidades de enlace de salida cuando sea aplicable. Se supone que el cuantil inferior es cero, y el cuantil superior es  $(1 - 10^{-3})$  se puede aproximar en forma precisa utilizando la teoría de grandes desviaciones, en particular la estimación Bahadur-Rao, como se resuelve en [IFIP].

En la figura IV.1 se ilustra el resultado de tales cálculos, que muestran el cuantil de variación de retardo ( $1 - 10^{-3}$ ) para el componente de retardo agrupado debido a la interferencia del tráfico sensible a las variaciones, para diferentes niveles de carga del tráfico sensible a las variaciones y para diferentes números de saltos de encaminamiento en cascada.



**Figura IV.1/Y.1541 – El cuantil ( $1 - 10^{-3}$ ) del componente de retardo de colas agrupado debido al tráfico sensible a las variaciones para diferentes niveles del tráfico sensible a las variaciones y para diferentes números de saltos de encaminamiento en cascada**

En la figura IV.1 se supone que todos los enlaces en la red son STM-1 y que todos los enlaces muestran el mismo nivel de carga para el tráfico sensible a las variaciones. Si uno o más enlaces tienen una capacidad superior a STM-1, el retardo extremo a extremo resultante será menor; si hay enlaces con capacidad menor, el retardo extremo a extremo resultante será mayor. Estos efectos se pueden calcular (véase IV.2.4) pero no se pueden reflejar fácilmente en la figura IV.1.

Finalmente, se supone que en una red que soporta ambos tipos de tráfico sensible e insensible a las variaciones, la carga del tráfico sensible a las variaciones en un enlace no es mayor de 50% del enlace, a fin de reflejar la tendencia observada hacia "más datos que voz". En consecuencia, de la figura IV.1 se puede concluir que esta componente de retardo no contribuye en más de aproximadamente 2,48 ms al IPDV en el trayecto, aun si éste cruza una gran cantidad de saltos de encaminamiento STM-1 (25 en el ejemplo).

### IV.2.3 Variación de retardo debida a un paquete insensible a las variaciones

Un paquete sensible a las variaciones que llega no establece preferencia en el servicio de un paquete insensible a las variaciones que llegó antes. Consecuentemente, el paquete sensible a las variaciones puede experimentar un componente de cola de espera en cada encaminador determinado por el tiempo necesario para atender un paquete insensible a las variaciones.

Para los cálculos se supone que cada paquete sensible a las variaciones experimenta un retardo aleatorio debido a un paquete insensible a las variaciones, que se distribuye uniformemente entre cero y el tiempo de servicio de los paquetes insensibles a las variaciones de tamaño máximo (1500 octetos), a la velocidad del enlace de salida pertinente. En un enlace de salida STM-1, esto corresponde a un retardo distribuido uniformemente entre 0 y 80,13  $\mu$ s en cada encaminador.

Para la suma de este componente de retardo sobre varios encaminadores en cascada, se puede utilizar la convolución de las distribuciones de retardo pertinentes, tomando en cuenta diferentes velocidades de enlace de salida cuando sea aplicable. Se supone que el cuantil inferior es cero, y el cuantil superior ( $1 - 10^{-3}$ ) se puede calcular exactamente. En la mayoría de los casos se logra una buena aproximación al utilizar una aproximación de distribución normal (Gausiana) o el caso más desfavorable, el que tenga el valor más pequeño. El cuantil ( $1 - 10^{-3}$ ) se encuentra en  $(\mu + 3,72 \cdot \sigma)$ .

#### IV.2.4 Variación de retardo agrupada para los paquetes sensibles a las variaciones

Se determina un límite superior para el IPDV en un HRP al sumar los valores calculados para cada una de las tres componentes en IV.2.1 a IV.2.3.

NOTA – Se espera que el valor calculado resultante sea mayor que el valor experimentado en una red real. Se deben observar los siguientes factores:

- La adición de tres valores de cuantil establece un valor más alto que el cuantil de retardo real.
- Se espera que el tamaño real de los paquetes sensibles a las variaciones (tales como los paquetes VoIP) sea mucho menor que el tamaño supuesto de 1500 octetos. Además, se espera que la carga con el tráfico sensible a las variaciones en la mayoría de los enlaces sea más pequeña que el 50% supuesto. Por lo tanto, el retardo real de las colas de espera debido a la interferencia con el tráfico sensible a las variaciones deberá ser menor que el calculado.
- La distribución real de los paquetes insensibles a las variaciones (por ejemplo, los acuses de recibo TCP) contiene también paquetes que son (mucho) más pequeños que el tamaño supuesto de 1500 octetos. Además, se espera que la carga total (tráfico sensible más tráfico insensible a las variaciones) en la mayoría de los enlaces sea generalmente más pequeño que el 100% supuesto. Por lo tanto, el retardo real de las colas de espera debido a la interferencia con el tráfico insensible a las variaciones deberá ser menor que el calculado.

### IV.3 Ejemplos de cálculos

A continuación se presentan tres ejemplos de cálculo del IPDV inducido en un HRP usuario a usuario (véase la figura II.1).

- Un ejemplo donde todos los enlaces son relativamente de alta velocidad (STM-1 o superior).
- Un ejemplo donde los enlaces entre los clientes y la red y los enlaces entre las secciones de red tienen una baja velocidad (E3 o T3).
- Un ejemplo donde los enlaces entre los clientes y la red son de baja velocidad (por ejemplo, 1,544 Mbit/s, T1).

#### IV.3.1 Ejemplo con enlaces STM-1

En este ejemplo se supone que todos los enlaces son STM-1. El HRP entre las interfaces de red de la nube de red IP (véase la figura III.2) consta de 12 saltos de encaminamiento. Así, los factores que contribuyen al IPDV de ese trayecto se pueden calcular como sigue.

- Variación de retardo de consulta de encaminador (véase IV.2.1):  $12 \times 30 \mu\text{s} = 0,36 \text{ ms}$ .
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (véase la figura IV.1 para una carga de 50% y 12 saltos STM-1):  $\approx 1,36 \text{ ms}$ .
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (véase IV.2.3):  $\approx 9,01 \times 80,13 \mu\text{s} = 0,72 \text{ ms}$ .

Así, puede esperarse que el IPDV en este trayecto de velocidad de enlace superior sea menor de **2,44 ms**.

### IV.3.2 Ejemplo con enlaces de interconexión E3

En este ejemplo se supone que todos los enlaces son STM-1 excepto los enlaces usuario-red y los enlaces entre las secciones de red que se supusieron como E3 (34 Mbit/s). El HRP entre las interfaces de red de la nube de red IP (véase la figura III.2) consta de 12 saltos de encaminamiento, de los cuales dos saltos tienen la velocidad binaria E3 inferior. Así, los factores que contribuyen al IPDV en este trayecto se pueden calcular como sigue.

- Variación de retardo de consulta al encaminador (véase IV.2.1):  $12 \times 30 \mu\text{s} = 0,36 \text{ ms}$ .
- Variación de colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (para una carga de 50% y 10 saltos STM-1 más 2 saltos E3):  $\approx 2,92 \text{ ms}$ .
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (para 10 saltos STM-1 más 2 saltos E3):  $\approx 1,19 \text{ ms}$ .

Así, puede esperarse que el IPDV en este trayecto de velocidad de enlace mixta sea menor de **4,47 ms**.

