



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.1540

(12/2002)

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET

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

**Servicio de comunicación de datos con
protocolo Internet – Parámetros de calidad de
funcionamiento relativos a la disponibilidad y la
transferencia de paquetes del protocolo Internet**

Recomendación UIT-T Y.1540

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN	
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
ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET	
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
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899

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

Recomendación UIT-T Y.1540

Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes del protocolo Internet

Resumen

Esta Recomendación define parámetros que se pueden utilizar para especificar y evaluar la calidad de funcionamiento en cuanto a velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes IP del servicio de comunicación de datos con protocolo Internet (IP). Los parámetros definidos se aplican al servicio IP de extremo a extremo, punto a punto, y a tramos de la red que proporcionan, o contribuyen, a la prestación de ese servicio de conformidad con las referencias normativas especificadas en la cláusula 2. El transporte sin conexión es un aspecto diferenciador del servicio IP que se considera en la presente Recomendación.

Orígenes

La Recomendación UIT-T Y.1540, preparada por la Comisión de Estudio 13 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 14 de diciembre de 2002.

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.

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	3
3 Abreviaturas.....	4
4 Modelo estratificado por capas de calidad de funcionamiento de servicio IP.....	5
5 Modelo de calidad de funcionamiento de servicio IP genérico.....	6
5.1 Componentes de red	6
5.2 Enlaces de central y secciones de red.....	7
5.3 Puntos de medición y secciones medibles.....	9
5.4 Eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (<i>IPRE, IP packet transfer reference events</i>).....	9
5.5 Resultados de la transferencia de paquetes IP.....	11
5.5.1 Información de encaminamiento global y enlaces de salida permisibles.....	12
5.5.2 Eventos correspondientes	13
5.5.3 Notas sobre las definiciones de resultados de paquetes satisfactorios, con errores, perdidos y espurios.....	14
6 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes IP	16
6.7 Parámetros relacionados con el flujo.....	20
7 Disponibilidad de servicio IP	20
7.1 Función de disponibilidad de servicio IP	21
7.2 Parámetros de disponibilidad de servicio IP	22
Apéndice I – Consideraciones relativas al encaminamiento de paquetes IP	23
Apéndice II – Terminología secundaria aplicable a la variación del retardo de paquetes IP ..	23
II.1 Introducción.....	23
II.2 Definición de variación del retardo entre paquetes	23
II.3 Definición de la variación del retardo de paquetes de 1 punto.....	24
II.4 Directrices para la aplicación de los diferentes parámetros	24
Apéndice III – Parámetros relacionados con la capacidad de flujo y caudal.....	25
III.1 Definición de parámetros de caudal IP.....	25
III.2 Mediciones utilizando sondas de caudal	25
III.2.1 Origen limitado por el destino.....	25
III.2.2 Sonda de caudal.....	26
III.2.3 Parámetros de calidad de funcionamiento de las sondas.....	26
III.2.4 Establecimiento de límites más bajos a la capacidad disponible actualmente para aplicaciones	27
III.2.5 Asuntos abiertos	27

Apéndice IV – Prueba mínima del estado de disponibilidad del servicio IP y estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad del servicio IP	28
IV.1 Prueba mínima del estado de disponibilidad del servicio IP (para metodologías de prueba y aparatos de prueba).....	28
IV.2 Estimación por muestreo de la disponibilidad del servicio IP	28
Apéndice V – Material pertinente para los métodos de medición de la calidad de funcionamiento IP.....	29
Apéndice VI – Bibliografía.....	29
Apéndice VII – Terminología relacionada con el orden de llegada de paquetes IP	30
VII.1 Introducción.....	30
VII.2 Antecedentes.....	30
VII.3 Definiciones.....	31

Recomendación UIT-T Y.1540

Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes del protocolo Internet

1 Alcance

Esta Recomendación define parámetros que se pueden utilizar para especificar y evaluar la calidad de funcionamiento en cuanto a velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes IP del servicio de comunicación de datos con protocolo Internet (IP, *Internet protocol*). Los parámetros definidos se aplican al servicio IP de extremo a extremo, punto a punto, y a tramos de la red que proporcionan, o contribuyen, a la prestación de ese servicio de conformidad con las referencias normativas especificadas en la cláusula 2. El transporte sin conexión es un aspecto diferenciador del servicio IP que se considera en esta Recomendación.

A los efectos de esta Recomendación, servicio IP de extremo a extremo se refiere a la transferencia de datagramas IP generados por el usuario (a los que en esta Recomendación se denomina paquetes IP) entre dos computadores principales de extremo especificados por sus direcciones IP completas.

NOTA 1 – La presente Recomendación define los parámetros que se pueden utilizar para caracterizar el IP proporcionado utilizando la versión 4 del IP (IPv4); la aplicabilidad o la ampliación de esta Recomendación a otros servicios IP (por ejemplo, el servicio garantizado) y otros protocolos (por ejemplo, IPv6, RSVP) queda en estudio.

NOTA 2 – Las Recomendaciones relativas a la calidad de funcionamiento del servicio IP punto a multipunto quedan en estudio.

La utilización prevista de los parámetros de calidad de funcionamiento Y.1540 es la planificación y la oferta del servicio IP internacional. Entre los usuarios a los que va dirigida la presente Recomendación figuran los proveedores de servicios IP, los fabricantes de equipos y los usuarios de extremo. Esta Recomendación puede ser utilizada por los proveedores de servicios para planificar, desarrollar y estimar un servicio IP que satisfaga las necesidades de los usuarios en materia de calidad de funcionamiento; por los fabricantes de equipos como fuente de información respecto a esa calidad de funcionamiento que influirá en el diseño de los equipos; y por los usuarios de extremo para evaluar la calidad del servicio IP.

En la figura 1 se muestra de manera resumida el alcance de esta Recomendación. Los parámetros de calidad de funcionamiento del servicio IP se definen sobre la base de eventos de referencia de transferencia de paquetes IP que se pueden observar en puntos de medición (MP, *measurement points*) asociados con fronteras funcionales y jurisdiccionales. A efectos de comparabilidad y exhaustividad, la calidad del servicio IP se considera en el contexto de la matriz de calidad de funcionamiento de 3×3 definida en la Rec. UIT-T I.350. En dicha matriz se identifican tres funciones de comunicación independientes del protocolo: acceso, transferencia de información de usuario y desvinculación. Cada función se considera con respecto a tres aspectos del funcionamiento en general (o "criterios de calidad de funcionamiento"): velocidad, exactitud y seguridad de funcionamiento. Un modelo de dos etapas asociado proporciona la base para la descripción de la disponibilidad del servicio IP.

NOTA 3 – En esta Recomendación, la función de transferencia de información de usuario ilustrada en la figura 1 se refiere al intento de transferir cualquier paquete IP, con independencia de su tipo o contenido.

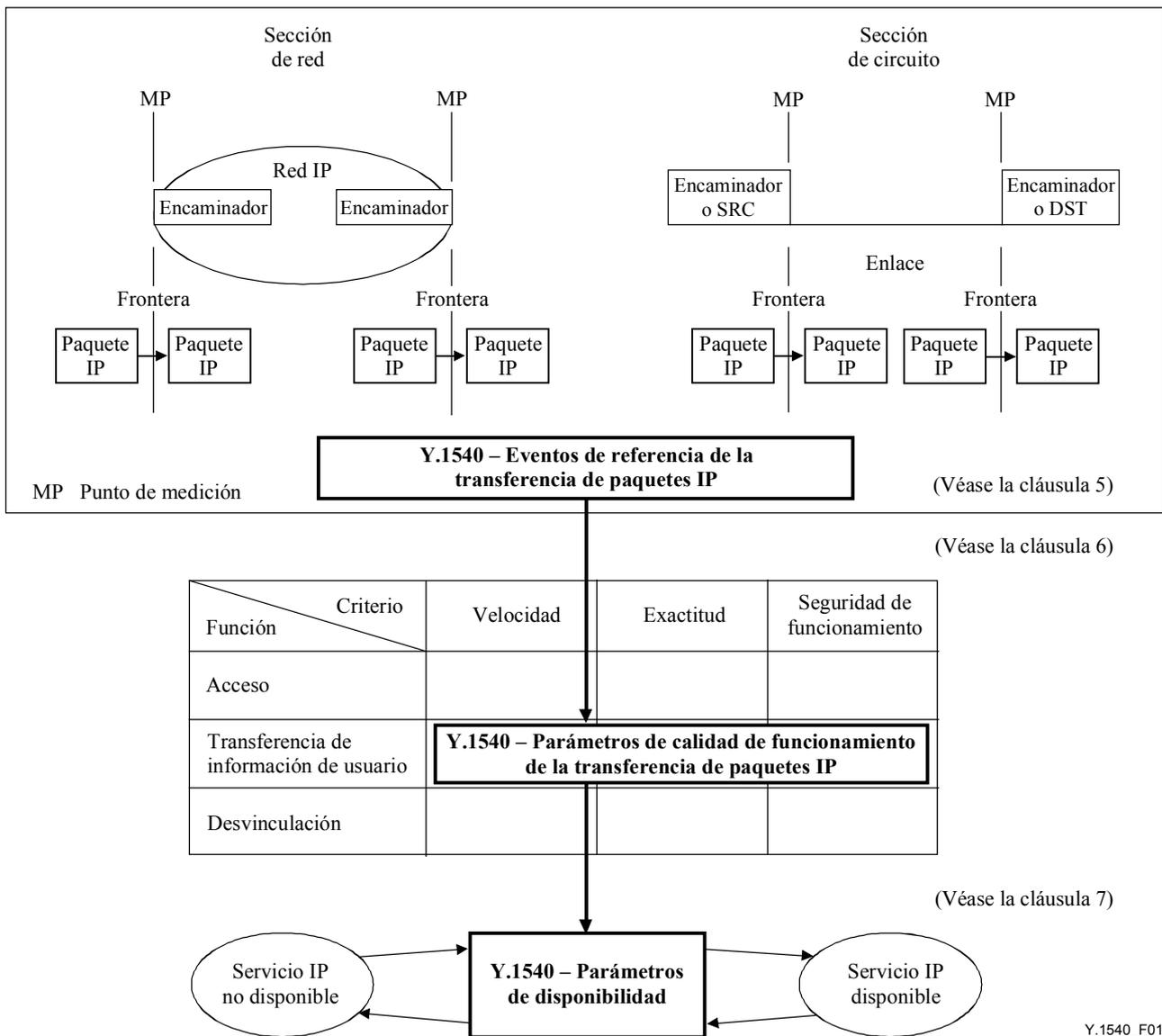


Figura 1/Y.1540 – Alcance de esta Recomendación

Los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación describen la velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes IP que proporciona el servicio de comunicación de datos IP. En el futuro se podrán elaborar Recomendaciones UIT-T que contengan métodos normalizados de medición de los parámetros de calidad de funcionamiento Y.1540 en un contexto internacional. La calidad de funcionamiento de extremo a extremo de los servicios IP internacionales que proporcionan las funciones de acceso y desvinculación (por ejemplo, el servicio de nombre de dominio) y las capacidades de transporte de capas superiores (por ejemplo, el protocolo de control de la transmisión) se pueden tratar en Recomendaciones aparte.

Esta Recomendación está estructurada como sigue: La cláusula 1 especifica su alcance. La cláusula 2 especifica sus referencias normativas. La cláusula 3 contiene una lista de abreviaturas. La cláusula 4 ilustra el modelo estratificado por capas que crea el contexto para la especificación de la calidad de funcionamiento IP. La cláusula 5 define el modelo utilizado de calidad de funcionamiento IP, incluyendo secciones de red y puntos de medición, eventos de referencia y resultados. La cláusula 6 utiliza este modelo para definir los parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes IP. La cláusula 7 define a continuación los parámetros de disponibilidad del servicio IP. En el apéndice I se hacen algunas consideraciones

relativas al encaminamiento de paquetes IP y sus efectos en la calidad de funcionamiento. El apéndice II contiene una serie de terminología secundaria aplicable a la variación del retardo de los paquetes IP. El apéndice III describe algunas posibles técnicas de evaluación del caudal y la capacidad de caudal del servicio IP. El apéndice IV describe la estimación de la disponibilidad del servicio IP. En el apéndice V se hacen algunas consideraciones respecto a la medición de los parámetros Y.1540. Por último, el apéndice VI contiene la bibliografía y el apéndice VII describe la terminología relativa al orden de recepción.

NOTA 4 – Los parámetros Y.1540 se podrán aumentar o modificar en base a ulteriores estudios de los requisitos de las aplicaciones IP (por ejemplo, interactivas, de bloques, de flujos) que se han de soportar.

NOTA 5 – Los parámetros Y.1540 de velocidad, exactitud y seguridad de funcionamiento tienen por objeto caracterizar el servicio IP en el estado de disponibilidad.

NOTA 6 – Los parámetros definidos en esta Recomendación se pueden aplicar a un único servicio IP de extremo a extremo entre dos computadores principales de extremo identificados por sus direcciones IP. Los parámetros se pueden aplicar también a los paquetes IP de un determinado servicio IP de extremo a extremo ofrecidos a una determinada sección de red o enlace de central.

NOTA 7 – Los parámetros Y.1540 se han concebido para caracterizar la calidad de servicio proporcionada por elementos de red entre fronteras de secciones especificadas. Sin embargo, los usuarios de esta Recomendación deberán ser conscientes de que los elementos de red situados fuera de las fronteras especificadas pueden influir a veces en la calidad de funcionamiento medida de los elementos que se hallan entre esas fronteras. En el apéndice V se describen ejemplos al respecto.

NOTA 8 – Los parámetros definidos en esta Recomendación se pueden aplicar también a cualquier subconjunto de los paquetes IP ofrecidos a un determinado conjunto de equipos de red. Los métodos de cómputo de la calidad de funcionamiento en un conjunto de equipos de red o en una red completa quedan fuera del alcance de esta Recomendación.