### IV.3.3 Ejemplo con enlaces de acceso con baja velocidad

En este ejemplo se supone que todos los enlaces son STM-1 excepto los enlaces usuario-red los cuales se suponen de aproximadamente 1,5 Mbit/s, es decir T1. El HRP entre las interfaces de red de la nube de red IP (véase la figura III.2) consta de 12 saltos de encaminamiento, de los cuales uno tiene la velocidad binaria más baja. En este caso se trata separadamente la contribución del enlace de acceso. Los factores de contribución al IPDV en la parte de velocidad superior de este trayecto se pueden calcular como sigue.

- Variación de retardo de consulta a encaminador (véase IV.2.1):  $12 \times 30 \mu\text{s} = 0,36 \text{ ms}$ .
- Variación de retardo en colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (para una carga de 50% y 11 saltos STM-1):  $\approx 1,29 \text{ ms}$ .
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (para 11 saltos STM-1):  $\approx 8,364 \times 80,13 \mu\text{s} = 0,67 \text{ ms}$ .

Así, se puede esperar que el IPDV en este trayecto núcleo de enlace superior sea menor que **2,32 ms**.

En los enlaces de acceso, la contribución de retardo debida a la interferencia con los paquetes insensibles a las variaciones puede ser tan grande como 15,6 ms, cuando se atienden dos paquetes de 1500 octetos antes de un paquete sensible a las variaciones (uno de estos paquetes puede ser parte del flujo sensible al retardo). La contribución a la IPDV debida a la interferencia con otros flujos sensibles a las variaciones depende en gran medida del número de estos flujos y de los tamaños de los paquetes reales utilizados.

Se debe observar que el número de flujos sensibles a las variaciones y el tamaño de los paquetes relacionados en el enlace de acceso de baja velocidad queda determinado por las aplicaciones seleccionadas por los usuarios de extremo. Sin alguna influencia, el operador de la red se verá en una posición difícil para comprometerse a un valor riguroso para el objetivo de calidad de funcionamiento de red IPDV en presencia de un enlace de acceso de baja velocidad.

Si el tráfico sensible al retardo tiene un tamaño de paquete constante (cada uno contiene 20 ms de voz codificada G.711, coherente con el apéndice III), y no ocupa más del 50% del enlace de acceso, en ese caso el retardo puede estimarse como sigue. Habrá hasta 9 flujos de voz de 50 paquete/s, cada uno con una cabida útil de 160 octetos más 40 octetos de los encabezamientos RTP, UDP e IP (cada uno con un total de 80 kbit/s).

- Variación de retardo en colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (para una carga de 46,9% y un salto T1); al utilizar el modelo de colas de espera M/D/1 muestra que

la contribución de retardo debida a esos paquetes sensibles a las variaciones relativamente pequeños en el enlace de acceso es de 5,12 ms.

- Variación de retardo en colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (para un salto T1): 7,81 ms.

De esta manera, la contribución a la variación de retardo en el enlace de acceso se suma a los 12,93 ms dando un total de 15,25 ms. En este caso la contribución del enlace de acceso domina la IPDV.

#### **IV.3.4 Resumen de los ejemplos y conclusiones**

Los ejemplos de cálculo muestran que un operador de red que hace un esfuerzo moderado para soportar ambos tipos de tráfico, sensible e insensible a las variaciones, puede comprometerse a respetar valores rigurosos de la IPDV en un HRP largo, en el que todos los enlaces tienen una velocidad razonablemente alta (por ejemplo, una mezcla de STM-1 y E3/T3 o superior). El compromiso para un valor de IPDV del orden de 10 ms deja un amplio espacio para enlaces adicionales de baja velocidad (E3/T3) o para una sección de red adicional.

Si hay un enlace de baja velocidad (T1 de 1,5 Mbit/s, o E1), resulta difícil un compromiso a un valor bajo de IPDV. El operador de red tiene poco o ningún control sobre los valores reales de la cantidad de flujos y el tamaño de paquetes sensibles a las variaciones. Por lo tanto, los compromisos de IPDV acordados por el operador de red en este caso serán dominados por el enlace de acceso, y tendrán que ser considerablemente mayores que 10 ms, como se muestra en el cuadro 1. En el enlace de acceso, el usuario de extremo tiene control sobre el número y tipo de los flujos designados para una clase sensible al retardo, y por lo tanto sobre la IPDV resultante. Bajo la suposición de que el enlace de acceso está sólo modestamente cargado (<50%) con tráfico sensible a las variaciones y que el tamaño dominante de esos paquetes será pequeño en comparación con el tamaño máximo de 1500 octetos, puede ser suficiente una tolerancia adicional de **20 ms** para un enlace de acceso de baja velocidad.

## **Apéndice V**

### **Material pertinente para los métodos de medición de calidad de funcionamiento IP**

En este apéndice, que se encuentra en estudio, se describirán temas importantes a considerar conforme se desarrollen los métodos de medición de calidad de funcionamiento IP. El mismo describirá los efectos de las condiciones externas a las secciones bajo prueba, incluyendo consideraciones de tráfico en la calidad de funcionamiento medida.

Durante las mediciones de calidad de funcionamiento IP se deberían especificar y controlar:

1) las secciones exactas bajo medición:

- SRC y DST para las mediciones extremo a extremo;
- los MP que limitan un NSE bajo medición.

NOTA – No es necesario medir entre todos los pares MP o todos los pares SRC y DST, a fin de caracterizar la calidad de funcionamiento.

2) el tiempo de medición:

- durante cuánto tiempo se recopilaron muestras;
- cuándo se llevó cabo la medición.

- 3) las características exactas del tráfico:
  - velocidad a la cual está ofreciendo tráfico el SRC;
  - patrón de tráfico SRC;
  - tráfico en competencia en el SRC y DST;
  - tamaño del paquete IP.
- 4) el tipo de medición:
  - en servicio o fuera de servicio;
  - activa o pasiva.
- 5) los resúmenes de los datos medidos:
  - medias, caso más desfavorable, cuantiles empíricos.
  - resumen del periodo:
    - periodo corto (por ejemplo, 1 minuto);
    - periodo largo (por ejemplo, una hora, un día, una semana, un mes).

## **Apéndice VI**

### **Aplicabilidad de las capacidades de transferencia Y.1221 y de los servicios diferenciados del grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet a las clases de calidad de servicio del protocolo Internet**

Este apéndice trata de la aplicabilidad de las capacidades de transferencia definidas en la Rec. UIT-T Y.1221 para soportar las clases de QoS IP Y.1541. Se especifica también la relación entre las capacidades de transferencia Y.1221 y los comportamientos por salto (PHB, *per hop behaviour*) de servicios diferenciados IETF, de conformidad con lo que se indica en la Rec. UIT-T Y.1221.

En la Rec. UIT-T Y.1221 se definen tres capacidades de transferencia (TC, *transfer capability*), a saber: con anchura de banda dedicada (DBW, *dedicated bandwidth*), con anchura de banda estadística (SBW, *statistical bandwidth*) y sin garantías (BE, *best-effort*). Cada uno de los modelos de servicio que resultan de la definición de estas capacidades de transferencia determina actualmente un conjunto de parámetros de calidad de funcionamiento de red coherente con aquéllos especificados en el cuadro 1. Se pueden utilizar las capacidades de transferencia definidas en la Rec. UIT-T Y.1221 para satisfacer los objetivos de calidad de funcionamiento de las seis clases de QoS definidas en la Rec. UIT-T Y.1541.

Las clases 0 y 1 de QoS del cuadro 1 definen límites tanto en el retardo del paquete IP como en la variación del retardo, así como en la tasa de pérdida de paquetes IP. Entre las capacidades de transferencia Y.1221, aquella con anchura de banda dedicada (DBW) permite a un contrato de tráfico especificar límites en el retardo de paquete IP/variación de retardo y en la pérdida de paquete IP. Las clases 2, 3 y 4 de QoS del cuadro 1 definen límites para la tasa de pérdida de paquetes IP mas no para la variación de retardo de paquetes IP. La capacidad de transferencia Y.1221 que permite a un contrato de tráfico especificar límites tanto en la pérdida como en el retardo de paquete IP está en estudio. La clase 5 de QoS del cuadro 1 no define límites para la tasa de pérdidas de paquetes IP ni para el retardo/variación de retardo de paquetes IP. La capacidad de transferencia Y.1221 que no ofrece ningún compromiso de QoS es la de "sin garantías" (BE). En el cuadro VI.1 se muestra la correspondencia entre las clases de QoS Y.1541 y las capacidades de transferencia Y.1221.

En la Rec. UIT-T Y.1221 se proporciona una correspondencia entre las tres capacidades de transferencia que define y los comportamientos por salto de los servicios diferenciados IETF que se han de utilizar en las redes que utilizan la arquitectura DiffServ. En el cuadro VI.1 se especifica la correspondencia entre las capacidades de transferencia Y.1221 y los comportamientos por salto DiffServ IETF.

**Cuadro VI.1/Y.1541 – Asociación de las clases de QoS Y.1541 con las capacidades de transferencia y los PHB de servicios diferenciados Y.1221**

<b>Capacidades de transferencia Y.1221</b>	<b>PHB DiffServ asociados</b>	<b>Clase de QoS IP</b>	<b>Observaciones</b>
Sin garantías (BE)	Por defecto	Clase 5 de QoS no especificada	Un servicio IP tradicional, que cuando funciona en una red con poco tráfico puede alcanzar un buen nivel de QoS IP.
Con anchura de banda estadística sensible al retardo (DSBW)	AF	Clases 2, 3, 4 de QoS	El objetivo IPLR se aplica solamente a los paquetes IP en los niveles de prioridad superior de cada clase AF. El IPTD se aplica a todos los paquetes.
Con anchura de banda dedicada (DBW)	EF	Clases 0 y 1 de QoS	

## Apéndice VII

### Percepción del usuario de los efectos de la QoS de red en la calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo

En el presente apéndice figuran cálculos de la calidad vocal extremo a extremo utilizando los objetivos de la clase 0 y la clase 1 de QoS de red Y.1541 como punto de partida. Estos objetivos obligan a los contribuyentes principales a ofrecer una calidad de funcionamiento de aplicaciones que con frecuencia predomina en los cálculos. En combinación con la calidad de funcionamiento de equipos de usuarios bien diseñados, se considera que los objetivos presentados en esta Recomendación permiten, de acuerdo con la percepción de los usuarios, el logro de una alta calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo. No obstante, se debería tomar en cuenta asimismo el material incluido en las Recomendaciones de la serie G.100.

Las Recs. UIT-T G.107, G.108, G.109, G.113 y G.114 son los documentos clave requeridos para estimar la calidad vocal, boca a oído, que se puede lograr con los valores de las clases de QoS de red pertinentes.

En la Rec. UIT-T G.114 se presentan los límites extremo a extremo y las atribuciones para el retardo medio en un sentido, independiente de otras degradaciones de transmisión. La necesidad de considerar los efectos combinados de todas las degradaciones en la calidad de transmisión total se trata en la Rec. UIT-T G.107, el denominado modelo E como el modelo de determinación de índices de transmisión común del UIT-T el cual es el método recomendado por el UIT-T para la planificación de transmisión vocal extremo a extremo. En la Rec. UIT-T G.108 se dan ejemplos detallados de utilización del modelo para evaluar la calidad de funcionamiento de transmisión de las conexiones que incorporan varias degradaciones, incluyendo el retardo; y en la Rec. UIT-T G.109 se hacen corresponder las predicciones de evaluación de la transmisión del modelo con las categorías de la calidad de transmisión vocal. Así, mientras que la Rec. UIT-T G.114 presenta

información útil relativa al retardo medio en un sentido, como parámetro en sí, se debería utilizar la Rec. UIT-T G.107 (y sus Recs. UIT-T G.108 y G.109 conexas) para evaluar los efectos del retardo en conjunto con otras degradaciones (por ejemplo, las distorsiones debidas al procesamiento vocal).

Además, actualmente se desarrolla una revisión básica de la Rec. UIT-T G.101 (el plan de transmisión) y de las Recomendaciones conexas.

### VII.1 Ejemplo de cálculo VoIP con la calidad de funcionamiento de red de la clase 0 Y.1541

A continuación se muestra, como un ejemplo, un punto extremo de referencia ficticia (HRE, *hypothetical reference endpoint*) de telefonía para medios vocales. Los flujos de información del hablante van hacia abajo a través de la pila de protocolos de la izquierda, a través del HRP, y hacia arriba en la pila de protocolos de la derecha hasta el oyente (sólo se muestra un sentido de transmisión).

<b>Hablante</b>		<b>Oyente</b>
Codificador G.711		Decodificador G.711, ocultación de pérdida de paquetes del apéndice I/G.711
Tamaño de cabida útil de 20 ms de RTP		Memoria intermedia de fluctuación de fase de 60 ms
UDP		UDP
IP		IP
	(capas inferiores)	

**Figura VII.1/Y.1541 – Ejemplo de un punto extremo de referencia ficticio del VoIP**

Utilizando el punto extremo de referencia ficticia de la figura VII.1, el retardo del punto extremo es como figura a continuación. Estos cálculos son resultado de las fórmulas que figuran en la Rec. UIT-T G.1020 para el retardo global.

**Cuadro VII.1/Y.1541 – Análisis del retardo del punto extremo**

	<b>Retardo, ms</b>	<b>Notas</b>
Formación del paquete	40	Tamaño de trama doble más indagación 0
Memoria intermedia de fluctuación de fase, promedio	30	Centro de la memoria intermedia de 60 ms
Ocultación de la pérdida de paquetes	10	Una "trama" PLC
<b>Total, ms</b>	<b>80</b>	

El retardo del punto extremo calculado en el cuadro VII.1 es coherente con el objetivo de un terminal de categoría B P.1010. Si combinamos este retardo medio del punto extremo con el retardo de red de la clase 0, el retardo promedio total para el trayecto usuario a usuario es  $100 + 80 = 180$  ms. El ejemplo de trayectoria de referencia de la clase 0 que figura en el apéndice III indica que este retardo se puede lograr en una distancia de 4070 km.

Es posible una instalación de cliente de 50 ms (transmisión y recepción unidireccional) con un tiempo de formación de paquete de 10 ms y una memoria intermedia supresión de fluctuación de fase de 50 ms.

## Cuadro VII.2/Y.1541 – Análisis del retardo del punto extremo de bajo retardo

	Retardo, ms	Notas
Formación del paquete	20	Tamaño de trama doble más indagación 0
Memoria intermedia de supresión de fluctuación de fase, promedio	25	Centro de la memoria intermedia de 50 ms
Ocultación de la pérdida de paquetes	0	"Repetir previo" no requiere retardo adicional
Otros equipos	5	
<b>Total, ms</b>	<b>50</b>	

El retardo del punto extremo calculado en el cuadro VII.2 es coherente con el objetivo de un terminal de categoría A P.1010. Los retardos del IPTD del trayecto clase 0 y de la instalación del cliente se suman al tiempo de transmisión unidireccional boca a oído (150 ms), para satisfacer las necesidades de la mayoría de las aplicaciones (de acuerdo con la Rec. UIT-T G.114).