NOTA 9 – Esta Recomendación no proporciona las herramientas para caracterizar de manera explícita la estabilidad del encaminamiento. Sin embargo, los efectos de la inestabilidad de la ruta se pueden cuantificar utilizando los parámetros de pérdida y retardo definidos en esta Recomendación. Véase el apéndice I.

NOTA 10 – La especificación de objetivos numéricos de calidad de funcionamiento para algunos o la totalidad de los parámetros de calidad de funcionamiento Y.1540 se puede consultar en la Rec. UIT-T Y.1541.

NOTA 11 – En esta Recomendación, la palabra "provisional" se utiliza en el sentido de que hay un acuerdo sobre la estabilidad del valor al que se hace referencia, pero que dicho valor puede modificarse a raíz de un nuevo estudio o según la experiencia de funcionamiento que se obtenga de las redes reales.

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.

- 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*.
- Recomendación UIT-T Y.1541 (2002), *Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet*.
- IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol (IP), DARPA Internet program protocol specification*.

3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
DSCP	Punto de código de servicio diferenciado (<i>differentiated services code-point</i>)
DST	Computador principal de destino (<i>destination host</i>)
EL	Enlace de central (<i>exchange link</i>)
ER	Encaminador de borde (<i>edge router</i>)
FTP	Protocolo de transferencia de ficheros (<i>file transfer protocol</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 del 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>)
IPSLBR	Tasa de bloques de paquetes con muchas pérdidas (<i>IP packet severe loss block 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>)
LL	Capas inferiores, protocolos y tecnología que soportan la capa IP (<i>lower layers</i>)
M _{av}	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>)
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
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>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</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 (paquetes IP) (<i>IP datagram</i>) (<i>IP packet</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
R	Encaminador (<i>router</i>)

RFC	Peticiones de comentarios (<i>request for comments</i>)
RSVP	Protocolo de reserva 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>)
SRC	Computador principal de origen (<i>source host</i>)
STD	Norma (<i>standard</i>)
T_{av}	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>)
TCP	Protocolo de control de transmisión (<i>transmission control protocol</i>)
$T_{m\acute{a}x}$	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>)
T_s	Duración que define el bloque en el resultado bloque con muchas pérdidas (<i>length of time defining the block in the severe loss block outcome</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

4 Modelo estratificado por capas de calidad de funcionamiento de servicio IP

La figura 2 ilustra la naturaleza estratificada por capas de la calidad de funcionamiento de un servicio IP. La calidad de funcionamiento proporcionada a los usuarios del servicio IP depende de la calidad de funcionamiento de otras capas:

- Capas inferiores que proporcionan (vía "enlaces") transporte con conexión o sin conexión que soporta la capa IP. Los enlaces se terminan en puntos en los que los paquetes IP son reenviados (es decir, en "encaminadores", "SRC" y "DST") y por ello no tienen significado de extremo a extremo. En los enlaces pueden intervenir diferentes tipos de tecnología, por ejemplo, ATM, retransmisión de tramas, SDH, PDH, RDSI y líneas arrendadas. Puede haber varias capas de protocolos y servicios por debajo de la capa IP, y éstos, en último extremo, utilizan diversos tipos de medios físicos.
- La capa IP que proporciona transporte sin conexión de datagramas IP (es decir, paquetes IP). La capa IP tiene significado de extremo a extremo para un determinado par de direcciones IP de origen y destino. Ciertos elementos de los encabezamientos de los paquetes IP pueden ser modificados por las redes, pero los datos de usuario IP no pueden ser modificados en la capa IP ni por debajo de ella.
- Capas superiores, soportadas por el IP, que posibilitan más aún las comunicaciones de extremo a extremo. Las capas superiores pueden incluir, por ejemplo, TCP, UDP, FTP, RTP y HTTP. Las capas superiores podrán modificar y mejorar la calidad de funcionamiento de extremo a extremo proporcionada en la capa IP.

NOTA 1 – La cláusula 5 define un modelo de calidad de funcionamiento de servicio IP y define de manera más precisa los términos clave utilizados en este modelo estratificado por capas.

NOTA 2 – Las interacciones de calidad de funcionamiento entre estas capas quedan en estudio.

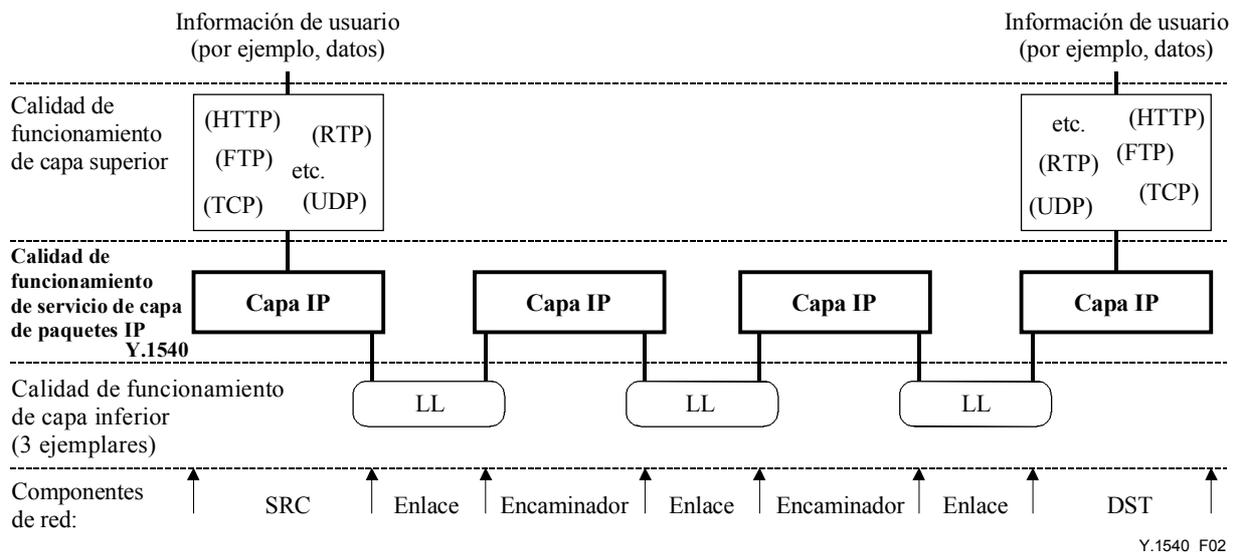


Figura 2/Y.1540 – Modelo estratificado por capas de calidad de funcionamiento de servicio IP – Ejemplo

5 Modelo de calidad de funcionamiento de servicio IP genérico

En esta cláusula se define un modelo de calidad de funcionamiento de servicio IP genérico. El modelo se compone sobre todo de dos tipos de secciones: enlaces de central y secciones de red. Dichas secciones, que se definen en 5.2, proporcionan los bloques de construcción con los que se puede representar cualquier servicio IP de extremo a extremo. Todos los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación se pueden aplicar a la transferencia unidireccional de paquetes IP por una sección o un conjunto concatenado de secciones.

La cláusula 5.4 especifica el conjunto de eventos de referencia de transferencia de paquetes IP en el que se basa la definición de los parámetros de calidad de funcionamiento. Los eventos de referencia se derivan de, y son coherentes con, definiciones pertinentes de servicios IP y protocolos. En la cláusula 5.5 se utilizan esos eventos de referencia para enumerar los resultados posibles cuando se entrega un paquete en una sección.

NOTA – La incorporación de la totalidad o parte del modelo de calidad de funcionamiento Y.1540 y de los eventos de referencia en la Rec. UIT-T I.353 queda en estudio.

5.1 Componentes de red

5.1.1 computador principal: Computador que se comunica utilizando los protocolos Internet. Un computador principal aplica funciones de encaminamiento (es decir, funciona en la capa IP) y puede implementar funciones adicionales que incluyan protocolos de capa superior (por ejemplo, el TCP en un computador principal de origen o destino) y protocolos de capa inferior (por ejemplo, ATM).

5.1.2 encaminador: Computador principal que permite la comunicación entre otros computadores principales reenviando los paquetes IP en base al contenido de su campo de dirección de destino IP.

5.1.3 computador principal de origen (SRC, *source host*): Computador principal y dirección IP completa en donde se originan los paquetes IP de extremo a extremo. Por lo general, un computador principal puede tener más de una dirección IP, sin embargo, un computador principal de origen constituye una única asociación con una sola dirección IP. Los computadores principales de origen originan también protocolos de capa superior (por ejemplo, TCP) cuando se implementan tales protocolos.

5.1.4 computador principal de destino (DST, *destination host*): Computador principal y dirección IP completa en donde se terminan los paquetes IP de extremo a extremo. Por lo general, un computador principal puede tener más de una dirección IP, sin embargo, un computador principal de destino constituye una única asociación con una sola dirección IP. Los computadores principales de destino terminan también protocolos de capa superior (por ejemplo, TCP) cuando se implementan tales protocolos.

5.1.5 enlace: Conexión punto a punto (física o virtual) utilizada para transportar paquetes IP entre un par de computadores principales. No incluye parte alguna de los computadores principales ni ningún otro computador principal; funciona por debajo de la capa IP. Un enlace podría ser, por ejemplo, una línea arrendada, o podría implementarse a modo de conexión lógica por una red ethernet, una red de retransmisión de tramas, una red ATM o utilizando cualquier otra tecnología de red que funcione por debajo de la capa IP.

La figura 3 muestra los componentes de red que interesan en el servicio IP entre un SRC y un DST. Los enlaces, que podrían ser conexiones de marcación, líneas arrendadas, anillos o redes, se indican mediante líneas entre computadores principales. Los encaminadores se muestran en forma de círculos y tanto el SRC como el DST se representan en forma de triángulos.

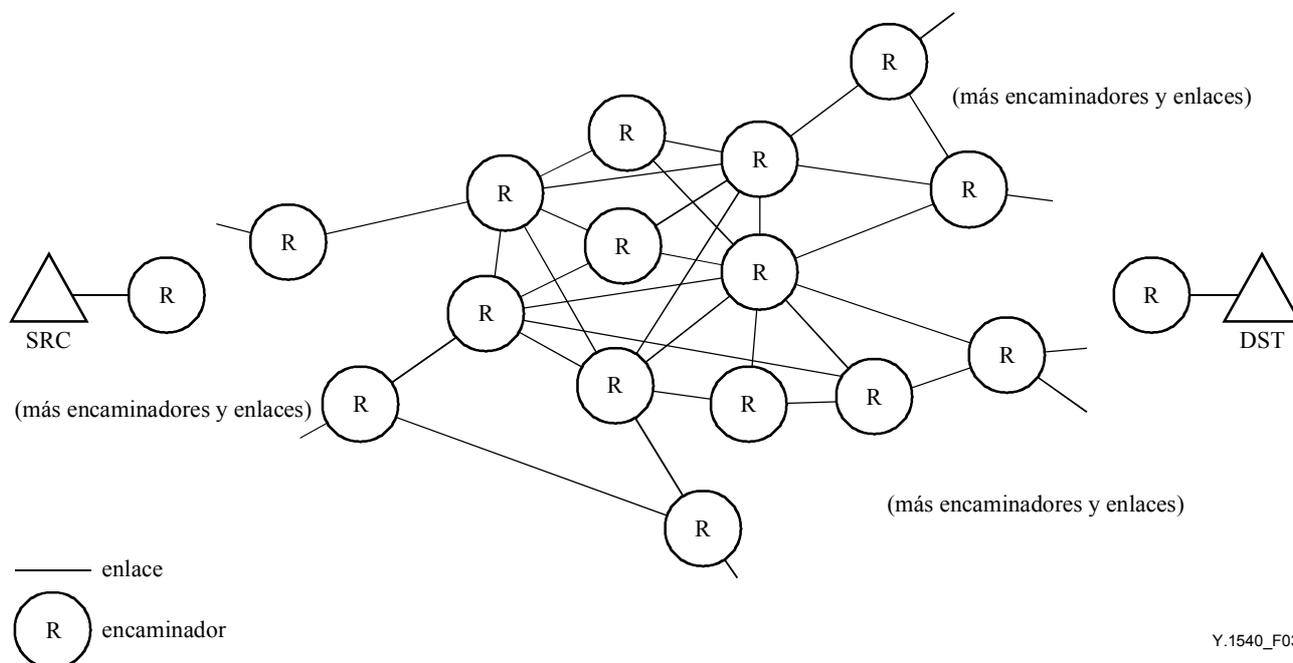


Figura 3/Y.1540 – Componentes de red IP

5.2 Enlaces de central y secciones de red

5.2.1 enlaces de central (EL, *exchange link*): Enlace que conecta:

- 1) un computador principal de origen o destino a su computador principal adyacente (por ejemplo, un encaminador) posiblemente en otra jurisdicción a veces denominada enlace de acceso, enlace de ingreso o enlace de egreso; o
- 2) un encaminador de una sección de red con un encaminador de otra sección de red.

Se señala que la responsabilidad respecto a un enlace de central, su capacidad y su calidad de funcionamiento son compartidas normalmente por las partes conectadas.

NOTA – "Enlace de central" es aproximadamente equivalente al término "central" definido en RFC 2330.

5.2.2 sección de red (NS, *network section*): Conjunto de computadores principales unidos por todos sus enlaces de interconexión que juntos proporcionan una parte del servicio IP entre un SRC y un DST, y están bajo una única responsabilidad jurisdiccional (o colaborativa). Algunas secciones de red constan de un solo computador principal sin enlaces de interconexión. Las NS de origen y las NS de destino son casos particulares de secciones de red. Pares de secciones de red están conectadas por enlaces de central.

NOTA – "Sección de red" es aproximadamente equivalente al término "nube" definido en RFC 2330.

Cualquier conjunto de computadores principales interconectados por enlaces podría considerarse como una sección de red. Sin embargo, a los efectos (futuros) de atribución de la calidad de funcionamiento IP, será importante centrarse en el conjunto de computadores principales y enlaces que están bajo una única responsabilidad jurisdiccional (o colaborativas) (por ejemplo, un ISP o un NSP). Dichos computadores tienen normalmente el mismo identificador de red en sus direcciones IP. Por lo general, tienen sus propias reglas de encaminamiento interno. Los procesos globales y las políticas locales dictan las opciones de encaminamiento a destinos fuera de esta sección de red (a otra NS vía enlaces de central). Las fronteras de estas secciones de red son normalmente encaminadores que aplican los protocolos de pasarela exterior IP.

5.2.3 sección de red de origen: NS que incluye el SRC dentro de su responsabilidad jurisdiccional. En algunos casos, el SRC es el único computador principal dentro de la NS de origen.

5.2.4 sección de red de destino: NS que incluye el DST dentro de su responsabilidad jurisdiccional. En algunos casos, el DST es el único computador principal dentro de la NS de destino.

La figura 4 ilustra la conectividad de red que interesa en el servicio IP entre un SRC y un DST. En los bordes de cada NS, encaminadores pasarela reciben y envían paquetes a través de enlaces de central.

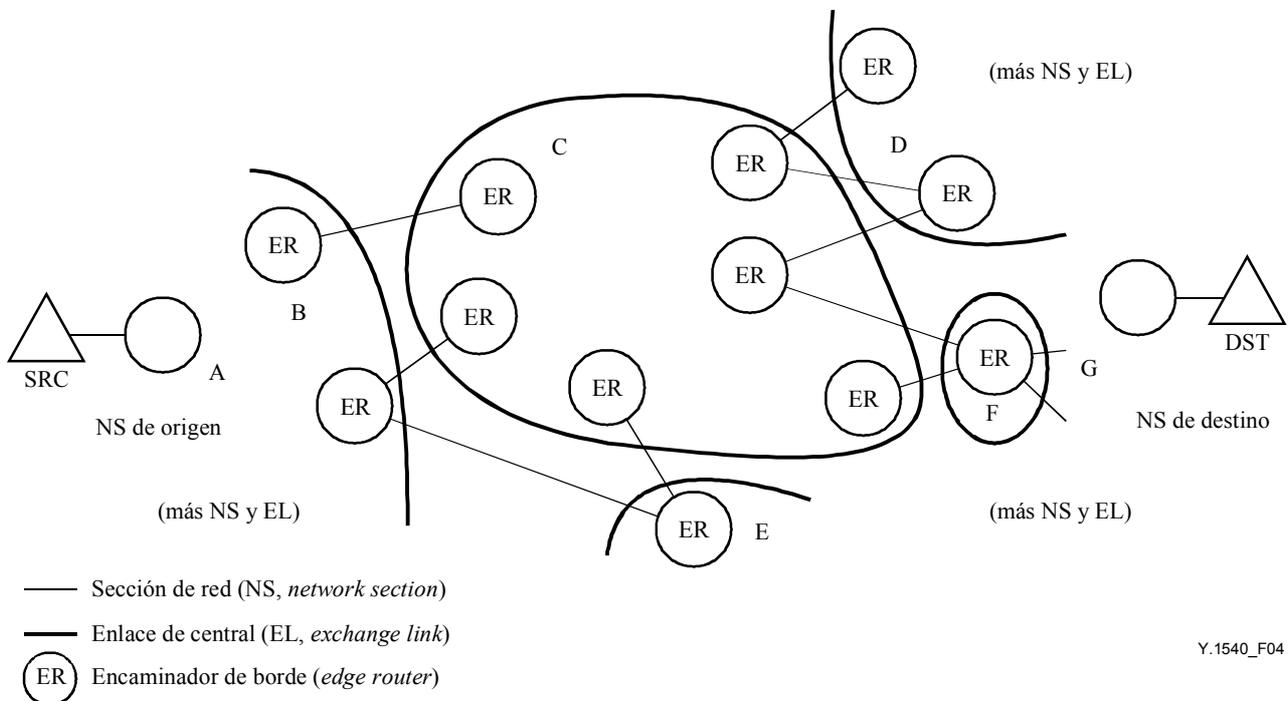


Figura 4/Y.1540 – Conectividad de red IP

5.3 Puntos de medición y secciones medibles

5.3.1 puntos de medición (MP, *measurement point*): Frontera entre un computador principal y un enlace adyacente en donde pueden observarse y medirse eventos de referencia de calidad de funcionamiento. De conformidad con la Rec. UIT-T I.353, los protocolos Internet normalizados se pueden observar en puntos de medición IP. La Rec. UIT-T I.353 contiene más información sobre los MP para servicios digitales.

NOTA – La ubicación exacta del MP del servicio IP dentro de la pila de protocolos IP queda en estudio.

Una sección o una combinación de secciones es medible si está limitada por un conjunto de puntos de medición (MP). En esta Recomendación son medibles las siguientes secciones.

5.3.2 sección básica: Puede ser un EL, una NS, un SRC o un DST. Las secciones básicas están delimitadas por puntos de medición (MP).

La calidad de funcionamiento de cualquier EL o NS se puede medir en relación con cualquier servicio IP de extremo a extremo unidireccional dado. Los *MP de ingreso* son el conjunto de MP cruzados por paquetes de ese servicio cuando entran en la sección básica. Los *MP de egreso* son el conjunto de MP cruzados por paquetes de ese servicio cuando salen de la sección básica.

5.3.3 red con protocolo Internet de extremo a extremo: Conjunto de EL y NS que proporcionan el transporte de paquetes IP transmitidos de un SRC a un DST. Los MP que limitan la red IP de extremo a extremo son los MP del SRC y el DST.

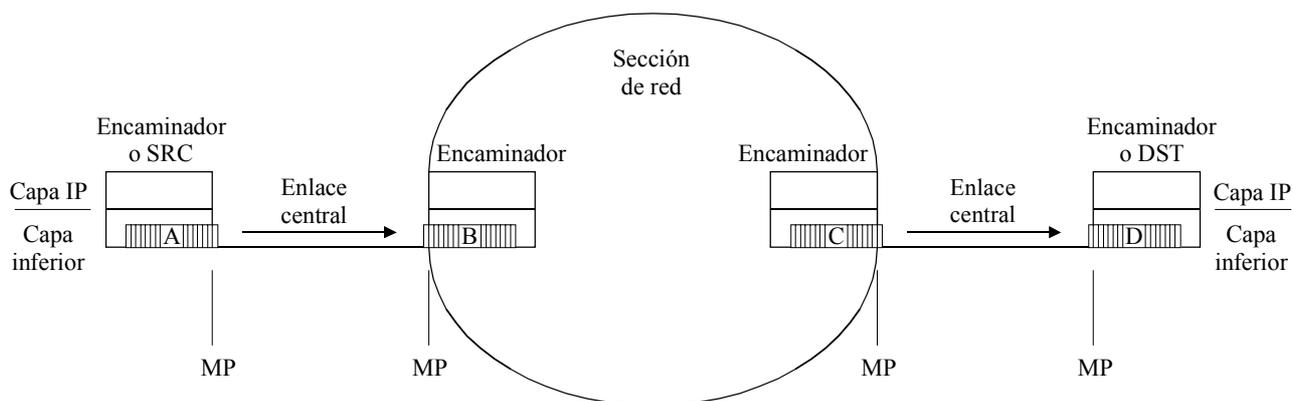
La calidad de funcionamiento de una red IP de extremo a extremo se puede medir en relación con cualquier servicio IP de extremo a extremo unidireccional dado. El *MP de ingreso* es el MP cruzado por paquetes de ese servicio cuando entran en la red de extremo a extremo en el SRC. El *MP de egreso* es el MP cruzado por paquetes de ese servicio cuando salen de la red de extremo a extremo en el DST.

5.3.4 conjunto de secciones de red (NSE, *network section ensemble*): Un NSE es cualquier subconjunto conectado de NS junto con todos los EL que las interconectan. El término "NSE" se puede utilizar para referirse a una sola NS, dos NS o cualquier número de NS y el EL que las conecta. Pares de NSE distintos están conectados por enlaces de central. El término "NSE" se puede utilizar también para representar toda la red IP de extremo a extremo. Los NSE están delimitados por puntos de medición (MP).

La calidad de funcionamiento de cualquier NSE dado se puede medir en relación con cualquier servicio IP de extremo a extremo unidireccional. Los *MP de ingreso* son el conjunto de MP cruzados por paquetes de ese servicio cuando entran en ese NSE. Los *MP de egreso* son el conjunto de MP cruzados por paquetes de ese servicio cuando salen de ese NSE.

5.4 Eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE, *IP packet transfer reference events*)

En el contexto de esta Recomendación, las definiciones que siguen se aplican en un servicio IP de extremo a extremo especificado. Los términos definidos se ilustran en la figura 5.



NOTA 1 – Eventos de salida IP para paquetes A y C.
 NOTA 2 – Eventos de entrada IP para paquetes B y D.

Y.1540_F05

Figura 5/Y.1540 – Ejemplo de eventos de referencia de transferencia de paquetes IP

Un evento de transferencia de paquetes IP ocurre cuando:

- un paquete IP cruza un punto de medición (MP); y
- se aplican procedimientos IP normalizados al paquete para verificar la validez de la suma de control del encabezamiento; y
- los campos de dirección de origen y destino del encabezamiento del paquete IP representan las direcciones IP del SRC y el DST previstos.

NOTA – El encabezamiento de un paquete IP contiene información como por ejemplo el tipo de servicio (ToS, *type of service*) o el punto de código de los servicios diferenciados (DSCP, *differentiated services code-point*). Queda en estudio establecer en qué medida esa información puede afectar a la calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes.

Los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP se definen sin tener en cuenta la fragmentación de los paquetes. Dichos eventos ocurren cada vez que un paquete IP cruza cualquier MP con independencia del valor contenido en la "bandera de más fragmentos".

Se definen cuatro tipos de evento de transferencia de paquetes IP:

5.4.1 evento de entrada de paquete de protocolo Internet en un computador principal: Un evento de entrada de transferencia de paquete IP en un computador principal ocurre cuando un paquete IP cruza un MP entrando en un computador principal (encaminador de NS o DST) desde el EL conectado.

5.4.2 evento de salida de paquete de protocolo Internet de un computador principal: Un evento de salida de transferencia de paquete IP de un computador principal ocurre cuando un paquete IP cruza un MP saliendo de un computador principal (encaminador de NS o SRC) hacia el EL conectado.

5.4.3 evento de ingreso de paquete de protocolo Internet en una sección básica o en un conjunto de secciones de red: Un evento de ingreso de transferencia de paquete IP en una sección básica o NSE ocurre cuando un paquete IP cruza un MP de ingreso entrando en una sección básica o un NSE.

5.4.4 evento de egreso de paquete de protocolo Internet de una sección básica o en un conjunto de secciones de red: Un evento de egreso de transferencia de paquete IP de una sección básica o NSE ocurre cuando un paquete IP cruza un MP de egreso saliendo de una sección básica o un NSE.

NOTA 1 – Los eventos de entrada y salida de paquetes IP se presentan siempre, respectivamente, entrada en y salida de un computador principal. Los eventos de ingreso y egreso de paquetes IP representan ingreso en y egreso de una sección o un NSE. Para ilustrar este punto, se señala que un ingreso en un EL crea un evento

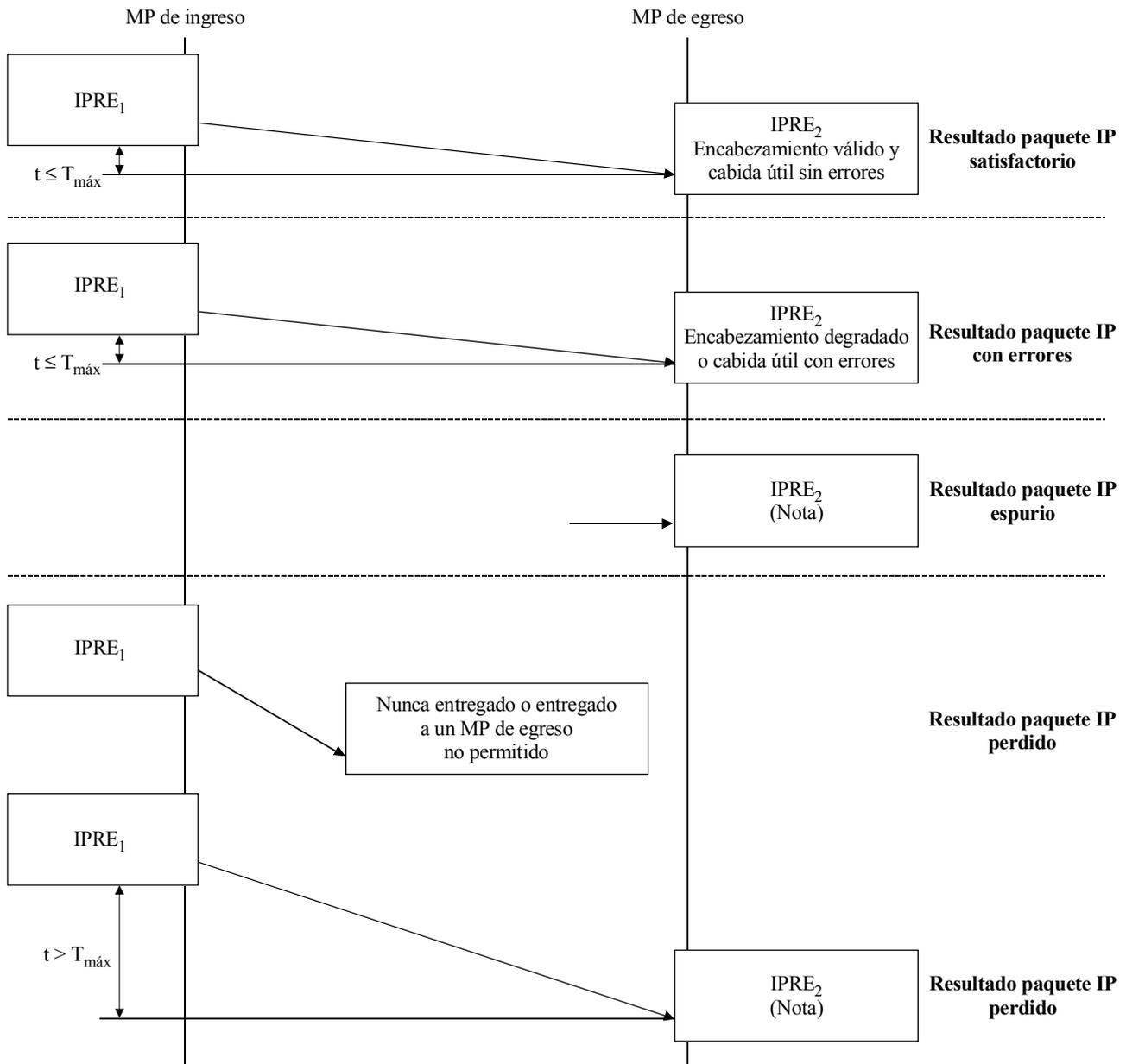
de salida del computador principal precedente, mientras que un ingreso en una NS es un evento de entrada porque, por definición, una NS tiene siempre computadores principales en sus extremos.