Se debe observar que una contribución de la memoria intermedia de supresión de la fluctuación de fase al retardo boca-oído se basa en el tiempo promedio que los paquetes permanecen en la memoria intermedia, y no en el tamaño máximo de ésta. Los paquetes que encuentran el retardo de transferencia mínimo tendrán que esperar el máximo de tiempo en la memoria intermedia de supresión de la fluctuación de fase antes de que se retransmitan como tren síncrono, mientras que lo inverso es cierto para los paquetes con el retardo de transferencia acomodado máximo (estos paquetes permanecen el mínimo de tiempo en la memoria intermedia de supresión de fluctuación de fase). De esta manera, la memoria intermedia de supresión de fluctuación de fase compensa las variaciones de retardo de transferencia y garantiza que los paquetes se puedan suprimir de acuerdo con un reloj de reproducción síncrona. En la Rec. UIT-T G.1020 figura una descripción más detallada de la memoria intermedia de supresión de la fluctuación de fase y de su contribución al retardo global.

### VII.2 Ejemplo de cálculos de VoIP con la calidad de funcionamiento de red de la clase 1 Y.1541

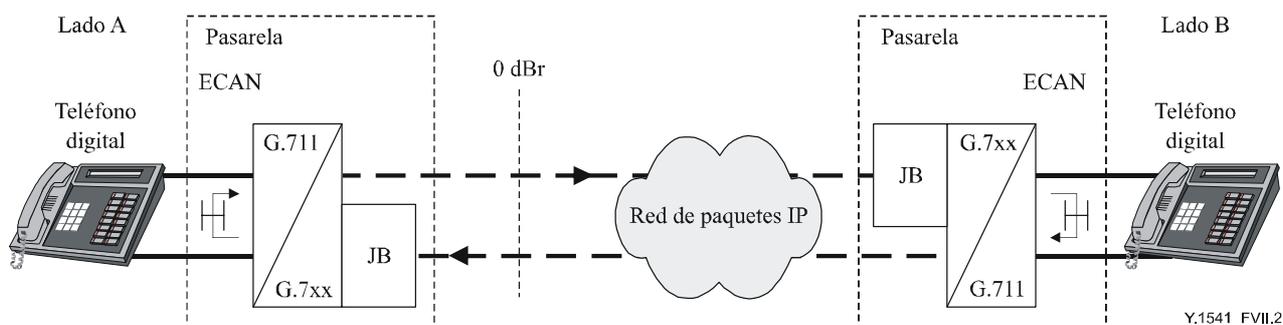
Si se utilizan las mismas suposiciones y el punto extremo del trayecto ficticio de referencia del retardo del cuadro VII.1, y el ejemplo de trayectos de la clase 1 del apéndice III, el retardo promedio total para un trayecto usuario a usuario de 27 500 km es  $233 + 80 = 313$  ms.

### VII.3 Cálculo de la calidad vocal para los trayectos ficticios de referencia Y.1541

Se puede evaluar la calidad vocal de las redes IP utilizando la herramienta para la planificación de la transmisión G.107, denominada modelo E.

En el apéndice III se describen las hipótesis y detalles de configuración utilizados en los cálculos de red (UNI-UNI). Entre la hipótesis del punto extremo y los cálculos de los retardos anteriormente mencionados se incluyen el códec (G.711), el tamaño del paquete, la ocultación de la pérdida del paquete, el tamaño de la memoria intermedia de supresión de la fluctuación de fase, etc. Se pueden considerar también otros códecs vocales que tengan tasas de bits menores, otros tamaños de paquete y otras variaciones.

En la figura VII.2 se representa la conexión de referencia utilizada en este análisis.



**Figura VII.2/Y.1541 – Conexión de referencia**

En el cuadro VII.3 figuran los parámetros del modelo E utilizados en este análisis.

**Cuadro VII.3/Y.1541 – Parámetros del modelo E**

Parámetros		Valores de entrada del modelo		
Símbolo	Definición	Por defecto G.107	Valores de entrada	Unidad
<b>Nc</b>	Ruido de circuito eléctrico referido al punto de 0 dBr ( <i>electric circuit noise referred to at the 0 dBr point</i> )	(-70)	-70,0	dBm0p
<b>Pos</b>	Ruido ambiente (lado emisor) ( <i>room noise (send)</i> )	(35)	35,0	dB(A)
<b>Por</b>	Ruido ambiente (lado receptor) ( <i>room noise (receive)</i> )	(35)	35,0	dB(A)
<b>SLR</b>	Índice de sonoridad en emisión ( <i>send loudness rating</i> )	(8)	8,0	dB
<b>RLR</b>	Índice de sonoridad en recepción ( <i>receive loudness rating</i> )	(2)	2,0	dB
<b>Ds</b>	Factor-D (lado emisor) ( <i>D-factor (send)</i> )	(3)	3,0	
<b>LSTR</b>	Índice de efecto local para el oyente ( <i>listener's sidetone rating</i> )	(equ.)	18,0	dB
<b>Nfor</b>	Nivel de ruido ( <i>noise floor</i> )	(-64)	-64,0	dBmp
<b>STMR</b>	Índice de enmascaramiento para el efecto local ( <i>sidetone masking rating</i> )	(15)	15,0	dB
<b>qdu</b>	Unidades de distorsión de cuantificación ( <i>quantizing distortion units</i> )	(1)	1,0	units
<b>T</b>	Retardo medio en un sentido ( <i>mean one-way delay</i> )	(0)	<b>150,0</b>	ms
<b>TELRL</b>	Índice de sonoridad del eco para el hablante ( <i>talker echo loudness rating</i> )	(65)	65,0	dB
<b>WEPL</b>	Pérdida de trayecto de eco ponderado ( <i>weighted echo path loss</i> )	(110)	110,0	dB
<b>Ta</b>	Retardo absoluto de (S) a (R) ( <i>absolute delay from (S) to (R)</i> )	(0)	<b>150,0</b>	ms
<b>Tr</b>	Retardo de bucle ( <i>round-trip delay</i> )	(0)	<b>300,0</b>	ms
<b>Ie</b>	Factor de degradación de equipo ( <i>equipment impairment factor</i> )	(0)	0,0	

**Cuadro VII.3/Y.1541 – Parámetros del modelo E**

Parámetros		Valores de entrada del modelo		
Símbolo	Definición	Por defecto G.107	Valores de entrada	Unidad
<b>Bpl</b>	Factor robustez frente a pérdida de paquetes ( <i>packet loss robustness factor</i> )	(1)	<b>4,8</b>	
<b>Ppl</b>	Probabilidad aleatoria de pérdida de paquetes ( <i>random packet loss probability</i> )	(0)	0,0	%
<b>A</b>	Factor de expectativa ( <i>expectation factor</i> )	(0)	0,0	
<b>Dr</b>	Factor-D (lado receptor) ( <i>D-factor (receive)</i> )	(3)	3,0	

Se han utilizado los valores por defecto para todos los parámetros, salvo T, Ta, y Tr. El retardo medio absoluto unidireccional se calculó utilizando 100 ms como retardo de red (UNI-UNI, de conformidad con el objetivo de la clase 0 de QoS) y 50 ms para el terminal extremo, incluida la creación de paquetes y la memoria intermedia de supresión de la fluctuación de fase G.711 ( $100 + 50 = 150 \text{ ms} = T = T_a = T_r/2$ ). Aquí,  $R = 89,5$ .

La pérdida de paquetes también influye sobre la calidad vocal. En el siguiente cuadro se incluye una columna en la que una pérdida de aproximadamente 0,1% se combina con un factor robustez de pérdida de paquetes  $Bpl = 4,8$  si la ocultación de pérdida de paquetes utilizada con G.711 es Repeat 1, seguida de un silencio. Al aplicar el PLC del apéndice I/G.711, tomamos el factor robustez de pérdida de paquetes,  $Bpl = 25,1$ .