NOTA 2 – Para efectuar mediciones en la práctica, no es preciso observar los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP en la pila de protocolos IP del computador principal. El momento en que ocurren esos eventos de referencias se puede aproximar, en cambio, observando los paquetes que cruzan una interfaz física asociada. La interfaz física deberá estar, no obstante, tan cerca como sea posible del MP deseado. Cuando los eventos de referencia se supervisan en una interfaz física, el momento en que ocurre un evento de salida de un computador principal se aproxima por la observación del primer bit del paquete IP que sale del computador principal o del equipo de prueba. El momento en que ocurre un evento de entrada en un computador principal se aproxima por la observación del último bit del paquete IP que entra en el computador principal o en el equipo de prueba.

5.5 Resultados de la transferencia de paquetes IP

Al considerar los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP, se pueden definir varios resultados posibles de la transferencia IP para cualquier paquete que intente cruzar una sección básica o un NSE. Al efectuar la transmisión de un paquete IP, es posible que *se transfiera de manera satisfactoria, se le introduzcan errores o se pierda*. Un paquete IP entregado para el que no se haya ofrecido un paquete IP correspondiente se dice que es *espurio*. La figura 6 ilustra los resultados de la transferencia de paquetes IP.

Las definiciones de los resultados de la transferencia de paquetes IP se basan en los conceptos de *MP de ingreso permisible, MP de egreso permisible y paquetes correspondientes*.



Y.1540_F06

NOTA – El resultado se produce con independencia del contenido del paquete IP.

Figura 6/Y.1540 – Resultados de la transferencia de paquetes IP

5.5.1 Información de encaminamiento global y enlaces de salida permisibles

En teoría, en una red IP conectada, se puede entregar un paquete a cualquier encaminador, NS o NSE, porque de todos modos llega a su destino. Sin embargo, la información de encaminamiento global define un conjunto restringido de direcciones de destino a las que cada red (sistema autónomo) está dispuesta a dar servicio, y puede dar servicio, en nombre de cada una de sus NS contiguas. Es razonable suponer que (en el peor de los casos) una NS desechará por completo cualesquiera paquetes con direcciones de destino respecto a las cuales esa NS haya anunciado que es incapaz (o no desea) darles servicio. Por consiguiente, los paquetes (y fragmentos de paquetes) IP que salgan de una sección básica deberán ser reenviados solamente a otras secciones básicas *permitidas* por la información de encaminamiento global disponible.

A efectos de calidad de funcionamiento, el transporte de un paquete IP por un NSE se considerará satisfactorio solamente cuando ese NSE reenvíe todo el contenido del paquete a otras secciones básicas permitidas por la información de encaminamiento global disponible actualmente. Si la

dirección de destino corresponde a un computador principal conectado directamente a este NSE, el único resultado permitido y el único transporte de IP satisfactorio consiste en el reenvío al computador principal de destino.

NOTA 1 – Los procedimientos IP incluyen la actualización de la información de encaminamiento global. Una NS que fuera permisible puede no serlo ya tras una actualización de la información de encaminamiento compartida por secciones de red (NS). De manera alternativa, una NS que no fuera permisible anteriormente, puede serlo ya tras una actualización de la información de encaminamiento global.

NOTA 2 – La información de encaminamiento se puede complementar con información sobre la idoneidad relativa de cada uno de los enlaces de salida permitidos. Las implicaciones en cuanto a calidad de funcionamiento de esa información adicional quedan en estudio.

En un momento determinado, y en relación con un servicio IP de extremo a extremo dado y una sección básica o un NSE:

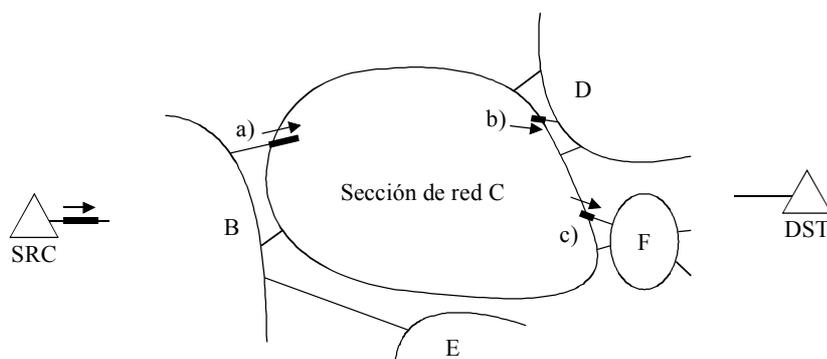
- un MP de ingreso es un *MP de ingreso permisible* si el cruce de este MP hacia esa sección básica o ese NSE está permitido por la información de encaminamiento global;
- un MP de egreso es un *MP de egreso permisible* si el cruce de este MP lleva hacia otra sección básica que está permitida por la información de encaminamiento global.

5.5.2 Eventos correspondientes

El análisis de la calidad de funcionamiento hace necesario asociar los paquetes que cruzan un MP con los paquetes que han cruzado un MP diferente. Encaminamiento sin conexión significa que un paquete puede salir de una sección básica por uno de los (posiblemente) varios MP de egreso permisibles. Fragmentación de un paquete significa que un paquete que está entrando en una sección básica puede salir de la misma en fragmentos, que posiblemente entren en otras varias secciones básicas diferentes. Por último, el encaminamiento IP sin conexión puede incluso devolver un paquete o fragmento de paquete a una sección básica que ya ha atravesado (debido quizás a la actualización de los cuadros de encaminamiento).

Se dice que un evento de egreso IP *corresponde* a un evento de ingreso anterior si fueron creados por el "mismo" paquete IP. Este concepto se aplica tanto si el paquete en el MP de egreso es el paquete en su totalidad o sólo un fragmento del original. La figura 7 ilustra un caso en el que un paquete entra en la NS C procedente de la NS B y es fragmentado en dos partes en la NS C. Uno de los fragmentos se envía a la NS D y el otro a la NS F. Estos dos eventos de egreso *corresponden* al único evento de ingreso. Para evitar la confusión resultante de la reentrada de paquetes en el NSE, este concepto de *correspondencia* exige además que ésta sea la primera vez (desde su ingreso) que el contenido de que se trate salga del NSE.

La determinación práctica de si los eventos de referencia IP son eventos correspondientes se hace normalmente caso por caso y a menudo se basará en el análisis de las direcciones IP, la información de encaminamiento global, el campo de identificación del paquete IP, otra información de encabezamiento y el contenido del paquete IP.



Un paquete IP de SRC a DST entra en la NS C, crea un evento de ingreso, es fragmentado, y crea dos eventos de egresos correspondientes, b) y c)

Y.1540_F07

Figura 7/Y.1540 – Eventos correspondientes cuando se produce fragmentación

5.5.3 Notas sobre las definiciones de resultados de paquetes satisfactorios, con errores, perdidos y espurios

Las definiciones de resultados de paquetes que siguen se basan en la observación de eventos de referencia IP en los puntos de medición IP. Seleccionando los puntos de medición IP apropiados, cada definición se puede utilizar para evaluar la calidad de funcionamiento de un EL particular, una NS particular y un NSE particular, y se pueden aplicar a la calidad de funcionamiento de un servicio de extremo a extremo.

Los resultados se definen sin limitarse a un determinado tipo de paquetes (ToS, DSCP, protocolo, etc.). La calidad de funcionamiento IP será diferente según el tipo de paquete.

En cada definición se tiene en cuenta la posibilidad de fragmentación del paquete incluyendo la posibilidad de que un único evento de referencia IP dé lugar a varios eventos subsiguientes. Se señala que si se pierde cualquier fragmento, se considera perdido todo el paquete original. Si no se pierde ningún fragmento, pero algunos de ellos quedan con errores, se considera erróneo todo el paquete original. Para que la entrega del paquete original se considere satisfactoria, debe entregarse satisfactoriamente cada uno de los fragmentos a uno de los EL de salida permisibles.

5.5.4 resultado satisfactorio de transferencia de paquete de protocolo Internet: Se produce un resultado satisfactorio de transferencia de paquete cuando un solo evento de referencia de paquetes IP en un MP_0 de ingreso permisible da lugar a uno (o más) evento(s) de referencia correspondientes en uno (o más) MP_i de egreso, todos ellos dentro de un plazo de tiempo $T_{m\acute{a}x}$ especificado a partir del evento de ingreso original y:

- 1) todos los MP_i de egreso en donde ocurren los eventos de referencia correspondientes son permisibles; y
- 2) el contenido completo del paquete original observado en MP_0 está incluido en el (los) paquete(s) entregado(s);
- 3) o bien el contenido binario del (de los) campo(s) de información del (de los) paquete(s) IP entregado(s) no es conforme exactamente al del paquete original;
- 4) o bien el (los) campo(s) de encabezamiento del (los) paquete(s) entregado(s) es (son) válido(s).

NOTA – El valor de $T_{m\acute{a}x}$ se ha fijado provisionalmente a 3 segundos. Ciertos trayectos globales de extremo a extremo quizá requieran un valor $T_{m\acute{a}x}$ más grande. El valor de 3 segundos es el que se ha utilizado en la práctica.

5.5.5 resultado paquete de protocolo Internet con errores: Se produce un resultado paquete con errores cuando un solo evento de referencia de paquetes IP en un MP_0 de ingreso permisible da

lugar a uno (o más) evento(s) de referencia correspondiente(s) en uno (o más) MP_i de egreso, todos ellos dentro de un plazo de tiempo $T_{m\acute{a}x}$ a partir del evento de referencia original y:

- 1) todos los MP_i de egreso en donde ocurren los eventos de referencia correspondientes son permisibles; y
- 2) el contenido completo del paquete original observado en MP_0 está incluido en el (los) paquete(s) entregado(s); y
- 3) o bien:
 - el contenido binario del (de los) campo(s) de información del (de los) paquete(s) IP entregado(s) no es conformes exactamente con el del paquete original; o
 - uno o más de los campo(s) de encabezamiento del (de los) paquete(s) entregado(s) está(n) degradado(s).

NOTA – La mayoría de los paquetes con encabezamiento con errores no detectados por la suma de control del encabezamiento en la capa IP serán descartados o redireccionados por otros procedimientos de capa IP (por ejemplo, en base a la degradación de los campos de dirección o ToS/DSCP). El resultado es que no se crea ningún evento de referencia para los protocolos de capa superior que esperan recibir este paquete. Puesto que no hay ningún evento de referencia IP, estos intentos de transferencia de paquetes se clasificarán como de resultado paquete perdido. Los encabezamientos con errores que no den lugar a un descarte o direccionamiento erróneo se clasificarán como de resultado paquete con errores.

5.5.6 resultado paquete de protocolo Internet perdido: La definición de un resultado paquete IP perdido se basa en la definición de *paquete mal direccionado*.

Aparece un paquete mal direccionado cuando un solo evento de referencia de paquetes IP en un MP_0 de ingreso permisible da lugar a uno (o más) evento(s) de referencia correspondiente(s) en uno (o más) MP_i de egreso, todos ellos dentro de un plazo de tiempo $T_{m\acute{a}x}$ especificado a partir del evento de referencia original y:

- 1) el contenido completo del paquete original observado en MP_0 está incluido en el (los) paquete(s); pero
- 2) uno o más de los MP_i de egreso donde ocurren los eventos de referencia correspondientes no son MP de egreso permisibles.

Se produce un resultado paquete perdido cuando un solo evento de referencia de paquetes IP en un MP_0 de ingreso permisible da lugar a un resultado paquete mal direccionado o cuando parte o la totalidad del contenido de ese paquete no da lugar a ningún evento de referencia IP en ningún MP de egreso dentro del plazo de tiempo $T_{m\acute{a}x}$.

5.5.7 resultado paquete de protocolo Internet espurio: Se produce un resultado de paquete IP espurio en una sección básica o un NSE de extremo a extremo cuando un paquete IP único crea un evento de egreso para el que no hay un evento de ingreso correspondiente.

5.5.8 resultado bloque de paquetes IP con muchas pérdidas: El resultado bloque de paquetes IP con muchas pérdidas para un bloque de paquetes observado durante un intervalo de tiempo T_s en el MP_0 de ingreso se produce cuando la relación de los paquetes perdidos en el MP_i de egreso y el número de paquetes totales en el bloque es mayor que $s1$.

El valor del intervalo de tiempo T_s se ha fijado provisionalmente a 1 minuto. El valor de umbral $s1$ se ha fijado provisionalmente a 0,2. El examen de bloques sucesivos (intervalos de tiempo) no debería solaparse.

NOTA – Con estos valores se pretende identificar los cambios de trayectos IP debido a actualizaciones de encaminamiento, que causan una degradación importante a la mayoría de las aplicaciones de usuario. Estos valores pueden cambiar tras realizar nuevos estudios y obtener experiencia. Si se utilizaran valores inferiores de $s1$ se capturarían otros eventos de red, lo que puede afectar el funcionamiento de las aplicaciones con conectividad muy sensible. Además, la degradación importante en aplicaciones vídeo y audio se puede

correlacionar fácilmente con el resultado IPSLB cuando se utilizan longitudes de bloque T_s de aproximadamente 1 segundo, y la utilización de este valor puede resultar importante en el futuro.

El mínimo número de paquetes que deberían utilizarse para evaluar el resultado bloque con muchas pérdidas es M_{lb} y esos paquetes no deberían extenderse más allá del intervalo T_s . El valor de M_{lb} será objeto de un nuevo estudio.

6 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes IP

Esta cláusula define un conjunto de parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de información de paquetes IP utilizando los resultados de la transferencia de paquetes IP definidos en 5.5. Los parámetros se pueden estimar sobre la base de las observaciones efectuadas en los MP que limitan la sección básica o el NSE sometido a prueba.

NOTA – Las definiciones de parámetros de calidad de funcionamiento de transferencia de paquetes IP adicionales (por ejemplo, tasa de bloques de paquetes IP con muchos errores) quedan en estudio.

6.1 poblaciones de interés: La mayoría de los parámetros de calidad de funcionamiento se definen en conjuntos de paquetes llamados *poblaciones de interés*. Para el *caso extremo a extremo*, la población de interés es normalmente el conjunto total de paquetes que se envía de un SRC a un DST. Los puntos de medición en el caso extremo a extremo son el MP del SRC y el DST.

Para una sección básica o un NSE en relación con un par SRC y DST determinado, la población de interés en un MP de ingreso permisible particular es el conjunto de paquetes enviados del SRC al DST que se encaminan entrando en la sección básica o el NSE a través de ese MP específico. Esto es lo que se llama el *caso de ingreso específico*.

La población de interés total para una sección básica o un NSE en relación con un par SRC y DST determinado es el conjunto total de paquetes del SRC al DST que se entregan entrando en la sección o el NSE a través de cualquiera de sus MP de ingreso permisibles. Esto es lo que se llama el *caso independiente del ingreso*.

Cada uno de estos parámetros de calidad de funcionamiento IP se define sin hacer referencia a un determinado tipo de paquetes (ToS, DSCP, protocolo, etc.). La calidad de funcionamiento diferirá según el tipo de paquetes y cualquier declaración a propósito de la calidad de funcionamiento medida deberá contener información sobre qué tipo o tipos de paquetes se incluyeron en la población.

6.2 retardo de transferencia de paquetes de protocolo Internet (IPTD, *IP packet transfer delay*): El retardo de la transferencia de paquetes IP se define para todos los resultados paquetes satisfactorios y con errores a través de una sección básica o un NSE. El IPTD es el tiempo ($t_2 - t_1$) que transcurre entre la ocurrencia de dos eventos de referencia de paquetes IP correspondientes, evento de ingreso $IPRE_1$ en el momento t_1 y evento de egreso $IPRE_2$ en el momento t_2 , siendo ($t_2 > t_1$) y ($t_2 - t_1$) $\leq T_{m\acute{a}x}$. Si el paquete se fragmenta dentro del NSE, t_2 es el momento en que se produce el evento de egreso correspondiente final. El retardo de la transferencia de paquetes IP de extremo a extremo es un retardo unidireccional entre el MP del SRC y el DST, como se ilustra en la figura 8.

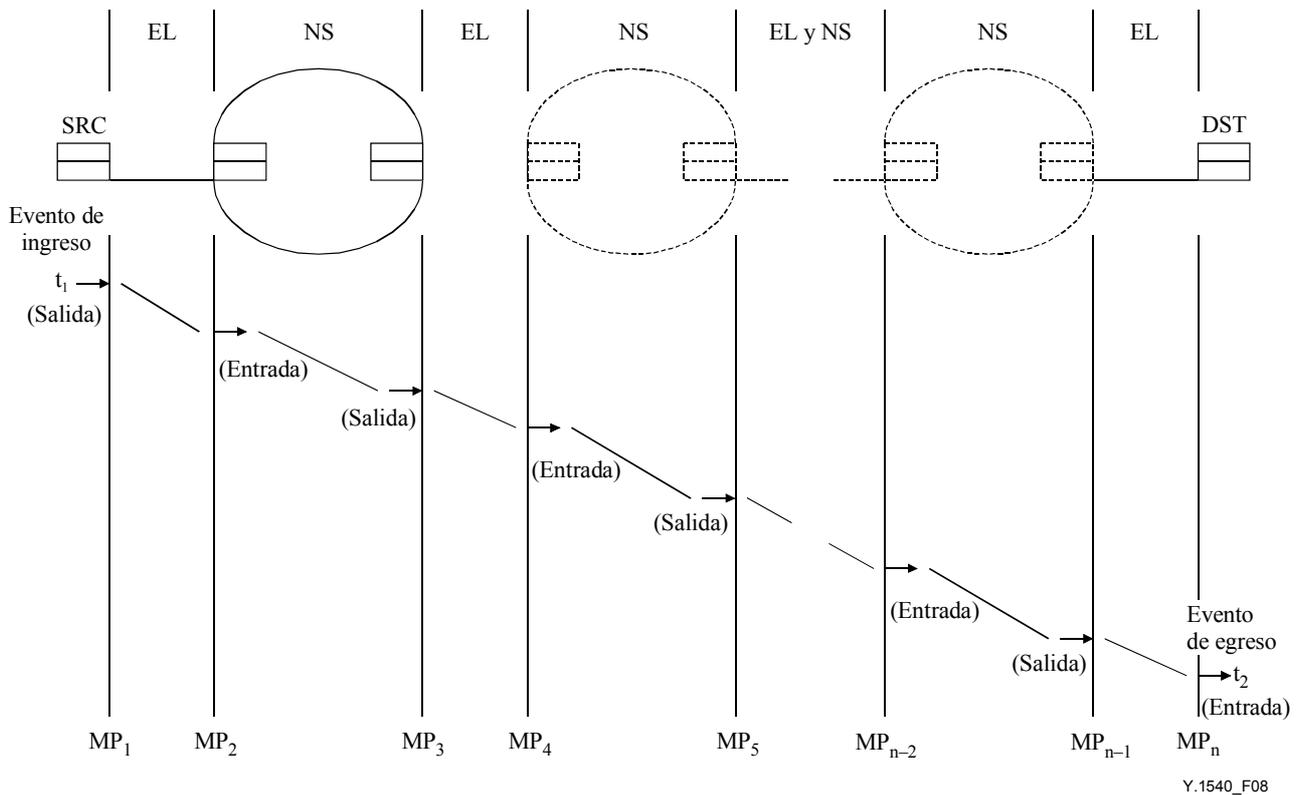


Figura 8/Y.1540 – Eventos de retardo de transferencia de paquetes IP (ilustración de la transferencia de extremo a extremo de un solo paquete IP)

6.2.1 retardo medio de transferencia de paquetes de protocolo Internet: El retardo medio de la transferencia de paquetes IP es la media aritmética de los retardos de la transferencia de paquetes IP de una población de interés.

6.2.2 variación del retardo de paquetes de protocolo Internet entre 2 puntos de extremo a extremo: También es importante la variación del retardo de la transferencia de paquetes IP. Las aplicaciones en modo serie podrían utilizar información sobre la gama total de variación del retardo IP para evitar la infrautilización o el desbordamiento de la memoria tampón. Las variaciones del retardo IP provocarán el aumento de los umbrales del temporizador de retransmisión TCP y quizás den lugar también a que se retarden las retransmisiones de paquetes o se retransmitan paquetes innecesariamente.

La variación del retardo de paquetes IP entre dos puntos de extremo a extremo se define en base a las observaciones de llegadas de paquetes IP correspondientes en los MP de ingreso y egreso (por ejemplo, MP_{DST} , MP_{SRC}). Dichas observaciones caracterizan la variabilidad del esquema de eventos de referencia de llegada de paquetes IP en el MP de egreso con referencia al esquema de eventos de referencia correspondientes en el MP de ingreso.

La variación del retardo de paquetes entre dos puntos (v_k) para un paquete IP k entre el SRC y el DST es la diferencia entre el retardo de transferencia de paquetes IP absoluto (x_k) del paquete y un retardo de transferencia de paquetes IP de referencia definido, $d_{1,2}$, entre esos mismos MP (véase la figura 9): $v_k = x_k - d_{1,2}$.

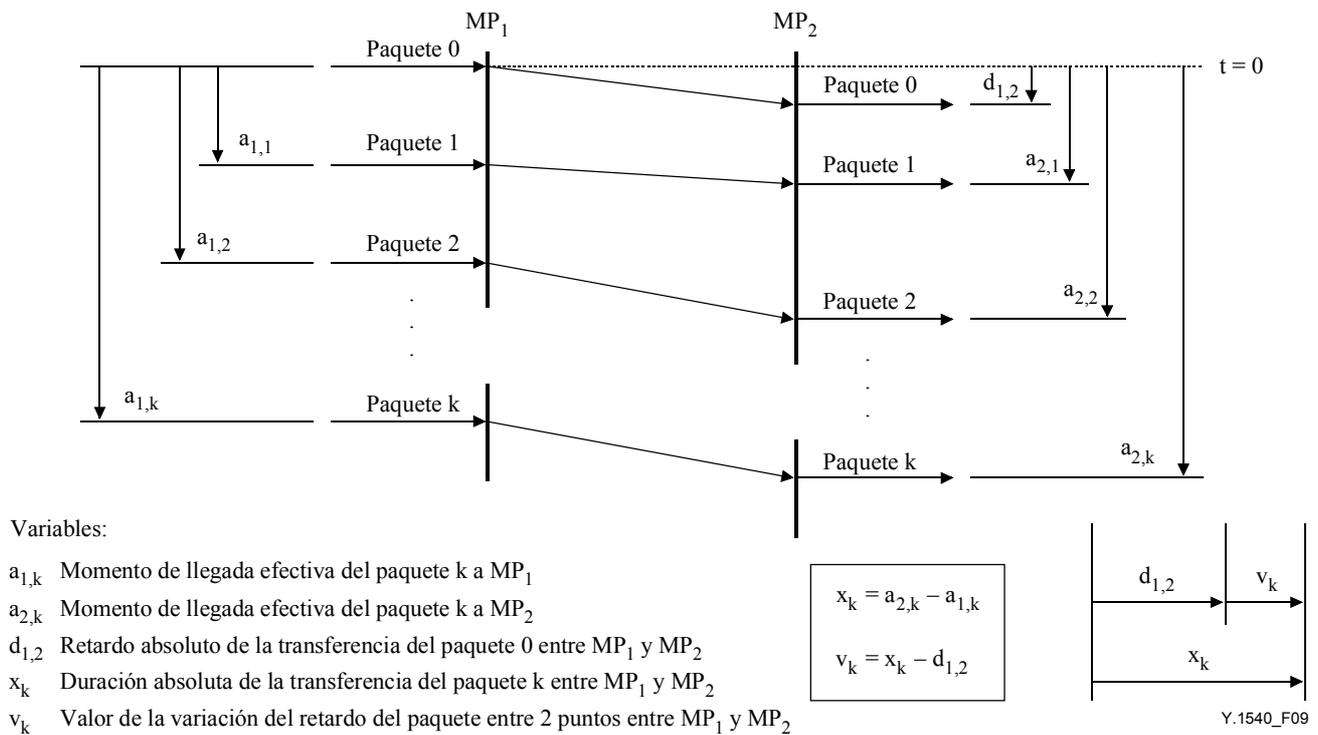


Figura 9/Y.1540 – Variación del retardo de paquetes IP entre dos puntos

El retardo de transferencia de paquetes IP de referencia, $d_{1,2}$, entre el SRC y el DST es el retardo de transferencia de paquetes IP absoluto que tiene el primer paquete IP entre esos dos MP.

Valores positivos de la IPDV entre dos puntos corresponden a retardos de transferencia de paquetes IP superiores a los que tiene el paquete IP de referencia; valores negativos de la IPDV entre dos puntos corresponden a retardos de transferencia de paquetes IP inferiores a los que tiene el paquete IP de referencia. La distribución de las IPDV entre dos puntos es idéntica a la distribución de los retardos de transferencia de paquetes IP absolutos desplazados en un valor constante igual a $d_{1,2}$.

6.2.2.1 Utilización del retardo medio como base de la variación del retardo

Como se ilustra en la figura 9, la variación del retardo de un paquete individual se define naturalmente como la diferencia entre el retardo efectivo experimentado por ese paquete y un retardo nominal (esperado). Una alternativa a utilizar el retardo del primer paquete como retardo nominal es utilizar el retardo medio de la población de paquetes como retardo nominal, lo cual tiene el efecto de centrar en cero la distribución de los valores de variación del retardo (cuando la distribución es simétrica).

La utilización del paquete con el mínimo retardo como el retardo de referencia simplifica el análisis de la gama de variación del retardo y es una alternativa aceptada.