En el apéndice III también se presentan cálculos que incluyen retardos medios de red más largos, y retardos de terminal mayores. En el cuadro VII.4 se resumen los resultados.

**Cuadro VII.4/Y.1541 – Resultados del modelo E con los trayectos ficticios de referencia Y.1541 y terminales de extremo**

Red, retardo medio uni-direccional, ms	Terminal, retardo medio uni-direccional, ms	Total, retardo medio uni-direccional, ms	Tamaño de paquete, ms	Ocultación de pérdida del paquete	R, sin pérdida	R, con una pérdida de paquetes ~0,1%	Clase de QoS Y.1541
100	50	150	10	Rpt.1/Sil	89,5	87,6	0
100	80	180	20	G.711ApI	87,8	87,5	0
150	80	230	20	G.711ApI	81,9	81,5	1
233	80	313	20	G.711ApI	71,1	70,7	1

## Apéndice VIII

### Efectos de la calidad de funcionamiento de la red IP en la QoS de transmisión de la televisión digital

#### VIII.1 Introducción

En el presente apéndice se detalla una parte del análisis sobre el que se basa la especificación de las clases 6 y 7 de QoS de la red provisional que figuran en el cuadro 3. Los valores de los objetivos se eligieron para soportar la transmisión de televisión digital. El objetivo de la tasa de pérdidas de paquetes IP (IPLR, *IP packet loss ratio*) en las clases 0 a 4 resultó insuficiente para soportar esta aplicación, como se señaló en la versión anterior del presente apéndice.

#### VIII.2 Punto extremo de referencia ficticia (HRE) para señales de vídeo de gran ancho de banda

Es importante establecer en primer lugar un punto extremo de referencia para el transporte de vídeo. El punto extremo propuesto se basa en los trabajos realizados anteriormente por el Comité ATIS T1A1.3 así como en el análisis de modelos típicos de punto extremo de transporte de vídeo, que comprenden tanto el vídeo comprimido como el no comprimido del Foro de servicios de vídeo. En última instancia, podría surgir la necesidad de establecer más de un HRE para permitir la transmisión punto a punto y punto a multipunto, pero el presente análisis se limita al caso del HRE punto a punto que es más sencillo.

Emisor		Receptor
Vídeo (SDI no comprimido, DVB-ASI de un solo tren o de múltiples trenes MPEG comprimidos, etc.) múltiples trenes de audio, datos auxiliares		Vídeo (SDI no comprimido, DVB-ASI de un solo tren o de múltiples trenes MPEG comprimidos, etc.) múltiples trenes de audio, datos auxiliares
Integrador		Desintegrador
Paquetizador/entrelazador/FEC		FEC-1/desentrelazador/despaquetizador
RTP		100 ms de memoria intermedia de fluctuación de fase
UDP		UDP
IP		IP
	(Capa física)	

**Figura VIII.1/Y.1541 – Punto extremo de referencia ficticia (HRE) para televisión digital**

El transporte de televisión digital utiliza una red IP en la que los paquetes de vídeo no comprimidos o los paquetes de vídeo comprimidos con MPEG están encapsulados en UDP/IP o en RTP/UDP/IP. Suponemos que RTP/UDP/IP es el protocolo utilizado y que se aplica la siguiente tara de protocolo:

$$\text{Longitud del paquete IP} = (7 \times \text{Paquetes MPEG de 188 octetos}) + \text{tara de paquete RTP/UDP/IP}$$

En las siguientes cláusulas se describen tres perfiles de servicios de vídeo y se expone el fundamento para la instalación de mecanismos de corrección de errores en redes IP a fin de garantizar el nivel más adecuado de calidad y fiabilidad.

#### VIII.3 Perfiles del servicio y requisitos de calidad de funcionamiento de paquetes de extremo a extremo

Los requisitos técnicos para el presente apéndice se limitarán a tres perfiles del servicio: perfil de los servicios de contribución, perfil del servicio de distribución primaria y perfil del servicio de distribución de acceso. Estos tres perfiles abarcan la gran mayoría de aplicaciones y necesidades de la industria vídeográfica. Asimismo, presentamos los requisitos de calidad de funcionamiento de

dichos perfiles en términos de la pérdida de paquetes en tres diferentes niveles de calidad de observación, o de las tasas de fallos.

### **VIII.3.1 Perfil de servicios de contribución de vídeo**

Por lo general, los servicios de contribución tienen la máxima calidad de funcionamiento y pueden variar desde las señales de vídeo y audio no comprimidas hasta las ligeramente comprimidas. Las conexiones de contribución permiten el intercambio de contenidos por una red o entre sus afiliados para su ulterior utilización, a saber, para volver a enviar señales desde emplazamientos fijos, provisionales o remotos al estudio para su edición o redifusión inmediata. En dichas hipótesis, para aplicaciones de larga distancia se pueden utilizar conexiones de punto extremo de infraestructura de satélites, microondas o fibra terrenal.

Contribución puede significar también la distribución saliente de señales desde el principal estudio de red a los afiliados a ésta para su redifusión y utiliza por lo general servicios de redes de satélites o terrenales de largo alcance. Hoy en día, esas conexiones salientes se realizan por medio de líneas (fibra) arrendadas de uso privado, o en determinadas aplicaciones menos extensas, por servicios ATM que ofrecen anchos de banda DS-3, OC-3 u OC-12.

Además de esas aplicaciones en tiempo real, a veces se utilizan servicios IP para el intercambio de ficheros en tiempo no real entre servidores de vídeo y audio, y para la vigilancia y el control de sistemas remotos. Habida cuenta de que el mismo usuario puede utilizar su servicio IP para una transferencia de contribución de vídeo y ficheros, el perfil del servicio de contribución también admite fácilmente la transferencia de ficheros y el control remoto.

### **VIII.3.2 Perfil del servicio de distribución primaria de vídeo**

Distribución significa suministro de contenidos de vídeo y audio, bien sea directamente al consumidor o a cabeceras de red por cable para su transmisión mediante un sistema de televisión por cable. Para estas aplicaciones se precisa, por lo general, una calidad de señal inferior (con velocidades de datos inferiores), ya que el tratamiento adicional de la señal que se aplica es reducido. Tradicionalmente, para estas aplicaciones se utilizan servicios terrenales o por satélite. Existen dos tipos de señales de distribución, las primarias y las de acceso. Las conexiones de distribución primaria son enlaces entre los afiliados locales y la cabecera de red por cable o la torre de transmisión de televisión y, generalmente, esas conexiones son comparables con las conexiones de contribución, o de una calidad ligeramente inferior a la de éstas. La distribución primaria se puede realizar por satélite, microondas terrenales de corto alcance o conexiones de fibra óptica. La distribución de acceso implica el suministro del contenido desde la cabecera de red por cable hasta el consumidor final mediante un sistema de televisión por cable o transmisión radioeléctrica en forma de emisión de radiodifusión a partir de una torre provista de una antena transmisora de televisión. El VSF recomienda que 40 Mbit/s represente la velocidad binaria de este tipo de servicio.

### **VIII.3.3 Perfil del servicio de distribución de acceso**

El perfil del servicio de distribución de acceso se define como servicios de televisión que actualmente se prestan mediante redes de cable y de satélites. Habida cuenta de que la calidad obtenida por esas redes es un tanto subjetiva, esta contribución calificará la calidad como límite superior sobre los errores de datos de vídeo (por causa de la red) en una ventana específica de tiempo.