6.2.2.2 Límites basados en el intervalo a la variación del retardo de paquetes IP

Un método para resumir la variación del retardo de paquetes IP experimentada por una población de paquetes es especificar previamente un intervalo de variación del retardo, por ejemplo ± 30 ms, y observar a continuación los porcentajes de variaciones de retardo de célula individuales que caen fuera y dentro de ese intervalo. Si se utiliza el intervalo de ± 30 ms, las aplicaciones con tamaños de memoria intermedia fijos de 60 ms o próximos a ese valor sabrían entonces aproximadamente cuántos paquetes causarían desbordamiento o infrautilización de la memoria intermedia.

NOTA – Si se utiliza este método para resumir la variación del retardo de paquetes IP, la variación del retardo de los paquetes individuales debe calcularse utilizando la definición (con el retardo promedio como nominal) de 6.2.2.1, en lugar de la definición de 6.2.2. Utilizando la definición de 6.2.2, el intervalo preseleccionado (por ejemplo, el de ± 30 ms) podría centrarse ocasionalmente en un valor inusualmente grande o inusualmente pequeño.

Podría establecerse un objetivo de variación del retardo de paquetes IP eligiendo un límite inferior para el porcentaje de variaciones de retardo de paquetes individuales que caigan dentro de un intervalo previamente especificado. Por ejemplo, " $\geq 95\%$ de la variaciones del retardo de paquetes deben caer dentro del intervalo $[-30$ ms, $+30$ ms]".

6.2.2.3 Límites basados en cuantiles a la variación del retardo de paquetes IP

Una alternativa para resumir la variación del retardo de una población de paquetes IP es seleccionar los cuantiles superior e inferior de la distribución de la variación del retardo, y medir a continuación la distancia entre esos cuantiles. Por ejemplo, seleccionar los cuantiles 99,9% y 0,1%, efectuar mediciones, y observar la diferencia entre los valores de variación del retardo a estos dos cuantiles. Este ejemplo ayudaría a los diseñadores de aplicaciones a decidir la forma de diseñar para un desbordamiento y una infrutilización total de la memoria intermedia no superior al 1%.

Podría establecerse un objetivo de la variación del retardo de paquetes IP eligiendo un límite superior para la diferencia entre cuantiles previamente especificados de la distribución de la variación del retardo. Por ejemplo, "la diferencia entre los cuantiles 99,1% y 0,1% de la variación del retardo de paquetes no debe ser mayor que 100 ms".

6.2.2.4 Parámetros secundarios para la variación del retardo de paquetes IP

Puede ser de utilidad uno o más parámetros que capten el efecto de las variaciones del retardo de paquetes IP en diferentes aplicaciones. Conviene diferenciar las variaciones del retardo paquete a paquete (normalmente pequeñas) de las potencialmente mayores discontinuidades del retardo que pueden derivarse de un cambio en el encaminamiento IP. El apéndice II contiene varias definiciones secundarias de la variación de retardo y directrices para su utilización.

6.3 tasa de errores en los paquetes de protocolo Internet (IPER, *IP packet error ratio*): La tasa de errores en los paquetes IP es la relación entre el total de resultados paquete IP con errores y el total de resultados transferencia de paquete IP satisfactoria más los resultados paquete IP con errores en una población de interés.

6.4 tasa de pérdida de paquetes de protocolo Internet (IPLR, *IP packet loss ratio*): La tasa de pérdida de paquetes IP es la relación entre el total de resultados paquete IP perdido y el total de paquetes IP transmitidos en una población de interés.

NOTA – En RFC 3357 figuran las métricas para describir patrones de pérdidas en un solo sentido. La pérdida consecutiva de paquetes tiene un interés especial en ciertas aplicaciones de tiempo real inelásticas, como por ejemplo, voz y vídeo.

6.5 tasa de paquetes de protocolo Internet espurios: La tasa de paquetes IP espurios en un MP de egreso es el número total de paquetes IP espurios observados en ese MP de egreso durante un intervalo de tiempo especificado dividido por la duración del intervalo de tiempo (equivalente al número de paquetes IP espurios por segundo de servicio)¹.

¹ Puesto que previsiblemente los mecanismos que generan paquetes IP espurios tienen poco que ver con el número de paquetes IP transmitidos a través de las secciones sometidas a prueba, este parámetro de calidad de funcionamiento no se expresa como una relación, sólo como una tasa.

6.6 tasa de bloques de paquetes IP con muchas pérdidas (IPSLBR, *IP packet severe loss block ratio*): La tasa de bloques de paquetes IP con muchas pérdidas es la relación entre los resultados bloques de paquetes IP con muchos errores y el número total de bloques en una población de interés.

NOTA – Mediante este parámetro se pueden determinar múltiples cambios de trayectos IP debidos a actualizaciones de encaminamiento, también conocidas como variación de ruta, que causa una degradación importante en la mayoría de las aplicaciones de usuario.

6.7 Parámetros relacionados con el flujo

Actualmente, en las redes basadas en la versión 4 del IP (IPv4), no se comprueba la conformidad del tráfico ofrecido en un servicio IP de extremo a extremo con un esquema de tráfico acordado. Además, las redes IPv4 pueden limitar la tasa a la que los paquetes son ofrecidos por un SRC solamente descartando esos paquetes. Por último, las redes IP de hoy día no se comprometen normalmente de manera formal a entregar parte alguna del tráfico ofrecido.

Sin embargo, conviene caracterizar la calidad de funcionamiento entregada por las secciones en términos de parámetros relacionados con el flujo o el caudal que evalúan la capacidad de las redes o secciones IP de llevar cantidades de paquetes IP. Hay que tener en cuenta que un parámetro que caracterice el caudal de una aplicación IP no necesariamente será una estimación precisa de la cantidad de recursos disponibles para esa aplicación; esto es así porque los protocolos de capa superior a la IP (por ejemplo, el TCP) también influyen en el caudal habido.

En la presente versión de esta Recomendación, se recomienda que los parámetros relacionados con el flujo o el caudal cumplan los siguientes requisitos:

- 1) Un parámetro que caracterice el caudal ofrecido a un servicio IP deberá poner en relación la cantidad de paquetes IP transportados de manera satisfactoria por una red o sección IP con la cantidad de parámetros IP que fueron entregados en esa red o sección.
- 2) Los parámetros relacionados con el caudal deberán aplicarse a una red IP de extremo a extremo y al transporte IP a través de un EL, una NS o un NSE.

Algunos parámetros relacionados con el flujo o el caudal tratan de caracterizar la capacidad de caudal de una red IP, es decir, las posibilidades que tiene la red de mantener una determinada tasa de transferencia de paquetes IP. Se recomienda que cualquiera de esos parámetros cumpla los siguientes requisitos adicionales:

- 1) Deberá describir el esquema del tráfico ofrecido a la red o sección IP, ya que la capacidad de la red o sección IP de entregar de manera satisfactoria esos paquetes depende de dicho esquema de tráfico.
- 2) La tasa a la que se ofrece el tráfico no deberá ser superior a la capacidad (en bits por segundo) del enlace que conecta las secciones sometidas a prueba con las secciones de destino no sometidas a prueba.
- 3) En cualquier declaración individual sobre la calidad de funcionamiento del caudal deberá indicarse el tipo de paquetes IP de que se trata.

En el apéndice III se proponen algunos parámetros relacionados con el caudal, cuya inclusión en esta Recomendación se está considerando actualmente. Todos los parámetros relacionados con el flujo y el caudal quedan en estudio.

NOTA – En la RFC 3148 figura un marco para definir métricas de capacidad de transferencia en bloque.

7 Disponibilidad de servicio IP

La disponibilidad de servicio IP es aplicable a un servicio IP de extremo a extremo, a secciones básicas y a un NSE.

Una función de disponibilidad (definida en 7.1) sirve para dividir el tiempo de servicio programado total de un servicio IP en periodos disponibles e indisponibles. En base a esta clasificación se definen en 7.2 los porcentajes de disponibilidad y de indisponibilidad del servicio IP. Por último, un modelo de dos etapas de disponibilidad de servicio IP sirve para definir en 7.2 los parámetros de disponibilidad conexos.

NOTA – A menos que el proveedor del servicio IP indique otra cosa, se supone que el tiempo de servicio programado para un servicio IP es de 24 horas al día, siete días a la semana.

7.1 Función de disponibilidad de servicio IP

La función de disponibilidad de un servicio IP se basa en un umbral de la característica IPLR.

El servicio IP está disponible de extremo a extremo si la IPLR de ese caso de extremo a extremo es inferior al umbral c_1 definido en el cuadro 1.

Cuadro 1/Y.1540 – Función de disponibilidad de servicio IP

Criterio de interrupción	Umbral
$IPLR > c_1$	$c_1 = 0,75$
<p>NOTA – El valor de 0,75 de c_1 se considera provisional y queda en estudio. También se han propuesto los valores de 0,9 y 0,99 para c_1. Ahora bien, actualmente la mayoría de las causas de indisponibilidad parecen provenir de fallos en los que la tasa de pérdidas es fundamentalmente del 100%, y los periodos de indisponibilidad que acompañan a esos fallos duran más de cinco minutos. Cuando las redes IP soportan múltiples calidades de servicio, quizá convenga considerar valores diferentes de c_1 para los diferentes servicios. En ese caso, se han sugerido valores de c_1 entre 0,03 y 0,2 (obtenidos a partir de la resiliencia de los codificadores vocales diferentes) para los servicios que ofrecen clase 0 o clase 1 Rec. UIT-T Y.1541 y un c_1 de 0,75 para la clase 5.</p> <p>El umbral c_1 sólo se ha de utilizar para determinar cuando los recursos de la red IP son (temporalmente) incapaces de soportar un servicio útil de transferencia de paquetes IP. El valor de c_1 no deberá considerarse como una indicación de la característica IPLR ni como un objetivo adecuado de IPLR para cualquier aplicación IP. Los objetivos de calidad de funcionamiento establecidos a propósito de la IPLR deberán excluir todos los periodos de indisponibilidad del servicio, es decir, todos los intervalos de tiempo en los que la $IPLR > c_1$.</p>	

Respecto a un par de SRC y DST determinado, *una sección básica o un NSE están disponibles para el caso independiente del ingreso*, si la IPLR de ese par es inferior al umbral c_1 , medido en todos los MP de ingreso permisibles.

Respecto a un par de SRC y DST determinado, *una sección básica o un NSE están disponibles para el caso de ingreso específico*, si la IPLR de ese par es inferior al umbral c_1 , medido a partir de un MP de ingreso permisible.

NOTA 1 – Desde la perspectiva de las operaciones, será posible medir y/o supervisar la disponibilidad a partir de un MP de ingreso específico y utilizar a continuación esa información para establecer deducciones sobre la disponibilidad con independencia del ingreso.

NOTA 2 – La relación cuantitativa entre la disponibilidad de un servicio IP de extremo a extremo y la disponibilidad del servicio IP de la sección básica o el NSE sigue siendo objeto de estudio.

Si el criterio de interrupción indicado en el cuadro 1 se cumple (es decir, la IPLR supera su umbral), el servicio IP está en el estado de indisponibilidad (sufrir una interrupción). El servicio IP está en el estado de disponibilidad (ausencia de interrupción) si no se cumple el criterio de interrupción. El número mínimo de paquetes que se deberán utilizar para evaluar la función de disponibilidad del servicio IP es M_{av} . (El valor de M_{av} queda en estudio. Cuando en las pruebas de disponibilidad se utiliza tráfico generado por el usuario extremo, se ha sugerido un valor de M_{av} igual a 1000 paquetes.) La duración mínima del intervalo de tiempo durante el cual se ha de evaluar la función de disponibilidad del servicio IP es T_{av} . (T_{av} se ha fijado provisionalmente en cinco

minutos. El estudio ha demostrado que este valor es coherente con los límites prácticos impuestos al funcionamiento de la capa IP. La supervisión de la calidad de funcionamiento de capas inferiores y de los fallos en los elementos de red puede permitir determinar indisponibilidades inminentes en un menor plazo y aplicar las medidas correctivas).

NOTA 3 – Se prevé que el criterio de interrupción basado en la IPLR caracterice de manera satisfactoria la disponibilidad del servicio IP. Sin embargo, la disponibilidad del servicio IP también podría tener en cuenta una calidad de funcionamiento severamente degradada por lo que se refiere a la IPER y/o la tasa de paquetes IP espurios. La inclusión de parámetros de decisión de disponibilidad adicionales y sus correspondientes umbrales queda en estudio.

NOTA 4 – Esta definición unidireccional de disponibilidad viene motivada por el hecho de que los paquetes IP atraviesan a menudo del SRC al DST rutas muy diferentes de las que atraviesan del DST al SRC. Si, desde la perspectiva de un usuario de la red IP, se necesita una definición de disponibilidad bidireccional, dicha definición se puede derivar fácilmente a partir de la presente definición unidireccional.

Se pretende que esta definición de disponibilidad de servicio IP sea aplicable tanto al tráfico IP generado por el usuario de extremo (es decir, el flujo normal de paquetes IP entre el SRC y el DST) como al tráfico generado por aparatos y sistemas de prueba. En cualquier caso, el origen del tráfico IP deberá estar documentado cuando se notifiquen los resultados relativos a la disponibilidad. Dicha documentación deberá incluir los tipos específicos de paquetes utilizados en cada sentido del flujo.

El tráfico generado de manera específica para probar el estado de disponibilidad deberá limitarse de tal modo que no provoque una congestión. La congestión podría afectar a otro tráfico y/o podría aumentar de manera significativa la probabilidad de que se superara el criterio de interrupción.

En el apéndice IV figura más información sobre la determinación del estado de disponibilidad.

7.2 Parámetros de disponibilidad de servicio IP

7.2.1 porcentaje de indisponibilidad de servicio de protocolo Internet (PIU, *percent IP service unavailability*): Porcentaje del tiempo de servicio IP programado total (porcentaje de intervalos T_{av}) que se clasifica como periodo indisponible utilizando la función de disponibilidad de servicio IP.

7.2.2 porcentaje de disponibilidad de servicio de protocolo Internet (PIA, *percent IP service availability*): Porcentaje del tiempo de servicio IP programado total (porcentaje de intervalos T_{av}) que se clasifica como periodo disponible utilizando la función de disponibilidad de servicio IP.

$$PIU = 100 - PIA$$

NOTA – Puesto que la IPLR aumenta normalmente al aumentar la carga ofrecida del SRC al DST, la probabilidad de que se rebase el umbral c_1 aumenta al aumentar la carga ofrecida. Por consiguiente, los valores del PIA probablemente sean menores cuando la demanda de capacidad entre el SRC y el DST sea mayor.

El apéndice IV contiene información sobre muestreo para determinar el PIA y el PIU.

Apéndice I

Consideraciones relativas al encaminamiento de paquetes IP

En este apéndice, que queda en estudio, se expondrán consideraciones relativas al encaminamiento de paquetes IP de interés para la caracterización de la calidad de funcionamiento del servicio IP.

Apéndice II

Terminología secundaria aplicable a la variación del retardo de paquetes IP

II.1 Introducción

En esta Recomendación se especifica una sola definición primaria/normativa para calcular la variación en un conjunto de retardos con respecto a un retardo de referencia. En las siguientes cláusulas de este apéndice se dan dos definiciones informativas/secundarias (que se basan en la variación del retardo entre paquetes definida por el IETF, y una modificación de la variación del retardo de célula de un punto). En este apéndice también se indica qué parámetro es el más adecuado en cada caso y relaciona los resultados de las observaciones con los diferentes parámetros.

Hay otros dos métodos para cuantificar la variación de retardo.

- 1) Un parámetro basado en la labor actualmente en curso del Grupo de Trabajo sobre métricas de calidad de funcionamiento IP (IPPM) del IETF que se describe en el artículo Demichelis y Chimento "IP Packet Delay Variation Metric for IPPM" y que determina la variación del retardo entre paquetes.
- 2) Un parámetro similar a la variación de retardo de células de 1 punto, que se describe en la Rec. UIT-T I.356 y/o la labor del IETF, y que sirve para calcular la diferencia en el tiempo de llegada de paquetes en una misma interfaz con respecto a un intervalo de recepción idóneo.

(Obsérvese que la Rec. UIT-T I.356 incluye dos definiciones de variación diferentes: 2 puntos y 1 punto.)

Los objetivos de calidad de funcionamiento IP Y.1541 para IPDV se describen en cuanto al parámetro normativo de variación de retardo de paquete de 2 puntos en esta Recomendación.

II.2 Definición de variación del retardo entre paquetes

La labor actualmente en curso del Grupo de Trabajo IPPM del IETF, que se describe en Demichelis y Chimento "IP Packet Delay Variation Metric for IPPM", define la variación del retardo del modo siguiente:

Se puede definir la variación del retardo de paquetes IP (ipdv) para paquetes que forman parte de un mismo tren de paquetes.

La variación de retardo de paquetes IP (ipdv) de un par de paquetes en un tren de paquetes se define para un determinado par de paquetes que van desde el punto de medición MP1 al punto de medición MP2.

La ipdv es la diferencia entre el retardo en un solo sentido de esos determinados paquetes.

Mediante una función de selección se determina de manera inequívoca el par de paquetes que se utiliza en cada cálculo de la métrica de variación del retardo.

La primera función de selección se ha definido para paquetes adyacentes en el tren. Para determinar la ipdv del paquete actual se ha de restar al retardo en un solo sentido de este paquete el retardo en un solo sentido del paquete anterior. Si uno de los paquetes (o los dos) se pierde, entonces la ipdv queda indeterminada.

Otro ejemplo importante es la función selección que produce un resultado de la variación del retardo equivalente al parámetro IPDV del UIT-T definido en 6.2.2. El par de paquetes siempre incluye el paquete con el retardo mínimo en un solo sentido y la ipdv para todos los demás paquetes se calcula restando a sus valores de retardo en un solo sentido el retardo mínimo (en este caso el retardo de referencia es el retardo mínimo).

II.3 Definición de la variación del retardo de paquetes de 1 punto

La idea fundamental del parámetro de variación del retardo de 1 punto es la comparación entre el patrón de recepción real y el previsto (que normalmente es periódico). Algunas variantes de esta definición incluyen un ajuste de "salto de reloj", como la Rec. UIT-T I.356.

II.4 Directrices para la aplicación de los diferentes parámetros

Las directrices prácticas para la medición son las siguientes:

- Cuando no sea posible sincronizar los relojes (o no se puedan utilizar temporalmente) en los dispositivos de medición:
 - 1) un posible sustituto de la gama/histograma de retardos de un solo sentido es la variación del retardo de paquetes de un punto (PDV, *packet delay variation*), aplicable a las mediciones que se realizan en trenes de paquetes con tiempos de envío periódicos (una vez que se ha fijado adecuadamente el tiempo de llegada de referencia);
 - 2) la variación del retardo entre paquetes IPPM es aplicable a todos los tipos de flujo de tráfico.
- Cuando se pueden sincronizar los relojes en los dispositivos de medición:
 - 1) se puede utilizar la gama o el histograma de retardo de un solo sentido;
 - 2) la variación de retardo entre paquetes IPPM añade un parámetro sensible a la variación secuencial/de corta duración y mejora la inmunidad frente a cambios de ruta.

La ipdv de la métrica entre paquetes IPPM es similar al cálculo de la medición de la fluctuación en la recepción en los informes del protocolo de control en tiempo real (RTCP, *real-time control protocol*). El cálculo de la fluctuación entre recepciones se describe en 6.3.1 del protocolo en tiempo real (RTP, RFC 1889) y en un apéndice se incluye un ejemplo de implementación. Aunque los métodos tienen algunas diferencias (la fluctuación entre recepciones RTCP utiliza el orden de llegada, en lugar de la secuencia de envío con ipdv) debería haber una comparación favorable entre una "fluctuación suave" calculada utilizando semifallos ipdv y los informes RTCP de la fluctuación en muchas circunstancias (si se reordenan muchos paquetes, los resultados no serán probablemente acordes). Sería valioso disponer de un parámetro que se pueda relacionar con las mediciones realizadas en los puntos extremos de los usuarios. La métrica ipdv con pares de paquetes adyacentes también es menos susceptible a los cambios de ruta durante un intervalo de medición, en la que el efecto sólo se observaría en pares de mediciones que abarquen el cambio de ruta.

Un atributo positivo de la PDV de 1 punto es su simplicidad. La capacidad de evaluar trenes periódicamente en un mismo elemento de red es muy ventajoso.

Un aspecto que debe estar claro en todas las especificaciones de parámetros de variación es el efecto de la longitud del paquete. Como el tiempo de inserción está incluido en el retardo de transferencia (del primer bit al último) los paquetes de distinto tamaño tendrán una variación del

retardo inherente. En las especificaciones y las pruebas de las redes se deberían utilizar paquetes de un mismo tamaño para simplificar la interpretación de los resultados (e informar del tamaño utilizado).

Apéndice III

Parámetros relacionados con la capacidad de flujo y caudal

El presente apéndice, que queda en estudio, presenta las medidas y técnicas que se proponen actualmente para evaluar la capacidad de flujo y caudal de las redes IP.

III.1 Definición de parámetros de caudal IP

Actualmente se consideran dos tipos de parámetros de caudal. Uno de ellos mide el caudal en términos de tasa de paquetes IP transmitidos de manera satisfactoria; el otro se basa en octetos y mide el caudal en términos de octetos transmitidos en esos paquetes.

III.1.1 caudal de paquetes de protocolo Internet (IPPT, *IP packet throughput*): Para una determinada población de interés, el caudal de paquetes IP en un MP de egreso es el número total de resultados transferencia de paquete IP satisfactoria observados en ese MP de egreso durante un intervalo de tiempo especificado dividido por la duración del intervalo de tiempo (equivalente al número de transferencias de paquetes IP satisfactorias por segundo de servicio).

III.1.2 caudal de paquetes de protocolo Internet basado en octetos (IPOT, *octet-based IP packet throughput*): Para una determinada población de interés, el caudal de paquetes IP basado en octetos en un MP de egreso es el número total de octetos transmitidos en paquetes IP que se transmitieron de manera satisfactoria en ese MP de egreso durante un intervalo de tiempo especificado dividido por la duración del intervalo de tiempo (equivalente al número de octetos en paquetes IP transmitidos de manera satisfactoria por segundo de servicio).

III.2 Mediciones utilizando sondas de caudal

Las sondas de caudal se pueden utilizar para caracterizar la capacidad actual de la red de soportar tráfico adicional. Por brevedad, la sonda no contribuirá de manera especial a una congestión. Además, se atenúa cualquier congestión subsiguiente, porque la velocidad a la que se puede transmitir la sonda de caudal está limitada (véase III.2.1). El efecto neto es que un muestreo efectuado con muestras muy dispersas, utilizando sondas de caudal, probablemente no impondrá una carga excesiva a las redes sometidas a prueba.

Debido a su longitud, las sondas de caudal generarán por lo menos información relativa al volumen de capacidad disponible para el tráfico entre el SRC y el DST. En la cláusula III.2.4 se muestra cómo podría aprovecharse el comportamiento de la red al entregar sondas de caudal para establecer límites inferiores de la calidad de funcionamiento efectiva del caudal de aplicaciones IP directas.

III.2.1 Origen limitado por el destino

Sea s la velocidad de enlace, en bits por segundo, del enlace que conecta el NSE sometido a prueba con el computador principal de destino (DST, *destination host*). (Si el enlace es una conexión virtual, por ejemplo, una red de retransmisión de tramas, s será su capacidad de transporte virtual en bits por segundo.) Sea $\{p_1, p_2, p_3, \dots\}$ el conjunto completo de paquetes transmitidos por el computador principal de origen (SRC, *source host*) al DST, por su enlace con el NSE sometido a prueba. Sea t_1 el instante en que p_1 es transmitido por el SRC. Sea b_i el número de bits del paquete

p_i incluyendo los encabezamientos IP. Se dice entonces que el origen está *limitado por el destino* si para cada paquete p_j , la transmisión de p_j no empieza antes de $t_j = t_1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^{j-1} b_i$

NOTA 1 – Si la velocidad del enlace del SRC al NSE sometido a prueba es igual o inferior a s , el origen es limitado por el destino de manera automática.

NOTA 2 – Si hay tráfico procedente de otros orígenes que utiliza el mismo enlace del NSE al DST, dicho tráfico reduce el valor de s utilizado en esta definición. Este caso queda en estudio.

NOTA 3 – No es posible sostener un caudal superior al que se puede conseguir utilizando un origen limitado por el destino rápido.

III.2.2 Sonda de caudal

Una sonda de caudal es una secuencia de $N \{<30\}$ paquetes IP de 576 bytes transmitidos de un SRC limitado por el destino a un DST. Por lo general, deberá transcurrir un plazo de tiempo considerable entre la transmisión de sondas de caudal para un determinado par de SRC y DST. Si alguno de los N paquetes, uno como mínimo, da como resultado paquete perdido, no deberá iniciarse otra sonda de caudal hasta que hayan transcurrido al menos $T_{\text{máx}}$ segundos a partir del momento en que se transmitió el último de los paquetes perdidos.

NOTA 1 – A N se le da como límite provisionalmente el valor de 30 porque las implementaciones de TCP anuncian por lo general tamaños de ventana máximos que podrían permitir la transmisión de hasta 29 paquetes sin acuse de recibo (16 000 bytes de cabida útil del TCP).

NOTA 2 – Se elige un paquete de 576 bytes porque es el máximo tamaño de paquete que se exige que acepten todos los computadores principales IP.

NOTA 3 – El establecimiento de la separación mínima entre sondas de caudal sirve para garantizar que una sonda no provoca la congestión de la sonda que le sucede y para garantizar que los resultados de pares de sondas no están correlacionados.

Una *sonda de caudal maximizada* es una sonda de caudal para la que:

$$t_j = t_1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^{j-1} b_i \text{ (permitiendo unas diferencias de reloj razonables).}$$

NOTA 4 – Las pruebas más intensas serán aquellas que se realicen con sondas de caudal maximizadas, pero al realizar pruebas en determinados contextos quizás se pueda (o incluso se prefiera) probar con sondas que no estén maximizadas.

III.2.3 Parámetros de calidad de funcionamiento de las sondas

NOTA 1 – Si los valores de calidad de funcionamiento de las sondas de caudal se normalizan alguna vez, cada valor deberá asociarse a su(s) tamaño(s) de sonda aplicable. Quizás convenga utilizar valores mayores de N para enlaces de destino de velocidad superior. Este tema queda en estudio.

NOTA 2 – Al igual que ocurre con otras medidas del caudal, cuando se especifican los valores de la tasa de degradación de sondas y la tasa de paquetes por sonda, el tráfico competidor por el enlace de origen y el enlace de destino debe ser limitado, controlado y notificado. Puesto que la carga en las redes variará con la hora del día, también debe ser controlada y notificada la hora del día en relación con las especificaciones de calidad de funcionamiento de las sondas de caudal.

III.2.3.1 tasa de degradación de sondas: Para un conjunto de sondas de caudal con un tamaño de sonda dado, N , la tasa de degradación de sondas es el porcentaje de esas sondas que tienen uno o más resultados paquete perdido en el DST.

III.2.3.2 tasa de paquetes por sondas: Para un conjunto de sondas de caudal con un tamaño de sonda dado, N , la tasa de paquetes por sonda es el porcentaje de paquetes dentro de esas sondas que dan lugar a un resultado paquete satisfactorio o paquete con errores en el DST.

III.2.4 Establecimiento de límites más bajos a la capacidad disponible actualmente para aplicaciones

Hoy día, las aplicaciones más importantes de las redes IP son las implementaciones del TCP. Dichas aplicaciones responden a la congestión disminuyendo la velocidad a la que transmiten (reduciendo su tamaño de ventanas) al detectarse una pérdida. Cuando se añade un nuevo origen de tráfico a la carga de un encaminador, ese nuevo tráfico aumenta la probabilidad de desbordamiento de la cola de espera y también de pérdida de cada aplicación TCP competidora. Esto da lugar a una reducción de las aplicaciones TCP, lo que deja más sitio para el nuevo tráfico. Por ello permaneciendo todo lo demás constante, el tráfico nuevo tendrá unas probabilidades de pérdida al comienzo de su transacción mayores que las que tendrá posteriormente. La característica del caudal (pérdida) de una aplicación que se desarrolle a su velocidad máxima será mejor una vez que los orígenes TCP competidores se hayan retirado.

De manera similar, es previsible que una sonda de caudal aislada de tamaño N tenga una tasa de pérdidas superior a la de una aplicación que intente mantener un caudal alto durante más de N paquetes. Por este motivo, se considera que la calidad de funcionamiento de la sonda de caudal constituye la base sobre la que establecer límites más bajos al caudal de la aplicación.

Si una sonda de caudal maximizada no encuentra ningún cuello de botella ni se pierde ninguno de sus paquetes, ello indica que la red puede, por lo menos a corto plazo, soportar plenamente caudal limitado por el destino del SRC al DST. Además, si la sonda de caudal no ha sufrido ninguna pérdida, es probable que tampoco haya provocado muchas pérdidas en sus aplicaciones competidoras. Dichas aplicaciones sólo pueden experimentar un incremento temporal del retardo de paquetes IP durante la prueba.

Si una sonda de caudal maximizada encuentra un cuello de botella y se pierden algunas de sus partes, ello indica que la red no puede soportar inmediatamente el nivel de caudal intentado del SRC al DST. El caudal sostenible a corto plazo podría ser limitado a niveles más bajos por el número de paquetes de sonda que fueren entregados. En un intervalo de tiempo mayor, si el SRC limitado por el destino tuviera que seguir transmitiendo, se reduciría el tráfico TCP competidor y se aumentaría el caudal de tráfico objetivo satisfactorio.

Si una sonda de caudal tiene pérdidas, es probable que alguna de las conexiones competidoras también tenga pérdidas durante la prueba. Cualesquiera aplicaciones TCP que sufran pérdidas reducirán el tamaño de sus ventanas. Puesto que la sonda de caudal es corta, la siguiente ventana TCP no competirá con ella, por lo que el tamaño de las ventanas empezará a crecer inmediatamente hacia su "equilibrio" original. Este resultado es más aceptable que el que se produciría con una prueba prolongada de capacidad de caudal.

III.2.5 Asuntos abiertos

En la actualidad no hay evidencia empírica que avale muchos de los postulados básicos a propósito de las sondas de caudal formulados más arriba. Se puede tratar de dar respuesta a las cuestiones que siguen con un programa de pruebas dirigidas. Dichas respuestas confirmarían o refutarían la utilidad de las sondas de caudal para evaluar la capacidad de las redes:

- ¿Es realmente la pérdida de paquetes IP mayor con sondas de caudal que con paquetes IP aislados?
- ¿Es realmente la pérdida de paquetes IP con sondas de caudal mayor que la pérdida de paquetes durante una aplicación en modo serie que mantiene una velocidad de origen equivalente durante largos periodos de tiempo? ¿Es el límite superior tan alto que no sirva para predecir la calidad de funcionamiento a largo plazo de las aplicaciones modo serie?
- ¿Es realmente la tasa de degradación del caudal un límite superior para las ventanas TCP degradadas? ¿Es el límite superior tan alto que no sirva para calcular la calidad de funcionamiento TCP a largo plazo?

- Puesto que las sondas de caudal no tienen un comienzo de funcionamiento lento, ¿representa un riesgo importante para otras aplicaciones la realización de pruebas poco frecuentes con sondas de caudal?

Apéndice IV

Prueba mínima del estado de disponibilidad del servicio IP y estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad del servicio IP

Este apéndice, que queda en estudio, describe una prueba mínima para determinar si un servicio IP, una sección básica o un NSE está en estado de disponibilidad o de indisponibilidad. En una versión futura, el presente apéndice contendrá métodos de estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad del servicio IP.

IV.1 Prueba mínima del estado de disponibilidad del servicio IP (para metodologías de prueba y aparatos de prueba)

En la cláusula 7.1 se exige que se utilicen al menos M_{av} paquetes para evaluar el estado de disponibilidad. Las metodologías de prueba y los aparatos de prueba deberán intentar la evaluación con al menos M_{av} paquetes dispersos a lo largo de un intervalo de tiempo T_{av} . Para el tráfico generado por el usuario de extremo, se podrían concatenar T_{av} intervalos de tiempo sucesivos hasta que se cumpla el requisito de al menos M_{av} eventos de ingreso. Estos aspectos quedan en estudio.

A continuación se describe la tarea mínima que es preciso realizar para decidir respecto al estado de disponibilidad durante un solo intervalo de tiempo T_{av} . Se necesita aplicar varias veces esta prueba para determinar el PIA y el PIU. La prueba mínima de disponibilidad del servicio IP se puede efectuar para probar metodologías y aparatos de prueba; en 7.1 se presentan algunos de los requisitos con respecto al tráfico generado por el usuario de extremo. Cualquier otra prueba de disponibilidad del servicio IP que (estadísticamente) tenga unos resultados de calidad equivalente a los de esta prueba es una prueba aceptable. La presente prueba de disponibilidad IP se aplica de extremo a extremo o, en el caso de ingreso específico, a una sección básica o un NSE.

- Paso 1: Determinar el SRC y el DST.
- Paso 2: Posicionar los aparatos de prueba o activar los guiones de prueba en los puntos de medición apropiados.
- Paso 3: En un momento determinado previamente, iniciar el envío de M_{av} paquetes IP distribuidos durante el periodo de tiempo T_{av} .
- Paso 4: Si el número de resultados paquete perdido es superior a $c_1 \times M_{av}$, el servicio IP está indisponible durante el intervalo de tiempo T_{av} .
- Paso 5: Si, de acuerdo con los resultados del paso 4, el servicio IP (sección básica o NSE) no se declara indisponible, ello quiere decir que está disponible durante este intervalo de tiempo T_{av} .

IV.2 Estimación por muestreo de la disponibilidad del servicio IP

Muestras aleatorias del estado de disponibilidad utilizando la prueba mínima arriba indicada pueden ser suficientes para estimar el PIA y el PIU. Para estimar la duración de los periodos de tiempo contiguos en estado de disponibilidad o en estado de indisponibilidad, el muestreo debe ser mucho más frecuente. La Rec. UIT-T X.137 contiene procedimientos para redes X.25/X.75 que podrían servir también para el servicio IP.

Apéndice V

Material pertinente para los métodos de medición de la calidad de funcionamiento IP

En este apéndice, que queda en estudio, se describirán asuntos importantes a considerar a medida que se desarrollen métodos de medición de la calidad de funcionamiento IP. Se presentarán en él los efectos de las condiciones externas a las secciones sometidas a prueba, incluidas consideraciones relativas al tráfico, sobre la calidad de funcionamiento medida.

Deberán especificarse las siguientes condiciones, que habrán de ser controladas durante las mediciones de calidad de funcionamiento IP:

- 1) Cuáles son exactamente las secciones que se miden:
 - los SRC y los DST de las mediciones de extremo a extremo;
 - los MP que limitan el NSE que se mide.
NOTA – No es necesario medir entre todos los pares de MP o todos los pares de SRC y DST para caracterizar la calidad de funcionamiento.
- 2) Tiempo de medición:
 - durante cuánto tiempo se recogieron muestras;
 - cuándo tuvo lugar la medición.
- 3) Características exactas del tráfico:
 - tasa a la que el SRC ofrece tráfico;
 - esquema de tráfico del SRC;
 - tráfico competidor en el SRC y el DST;
 - tamaño de los paquetes IP.
- 4) Tipo de medición:
 - en servicio o fuera de servicio;
 - activa o pasiva.
- 5) Resúmenes de los datos medidos:
 - valores medios, valores del caso más desfavorable y cuantiles empíricos;
 - periodo que se resume:
 - periodo corto (por ejemplo, una hora);
 - periodo largo (por ejemplo, un día, una semana, un mes).

Apéndice VI

Bibliografía

- IETF RFC 768 (1980), *User Datagram Protocol*.
- IETF RFC 792 (1981), *Internet Control Message Protocol*.
- IETF RFC 793 (1981), *Transmission Control Protocol*.
- IETF RFC 919 (1984), *Broadcasting Internet Datagrams*.

- IETF RFC 922 (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets.*
- IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure.*
- IETF RFC 959 (1985), *File Transfer Protocol (FTP).*
- IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) 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 3148 (2001), *A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics.*
- IETF RFC 3357 (2002), *One-way Loss Pattern Sample Metrics.*
- IETF RFC 3393 (2002), *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM).*
- IETF RFC 3432 (2002), *Network performance measurement with periodic streams.*

Apéndice VII

Terminología relacionada con el orden de llegada de paquetes IP

VII.1 Introducción

Este apéndice contiene información sobre la determinación de un resultado desordenado o paquetes reordenados. Es necesario emplear el modelo de referencia para tener en cuenta los resultados de paquetes IP anteriores, como se hizo para el parámetro IPDV.

VII.2 Antecedentes

La entrega de paquetes en orden es una propiedad de las transferencias satisfactorias de paquetes, de modo que los paquetes se reciben en el computador principal de destino (o punto de medición) en el mismo orden en que fueron enviados. El orden de llegada se determina únicamente mediante la posición, aunque la medida en la cual se ha reordenado un determinado paquete se puede cuantificar en unidades de posición, tiempo y distancias de byte de cabida útil. El parámetro de calidad de funcionamiento relativa al orden de los paquetes es importante para la mayoría de las aplicaciones, especialmente cuando se evalúa la aptitud de la red para trenes de medios en tiempo real, debido a su capacidad limitada de reestablecer el orden y el efecto de la capacidad de reestablecimiento sobre la calidad de funcionamiento. Normalmente los paquetes contienen algún tipo de identificador inequívoco, que algunas veces se supone que es un número de secuencia, según se describe en 6.2.2; esta y otra información (como las marcas de tiempo que se introducen en el MP₀) son necesarias.

VII.3 Definiciones

El resultado paquete ordenado se produce cuando un solo evento de referencia de paquete IP en un punto de medición de egreso aceptable da lugar a lo siguiente:

- El paquete tiene un número de secuencia mayor o igual al valor del siguiente paquete esperado. El siguiente valor esperado aumenta tras la recepción de este paquete, de modo que queda fijado el nuevo valor esperado.

El resultado desordenado o paquete reordenado se produce cuando un solo evento de referencia de paquetes IP en un punto de medición de egreso aceptable da lugar a lo siguiente:

- El paquete tiene un número de secuencia inferior que el valor del siguiente paquete esperado y por consiguiente se reordena el paquete. El siguiente valor esperado no aumenta tras la recepción de este paquete.

En la figura VII.1 se ilustra el resultado paquete desordenado para el paquete 2.

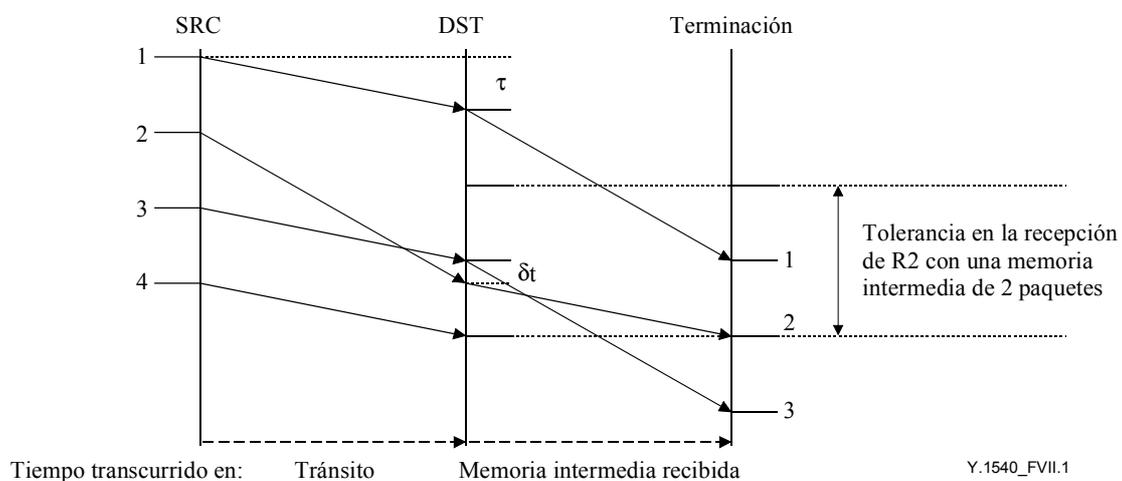


Figura VII.1/Y.1540 – Ilustración de recepción desordenada

La tasa de paquetes desordenados se define como la relación entre el número de paquetes desordenados y el número de paquetes totales enviados desde un origen en una población de interés.

Si es posible diferenciar diferentes eventos desordenados se podrá informar de un cómputo de eventos (junto con los criterios de eventos).

También es posible afirmar el grado de desorden de un paquete. Todo paquete cuyo número de secuencia cause que el valor del siguiente esperado se incremente en más del incremento normal indica una discontinuidad en el orden de recepción. A partir de este punto, todo paquete con número de secuencia inferior al valor del siguiente esperado se puede marcar con una distancia con respecto a la discontinuidad. La distancia puede expresarse en unidades de posición, tiempo o la suma de cabida útil de paquetes intermedios.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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