### **VIII.3.4 Requisitos de la calidad de funcionamiento para los perfiles de servicio**

Los perfiles de servicio para esta aplicación se expresarán en términos del número real de errores (fallos de la calidad de funcionamiento) en un periodo de tiempo determinado. El cuadro VIII.1 se ha construido en base a las recomendaciones de los miembros activos del Foro de servicios de vídeo

y representa las tasas de errores previstas que cabe esperar exijan los proveedores de servicios (por ejemplo DirecTV) y los usuarios (por ejemplo Fox Sports Network).

**Cuadro VIII.1/Y.1541 – Recomendaciones para la relación pérdidas/ errores en televisión digital**

<b>Perfil (velocidad binaria típica)</b>	<b>Un fallo de la calidad de funcionamiento cada 10 días</b>	<b>Un fallo de la calidad de funcionamiento al día</b>	<b>Diez fallos de la calidad de funcionamiento al día</b>
Contribución (270 Mbit/s)	$4 \times 10^{-11}$	$4 \times 10^{-10}$	$4 \times 10^{-9}$
Distribución primaria (40 Mbit/s)	$3 \times 10^{-10}$	$3 \times 10^{-9}$	$3 \times 10^{-8}$
Distribución de acceso (3 Mbit/s)	$4 \times 10^{-9}$	$4 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-7}$

En este cuadro se supone que todos los paquetes que se pierden provocan un fallo de la calidad de funcionamiento (posiblemente degradando el sonido o la imagen). En un paquete IP se encapsulan siete paquetes MPEG TS. La tasa de pérdidas de paquetes de interés se obtiene por intersección de una tasa de fallos y un perfil. Por ejemplo, una distribución de acceso que permita un nivel de calidad de un fallo de calidad de funcionamiento por día requiere una tasa de pérdidas de paquetes de  $4 \times 10^{-8}$ .

#### **VIII.4 Corrección de errores en recepción (FEC)/entrelazado para mejorar la calidad de funcionamiento UNI-UNI**

Una red IP que se ajuste a las clases 6 ó 7 de QoS no será capaz de tener la tasa de pérdidas de paquetes necesaria para los perfiles anteriores, por lo que se necesitará equipos de borde para corregir los errores en los paquetes, las pérdidas de paquetes y los paquetes reordenados. Se supone que el servicio utiliza FEC/entrelazado con arreglo a la definición de la recomendación Pro-MPEG del Foro COP-3 (Código de prácticas) que se recoge en el cuadro VIII.2.

**Cuadro VIII.2/Y.1541 – FEC/entrelazado para conseguir las tasas de fallos extremo a extremo deseadas**

	<b>Corrección mínima</b>	<b>Corrección moderada</b>	<b>Corrección alta</b>
Calidad de funcionamiento mínima de la red			
Distancia de pérdida (paquetes)	100	50	50
Periodo de pérdida (paquetes)	5	5	10
FEC aplicada			
FEC L, D	5, 20	5, 10	10, 5
Tara de FEC (%)	5	10	20
Calidad de funcionamiento de vídeo resultante	Alta	Alta	Alta

Obsérvese que la especificación de la calidad de funcionamiento de la red anterior utiliza dos nuevos términos. La distancia de pérdidas (LD, *loss distance*) y el periodo de pérdidas (LP, *loss period*), definidos en RFC 3357, son parámetros del patrón de pérdida de paquetes. LP define el número máximo de paquetes consecutivos que pueden perderse, mientras que LD define el número mínimo de paquetes buenos que deben llegar entre paquetes perdidos para que el algoritmo corrija adecuadamente las pérdidas. Los valores de LD y LP describen la calidad de funcionamiento

mínima de la red corregible por la FEC correspondiente de la misma columna. La FEC se define por los parámetros del algoritmo longitud (L) y profundidad (D) que definen la robustez del método.

La corrección de la degradación de la red se hace a costa de consumir la anchura de banda adicional. Los valores de tara del cuadro representan tres niveles de robustez, mientras que el 5% representa la corrección mínima, el 10% representa la corrección moderada y el 20% representa la máxima cantidad de corrección. Obsérvese que cuanto más robusto sea el algoritmo escogido, mayor será la tara. El VSF pretende que estos tres valores cubran la mayor parte de las necesidades de la industria.

Por ejemplo, un servicio de vídeo de 2 Mbit/s que requiera una corrección mínima se configuraría con unos valores de (L, D) de (5, 20). Esto generaría 100 kbit/s (5% de 2 Mbit/s) de tráfico de red para los paquetes FEC, lo que resultaría en una velocidad de datos total de 2,1 Mbit/s. Análogamente, un servicio de 270 Mbit/s que requiriese corrección alta, se configuraría con valores de (L, D) de (10, 5) que generarían 54 Mbit/s adicionales de tráfico de red, lo que resultaría en una velocidad agregada de 324 Mbit/s.

### **VIII.5 Evaluación en el laboratorio de la efectividad de la corrección de errores en recepción (FEC)/entrelazado**

Los resultados de las pruebas en el laboratorio con FEC/entrelazado (5, 50) pusieron de manifiesto que:

- la tasa de pérdidas UNI-UNI de  $10^{-4}$  mejora hasta  $1,5 \times 10^{-8}$  (cubre la mayor parte del perfil de acceso);
- la tasa de pérdidas UNI-UNI de  $10^{-5}$  mejora hasta  $2 \times 10^{-10}$  (cubre la mayor parte de los perfiles).

La conclusión fue que una red IP con IPLR e IPER UNI-UNI con arreglo al cuadro 3 de las clases 6 ó 7 soportará la aplicación de televisión digital descrita anteriormente, siempre que se aplique la FEC/entrelazado apropiada.

### **VIII.6 Parámetros adicionales de calidad de funcionamiento**

El Foro de servicios de vídeo concluyó que los valores de IPTD e IPDV especificados en el cuadro 3 clases 6 y 7 son suficientes para el transporte de televisión digital.

## Apéndice IX

### Efectos de la QoS de la red sobre la calidad de funcionamiento de la transmisión de datos extremo a extremo utilizando TCP

#### IX.1 Introducción

En este apéndice se detalla una parte del análisis que subyace a la especificación de las clases 6 y 7 de la QoS provisional de red del cuadro 3. Los valores de los objetivos se han seleccionado con objeto de soportar las aplicaciones que utilicen los servicios de transferencia fiable de trenes de bytes del protocolo de control de transmisiones (TCP, *transmission control protocol*) [RFC793] a la mayor velocidad de datos posible. El objetivo existente de tasa de pérdidas de paquetes IP (IPLR) (en las clases 0 a 4) soporta TCP con las limitaciones de los valores tradicionales, ampliamente utilizados, o suponen que el cuello de botella se encuentra más allá del trayecto UNI-UNI.

Hay dos factores clave que limitan la capacidad de transferencia del TCP:

- 1) Los **mecanismos de control de flujo sensibles a la congestión** infieren que hay congestión en el trayecto cuando se pierden paquetes. En respuesta a esta pérdida, el control de flujo reduce la ventana de envío a la mitad y permite un incremento lineal cuando se ha transmitido con éxito una ventana completa de paquetes. De este modo la **pérdida de paquetes puede limitar la capacidad**.
- 2) El **tamaño máximo de ventana** puede limitarse mediante los valores del TCP del emisor o del receptor, o por el propio sistema operativo (limitando la cantidad de memoria disponible para una aplicación específica destinada a almacenar en memoria intermedia datos de la red). Se trata del clásico producto retardo anchura de banda, en el que la tasa de transmisión viene dada como **una ventana de octetos por tiempo de ida y vuelta** (para el acuse).

Dado que el tiempo de transferencia de paquetes suele deberse sobre todo al tiempo de propagación, el objetivo del análisis consistió en determinar un objetivo de IPLR que proporcionase una capacidad de transferencia de TCP muy elevada, cuando otros factores tales como el tamaño de la ventana o la anchura de banda de cuello de botella, no obstaculizaban el proceso. Se seleccionó una tasa de pérdida de paquetes  $10^{-5}$  para las clases 6 y 7. El análisis siguiente muestra las capacidades que pueden alcanzarse.

#### IX.2 Modelo de calidad de funcionamiento TCP

Este estudio se basa en el modelo de TCP Reno [RFC2001] desarrollado y verificado por Padhye et. al [Padhye98]. Este modelo puede aproximarse por la fórmula siguiente:

$$B(p) \approx \min \left( \frac{W_{\text{máx}}}{RTT}, \frac{1}{RTT \sqrt{\frac{2bp}{3}} + T_0 \min \left( 1, 3 \sqrt{\frac{3bp}{8}} \right) p (1 + 32p^2)} \right)$$

siendo:

$B(p)$	el modelo aproximado del caudal TCP [paquetes/s]
$W_{\text{máx}}$	el tamaño máximo de la memoria intermedia de la ventana del receptor [paquetes]
$RTT$	el tiempo de ida y vuelta [s]
$b$	el número de paquetes de los que se acusa recibo por cada ACK recibido

- $p$  la probabilidad de que se pierda un paquete
- $T_0$  el plazo para retransmitir un paquete perdido sin acuse [s]

Hay muchas combinaciones de características TCP. Las distintas combinaciones reciben a veces su nombre en función del lugar de reunión en el que se acuerdan (Vegas, Tahoe y Reno). Hay una exposición de las características TCP disponibles en [Morton98] y en muchas otras referencias. En [Mathis97] se presenta un modelo TCP aún más sencillo con un solo parámetro de ajuste que se utiliza en todas las versiones.

### IX.3 Punto extremo ficticio de referencia (HRE) TCP

En diversos apéndices de esta Recomendación se especifican puntos extremo ficticios de referencia (HRE) asociados a trayectos ficticios de referencia para evaluar los niveles de calidad de la aplicación del usuario que los objetivos de calidad de funcionamiento de la red pueden soportar. Los puntos extremo ficticios de referencia TCP se definen a continuación.

Aplicación emisora		Aplicación receptora
TCP Reno Ventana máxima = 16 kbyte, 64 kbyte, o 256 kbyte Límite de tiempo T0 = 1 s Opción de ventanas grandes		TCP Reno Ventana máxima = 16 kbyte, 64 kbyte, o 256 kbyte b = 1 ACK/2 paquetes Opción de ventanas grandes
IP		IP
	(Capas inferiores)	

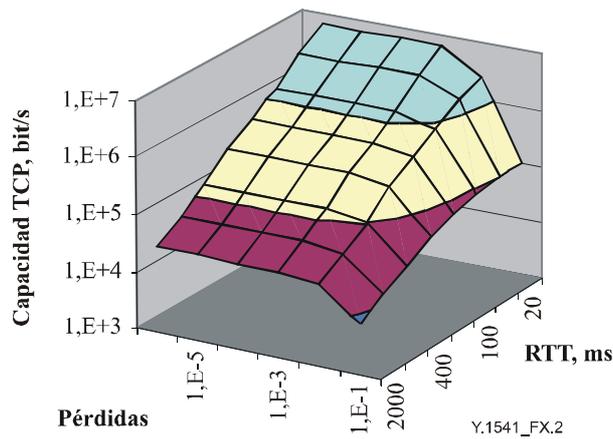
**Figura IX.1/Y.1541 – Punto extremo ficticio de referencia TCP**

Se supone que la aplicación emisora suministra un tren de bytes continuo sin intervalos de reposo y que la contribución al RTT del anfitrión receptor es despreciable. Obsérvese que en el análisis que se expone a continuación los tamaños máximos de las ventanas emisora y receptora son variables.

### IX.4 Observaciones

La figura IX.2 muestra la estimación de la capacidad TCP Reno "tradicional" en función del tiempo de ida y vuelta (incluido el procesamiento en el anfitrión) y la pérdida de paquetes. La superficie tridimensional está recorrida por líneas que corresponden a tiempos de ida y vuelta (RTT) de 20, 40, 100, 200, 400, 1000, 2000 y 4000 ms, que se cruzan con líneas de tasas de pérdidas de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ . La altura de la superficie representa la capacidad del TCP en bits/segundos y la superficie del color cambia cuando cruza una coordenada del nivel de capacidad.

Se debe subrayar que no se ha aplicado aquí ninguna de las reducciones de retardo largo, tales como las ventanas grandes de RFC 1323 o los acuses selectivos (SACK, *selective acknowledgements*) de RFC 2018.

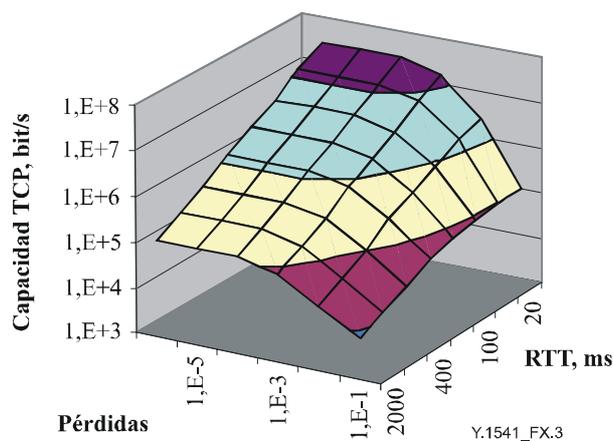


**Figura IX.2/Y.1541 – Capacidad del TCP con una ventana de 16 kbyte ("tradicional")**

La ventana de 8 kbyte o de 16 kbyte es el valor por defecto de muchas implementaciones TCP tradicionales. La figura IX.2 muestra que una tasa de paquetes  $>10^{-3}$  repercute en la capacidad pero que la limitación sobre el tamaño de la ventana resulta predominante en la calidad de funcionamiento de la capacidad en función de las pérdidas en una amplia gama de tiempos de ida y vuelta (RTT, *round-trip times*). Por consiguiente, el objetivo de IPLR  $<10^{-3}$  resulta suficiente en estas circunstancias y las clases 2, 3 y 4 de la QoS producirán una capacidad satisfactoria.

Aunque se pueden alcanzar capacidades de transferencia del orden de 10 Mbit/s con RTT muy bajos, el tiempo de transferencia de los paquetes también influye en la capacidad para el par emisor-receptor TCP "tradicional".

La figura IX.3 muestra la capacidad del TCP Reno cuando el tamaño máximo de la ventana es de 64 kbyte. Esto es posible normalmente con procedimientos de ajuste sencillos, aunque la gran mayoría de los usuarios de redes IP no intentan sintonizarlas, ni lo necesitan. Los usuarios que quieren aprovechar al máximo el acceso de banda ancha reduciendo además el tiempo de transferencia de los ficheros extremadamente grandes (por ejemplo, los ficheros ISO de distribución Linux que contienen imágenes de CD-ROM de 700 Mbyte) pueden aprovechar las ventajas de la sintonización.

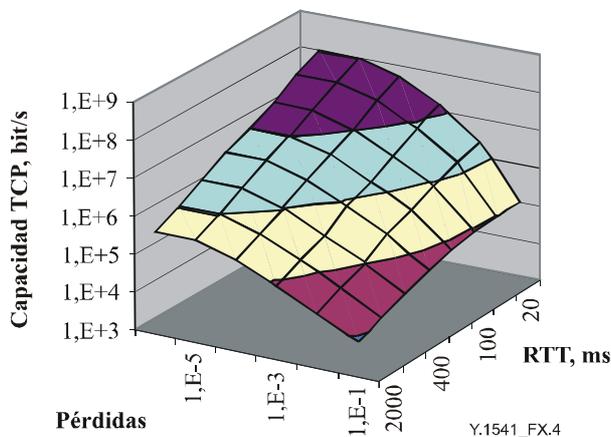


**Figura IX.3/Y.1541 – Capacidad del TCP con una ventana de 64 kbyte**

La ventana de 64 kbyte es el valor máximo para las implementaciones TCP normales que no admiten las ventanas grandes RFC 1323. En la figura IX.3 se puede observar que una tasa de

pérdidas de paquetes  $> 10^{-4}$  repercute en la capacidad pero que la limitación del tamaño de ventana resulta predominante en la capacidad de ahí en adelante.

La figura IX.4 muestra la capacidad del TCP Reno cuando el tamaño máximo de la ventana se establece en 256 kbyte. Esto resulta posible en muchos sistemas operativos, pero la opción de ventanas grandes TCP debe estar disponible.



**Figura IX.4/Y.1541 – Capacidad del TCP con ventana de 256 kbyte (y RFC 1323)**

La figura IX.4 muestra que una pérdida de paquetes  $> 10^{-5}$  repercute en la capacidad pero que la limitación del tamaño de ventana resulta predominante en la característica de la calidad de funcionamiento capacidad en función de las pérdidas más allá de dicho punto. Así pues, en estas circunstancias se necesitan nuevas clases provisionales (con objetivo de IPLR  $< 10^{-5}$ ) para soportar la capacidad máxima.

Se pueden alcanzar capacidades de transferencia del orden de 100 Mbit/s con RTT muy bajos; la opción de ventana grande (RFC 1323) reduce el efecto negativo del RTT sobre la capacidad.

### IX.5 Resumen de las estimaciones de capacidad TCP

El cuadro IX.1 contiene un resumen numérico de las figuras IX.2 a IX.4 y de los valores de retardo y tasas de pérdidas que aparecen en los objetivos.

**Cuadro IX.1/Y.1541 – Resumen de las estimaciones de capacidad del TCP en bit/s**

Tamaño de la ventana	Pérdida de paquetes, p	IPTD = RTT/2 = 100ms	IPTD = RTT/2 = 400ms
16 kbytes	$10^{-3}$	640 000	160 000
	$10^{-5}$	640 000	160 000
64 kbytes	$10^{-3}$	<b>1 624 887</b>	<b>409 640</b>
	$10^{-5}$	2 560 000	640 000
256 kbytes	$10^{-3}$	<b>1 624 887</b>	<b>409 640</b>
	$10^{-5}$	10 240 000	2 560 000

Obsérvese que los valores en **negrita** vienen limitados por la tasa de pérdidas de paquetes; en los demás casos la capacidad viene limitada por el tamaño de la ventana. La tasa de pérdidas de paquetes de  $10^{-5}$  no limita la capacidad en ninguno de los tamaños de ventana examinados, lo que demuestra sin lugar a dudas las ventajas de las nuevas clases de QoS de red.

## BIBLIOGRAFÍA

- Recomendación UIT-T J.241 (2005), *Clasificación y métodos de medición de la calidad del servicio para servicios de vídeo digital ofrecidos a través de redes IP de banda ancha.*
- Recomendación UIT-T P.911 (1998), *Métodos de evaluación subjetiva de la calidad audiovisual para aplicaciones multimedia.*
- ETSI TIPON TR 101 329 – Part 2, *Quality of Service (QoS) Classes.*
- IETF RFC 768 (STD-6) (1980), *User Datagram Protocol.*
- IETF RFC 792 (STD-5) (1981), *Internet Control Message Protocol.*
- IETF RFC 793 (STD-7) (1981), *Transmission Control Protocol – DARPA Internet program Protocol specification.*
- IETF RFC 919 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams.*
- IETF RFC 922 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets.*
- IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure (updates RFC 792).*
- IETF RFC 959 (STD-9) (1985), *File Transfer Protocol (FTP).*
- IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (v3) – Specification, Implementation and Analysis.*
- IETF RFC 1786 (1995), *Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry.*
- IETF RFC 1812 (1995), *Requirements for IP Version 4 Routers.*
- IETF RFC 1889 (1996), *RTP: A transport protocol for real-time applications.*
- IETF RFC 2018 (1996), *TCP Selective Acknowledgment Options.*
- IETF RFC 2330 (1998), *Framework for IP performance metrics.*
- IETF RFC 2474 (1998), *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers.*
- IETF RFC 2475 (1998), *An Architecture for Differentiated Services.*
- IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group.*
- IETF RFC 2598 (1999), *An Expedited Forwarding PHB.*
- IETF RFC 2679 (1999), *A One-way Delay Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2680 (1999), *A One-way Packet Loss Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2681 (1999), *A Round-trip Delay Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2733 (1999), *An RTP payload format for generic forward error correction.*
- IETF RFC 3086 (2001), *Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviours and Rules for their Specification.*
- IETF RFC 3357 (2002), *One-way loss pattern sample metrics.*
- IETF RFC 3432 (2002), *Network Performance Measurement with Periodic Streams.*

- [RFC1323] IETF RFC 1323 (1992), *TCP Extensions for High Performance*.
- [RFC2001] IETF RFC 2001 (1997), *TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms*.
- IFIP: MANDJES (Michel), VAN DER WAL (Kees), KOOIJ (Rob), BASTIAANSEN (Harrie): End-to-end delay models for interactive services on a large-scale IP network, *Proceedings* (edited by Guido H. Petit) *of the seventh IFIP workshop on Performance Modelling and Evaluation of ATM Networks: IFIP ATM'99*, Paper 42, Antwerp, Belgium, junio de 1999.
- [Mathis97] MATHIS (M.), SEMKE (J.), MAHDAVI (J.), OTT (T.): The Macroscopic Behaviour of TCP Congestion Avoidance Algorithm, *Computer Communications Review*, Vol. 27, No. 3, julio de 1997, ISSN# 0146-4833.  
[http://www.psc.edu/networking/papers/model\\_ccr97.ps](http://www.psc.edu/networking/papers/model_ccr97.ps)
- [Morton98] MORTON (A.C): Transmission Control Protocol Overview, T1A1.3/98-015; PROJECT#: T1A1-14; MEETING DATE: 03/16/98.  
<ftp://ftp.tl.org/pub/t1a1/98-t1a1.3/8a130150.doc>
- [Padhye98] PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), AND KUROSE (J.): Modelling TCP Throughput: a Simple Model and its Empirical Validation, *SIGCOMM 1998*.  
<ftp://gaia.cs.umass.edu/pub/Padhye-Firoiu98:TCP-throughput.ps.Z>
- PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), KUROSE (J.): Modelling TCP Reno Performance: A Simple Model and its Empirical Validation, *IEANEP*, Vol. 8, No. 2, pp. 133-145, abril de 2000.
  - Contribución Tardía D15 de la Comisión de Estudio 12: The effect of Packet Losses on Speech Quality, C. Karlsson, *Telia AB*, febrero de 2001.
  - Contribución Tardía D22 de la Comisión de Estudio 12: A Framework for Setting Packet Loss Objectives for VoIP, J. Rosenbluth, *AT&T*, octubre de 2001.
  - T1 Standard\* T1.522-2000, Quality of Service for Business Multimedia Conferencing.

---

\* ATIS mantiene las normas T1 desde noviembre de 2003.





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
<b>Serie Y</b>	<b>Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación</b>
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación