



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**E.360.1**

(05/2002)

SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED,  
SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL  
SERVICIO Y FACTORES HUMANOS

Plan de encaminamiento internacional

---

**Encaminamiento orientado a la calidad de  
servicio y métodos de ingeniería de tráfico  
conexos para redes multiservicios basadas en  
el protocolo Internet, modo de transferencia  
asíncrono y multiplexación por división en el  
tiempo**

Recomendación UIT-T E.360.1

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE E

**EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED, SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL SERVICIO Y FACTORES HUMANOS**

<b>EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES</b>	
Definiciones	E.100–E.103
Disposiciones de carácter general relativas a las Administraciones	E.104–E.119
Disposiciones de carácter general relativas a los usuarios	E.120–E.139
Explotación de las relaciones telefónicas internacionales	E.140–E.159
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.160–E.169
Plan de encaminamiento internacional	E.170–E.179
Tonos utilizados en los sistemas nacionales de señalización	E.180–E.189
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.190–E.199
Servicio móvil marítimo y servicio móvil terrestre público	E.200–E.229
<b>DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL</b>	
Tasación en el servicio internacional	E.230–E.249
Medidas y registro de la duración de las conferencias a efectos de la contabilidad	E.260–E.269
<b>UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS</b>	
Generalidades	E.300–E.319
Telefotografía	E.320–E.329
<b>DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS</b>	
<b>PLAN DE ENCAMINAMIENTO INTERNACIONAL</b>	<b>E.350–E.399</b>
<b>GESTIÓN DE RED</b>	
Estadísticas relativas al servicio internacional	E.400–E.409
Gestión de la red internacional	E.410–E.419
Comprobación de la calidad del servicio telefónico internacional	E.420–E.489
<b>INGENIERÍA DE TRÁFICO</b>	
Medidas y registro del tráfico	E.490–E.505
Previsiones del tráfico	E.506–E.509
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación manual	E.510–E.519
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática	E.520–E.539
Grado de servicio	E.540–E.599
Definiciones	E.600–E.649
Ingeniería de tráfico para redes con protocolo Internet	E.650–E.699
Ingeniería de tráfico de RDSI	E.700–E.749
Ingeniería de tráfico de redes móviles	E.750–E.799
<b>CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN: CONCEPTOS, MODELOS, OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO</b>	
Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación	E.800–E.809
Modelos para los servicios de telecomunicación	E.810–E.844
Objetivos para la calidad de servicio y conceptos conexos de los servicios de telecomunicaciones	E.845–E.859
Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la planificación de redes de telecomunicaciones.	E.860–E.879
Recopilación y evaluación de datos reales sobre la calidad de funcionamiento de equipos, redes y servicios	E.880–E.899

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

## **Recomendación UIT-T E.360.1**

### **Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos para redes multiservicios basadas en el protocolo Internet, modo de transferencia asíncrono y multiplexación por división en el tiempo**

#### **Resumen**

Las Recomendaciones de la serie E.360.x describen, analizan y aconsejan métodos que controlan una respuesta de la red a las demandas de tráfico y a otros estímulos, tales como fallos de enlaces o fallos de nodos. Las funciones examinadas y las recomendaciones hechas en relación con la ingeniería de tráfico (TE) son coherentes con la definición que figura en el documento básico del Grupo de trabajo de ingeniería de tráfico (TEWG) del Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (IETF):

La ingeniería de tráfico de Internet se ocupa de la optimización del funcionamiento de redes operacionales. Abarca la medición, modelado, caracterización y control del tráfico Internet, y la aplicación de técnicas para lograr objetivos específicos de calidad de funcionamiento, incluidos el movimiento fiable y expedito del tráfico a través de la red, la utilización eficaz de los recursos de red y la planificación de la capacidad de la red.

Los métodos tratados en las Recomendaciones de la serie E.360.x incluyen el encaminamiento de la llamada y de la conexión, la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, la gestión de las tablas de encaminamiento, el encaminamiento de transporte dinámico, la gestión de capacidad y los requisitos operacionales. Algunos de los métodos propuestos en esta serie se tratan también en las Recomendaciones UIT-T E.170 a E.179 y E.350 a E.353 sobre encaminamiento, E.410 a E.419 sobre gestión de redes y E.490 a E.780 sobre otros aspectos de la ingeniería de tráfico, o están estrechamente relacionados con los métodos propuestos en dichas Recomendaciones.

Los métodos recomendados se han de aplicar a las redes basadas en el protocolo Internet (IP), en el modo de transferencia asíncrono (ATM) y en la multiplexación por división en el tiempo (TDM), así como al interfuncionamiento entre estas tecnologías de red. Esencialmente todos los métodos recomendados se aplican ya de manera generalizada a escala mundial en redes operacionales, en particular en las redes telefónicas públicas conmutadas (RTPC) que emplean la tecnología basada en TDM. No obstante, estos métodos han demostrado ser extensibles a tecnologías basadas en paquetes, es decir, a tecnologías IP y ATM, y es importante que las redes que evolucionan hacia el empleo de estas tecnologías de paquetes tengan un conocimiento sólido de los métodos que se han de aplicar. Por consiguiente, el propósito es que los métodos indicados en las Recomendaciones de esta serie sirvan de base para los métodos específicos requeridos y, según sea necesario, para el desarrollo de protocolos en las redes IP, ATM y TDM para implementar estos métodos.

Los métodos expuestos en la presente Recomendación comprenden la gestión del tráfico mediante el control de funciones de encaminamiento, que incluyen la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio. Se presentan los resultados de los modelos de análisis que ilustran los compromisos entre diversos métodos. De acuerdo con los resultados de estos estudios y la práctica y experiencia probadas, se recomiendan los métodos que se han de considerar en la evolución de las redes hacia las tecnologías IP, ATM y/o TDM.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T E.360.1, preparada por la Comisión de Estudio 2 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 16 de mayo 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.

**Recomendación UIT-T E.360.1 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos para redes multiservicios basadas en el protocolo Internet, modo de transferencia asíncrono y multiplexación por división en el tiempo**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Abreviaturas
- 5 Modelo de ingeniería de tráfico
- 6 Modelos de tráfico
- 7 Funciones de gestión de tráfico
- 8 Funciones de gestión de capacidad
- 9 Requisitos operacionales de ingeniería de tráfico
- 10 Modelado y análisis de ingeniería de tráfico
- 11 Conclusiones/recomendaciones
- 12 Métodos de TE/QoS recomendados para redes multiservicios

Bibliografía

**Recomendación UIT-T E.360.2 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos de encaminamiento de la llamada y de encaminamiento de la conexión**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Abreviaturas
- 5 Métodos de encaminamiento de llamada
- 6 Métodos de encaminamiento de conexión (trayecto portador)
- 7 Selección de trayecto de encaminamiento fijo jerárquico (FR)
- 8 Selección de trayecto de encaminamiento dependiente del tiempo
- 9 Selección de trayecto de encaminamiento dependiente de estado (SDR)
- 10 Selección de encaminamiento dependiente de evento (EDR)
- 11 Encaminamiento entre dominios
- 12 Conclusiones/recomendaciones

Anexo A – Modelado de métodos de ingeniería de tráfico

**Recomendación UIT-T E.360.3 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones

- 4 Abreviaturas
- 5 Identificación de clase de servicio, obtención de tablas de encaminamiento basado en política y pasos de la gestión de recursos orientada a QoS
- 6 Principios de atribución, protección y reserva dinámicas de anchura de banda
- 7 Atribución, protección y reserva de anchura de banda por red virtual
- 8 Atribución, protección y reserva de anchura de banda por flujo
- 9 Control de tráfico en el nivel paquetes
- 10 Otras restricciones de la gestión de recursos orientada a QoS
- 11 Gestión de recursos orientada a QoS entre dominios
- 12 Conclusiones/recomendaciones

Anexo A – Modelado de métodos de ingeniería de tráfico

**Recomendación UIT-T E.360.4 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos y requisitos de la gestión de tablas de encaminamiento**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Abreviaturas
- 5 Gestión de tablas de encaminamiento para redes basadas en IP
- 6 Gestión de tablas de encaminamiento para redes basadas en ATM
- 7 Gestión de tabla de encaminamiento para redes basadas en TDM
- 8 Requisitos de señalización y de intercambio de información
- 9 Ejemplos de encaminamiento entre redes
- 10 Conclusiones/recomendaciones

Anexo A – Modelado de métodos de ingeniería de tráfico

**Recomendación UIT-T E.360.5 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos de encaminamiento de transporte**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Abreviaturas
- 5 Principios de encaminamiento de transporte dinámico
- 6 Ejemplos de encaminamiento de transporte dinámico
- 7 Diseño de red de transporte fiable
- 8 Conclusiones/recomendaciones

Anexo A – Modelado de métodos de ingeniería de tráfico

**Recomendación UIT-T E.360.6 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos de gestión de capacidad**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Abreviaturas
- 5 Modelos de diseño de capacidad de enlace
- 6 Modelos de selección de trayecto más corto
- 7 Modelos de diseño basado en la carga de varias horas
- 8 Modelos de diseño de variación de la carga día por día
- 9 Modelos de diseño de incertidumbre de previsión/capacidad de reserva
- 10 Modelos de diseño de redes en malla, de baja densidad y de transporte dinámico
- 11 Conclusiones/recomendaciones

Anexo A – Modelado de métodos de ingeniería de tráfico

**Recomendación UIT-T E.360.7 – Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Requisitos operacionales de ingeniería de tráfico**

- 1 Alcance
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Abreviaturas
- 5 Gestión de tráfico
- 6 Gestión de capacidad – Previsión
- 7 Gestión de capacidad – Supervisión de la calidad de funcionamiento diaria y semanal
- 8 Gestión de capacidad – Ajuste de la red a corto plazo
- 9 Comparación de los métodos TE fuera de línea (TDR) y en línea (SDR/EDR)
- 10 Conclusiones/recomendaciones

## Introducción

La ingeniería de tráfico (TE, *traffic engineering*) es una función de red indispensable que controla una respuesta de la red a las demandas de tráfico y a otros estímulos, tales como los fallos de red. La ingeniería de tráfico abarca:

- la gestión de tráfico mediante el control de funciones de encaminamiento, que incluyen traducción de número/nombre a dirección de encaminamiento, encaminamiento de la conexión, gestión de tablas de encaminamiento, gestión de recursos orientada a la calidad de servicio y encaminamiento de transporte dinámico;
- la gestión de capacidad mediante el control del diseño de red.

Las redes actuales y futuras están evolucionando rápidamente para transportar una multitud de servicios de voz/RDSI y servicios de datos en paquetes por redes basadas en protocolo Internet (IP), modo de transferencia asíncrono (ATM), y multiplexación por división en el tiempo (TDM, *time division multiplexing*). La revolución de datos largamente esperada se está produciendo, con el crecimiento extremadamente rápido de los servicios de datos, tales como servicios multimedios IP y de retransmisión de tramas. Dentro de estas categorías de redes y servicios soportados por los protocolos IP, ATM y TDM, los diversos métodos de TE han evolucionado. La presente Recomendación trata de los mecanismos de TE y se presenta un análisis comparativo y la evaluación de la calidad de funcionamiento de diversas alternativas de TE. Por último, se examinan los requisitos para la implementación de TE.

La presente Recomendación, que sirve de marco, comienza con un modelo general de las funciones de TE, que incluyen funciones de gestión de tráfico y de gestión de capacidad en respuesta a las demandas de tráfico por la red. Presenta después un modelo de las variaciones del tráfico a las que responden estas funciones de TE. A continuación se esbozan las funciones de gestión de tráfico que incluyen el encaminamiento de la llamada (traducción de número/nombre a dirección de encaminamiento), el encaminamiento de la conexión o trayecto portador, la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, la gestión de las tablas de encaminamiento y el encaminamiento de transporte dinámico. Estas funciones de gestión de tráfico se describen más ampliamente en las Recomendaciones UIT-T E.360.2, E.360.3, E.360.4 y E.360.5. Se esbozan también las funciones de gestión de capacidad, que se describen con más detalle en la Rec. UIT-T E.360.6. Por último, se resumen brevemente los requisitos operacionales de TE, más desarrollados en la Rec. UIT-T E.360.7.

En la Rec. UIT-T E.360.2 se presentan modelos para el encaminamiento de la llamada, que requiere la traducción de número/nombre a una dirección de encaminamiento asociada con peticiones de servicio, y se comparan también varios métodos de encaminamiento de la conexión (trayecto portador). En la Rec. UIT-T E.360.3 se examinan detalladamente los métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, y se compara la gestión de recursos flujo por flujo con la gestión de recursos red virtual por red virtual (o por haz de circuitos de tráfico o por conducto de anchura de banda) y la implementación de la integración de múltiples servicios con servicios de encaminamiento con prioridad. En la Rec. UIT-T E.360.4 se identifican y examinan los métodos de gestión de tablas de encaminamiento, y se incluye un examen de los requisitos del intercambio de señalización e información de TE necesario para el interfuncionamiento a través de distintos tipos de redes, de modo que el intercambio de información en la interfaz sea compatible a través de redes diversas. En la Rec. UIT-T E.360.5 se describen los métodos para el encaminamiento de transporte dinámico, que es posible gracias a capacidades tales como los dispositivos de transconexión ópticos, para reestructurar dinámicamente la capacidad de red de transporte. En la Rec. UIT-T E.360.6 se exponen los principios para la gestión de capacidad de TE y en la Rec. UIT-T E.360.7 se presentan los requisitos operacionales de TE.

## Recomendación UIT-T E.360.1

### **Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos para redes multiservicios basadas en el protocolo Internet, modo de transferencia asíncrono y multiplexación por división en el tiempo**

#### **1 Alcance**

Las Recomendaciones de la serie E.360.x describen, analizan y aconsejan métodos que controlan una respuesta de la red a las demandas de tráfico y a otros estímulos, tales como fallos de enlaces o fallos de nodos. Las funciones examinadas y las recomendaciones hechas en relación con la ingeniería de tráfico (TE) son coherentes con la definición que figura en el documento básico del Grupo de trabajo de ingeniería de tráfico (TEWG, *traffic engineering working group*) del Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (IETF, *Internet engineering task force*):

La ingeniería de tráfico de Internet se ocupa de la optimización del funcionamiento de redes operacionales. Abarca la medición, modelado, caracterización y control del tráfico Internet, y la aplicación de técnicas para lograr objetivos específicos de calidad de funcionamiento, incluidos el movimiento fiable y expedito del tráfico a través de la red, la utilización eficaz de los recursos de red y la planificación de la capacidad de la red.

Los métodos tratados en las Recomendaciones de la serie E.360.x incluyen el encaminamiento de la llamada y de la conexión, la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, la gestión de las tablas de encaminamiento, el encaminamiento de transporte dinámico, la gestión de capacidad y los requisitos operacionales. Algunos de los métodos propuestos en dicha serie se tratan también en las Recomendaciones UIT-T E.170 a E.179 y E.350 a E.353 sobre encaminamiento, E.410 a E.419 sobre gestión de redes y E.490 a E.780 sobre otros aspectos de la ingeniería de tráfico, o están estrechamente relacionados con los métodos propuestos en dichas Recomendaciones.

Los métodos recomendados se han de aplicar a las redes basadas en el protocolo Internet (IP, *Internet protocol*), en el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) y en la multiplexación por división en el tiempo (TDM), así como al interfuncionamiento entre estas tecnologías de red. Esencialmente todos los métodos recomendados se aplican ya de manera generalizada a escala mundial en redes operacionales, en particular en las redes telefónicas públicas conmutadas (RTPC) que emplean la tecnología basada en TDM. No obstante, estos métodos han demostrado ser extensibles a tecnologías basadas en paquetes, es decir, a tecnologías IP y ATM, y es importante que las redes que evolucionan hacia el empleo de estas tecnologías de paquetes tengan un conocimiento sólido de los métodos que se han de aplicar. Por consiguiente, el propósito es que los métodos indicados en las Recomendaciones de esta serie sirvan de base para los métodos específicos requeridos y, según sea necesario, para el desarrollo de protocolos en las redes IP, ATM y TDM para aplicar estos métodos.

Por tanto, los métodos que figuran en esta serie de Recomendaciones comprenden:

- la gestión de tráfico mediante el control de funciones de encaminamiento, que incluyen el encaminamiento de la llamada (traducción de número/nombre a dirección de encaminamiento), encaminamiento de la conexión, gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, gestión de tablas de encaminamiento y encaminamiento de transporte dinámico;
- la gestión de capacidad, mediante el control del diseño de red, incluido el diseño de encaminamiento;
- los requisitos operacionales para la gestión de tráfico y de capacidad, que abarcan la previsión, la supervisión de la calidad de funcionamiento y el ajuste de la red a corto plazo.

Se presentan los resultados de los modelos de análisis que ilustran los compromisos entre diversos métodos. De acuerdo con los resultados de estos estudios y la práctica y experiencia probadas, se recomiendan los métodos que se han de considerar en la evolución de las redes hacia las tecnologías IP, ATM y/o TDM.

## 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.

- [E.164] Recomendación UIT-T E.164 (1997), *Plan internacional de numeración de telecomunicaciones públicas.*
- [E.170] Recomendación UIT-T E.170 (1992), *Encaminamiento del tráfico.*
- [E.177] Recomendación UIT-T E.177 (1996), *Encaminamiento en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA).*
- [E.191] Recomendación UIT-T E.191 (2000), *Direccionamiento en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA).*
- [E.350] Recomendación UIT-T E.350 (2000), *Interfuncionamiento del encaminamiento dinámico.*
- [E.351] Recomendación UIT-T E.351 (2000), *Encaminamiento de conexiones multimedios a través de redes con multiplexión por división en el tiempo, modo transferencia asíncrono o basadas en el protocolo Internet.*
- [E.352] Recomendación UIT-T E.352 (2000), *Directrices sobre métodos de encaminamiento eficaces.*
- [E.353] Recomendación UIT-T E.353 (2001), *Encaminamiento de llamadas cuando se utilizan direcciones internacionales de encaminamiento de red.*
- [E.412] Recomendación UIT-T E.412 (1998), *Controles de gestión de red.*
- [E.490] Recomendación UIT-T E.490 (1992), *Medidas y evaluación del tráfico – Examen general.*
- [E.491] Recomendación UIT-T E.491 (1997), *Medidas de tráfico por destino.*
- [E.492] Recomendación UIT-T E.492 (1996), *Periodo de referencia del tráfico.*
- [E.493] Recomendación UIT-T E.493 (1996), *Supervisión del grado de servicio.*
- [E.500] Recomendación UIT-T E.500 (1998), *Principios de medida de la intensidad de tráfico.*
- [E.501] Recomendación UIT-T E.501 (1997), *Estimación del tráfico ofrecido en la red.*
- [E.502] Recomendación UIT-T E.502 (2001), *Requisitos de las medidas de tráfico para las centrales digitales de telecomunicación.*
- [E.503] Recomendación UIT-T E.503 (1992), *Análisis de datos de las medidas de tráfico.*
- [E.504] Recomendación UIT-T E.504 (1988), *Administración de las medidas de tráfico.*
- [E.505] Recomendación UIT-T E.505 (1992), *Medidas de la calidad de funcionamiento de la red de señalización por canal común.*
- [E.506] Recomendación UIT-T E.506 (1992), *Previsiones del tráfico internacional.*

- [E.507] Recomendación UIT-T E.507 (1988), *Modelos para la previsión del tráfico internacional*.
- [E.508] Recomendación UIT-T E.508 (1992), *Previsiones para nuevos servicios de telecomunicación*.
- [E.520] Recomendación UIT-T E.520 (1988), *Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática (sin posibilidad de desbordamiento)*.
- [E.521] Recomendación UIT-T E.521 (1988), *Cálculo del número de circuitos de un haz utilizado para cursar el tráfico de desbordamiento*.
- [E.522] Recomendación UIT-T E.522 (1988), *Número de circuitos en un haz de gran utilización*.
- [E.523] Recomendación UIT-T E.523 (1988), *Perfiles típicos de distribución de tráfico para corrientes de tráfico internacional*.
- [E.524] Recomendación UIT-T E.524 (1999), *Aproximaciones del tráfico de desbordamiento para flujos de tráfico no aleatorios*.
- [E.525] Recomendación UIT-T E.525 (1992), *Diseño de redes para controlar el grado de servicio*.
- [E.526] Recomendación UIT-T E.526 (1993), *Dimensionamiento de haces de circuitos con servicios portadores multiintervalo y sin entradas de desbordamiento*.
- [E.527] Recomendación UIT-T E.527 (2000), *Dimensionado de un haz de circuitos con servicios portadores multiintervalo y tráfico de desbordamiento*.
- [E.528] Recomendación UIT-T E.528 (1996), *Dimensionado de los sistemas de equipos de multiplicación de circuitos digitales*.
- [E.529] Recomendación UIT-T E.529 (1997), *Dimensionado de redes utilizando los objetivos de grado de servicio de extremo a extremo*.
- [E.600] Recomendación UIT-T E.600 (1993), *Términos y definiciones de ingeniería de tráfico*.
- [E.731] Recomendación UIT-T E.731 (1992), *Métodos para dimensionar recursos que funcionan en modo conmutación de circuitos*.
- [E.733] Recomendación UIT-T E.733 (1998), *Métodos de dimensionado de recursos de las redes con sistemas de señalización N.º 7*.
- [E.734] Recomendación UIT-T E.734 (1996), *Métodos de asignación y dimensionado de los recursos de red inteligente (RI)*.
- [E.735] Recomendación UIT-T E.735 (1997), *Marco para el control del tráfico y el dimensionamiento en la RDSI-BA*.
- [E.736] Recomendación UIT-T E.736 (2000), *Métodos para el control de tráfico a nivel de célula en la RDSI-BA*.
- [E.737] Recomendación UIT-T E.737 (2001), *Métodos de dimensionado en la RDSI-BA*.
- [E.743] Recomendación UIT-T E.743 (1995), *Medidas de tráfico para el dimensionamiento y la planificación del sistema de señalización N.º 7*.
- [G.723.1] Recomendación UIT-T G.723.1 (1996), *Codificadores vocales: Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedios a 5,3 y 6,3 kbit/s*.
- [H.225.0] Recomendación UIT-T H.225.0 (2000), *Protocolos de señalización de llamada y paquetización de trenes de medios para sistemas de comunicación multimedios por paquetes*.
- [H.245] Recomendación UIT-T H.245 (2001), *Protocolo de control para comunicaciones multimedios*.

- [H.246] Recomendación UIT-T H.246 (1998), *Interfuncionamiento de terminales multimedios de la serie H con terminales multimedios de la serie H y terminales vocales/de banda vocal por la RTGC y la RDSI.*
- [H.323] Recomendación UIT-T H.323 (2000), *Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes.*
- [I.211] Recomendación UIT-T I.211 (1993), *Aspectos de servicio de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- [I.324] Recomendación UIT-T I.324 (1991), *Arquitectura de la red digital de servicios integrados.*
- [I.327] Recomendación UIT-T I.327 (1993), *Arquitectura funcional de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- [I.356] Recomendación UIT-T I.356 (2000), *Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo de transferencia asíncrono de la RDSI de banda ancha.*
- [Q.71] Recomendación UIT-T Q.71 (1993), *Servicios portadores conmutados en modo circuito en la red digital de servicios integrados.*
- [Q.2761] Recomendación UIT-T Q.2761 (1999), *Descripción funcional de la parte usuario de la RDSI-BA del sistema de señalización N.º 7.*
- [Q.2931] Recomendación UIT-T Q.2931 (1995), *Sistema de señalización digital de abonado N.º 2 – Especificación de la capa 3 de la interfaz usuario-red para el control de llamada/conexión básica.*

### 3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

**3.1 encaminamiento por trayecto alternativo:** Técnica de encaminamiento según la cual se utilizan múltiples trayectos, en vez de sólo el trayecto más corto, entre un nodo de origen y un nodo de destino, para encaminar el tráfico, con el fin de distribuir la carga entre múltiples trayectos en la red.

**3.2 sistema autónomo:** Un dominio de encaminamiento que tiene una autoridad administrativa común y una política de encaminamiento interna coherente. Un sistema autónomo puede emplear múltiples protocolos de encaminamiento intradominio e interfaces con otros sistemas autónomos por un protocolo de encaminamiento común entre dominios.

**3.3 bloqueo:** Es el rechazo o no admisión de una llamada o petición de conexión, en base, por ejemplo, a la falta de recursos disponibles en un enlace determinado (recursos de anchura de banda de enlace o de puesta en cola).

**3.4 llamada:** Término genérico para describir el establecimiento, utilización y liberación de una conexión (trayecto portador) o flujo de datos.

**3.5 encaminamiento de llamada:** Traducción de número (o nombre) a dirección o direcciones de encaminamiento, quizás con la utilización de servidores de red o bases de datos de red inteligente para el procesamiento de servicios.

**3.6 conmutación de circuitos:** Indica la transferencia de un conjunto individual de bits dentro de un intervalo de tiempo TDM por una conexión entre un puerto de entrada y un puerto de salida dentro de un determinado nodo de conmutación de circuitos a través de la estructura de conmutación de circuitos (véase Conmutación).

**3.7 clase de servicio:** Características de un servicio descrita por parámetros de identidad de servicios, red virtual, requisitos de capacidad de enlace, calidad de servicio y umbral de tráfico.

- 3.8 conexión:** Trayecto portador, trayecto conmutado con etiqueta, circuito virtual y/o trayecto virtual establecidos por el encaminamiento de la llamada y el encaminamiento de la conexión.
- 3.9 admisión de conexión de control [CAC, *call (or connection) admission control*]:** Proceso por el cual se determina si un enlace o un nodo tiene recursos suficientes. Para satisfacer la calidad de servicio requerida para una conexión o flujo, generalmente el control de admisión de la llamada o conexión (CAC) es aplicado por cada nodo en el trayecto de una conexión o flujo durante el establecimiento para comprobar la disponibilidad de recursos locales.
- 3.10 encaminamiento de conexión:** Establecimiento de la conexión mediante la selección de un trayecto entre opciones de trayectos regida por la tabla de encaminamiento.
- 3.11 reencaminamiento automático hacia atrás:** Técnica por la cual el establecimiento de una conexión o flujo es retrocedida por el trayecto de llamada/conexión/flujo hasta el primer nodo que puede determinar un trayecto alternativo al nodo de destino.
- 3.12 nodo de destino:** Nodo de terminación dentro de una red dada.
- 3.13 flujo:** Tráfico portador asociado con un determinado tren con conexión o sin conexión que tiene los mismos nodos de origen y de destino, clase de servicio e identificación de sesión.
- 3.14 grado de servicio (GoS, *grade of service*):** Un número de variables de diseño de red utilizadas para proporcionar una medida de la idoneidad de un grupo de recursos en condiciones especificadas (por ejemplo, las variables de grado de servicio pueden ser probabilidad de pérdida, retardo del tono de invitación a marcar, etc.).
- 3.15 normas de grado de servicio:** Valores de parámetro asignados como objetivos para variables de grado de servicio.
- 3.16 servicios integrados:** Un modelo que permite la integración de servicios con diversas clases de calidad de servicio, tales como servicios con prioridad clave, prioridad normal y prioridad de mejor esfuerzo.
- 3.17 enlace:** Un medio de transmisión de anchura de banda entre nodos que es realizado como una unidad.
- 3.18 enlace lógico:** Un medio de transmisión de anchura de banda fija (por ejemplo, T1, DS3, OC3, etc.) en la capa de enlace (capa 2) entre dos nodos, establecido en un trayecto formado por (posiblemente varios) enlaces de transporte físicos (en la capa 1) que son conmutados, por ejemplo, a través de varios dispositivos de transconexión ópticos.
- 3.19 nodo:** Un elemento de red (conmutador, encaminador, central) que proporciona capacidades de conmutación y encaminamiento, o un conjunto de tales elementos de red que representan una red.
- 3.20 red multiservicios:** Una red en la cual varias clases de servicio comparten los recursos de transmisión, conmutación, puesta en cola, gestión y otros recursos de la red.
- 3.21 par O-D:** Un par de nodo de origen-nodo de destino para una determinada petición de conexión/atribución de anchura de banda.
- 3.22 nodo de origen:** Nodo de origen dentro de una red dada.
- 3.23 conmutación de paquetes:** Indica la transferencia de una paquete por una conexión entre un puerto de entrada y un puerto de salida dentro de un nodo de conmutación de paquetes a través de la estructura de conmutación de paquetes (véase Conmutación).
- 3.24 trayecto:** Una concatenación de enlaces que proporciona una conexión/atribución de anchura de banda entre un par O-D.

- 3.25 enlace de transporte físico:** Un medio de transmisión de anchura de banda en la capa física (capa 1) entre dos nodos, tal como en un sistema de fibra óptica entre equipos terminales utilizados para la transmisión de bits o paquetes (véase Transporte).
- 3.26 encaminamiento basado en política:** Función de red que conlleva la aplicación de reglas impuestas a parámetros de entrada para obtener una tabla de encaminamiento y sus parámetros asociados.
- 3.27 calidad de servicio (QoS, *quality of service*):** Un conjunto de requisitos de servicios que han de ser satisfechos por la red mientras transporta una conexión o flujo; el efecto colectivo de la calidad de servicio que determina el grado de satisfacción de un *usuario del servicio*.
- 3.28 gestión de recursos orientada a la calidad de servicio:** Funciones de red que incluyen la identificación de clase de servicio y la tabla de encaminamiento, obtención, admisión de conexión, atribución de anchura de banda, protección de anchura de banda, reserva de anchura de banda, encaminamiento con prioridad y puesta en cola con prioridad.
- 3.29 encaminamiento orientado a la calidad de servicio:** Véase Gestión de recursos orientada a la calidad de servicio.
- 3.30 variable de calidad de servicio:** Toda variable de funcionamiento (tal como congestión, retardo, etc.) que es perceptible por un usuario.
- 3.31 ruta:** Un conjunto de trayectos que conectan el mismo par de nodo de origen y nodo de destino.
- 3.32 encaminamiento:** Proceso de determinación, establecimiento y uso de tablas de encaminamiento para seleccionar trayectos entre un puerto de entrada en el borde de la red de ingreso y un puerto de salida en el borde de la red de egreso; incluye el proceso de ejecutar el encaminamiento de la llamada y el encaminamiento de la conexión (véanse Encaminamiento de llamada y Encaminamiento de conexión).
- 3.33 tabla de encaminamiento:** Describe las opciones de trayecto y las reglas de selección para elegir un trayecto de la ruta para una petición de conexión/atribución de anchura de banda.
- 3.34 conmutación:** Indica la conexión de un puerto de entrada con un puerto de salida dentro de un nodo dado a través de la estructura de conmutación.
- 3.35 ingeniería de tráfico:** Abarca la gestión de tráfico, gestión de capacidad, mediciones de tráfico y modelado, modelado de red y análisis de calidad de funcionamiento.
- 3.36 métodos de ingeniería de tráfico:** Funciones de red que soportan la ingeniería de tráfico e incluyen el encaminamiento de la llamada, encaminamiento de la conexión, gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, gestión de tablas de encaminamiento y gestión de capacidad.
- 3.37 tren de tráfico:** Una clase de peticiones de conexión con las mismas características de tráfico.
- 3.38 haz de circuitos de tráfico:** Un conjunto de flujos de tráfico de la misma clase que son encaminados por el mismo trayecto (véase Enlace lógico).
- 3.39 transporte:** Transmisión de bits o paquetes por la capa física (capa 1) entre dos nodos, tales como un sistema de fibra óptica entre equipos terminales [obsérvese que esta definición es distinta de la terminología de protocolo IP de transporte como conectividad de extremo a extremo en la capa 4, como con el protocolo de control de transporte (TCP, *transport control protocol*)].
- 3.40 nodo intermedio:** Un nodo intermedio en un trayecto dentro de una red dada.

#### 4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AAR	Encaminamiento alternativo automático ( <i>automatic alternate routing</i> )
ABR	Velocidad binaria disponible ( <i>available bit rate</i> )
ADR	Dirección ( <i>address</i> )
AESA	Dirección de sistema de extremo del modo de transferencia asíncrono ( <i>ATM end system address</i> )
AFI	Identificador de autoridad y de formato ( <i>authority and format identifier</i> )
AINI	Interfaz entre redes con modo de transferencia asíncrono ( <i>ATM inter-network interface</i> )
ALB	Anchura de banda de enlace disponible ( <i>available link bandwidth</i> )
ARR	Reencaminamiento automático ( <i>automatic rerouting</i> )
AS	Sistema autónomo ( <i>autonomous system</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
B	Ocupado ( <i>busy</i> )
BBP	Procesador de corredor de anchura de banda ( <i>bandwidth broker processor</i> )
BGP	Protocolo de pasarela de frontera ( <i>border gateway protocol</i> )
BICC	Control de llamada independiente del portador ( <i>bearer independent call control</i> )
BNA	Anchura de banda no disponible ( <i>bandwidth not available</i> )
BW	Anchura de banda ( <i>bandwidth</i> )
BWIP	Anchura de banda en progreso ( <i>bandwidth in progress</i> )
BWOF	Anchura de banda ofrecida ( <i>bandwidth offered</i> )
BWOV	Desbordamiento de la anchura de banda ( <i>bandwidth overflow</i> )
BWPC	Cómputo estadístico de la anchura de banda ( <i>bandwidth peg count</i> )
CAC	Control de admisión de llamada (o de conexión) [ <i>call (or connection) admission control</i> ]
CBK	Reencaminamiento automático hacia atrás ( <i>crankback</i> )
CBR	Velocidad binaria constante ( <i>constant bit rate</i> )
CCS	Señalización por canal común ( <i>common channel signalling</i> )
CIC	Código de identificación de la llamada ( <i>call identification code</i> )
CRLDP	Protocolo de distribución por etiquetas de encaminamiento con restricciones ( <i>constraint-based routing label distribution protocol</i> )
CRLSP	Trayecto conmutado por etiquetas de encaminamiento con restricciones ( <i>constraint-based routing label switched path</i> )
DADR	Encaminamiento dinámico adaptable distribuido ( <i>distributed adaptive dynamic routing</i> )
DAR	Encaminamiento alternativo dinámico ( <i>dynamic alternate routing</i> )
DCC	Indicativo de país para datos ( <i>data country code</i> )

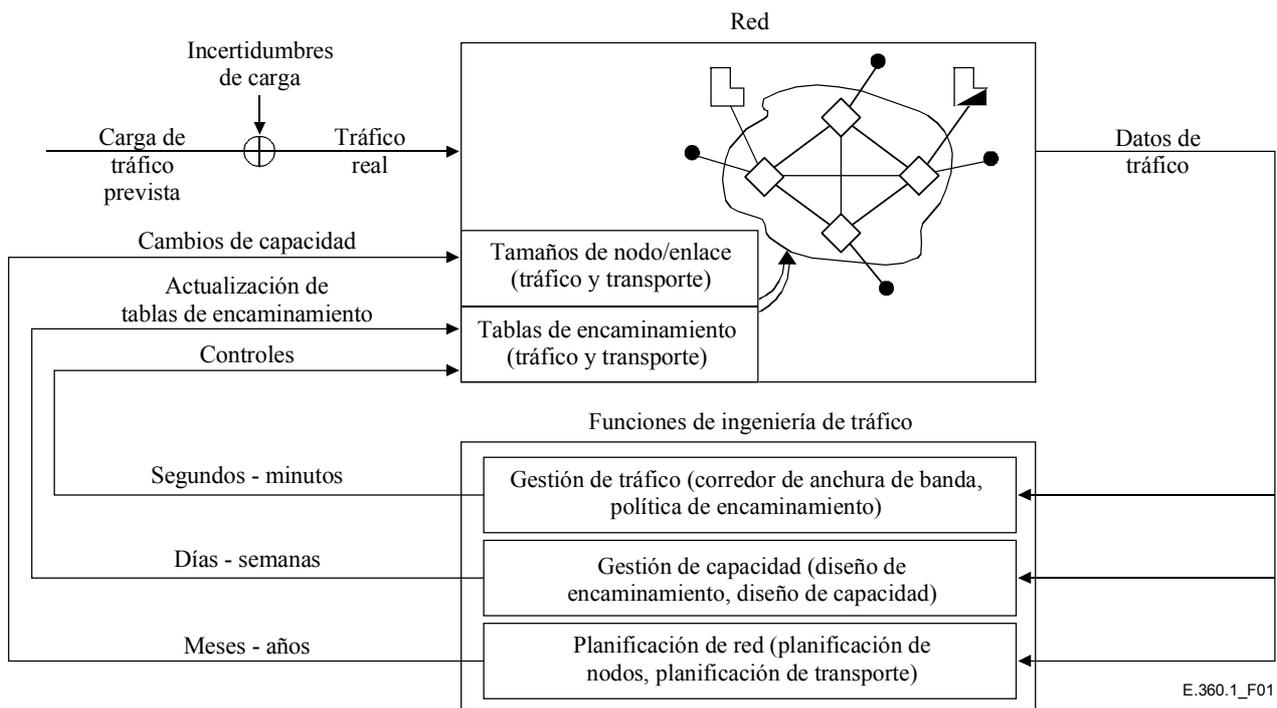
DCR	Encaminamiento dinámicamente controlado ( <i>dynamically controlled routing</i> )
DIFFSERV	Servicios diferenciados ( <i>differentiated services</i> )
DN	Nodo de destino ( <i>destination node</i> )
DNHR	Encaminamiento dinámico no jerárquico ( <i>dynamic non-hierarchical routing</i> )
DoS	Profundidad de búsqueda ( <i>depth-of-search</i> )
DSP	Parte específica de dominio ( <i>domain specific part</i> )
DTL	Lista de tránsito designada ( <i>designated transit list</i> )
EDR	Encaminamiento dependiente del evento ( <i>event dependent routing</i> )
ER	Ruta explícita ( <i>explicit route</i> )
FR	Encaminamiento fijo ( <i>fixed routing</i> )
GCAC	Control de admisión de llamadas genéricas ( <i>generic call admission control</i> )
GOS	Grado de servicio ( <i>grade of service</i> )
HL	Fuertemente cargado ( <i>heavily loaded</i> )
IAM	Mensaje inicial de dirección ( <i>initial address message</i> )
ICD	Designador de indicativo internacional ( <i>international code designator</i> )
IDI	Identificador de dominio inicial ( <i>initial domain identifier</i> )
IDP	Parte de dominio inicial ( <i>initial domain part</i> )
IE	Elemento de información ( <i>information element</i> )
IETF	Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet ( <i>Internet engineering task force</i> )
II	Intercambio de información ( <i>information interchange</i> )
ILBW	Anchura de banda de enlace en reposo ( <i>idle link bandwidth</i> )
INRA	Dirección internacional de encaminamiento de red ( <i>international network routing address</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPDC	Control de dispositivos de protocolo Internet ( <i>Internet protocol device control</i> )
LBL	Nivel de bloqueo del enlace ( <i>link blocking level</i> )
LC	Capacidad del enlace ( <i>link capability</i> )
LDP	Protocolo de distribución de etiquetas ( <i>label distribution protocol</i> )
LL	Levemente cargado ( <i>lightly loaded</i> )
LLR	Encaminamiento menos cargado ( <i>least loaded routing</i> )
LSA	Advertencia del estado del enlace ( <i>link state advertisement</i> )
LSP	Trayecto conmutado por etiquetas ( <i>label switched path</i> )
MEGACO	Control de pasarela de medios ( <i>media gateway control</i> )
MOD	Modificación ( <i>modify</i> )
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo ( <i>multiprotocol label switching</i> )
NANP	Plan de numeración norteamericano ( <i>north american numbering plan</i> )
NSAP	Punto de acceso al servicio de red ( <i>network service access point</i> )

ODR	Encaminamiento dinámico optimizado ( <i>optimized dynamic routing</i> )
ON	Nodo de origen ( <i>originating node</i> )
OSPF	Primer trayecto más corto abierto ( <i>open shortest path first</i> )
PAR	Parámetros ( <i>parameters</i> )
PNNI	Interfaz red-red privada ( <i>private network-to-network interface</i> )
PTSE	Elementos del estado de la topología de la interfaz red-red privada ( <i>PNNI topology state elements</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>quality of service</i> )
R	Reservado ( <i>reserved</i> )
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
RDSI-BE	Red digital de servicios integrados de banda estrecha
RTPC	Red telefónica pública conmutada
RQE	Elemento de indagación de encaminamiento ( <i>routing query element</i> )
RRE	Elemento de recomendación de encaminamiento ( <i>routing recommendation element</i> )
RSE	Elemento de estado de encaminamiento ( <i>routing state element</i> )
RSVP	Protocolo de reserva de recursos ( <i>resource reservation protocol</i> )
RTNR	Encaminamiento de red en tiempo real ( <i>real-time network routing</i> )
SCP	Punto de control de servicio ( <i>service control point</i> )
SDR	Encaminamiento dependiente del estado ( <i>state-dependent routing</i> )
SI	Identidad de servicio ( <i>service identity</i> )
SIP	Protocolo de iniciación de sesión ( <i>session initiation protocol</i> )
SS7	Sistema de señalización N.º 7 ( <i>signalling system No. 7</i> )
STR	Encaminamiento dependiente del estado y del tiempo ( <i>state-and time-dependent routing</i> )
SVC	Circuito virtual conmutado ( <i>switched virtual circuit</i> )
SVP	Trayecto virtual conmutado ( <i>switched virtual path</i> )
TBW	Anchura de banda total ( <i>total bandwidth</i> )
TBWIP	Anchura de banda total en progreso ( <i>total bandwidth in progress</i> )
TDR	Encaminamiento dependiente del tiempo ( <i>time-dependent routing</i> )
TIPHON	Armonización de telecomunicaciones y protocolo Internet por las redes ( <i>telecommunications and Internet protocol harmonization over networks</i> )
TLV	Tipo/longitud/valor ( <i>type/length/value</i> )
ToS	Tipo de servicio ( <i>type of service</i> )
TR	Reserva de haces de circuitos ( <i>trunk reservation</i> )
TRAF	Tráfico ( <i>traffic</i> )
TSE	Elemento de estado de topología ( <i>topology state element</i> )
UBR	Velocidad binaria no asignada ( <i>unassigned bit rate</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user-network interface</i> )

VBR	Velocidad binaria variable ( <i>variable bit rate</i> )
VC	Circuito virtual ( <i>virtual circuit</i> )
VCI	Identificador de circuito virtual ( <i>virtual circuit identifier</i> )
VN	Nodo intermedio ( <i>via node</i> )
VNET	Red virtual ( <i>virtual network</i> )
VPI	Identificador de trayecto virtual ( <i>virtual path identifier</i> )
WIN	Red inteligente mundial (encaminamiento) [ <i>worldwide intelligent network (routing)</i> ]

## 5 Modelo de ingeniería de tráfico

La figura 1 ilustra un modelo para la ingeniería de tráfico de red. La casilla central representa la red, que puede tener diversas arquitecturas y configuraciones, y las tablas de encaminamiento utilizadas dentro de la red. Las configuraciones de red podrán incluir redes de área metropolitana, redes nacionales interurbanas y redes internacionales mundiales, que soportan estructuras jerárquicas y no jerárquicas y combinaciones de ambas. Las tablas de encaminamiento describen las opciones de trayectos de un nodo de origen a un nodo de terminación, para una petición de conexión de un servicio determinado. Puede haber tablas de encaminamiento jerárquico y no jerárquico, como son las tablas de encaminamiento fijo y las tablas de encaminamiento dinámico. Las tablas de encaminamiento se utilizan para una multiplicidad de servicios de tráfico y transporte en la red de telecomunicaciones.



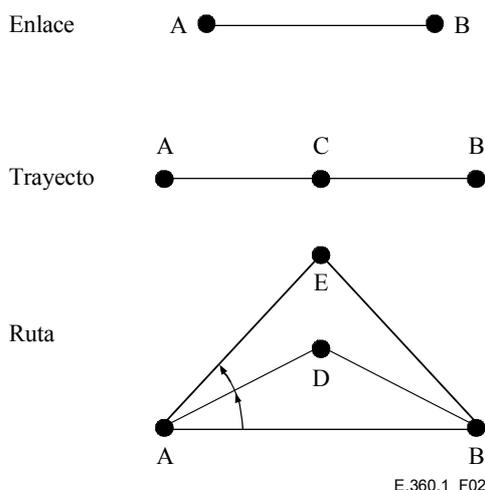
**Figura 1/E.360.1 – Modelo de ingeniería de tráfico**

Las funciones mostradas en la figura 1 son coherentes con la definición de TE empleada por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Tráfico (TEWG) del Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (IETF):

La ingeniería de tráfico de Internet trata de la optimización del funcionamiento de redes operacionales. Abarca la medición, modelado, caracterización y control del tráfico Internet, y la aplicación de técnicas para lograr objetivos específicos de calidad de funcionamiento, incluidos el

movimiento fiable y expedito del tráfico a través de la red, la utilización eficaz de los recursos de red y la planificación de la capacidad de la red.

La terminología utilizada en la Recomendación, ilustrada en la figura 2, es que un enlace es un medio de transmisión (lógico o físico) que conecta dos nodos, un trayecto es una secuencia de enlaces que conectan un nodo de origen y un nodo de destino, y una ruta es el conjunto de diferentes trayectos entre el origen y el destino por los que una llamada pudiera ser encaminada dentro de una determinada disciplina de encaminamiento. En este caso, una llamada es un término genérico utilizado para describir el establecimiento, utilización y liberación de una conexión, o flujo de datos. En este contexto, una llamada puede hacer referencia a una llamada vocal establecida utilizando quizás el protocolo de señalización SS7, o una sesión de flujo de datos basada en la Web, establecida por el protocolo de transporte de hipertexto (HTTP) y los protocolos basados en IP asociados. En la Rec. UIT-T E.360.2 se examinan varias implementaciones de tablas de encaminamiento.



**Figura 2/E.360.1 – Terminología**

Las funciones de ingeniería de tráfico comprenden gestión de tráfico, gestión de capacidad y planificación de la red. La gestión de tráfico asegura el funcionamiento máximo de la red en todas las condiciones, incluidos variación de la carga y fallos. La gestión de capacidad asegura que la red está diseñada y aprovisionada para satisfacer los objetivos de calidad de funcionamiento de las demandas de red con un costo mínimo. La planificación de red asegura que la capacidad de nodos y de transporte se ha planificado y realizado con antelación al aumento de tráfico previsto. La figura 1 ilustra la gestión de tráfico, la gestión de mantenimiento y la planificación de red como tres bucles que interactúan alrededor de la red. La entrada que activa la red ("sistema") es una carga de tráfico ruidosa ("señal") que consiste en componentes de demanda media que son previsibles, añadidos a componentes de error de previsión y variación de la carga, que son desconocidos. Los componentes de variación de la carga tienen diferentes constantes en el tiempo, que comprenden desde variaciones instantáneas, variaciones de hora en hora, variaciones de día en día, y variaciones de semana en semana o estacionales. En consecuencia, las constantes de tiempo de los controles son adaptados a las variaciones de la carga y funcionan para regular el servicio proporcionado por la red mediante ajustes de la capacidad y del encaminamiento.

Las funciones de gestión de tráfico comprenden:

- a) el encaminamiento de llamada, que supone la traducción de número/nombre a dirección de encaminamiento;
- b) los métodos de encaminamiento de conexión o trayecto portador;
- c) la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio;
- d) la gestión de las tablas de encaminamiento, y
- e) el encaminamiento de transporte dinámico.

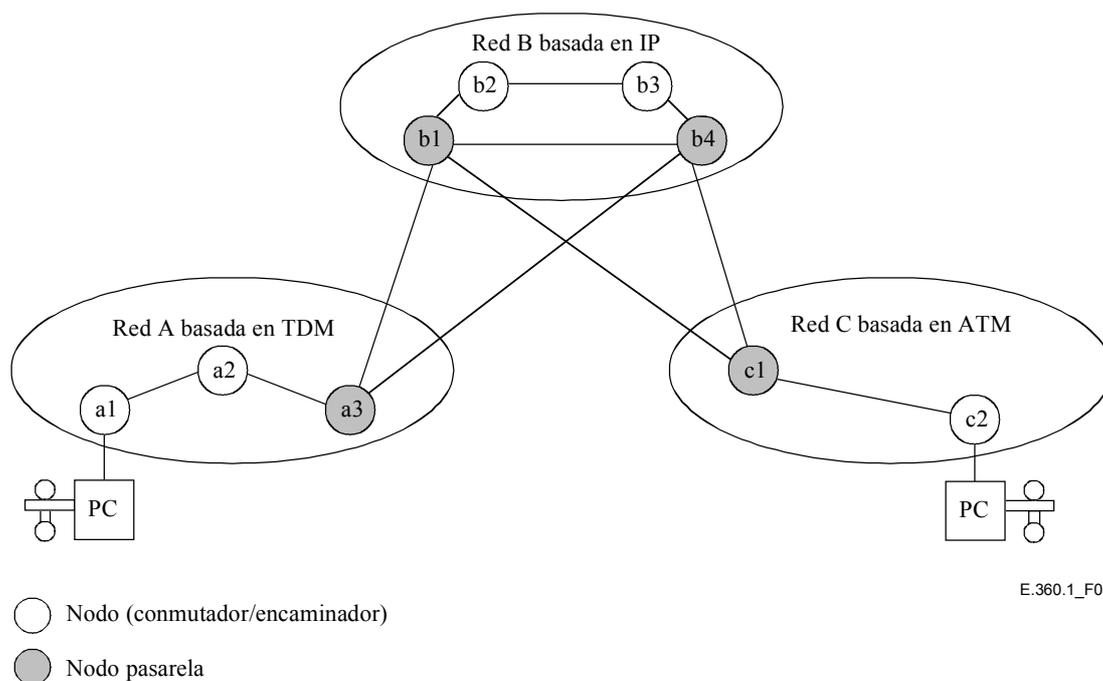
Estas funciones pueden ser:

- a) descentralizadas y distribuidas entre los nodos de red;
- b) centralizadas y asignadas a un controlador centralizado, tal como un corredor de anchura de banda, o
- c) ejecutadas por una combinación híbrida de estos métodos.

Para establecer los planes de gestión de capacidad, horarios y provisiones es necesario prever la capacidad durante un periodo de tiempo que abarca desde varios meses hasta un año o más. En circunstancias excepcionales, se puede añadir capacidad a corto plazo, quizás de una a varias semanas, para aliviar problemas de servicio. El diseño de la red insertado en la gestión de capacidad abarca el diseño del encaminamiento y el diseño de la capacidad. El diseño de encaminamiento tiene en cuenta la capacidad proporcionada por la gestión de capacidad y cada semana o posiblemente en tiempo real, ajusta las tablas de encaminamiento según sea necesario para corregir los problemas de servicio. Se proporcionan (configuran) tablas de encaminamiento actualizadas en los sistemas de conmutación directamente o mediante un sistema automatizado de actualización de encaminamiento. La planificación de la red, que incluye la planificación de nodos y la planificación de transporte, funciona en un intervalo de previsión que abarca varios años y activa la expansión de la capacidad de red también en un periodo de varios años en base a las previsiones de red.

Los métodos de TE incluyen el establecimiento de conexiones para servicios multimedios de banda estrecha y de banda ancha dentro de redes multiservicios y entre éstas. En este caso, una red multiservicios es una en la cual varias clases de servicios comparten los recursos de transmisión, conmutación, gestión y otros recursos de la red. Estas clases de servicios pueden incluir clases de tráfico con velocidad binaria constante (CBR, *constant bit rate*), velocidad binaria variable (VBR, *variable bit rate*), velocidad binaria no asignada (UBR, *unassigned bit rate*) y velocidad binaria disponible (ABR, *available bit rate*). Hay requisitos de calidad de funcionamiento cuantitativos que las diversas clases de servicio tienen que cumplir normalmente, tales como objetivos de bloqueo, de retardo, y/o de fluctuación de fase del retardo de extremo a extremo. Estos objetivos se logran mediante una combinación de la gestión de tráfico y la gestión de capacidad.

La figura 3 ilustra la funcionalidad para establecer una conexión desde un nodo de origen en una red a un nodo de destino en otra red, utilizando uno o más métodos de encaminamiento a través de redes de diversos tipos. Muestra también una conexión multimedios entre dos PC que transporta tráfico para una combinación de aplicaciones de voz, vídeo e imagen. Para esto, se establece una conexión punto a punto lógica desde el PC servido por el nodo a1 al PC servido por el nodo c2. La conexión podría ser una conexión RDSI con CBR a través de la red A basada en TDM y la red C basada en ATM, o pudiera ser una conexión con VBR por la red B basada en IP. Los nodos pasarela a3, b1, b4 y c1 proporcionan las capacidades de interfuncionamiento entre las redes basadas en TDM, ATM e IP. La conexión multimedios real pudiera ser encaminada, por ejemplo, por un trayecto formado por los nodos a1-a2-a3-b1-b4-c1-c2, o posiblemente por un trayecto diferente a través de distintos nodos pasarela.



**Figura 3/E.360.1 – Ejemplo de conexión multimediada a través de redes basadas en TDM, ATM e IP**

A continuación se describen brevemente el modelo de tráfico, las funciones de gestión de tráfico, las funciones de gestión de capacidad y los requisitos operacionales de TE (que se exponen con más detalle en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.7).

## 6 Modelos de tráfico

En esta cláusula se examinan modelos de variación de la carga que activan funciones de ingeniería de tráfico, es decir, gestión de tráfico, gestión de capacidad y planificación de red. El cuadro 1 resume ejemplos de modelos que podrían ser utilizados para representar las diferentes variaciones de tráfico consideradas. Hay que reflejar los modelos de tráfico para tráfico de voz y de datos.

Se ha trabajado en la medición y caracterización del tráfico de datos, tal como el tráfico basado en la Web [FGLRRT00], [FGHW99] y [LTWW94]. Algunos de los análisis indican que el tráfico basado en la Web puede ser similar, o fragmentado, con una gran variabilidad y colas extremadamente largas de las distribuciones de tráfico asociadas. En los estudios de caracterización de este tráfico de datos se han investigado diversos modelos tradicionales, tales como el proceso Poisson modulado por Markov (MMPP, *Markov modulated Poisson process*), en el cual se muestra que el MMPP con dos parámetros puede acomodar adecuadamente la naturaleza esencial del tráfico de datos [H99], [BCHLL99].

Se ha realizado un trabajo de modelado para investigar las causas de la extrema variabilidad del tráfico basado en la Web. Según [HM00], los mecanismos de control de congestión para este tráfico, tales como el control de flujo de ventana para el tráfico de protocolo de control de transporte (TCP, *transport-control-protocol*), parecen ser la causa raíz de su extrema variabilidad durante periodos de tiempo pequeños. En [FGHW99] se demuestra también que la variabilidad durante periodos de tiempo pequeños es afectada de una manera importante por la presencia de algoritmos de control de flujo semejantes a TCP que producen la características de ráfagas y agrupación de paquetes IP. Sin embargo, [FGHW99] concluye también que el comportamiento similar durante periodos de tiempo largos se debe casi exclusivamente a la variabilidad relacionada con el usuario y no depende de los aspectos específicos de la red subyacente.

En relación con el modelado del tráfico de voz y datos en un modelo multiservicios, en [HM00] se indica que la dinámica de control de flujo regular es más útil para modelar que el propio tráfico autosemejante. Gran parte del tráfico que ha de ser modelado es un tráfico con VBR sujeto a acuerdos de nivel de servicio (SLA, *service level agreements*), que está sujeto a control de admisión basado en requisitos de recursos de anchura de banda equivalentes y también a conformación de tráfico, en los cuales los paquetes fuera de contrato son marcados para abandono en las colas de red si se produce congestión. Otro tráfico con VBR, como el tráfico Internet de mejor esfuerzo, no tiene atribuida anchura de banda en la admisión de flujos de sesión, y todos sus paquetes estarían sujetos a abandono en el tráfico con CBR y VBR-SLA. Por consiguiente, cabe pensar que el modelo de tráfico consiste en dos componentes:

- el tráfico con CBR y VBR-SLA que no está marcado para abandono constituye el tráfico menos variable sujeto a modelos más tradicionales;
- los paquetes del tráfico de mejor esfuerzo con VBR y del tráfico con VBR-SLA que están marcados y sujetos a abandono constituyen un componente de tráfico autosemejante mucho más variable.

Se ha trabajado considerablemente en el modelado del tráfico de datos de banda ancha y otros, en el cual los modelos de dos parámetros que captan la media y la condición de ráfaga de los procesos de llegada de conexiones y de flujos han demostrado ser bastante adecuados. Para una buena referencia sobre esto, véase [E.716]. Asimismo, se ha trabajado intensamente en la medición y caracterización del tráfico vocal y los modelos de dos parámetros que reflejan la media y la varianza del tráfico (la relación de la varianza con la media se denomina a veces el parámetro de condición de cresta) han demostrado ser modelos exactos. La gran variabilidad de los procesos de llegada de paquetes se modela con el propósito de reflejar la extrema variabilidad del tráfico.

En esta Recomendación se muestran los modelos de tráfico multiservicios de dos parámetros para los procesos de llegada de conexiones y de flujos, que son gestionables desde el punto de vista del modelado, y análisis y que tratan de representar aspectos esenciales de la variabilidad del tráfico de voz y datos a los efectos de los métodos de ingeniería de tráfico y de calidad de servicio. En la Rec. UIT-T E.360.2 se presentan los modelos de variabilidad en los procesos de llegada de paquetes.

**Cuadro 1/E.360.1 – Modelos de tráfico para variaciones de la carga de los procesos de llegada de conexiones/flujos**

Constante de tiempo de las variaciones del tráfico	Ejemplos de variación de la carga para la gestión de tráfico	Modelo de tráfico ilustrativo para la gestión de capacidad	Repercusión sobre la capacidad
Minuto por minuto	<p>Fluctuaciones de tráfico aleatorias en tiempo real. Tráfico de desbordamiento en ráfaga.</p> <p>Sobrecargas concentradas (por ejemplo, causadas por llamadas a estaciones de radio/TV, catástrofes naturales, etc.).</p> <p>Sobrecargas generales (por ejemplo, causadas por llamadas en días cargados).</p> <p>Congestión de tráfico causada por fallo de la red (por ejemplo, corte de fibras o fallo de nodo).</p> <p>Variaciones del tráfico debido a variaciones de precios del tráfico de tránsito, arbitraje y reventa a granel.</p>	<p>Modelo estocástico. Normalmente con 2 parámetros (media y varianza).</p> <p>Excluido el tráfico de sobrecarga concentrado y general.</p> <p>Excluido el tráfico con fallo de red.</p>	<p>Capacidad de carga de tráfico en la hora cargada (excluye el tráfico de sobrecarga concentrada, de sobrecarga general y el tráfico con fallo de red).</p>
Hora por hora	<p>Cresta diaria del tráfico comercial.</p> <p>Cresta vespertina del tráfico (de consumidor) basado en Web.</p> <p>Cresta de fin de semana/vespertina del tráfico móvil (de consumidor).</p>	<p>Modelo determinístico. Valor medio que varía en un tiempo promedio de 20 días.</p> <p>Diseño de varias horas.</p>	<p>Capacidad de varias horas.</p>
Día por día	<p>Mañana de lunes más cargada para el tráfico diurno comercial comparada con una mañana promedio.</p> <p>Tarde de domingo más cargada para el tráfico basado en Web comparado con una tarde promedio.</p> <p>Tarde de viernes más cargada para el tráfico móvil comparada con una tarde promedio.</p>	<p>Modelo estocástico; Normalmente con 2 parámetros (media y varianza).</p> <p>Varios niveles de varianza modelados para variaciones diarias bajas/medianas/altas.</p>	<p>Capacidad día por día.</p>
Semana por semana	<p>Variaciones estacionales invierno/verano.</p> <p>Errores de previsión.</p>	<p>Modelo estocástico. Normalmente con 2 parámetros (media y varianza).</p> <p>Diseño de encaminamiento de flujos y capacidad máximos.</p>	<p>Capacidad de reserva.</p>

Para las variaciones instantáneas de la carga de tráfico, la carga se modela típicamente como un proceso aleatorio estacionario durante un periodo dado (normalmente dentro de cada periodo de una hora) caracterizado por una media y varianza fijas. De hora en hora, se modela que las cargas de tráfico medio cambian determinísticamente, por ejemplo, de acuerdo con sus valores medios de 20 días. De día en día, para una hora fija, la carga media puede ser modelada, por ejemplo, como una variable aleatoria que tiene una distribución gamma con una media igual a la carga media de 20 días. De semana en semana, la variación de la carga se modela como un proceso aleatorio en el procedimiento de diseño de la red. El componente aleatorio de la carga real de semana en semana es el error de previsión, que es igual a la carga prevista menos la carga real. El error de previsión tiene en cuenta en la gestión de la capacidad a corto plazo.

En la gestión de tráfico, las variaciones de la carga de tráfico, tales como variaciones instantáneas, variaciones de hora en hora, variaciones de tráfico de día en día y de semana a semana, son tratadas en la gestión de tráfico controlando adecuadamente la traducción/encaminamiento de número, selección de trayecto, gestión de tablas de encaminamiento y/o gestión de recursos orientada a la calidad de servicio. La gestión de tráfico proporciona la supervisión de la calidad de funcionamiento de la red mediante la recopilación y visualización de datos de tráfico y de calidad de funcionamiento y permite aplicar controles de gestión de tráfico, tales como bloqueo por conexión de dirección de destino, espaciado por conexión, modificación de tablas de encaminamiento y controles de selección/reencaminamiento de trayectos, que se han de insertar cuando las circunstancias lo exigen. Por ejemplo, una sobrecarga centralizada pudiera conducir a la aplicación de controles de espaciado de conexiones, en los cuales una petición de conexión a una dirección o conjunto de direcciones de destino dadas sólo se admite una vez cada  $x$  segundos, y las conexiones que llegan después de una llamada aceptada son rechazadas durante los próximos  $x$  segundos. De esta manera, el espaciado de llamadas controla las llamadas e impide la sobrecarga de la red en un punto focal determinado. En las Recomendaciones UIT-T E.360.2, E.360.3, E.360.5 y E.360.7 se ilustra la modificación de las tablas de encaminamiento y el control de reencaminamiento.

La gestión de capacidad debe proporcionar capacidad suficiente para transportar las variaciones de tráfico previstas de modo de satisfacer los niveles de objetivos de bloqueo/retardo de extremo a extremo. En este caso, el término "bloqueo" significa el rechazo o la no admisión de una petición de llamada o de conexión, por ejemplo, en base a la falta de recursos disponibles en un enlace dado (es decir, recursos de anchura de banda de enlace o de puesta en cola). Las variaciones de la carga de tráfico conducen a la medida directa de los incrementos de capacidad y pueden ser clasificadas como:

- 1) variaciones instantáneas de minuto en minuto y capacidad de carga de tráfico de la hora cargada asociada;
- 2) variaciones de hora en hora y capacidad asociada para varias horas;
- 3) variaciones de día en día y capacidad de día en día asociada, y
- 4) variaciones de semana en semana y capacidad de reserva asociada.

Los métodos de diseño dentro del procedimiento de gestión de capacidad tienen en cuenta la media y la varianza de las variaciones dentro de la hora de las cargas ofrecidas y de desbordamiento. Por ejemplo, se utilizan modelos clásicos [Wil56] para dimensionar enlaces para estos dos parámetros de carga. El diseño dinámico de rutas para varias horas tiene en cuenta las variaciones de la carga de hora en hora y, la capacidad de hora en hora puede variar de 0 al 20% o más de la capacidad de la red. La capacidad de hora en hora puede ser reducida por modelos de diseño de encaminamiento dinámico para varias horas, tales como los modelos de optimización de flujos de eventos discretos, de optimización de flujos de carga de tráfico y de optimización de flujos de haces de circuitos virtuales descritos en la Rec. UIT-T E.360.6. Como se indica en el cuadro 1, la gestión de capacidad excluye el tráfico no recurrente, que es causado por las sobrecargas (sobrecargas centralizadas o generales), o fallos. Este proceso se describe más detalladamente en la Rec. UIT-T E.360.7.

Se sabe que algunas variaciones diarias son sistemáticas (por ejemplo, el tráfico comercial el lunes por la mañana suele ser más alto que el viernes por la mañana); sin embargo, en algunos modelos de variaciones día por día estos cambios sistemáticos son pasados por alto en el modelo estocástico. Por ejemplo, la carga de tráfico entre Los Ángeles y New Brunswick es muy similar de un día al otro, pero los niveles de llamada exactos difieren para cualquier día dado. Esta variación de la carga puede ser caracterizada en el diseño de red por un modelo estocástico para la variación diaria, que resulta en capacidad adicional denominada capacidad día por día. Esta capacidad es necesaria para satisfacer el objetivo de bloqueo/retardo medio cuando la carga varía de acuerdo con el modelo estocástico. La capacidad día por día no es nula debido a los niveles no lineales de bloqueo de enlaces y/o de retardo de puesta en cola de enlaces en función de la carga. Cuando la carga en un enlace fluctúa alrededor de un valor medio, debido a la variación de cada día, el bloqueo/retardo medio es más alto que el bloqueo/retardo producido por la carga media. Por tanto, se proporciona capacidad adicional para mantener el objetivo de grado de servicio de probabilidad de bloqueo/retardo en presencia de la variación de la carga de un día a otro.

La capacidad típica día por día requerida es 4-7% del costo de red para variaciones día por día medianas a elevadas, respectivamente. La capacidad de reserva, como capacidad día por día, se produce porque las incertidumbres de carga, en este caso errores de previsión, tienden a causar acumulación de capacidad en exceso del diseño de red que concuerda exactamente con las cargas previstas. La renuencia a desconectar y reestructurar la capacidad de enlaces y de transporte contribuye a esta acumulación de capacidad de reserva. Como mínimo, la carga media medida en cada momento se utiliza para ajustar el diseño de encaminamiento y de capacidad, según sea necesario. Además, la componente de varianza de error de previsión se utiliza en algunos modelos para establecer la denominada capacidad de protección. La capacidad de reserva o de protección puede amortiguar las sobrecargas y fallos, y en general beneficia a la calidad de funcionamiento de la red. Sin embargo, la provisión de capacidad de reserva no se suele incorporar en el proceso de diseño de gestión de capacidad, sino que es el producto de procedimientos administrativos sanos. Estos procedimientos intentan minimizar el costo total, incluidos los costos de capital y los costos operativos de la red. Los estudios han demostrado que en algunas redes la capacidad de reserva representa del 15 al 25% o más del costo de la red [FHH79]. Esto se describe más ampliamente en las Recomendaciones UIT-T E.360.5 y E.360.6.

## 7 Funciones de gestión de tráfico

En las Recomendaciones UIT-T E.360.2-E.360.5 se examinan las funciones de gestión de tráfico:

- a) Métodos de encaminamiento de llamada (Rec. UIT-T E.360.2). El encaminamiento de llamada requiere la traducción de un número o nombre a una dirección de encaminamiento. Se describe cómo la traducción de número (o nombre) debe resultar en las direcciones de sistema de extremo ATM E.164 (AESA), direcciones de encaminamiento de red (NRA, *network routing addresses*), y/o direcciones IP. Estas direcciones se utilizan para fines de encaminamiento, por lo que deben ser transportadas en el elemento de información (IE, *information element*) de establecimiento de la conexión.
- b) Métodos de encaminamiento de conexión/trayecto portador (Rec. UIT-T E.360.2). El encaminamiento de conexión o trayecto portador comprende la selección de un trayecto del nodo de origen al nodo de destino en una red. Se examinan cuatro métodos de selección de trayecto portador, que se clasifican en los cuatro tipos siguientes: encaminamiento fijo (FR, *fixed routing*), encaminamiento dependiente del tiempo (TDR, *time-dependent routing*), encaminamiento dependiente del estado (SDR) y encaminamiento dependiente del evento (EDR, *event-dependent routing*). Estos métodos están asociados con tablas de encaminamiento, que consisten en una ruta y reglas para seleccionar un trayecto de la ruta para una petición dada de conexión o atribución de anchura de banda.

- c) Métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio (Rec. UIT-T E.360.3). Las funciones de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio incluyen la obtención de clase de servicio, obtención de tablas de encaminamiento basadas en política, admisión de conexión, atribución de anchura de banda, protección de anchura de banda, reserva de anchura de banda, encaminamiento con prioridad, puesta en cola con prioridad y otras funciones conexas de gestión de recursos.
- d) Métodos de gestión de tablas de encaminamiento (Rec. UIT-T E.360.4). La información de gestión de tablas de encaminamiento, tal como actualización de la topología, información de estado o recomendaciones de encaminamiento, se utiliza para aplicar las reglas de diseño de tablas de encaminamiento con el fin de determinar opciones de trayectos en la tabla de encaminamiento. Esta información es intercambiada entre dos nodos, por ejemplo, entre el ON y el DN, o entre un nodo y un elemento de red, tal como un BBP. Esta información sirve para generar la tabla de encaminamiento y ésta se utiliza después para determinar las opciones de trayectos con miras a la selección de un trayecto.
- e) Métodos de encaminamiento dinámico de transporte (Rec. UIT-T E.360.5). El encaminamiento dinámico de transporte se combina con el encaminamiento dinámico del tráfico para cambiar la anchura de banda de transporte entre pares de nodos y servicios mediante el uso de tecnología de conmutación de transporte flexible, tal como transconexiones ópticas (OXC, *optical cross-connects*). El encaminamiento dinámico de transporte ofrece ventajas de simplicidad de diseño y robustez para las variaciones de la carga y fallos de red y puede facilitar la provisión automática de enlaces, el encaminamiento por diversos enlaces y el restablecimiento rápido del enlace para mejorar la utilización de la capacidad de transporte y el funcionamiento en condiciones de esfuerzo. Las OXC pueden reconfigurar la capacidad de transporte lógica a petición, por ejemplo, para el tráfico de días punta, el nuevo diseño semanal de la capacidad de enlace o el restablecimiento urgente de capacidad en condiciones de fallo de nodo o de transporte. Se proponen capacidades de control MPLS para el establecimiento de enlaces lógicos de capa 2 a través de las OXC [ARDC99].

## 8 Funciones de gestión de capacidad

En la Rec. UIT-T E.360.6 se examinan los siguientes métodos de gestión de capacidad:

- a) Modelos de diseño de capacidad de enlace. Estos modelos hallan el compromiso óptimo entre el tráfico transportado por el trayecto de red más corto (quizás un enlace directo) y el tráfico transportado por trayectos de red alternativos (más largos, menos eficaces).
- b) Modelos de selección de trayecto más corto. Estos modelos permiten determinar los trayectos más cortos con el fin de proporcionar un plan de encaminamiento más eficaz y flexible.
- c) Modelos de diseño de red para varias horas. Se describen tres modelos:
  - i) optimización de flujos de eventos discretos (DEFO, *discrete event flow optimization*);
  - ii) modelos de optimización de flujo de carga de tráfico (TLFO, *traffic load flow optimization*), y
  - iii) modelos de optimización de flujos de haces de circuitos virtuales (VTFO, *virtual trunking flow optimization*).

Los modelos DEFO tienen la ventaja de poder modelar el tráfico y los métodos de encaminamiento de complejidad arbitraria, por ejemplo, como el tráfico autosemejante.
- d) Modelos de diseño de variación de la carga día por día. Estos modelos describen técnicas para tratar las variaciones día por día en el diseño de capacidad.

- e) Modelos de diseño de incertidumbre de previsión/capacidad de reserva. Estos modelos describen los medios para tener en cuenta errores de proyección de cargas de tráfico en el diseño de capacidad de la red.

## 9 Requisitos operacionales de ingeniería de tráfico

En la Rec. UIT-T E.360.7 se examinan los siguientes requisitos operacionales:

- a) Gestión de tráfico – Se examinan los requisitos para la supervisión de la calidad de funcionamiento en tiempo real, el control de red y las funciones de centros de trabajo. Estas últimas incluyen los controles automáticos, controles manuales, controles de código, controles de cancelación, controles de reencaminamiento, controles de día cargado, gestión de tráfico en días cargados e interfaces con otros centros de trabajo.
- b) Gestión de capacidad – Previsión. Se examinan los requisitos para la previsión de la carga, incluidas las funciones de base de datos de configuración, funciones de estimación de la carga global, básica y proyectada, ciclo de ajuste de carga y ciclo de ajuste de visión comercial. Se examinan también el diseño de red, las funciones de los centros de trabajo y las interfaces con otros centros de trabajo.
- c) Gestión de capacidad – Supervisión de la calidad de funcionamiento diaria y semanal. Se examinan los requisitos para el análisis de congestión diaria, el análisis de congestión de semana estudiada y el análisis de congestión de periodo estudiado.
- d) Gestión de capacidad – Ajuste de la red a corto plazo. Se examinan los requisitos para el diseño de red, funciones de los centros de trabajo e interfaces con otros centros de trabajo.
- e) Comparación de métodos TE fuera de línea (TDR) con métodos TE en línea (SDR/EDR). Se comparan los métodos TE fuera de línea, como en una red basada en TDR, con los métodos TE en línea, como en una red basada en SDR o EDR.

## 10 Modelado y análisis de ingeniería de tráfico

En las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.6 se utilizan modelos de red para ilustrar los métodos de ingeniería de tráfico desarrollados en las Recomendaciones. Los detalles de los modelos se presentan en cada Recomendación de la serie E.360.x de acuerdo con las funciones de ingeniería de tráfico que se ilustran.

En la Recomendación se utiliza un modelo de nodo de red nacional de 135 nodos completa junto con un modelo de demanda de tráfico multiservicios para estudiar diversos escenarios y compromisos de TE. Se utilizan cargas de tráfico típicas de voz/RDSI para modelar las distintas alternativas de red. Estas cargas de voz/RDSI son segmentadas aún más en el modelo en ocho redes virtuales (VNET, *virtual networks*) de velocidad binaria constante (CBR) que incluyen servicios de voz comercial, voz residencial o de consumidor, voz internacional entrante y saliente, voz con prioridad clave, datos RDSI a 64 kbit/s con prioridad normal y clave y datos RDSI a 384 kbit/s. El modelo de tráfico de servicios de datos incorpora patrones típicos de carga de tráfico y comprende tres patrones adicionales de carga de VNET, a saber:

- a) una VNET de velocidad binaria variable en tiempo real (VBR-RT, *variable bit rate real-time*), que representa servicios tales como telefonía IP y voz comprimida;
- b) una VNET de velocidad binaria variable no en tiempo real (VBR-NRT, *variable bit rate non-real time*), que representa servicios tales como multimedios WWW y comprobación de carta de crédito, y
- c) una VNET de velocidad binaria no asignada (UBR) que representa servicios de mejor esfuerzo tales como correo electrónico, correo vocal y aplicaciones multimedios de transferencia de ficheros.

El modelo de costos representa los costos de conmutación y de transporte típicos, e ilustra las economías de escala para costos proyectados de elementos de red de alta capacidad en el futuro.

En los modelos se examinan muchas alternativas y compromisos diferentes, que abarcan:

- 1) control centralizado de tablas de encaminamiento comparado con control distribuido;
- 2) control de tablas de encaminamiento preplanificadas, fuera de línea (por ejemplo, basadas en TDR) comparado con control de tablas de encaminamiento en línea (por ejemplo, basado en SDR o EDR);
- 3) gestión de tráfico flujo por flujo comparada con gestión de tráfico red virtual por red virtual (o por haz de circuitos de tráfico o por conducto de anchura de banda);
- 4) topología lógica de baja densidad comparada con topología lógica en malla;
- 5) selección de trayecto FR comparado con TDR comparado con SDR comparado con EDR;
- 6) selección de trayecto multienlaces comparada con selección de trayecto de dos enlaces;
- 7) selección de trayecto basada en información de estado local comparada con selección basada en información de estado mundial;
- 8) alternativas de difusión de estado mundial que incluyen flujos de estado, indagación de estado distribuida e información de estado centralizada en un BBP.

El cuadro 2 resume breves comparaciones y observaciones, basadas en el modelado, de cada una de las alternativas y compromisos mencionados anteriormente (en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.6 figuran más detalles).

**Cuadro 2/E.360.1 – Categorías de compromisos y comparaciones  
(basadas en los modelos de las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.6)**

<b>Categoría de compromiso</b>	<b>Comparaciones de funcionamiento de la gestión de tráfico</b>	<b>Comparaciones de gestión de tablas de encaminamiento</b>	<b>Comparaciones de gestión de capacidad</b>
Con aplicación de métodos TE y sin aplicación de métodos TE	Los métodos TE mejoran considerablemente el funcionamiento	Carga de control comparable	Eficacia de diseño comparable
Control de tablas de encaminamiento centralizado comparado con control distribuido	Funcionamiento un poco mejor con control distribuido (información de estado más actualizada)	Carga de control comparable nodo por nodo	Eficacia de diseño comparable
Control de tablas de encaminamiento preplanificado/fuera de línea (TDR) comparado con control en línea (SDR, EDR)	Funcionamiento un poco mejor con control en línea	Carga de control con TDR y EDR menor que con SDR	Eficacia de diseño con SDR & EDR comparable; ambos mejor que con TDR
Selección de trayecto FR comparado con TDR, comparado con SDR y comparado con EDR	Funcionamiento con EDR/SDR mejor que con TDR y mejor con TDR que con FR	Carga de control con FR/TDR/EDR más baja que con SDR	Eficacia de diseño con EDR/SDR mejor que con TDR y con TDR mejor que con FR

**Cuadro 2/E.360.1 – Categorías de compromisos y comparaciones  
(basadas en los modelos de las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.6)**

<b>Categoría de compromiso</b>	<b>Comparaciones de funcionamiento de la gestión de tráfico</b>	<b>Comparaciones de gestión de tablas de encaminamiento</b>	<b>Comparaciones de gestión de capacidad</b>
Selección de trayecto multienlaces comparado con selección de trayecto de dos enlaces	Selección de trayecto multienlace mejor en condición de sobrecarga. Selección de trayecto de dos enlaces mejor en condición de fallo. Con selección de trayecto de dos enlaces menor retardo de establecimiento de la llamada	Carga de control con selección de trayecto multienlaces generalmente menor que con selección de trayecto de dos enlaces	Eficacia de diseño mejor con multienlaces que con dos enlaces
Topología lógica de baja densidad comparada con topología lógica en malla	Topología de baja densidad mejor en condición de sobrecarga. Topología en malla mejor en condición de fallo	Carga de control con topología de baja densidad generalmente menor que con topología en malla	Eficacia de diseño con topología de baja densidad un poco mejor que con topología en malla
Topología simple de una zona comparada con topología jerárquica de múltiples zonas	Funcionamiento con una sola zona mejor que con múltiples zonas	Caso SDR: carga de control con múltiples zonas menor que con una sola zona Caso EDR: carga de control total comparable	Eficacia de diseño con topología de una sola zona un poco mejor que con topología de múltiples zonas
Información de estado local comparada con información de estado mundial	Funcionamiento con información de estado local mejor que con información mundial (información más actualizada)	Carga de control con información de estado local menor que con información de estado mundial	Eficacia de diseño comparable
Difusión de información de estado: flujo de estado comparado con indagación de estado distribuida y con estado centralizado en BBP	Indagación de estado distribuida un poco mejor que flujo estado y estado centralizado (información más actualizada)	Estado centralizado en BBP e indagación de estado distribuida comparables nodo por nodo; carga de control considerablemente más alta con flujo de estado	Eficacia de diseño comparable
Gestión de tráfico flujo por flujo comparada con gestión de tráfico red virtual por red virtual (haz de circuitos por haces de circuitos)	Funcionamiento comparable	Carga de control red virtual por red virtual- menor que flujo por flujo	Eficacia de diseño flujo por flujo un poco mejor que red virtual por red virtual
Red integrada de voz & datos comparada con redes separadas de voz & datos	Funcionamiento mejor con red integrada que con redes separadas	Control de carga total comparable	Eficacia de diseño mejor con red integrada que con redes separadas

## 11 Conclusiones/recomendaciones

A continuación se resumen las principales conclusiones/recomendaciones de la presente Recomendación.

### 11.1 Conclusiones/recomendaciones sobre los métodos de encaminamiento de la llamada y encaminamiento de la conexión (Rec. UIT-T E.360.2)

- Se recomienda aplicar los métodos TE, y en todos los casos en que se aplican estos métodos, el funcionamiento de la red es siempre mejor y en general es sustancialmente mejor que cuando no se aplican dichos métodos.
- Se recomiendan las redes de encaminamiento de multienlaces de topología de baja densidad y proporcionan mejor funcionamiento global en condiciones de sobrecarga que las redes de topología en malla, pero para el funcionamiento en condiciones de fallo cabe favorecer las opciones de topología en malla STT-EDR/DC-SDR de dos enlaces con más opciones de encaminamiento alternativo.
- Se recomiendan topologías simples de una sola zona que proporcionan un mejor funcionamiento de red y, como se examina y modela en la Rec. UIT-T E.360.6, ofrecen mayor eficacia de diseño en comparación con las topologías jerárquicas de múltiples zonas. Como se ilustra en la Rec. UIT-T E.360.4, es posible obtener zonas administrativas mayores mediante la utilización de métodos TE basados en EDR en comparación con los métodos TE basados en SDR.
- Se recomiendan los métodos de selección de trayecto de TE con encaminamiento dependiente del evento (EDR) que proporcionan un funcionamiento de red comparable o mejor que los métodos de encaminamiento dependiente del estado (SDR).
  - a) Los métodos TE con EDR han demostrado ser una clase importante de algoritmos TE. Los métodos TE con EDR difieren de los métodos TE con TDR y SDR en la manera de seleccionar los trayectos (por ejemplo, trayectos MPLS o LSP). En el caso de TE con SDR, la anchura de banda de enlace disponible (basada en el flujo LSA de información ALB) se utiliza generalmente para calcular el trayecto. En el caso de TE con EDR, la información ALB no es necesaria para calcular el trayecto, por lo que no se requiere el flujo ALB (y se reduce así la tara).
  - b) Los algoritmos TE con EDR son adaptables y distribuidos por naturaleza y utilizan típicamente modelos de aprendizaje para hallar trayectos adecuados de TE en una red. Por ejemplo, en un método TE con EDR satisfactorio hasta el final (STT, *success-to-the-top*), si hay que modificar la anchura de banda LSR-A a LSR-B, es decir, aumentarla por la delta de anchura de banda (DBW, *delta-BW*), el LSP-p primario se intenta primero. Si no se dispone de DBW en uno o más enlaces de LSP-p, se intenta después el LSP-s vigente. Si no se dispone de DBW en uno o más enlaces de LSP-s, se busca un nuevo LSP tratando trayectos candidatos adicionales hasta que se encuentra un nuevo LSP-n adecuado o se agotan los trayectos candidatos. Después se marca LSP-n como el trayecto vigente adecuado para la próxima vez que la anchura de banda tiene que ser modificada. Se demuestra que el funcionamiento de los métodos TE con EDR es igual o mejor que los métodos con SDR, centralizados o distribuidos.
  - c) Aunque los modelos TE con SDR utilizan típicamente flujo de información de anchura de enlace disponible (ALB, *available-link-bandwidth*) para la selección de trayecto TE, los métodos TE con EDR no requieren el flujo de información ALB. En cambio, los métodos TE con EDR buscan típicamente capacidad mediante modelos de aprendizaje como en el método STT anterior. El flujo ALB puede requerir muchos recursos, porque necesita anchura de banda de enlace para transportar LSA, capacidad de procesador para procesar LSA y la tara puede limitar el tamaño de la zona/sistema autónomo. Los resultados de los modelos muestran que con los métodos TE con EDR se puede lograr

una gran reducción de la tara de flujo de información ALB sin pérdida del caudal de red (como se muestra en la Rec. UIT-T E.360.4).

- d) La información de estado utilizada por las opciones con SDR (como con el flujo de información estado del enlace) proporciona un funcionamiento esencialmente equivalente a las opciones con EDR, que utilizan en general encaminamiento distribuido con reencaminamiento y sin flujo de información de estado de enlace.
  - e) Varios métodos de selección de trayecto pueden interfuncionar entre sí en la misma red, como se requiere para el funcionamiento de redes de múltiples fabricantes.
- Se recomiendan los métodos de encaminamiento entre dominios que amplían los conceptos de encaminamiento de llamada intradominio y de encaminamiento de conexiones, tales como la selección flexible de trayectos y la selección de anchura de banda por clase de servicio, para el encaminamiento entre dominios de red.

### **11.2 Conclusiones/recomendaciones sobre los métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio (Rec. UIT-T E.360.3)**

- Se recomienda la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio y se muestra que es eficaz para lograr objetivos de grado de servicio a nivel de conexión y a nivel de paquete, así como la diferenciación de servicio clave, servicio normal y servicio de mejor esfuerzo.
- Se recomienda el control de admisión que es la base que permite aplicar la mayoría de los otros controles descritos en esta Recomendación.
- Se recomienda la reserva de anchura de banda y es crítica para el funcionamiento estable y eficaz de los métodos TE en una red, así como para asegurar el funcionamiento adecuado de la atribución y protección de anchura de banda multiservicios, y el tratamiento con prioridad.
- Se recomienda la atribución de anchura de banda VNET por VNET, que equivale esencialmente a la atribución de anchura de banda flujo por flujo para obtener el funcionamiento eficaz de la red. Debido a las necesidades mucho menores de tara para la gestión de las tablas de encaminamiento, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.4, se prefiere la atribución de anchura de banda por VNET a la atribución por flujo.
- Se recomienda la gestión de calidad de servicio y anchura de banda MPLS y la gestión de la puesta en cola con prioridad de servicios diferenciados, que son importantes para asegurar que se cumplen los objetivos de funcionamiento de las redes multiservicios en una gama de condiciones de red. Ambos mecanismos funcionan juntos para asegurar que se aplican los mecanismos de asignación de recursos orientados a la calidad de servicio (atribución y protección de anchura de banda, y puesta en cola con prioridad).

### **11.3 Conclusiones/recomendaciones sobre los métodos y requisitos de gestión de las tablas de encaminamiento (Rec. UIT-T E.360.4)**

- Se recomienda la atribución de anchura de banda VNET por VNET con preferencia a la atribución flujo por flujo debido a las necesidades mucho menores de tara de la gestión de tablas de encaminamiento. La atribución de anchura de banda por VNET equivale esencialmente a la atribución de anchura de banda por flujo en cuanto al funcionamiento eficaz de la red, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.3.
- Se recomiendan los métodos TE con EDR que pueden proporcionar una gran reducción de tara de flujo de información de ALB sin pérdida del caudal de red. Aunque los métodos TE con SDR utilizan típicamente flujo de información de ALB para la selección de trayectos de TE, los métodos TE con EDR no requieren este flujo de información de ALB. En cambio, los métodos TE con EDR suelen buscar la capacidad mediante modelos de aprendizaje como en el método STT. El flujo de información de ALB puede requerir muchos recursos, porque necesita anchura de banda de enlace para transportar las LSA, y

capacidad de procesador para procesar las LSA y la tara puede limitar el tamaño de la zona/sistema autónomo.

- Se recomiendan los métodos TE con EDR con los que se obtienen zonas administrativas posiblemente mayores en comparación con los métodos TE basados en SDR debido a las menores necesidades de tara de gestión de tablas de encaminamiento. Esto puede ayudar a lograr topologías simples de una sola zona que, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.3, proporcionan un mejor funcionamiento de la red y, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.6, mayor eficacia de diseño en comparación con las topologías jerárquicas de múltiples zonas.

#### **11.4 Conclusiones/recomendaciones sobre los métodos de encaminamiento de transporte (Rec. UIT-T E.360.5)**

- Se recomienda el encaminamiento de transporte dinámico que proporciona mayor caudal de red y, en consecuencia, mayores ingresos, a la vez que economías de capital, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.6.
  - a) El diseño de red de encaminamiento de transporte dinámico mejora el funcionamiento de la red en condiciones de fallo, debido al encaminador automático entre rutas principales y a la diversidad de enlaces lógicos en combinación con el encaminamiento de tráfico dinámico y el restablecimiento de transporte de enlaces lógicos.
  - b) Se recomienda el diseño de red con encaminamiento de transporte dinámico que mejora el funcionamiento de la red en comparación con el encaminamiento de transporte fijo en todas las condiciones de red simuladas, que incluyen patrones de carga de tráfico anómala e impredecible.
- Se recomienda el diseño de nivel de restablecimiento de tráfico y transporte que utiliza la diversidad de enlaces para asegurar un nivel mínimo de funcionamiento en condiciones de fallo.
- Se recomiendan técnicas de encaminamiento robustas que incluyen encaminamiento de tráfico dinámico, encaminamiento por múltiples ingresos/egresos y encaminamiento por diversidad de enlaces lógicos, pues estos métodos responden mejor a los fallos de nodos o de transporte.

#### **11.5 Conclusiones/recomendaciones sobre los métodos de gestión de capacidad (Rec. UIT-T E.360.6)**

- Se recomiendan modelos de diseño de optimización de flujos de evento discretos (DEFO) que han demostrado ser capaces de acomodar comportamiento de encaminamiento muy complejo a través del equivalente de un modelo de simulación proporcionado en soporte lógico en el módulo de diseño de encaminamiento. Por este medio, se han diseñado redes de encaminamiento muy complejas con el modelo, que incluye todos los métodos de encaminamiento examinados en la Rec. UIT-T E.360.2 ( métodos FR, TDR, SDR y EDR) y los modelos de asignación de recursos orientados a la calidad de servicio de redes multiservicios examinados en la Rec. UIT-T E.360.3.
- Se recomiendan las opciones de topología de baja densidad, tales como las opciones STT-EDR/DC-SDR/DP-SDR de multienlaces, que ofrecen ventajas de costo de capital y lo que es más importante, simplifican la explotación y reducen los costos operativos. Las economías de los costos de capital están sujetas a las hipótesis de los costos de conmutación y transporte. Los aspectos operacionales se detallan más ampliamente en la Rec. UIT-T E.360.7.

- Se recomienda la integración de voz y datos, que:
  - a) puede proporcionar ventajas de costos de capital, y
  - b) lo que es más importante, puede simplificar la explotación y reducir los costos operativos, y
  - c) si la telefonía IP se impone y una porción importante de llamadas vocales utilizan tecnología de compresión de voz, esto podría proporcionar redes más eficaces.
- Se recomiendan los métodos de encaminamiento de multienlaces, cuyos diseños son mucho más eficaces en comparación con los métodos de encaminamiento de dos enlaces. Como se examina en la Rec. UIT-T E.360.3, las topologías de multienlaces ofrecen un mejor funcionamiento de red en condiciones de sobrecarga en comparación con las topologías de encaminamiento de dos enlaces; aunque las topologías de dos enlaces funcionan mejor en condiciones de fallo.
- Se recomiendan las topologías simples de una sola zona que ofrecen un diseño más eficaz en cuanto a capacidad de terminación y de transporte, pero mayores costos y, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.3, un mejor funcionamiento de la red en comparación con las topologías jerárquicas de múltiples zonas. Como se ilustra en la Rec. UIT-T E.360.4, es posible obtener zonas administrativas mayores con el uso de métodos TE basados en EDR en comparación con los métodos TE basados en SDR.
- Se recomiendan los métodos EDR que proporcionan un diseño eficaz comparable a los métodos SDR. Esto indica que no se obtiene una ventaja importante con el empleo de información de estado de enlace en estos diseños de red, especialmente dada la elevada tara del flujo de información de estado de enlace en los métodos SDR.
- Se recomienda el encaminamiento de transporte dinámico que permite efectuar economías de capital concentrando la capacidad en un número menor de enlaces de fibra física de alta capacidad y, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.5, proporciona un mayor caudal de red y mayores ingresos, porque permite atribuir flexiblemente anchura de banda en los enlaces lógicos que sirven al acceso y al tráfico entre nodos.

#### **11.6 Conclusiones/recomendaciones sobre los requisitos operacionales de ingeniería de tráfico (Rec. UIT-T E.360.7)**

- Se recomienda la supervisión del tráfico y de los datos de calidad de funcionamiento y se requiere para la gestión de tráfico, la previsión de capacidad, la supervisión del funcionamiento diario y semanal y el ajuste de la red a corto plazo.
- Se recomienda la gestión de tráfico y se requiere para proporcionar la supervisión del funcionamiento de la red a través de la recopilación y visualización de datos de tráfico y de calidad de funcionamiento en tiempo real y para permitir la inserción de controles de gestión de tráfico, tales como bloqueo de código, espaciamiento de petición de conexiones y controles de reencaminamiento cuando las circunstancias lo exigen.
- Se recomienda la gestión de capacidad y se requiere para la previsión de capacidad, la supervisión de la calidad diaria y semanal y el ajuste de la red a corto plazo.
- Se recomienda la previsión y se requiere para funcionar durante un intervalo de previsión de varios años y para activar la expansión de la capacidad de la red.
- Se recomienda la supervisión de la calidad diaria y semanal y se requiere para identificar cualesquiera problemas de servicio en la red. Si se detectan estos problemas, el ajuste de la red a corto plazo puede incluir las actualizaciones de las tablas de encaminamiento y, si es necesario, adiciones de capacidad a corto plazo para aliviar estos problemas de servicio. Las tablas de encaminamiento actualizadas son enviadas a los sistemas de conmutación directamente o por un sistema automatizado de actualización de encaminamiento.

- Se recomiendan las adiciones de capacidad a corto plazo y se requieren, según sea necesario, pero solamente como una excepción, pues la mayoría de los cambios de capacidad son normalmente previstos, planificados, programados y gestionados durante un periodo de varios meses o un año o más.
- Se recomienda el diseño de red, que incluye el diseño de encaminamiento y el diseño de capacidad y se requiere dentro de la función de gestión de capacidad.
- Se recomienda la planificación de red y se requiere para la planificación de nodos a más largo plazo y la planificación de la red de transporte, y debe funcionar durante un periodo de varios meses a varios años para proyectar y realizar nueva capacidad de nodos y de transporte.

## **12 Métodos de TE/QoS recomendados para redes multiservicios**

En resumen, en esta cláusula se recomienda considerar los métodos TE en la evolución de la red. Estas recomendaciones se basan en:

- los resultados de los modelos de análisis presentados en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.6, que ilustran los compromisos entre diversos métodos de TE;
- los resultados de estudios de comparaciones operacionales presentados en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 a E.360.6;
- las mejores prácticas actuales y experiencia probadas.

### **12.1 Capacidades recomendadas de creación de servicios basados en red IP de capa de aplicación**

Como se examina en la Rec. UIT-T E.360.4, estas capacidades se recomiendan para la creación de servicios de capa de aplicación:

- API de Parlay (interfaz de programación de aplicación);
- lenguaje de procesamiento de llamada (CPL, *call processing language*) e interfaz de pasarela común (CGI, *common gateway interface*);
- interfuncionamiento de protocolo de iniciación de sesión (SIP)/red inteligente.

### **12.2 Capacidades de capa de control de llamada/flujo IP recomendadas**

Como se examina en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 y E.360.4, estas capacidades se recomiendan para la traducción de nombre, señalización de llamada y control de pasarela dividido:

- traducción de nombre basado en ENUM/DNS a dirección IP;
- señalización de llamada distribuida (DCS, *distributed call signalling*) en SIP;
- MGCP/MEGACO para control de pasarela dividido.

### **12.3 Capacidades de capa de control de conexión/portador recomendadas**

En esta cláusula se resumen las conclusiones de las Recomendaciones UIT-T E.360.2, E.360.3, y E.360.4 que resultan en la recomendación de un método genérico de control de admisión TE/QoS (GTAC, *generic TE/QoS admission control*) para la admisión de conexiones/flujo, que incorpora control de capa de conexión/portador de TE distribuido, en línea (DOTE, *distributed, on-line TE*).

El análisis considerado en las Recomendaciones UIT-T E.360.2, E.360.3 y E.360.4 investiga la atribución de anchura de banda para el caso global ("por haces de circuito de tráfico" o por VNET) comparada con la atribución de anchura de banda flujo por flujo. Se hacen las siguientes recomendaciones sobre la gestión de recursos orientada a QoS, topología y control de capa de conexiones:

- asignación de tráfico de red virtual para red multiservicios;

- gestión de recursos orientada a QoS basada en red virtual con MPLS y métodos dinámicos de reserva de anchura de banda;
- puesta en cola con prioridad basada en servicios diferenciados;
- atribución de anchura de banda por red virtual red virtual (por haces de circuitos de tráfico) para reducir la tara de la gestión de tablas de encaminamiento;
- encaminamiento por multienlaces con topología de baja densidad para obtener un mejor funcionamiento y diseño más eficaz;
- topología plana de una sola zona (en la mayor medida posible, a la vez que se mantiene la arquitectura de borde-núcleo) para obtener un mejor funcionamiento y diseño más eficaz;
- funcionalidad MPLS y de servicios diferenciados para satisfacer los requisitos de TE/QoS;
- métodos de selección de trayecto de TE con encaminamiento dependiente del evento (EDR) satisfactorio hasta el final (STT) para mejorar la calidad de funcionamiento y reducir la tara.

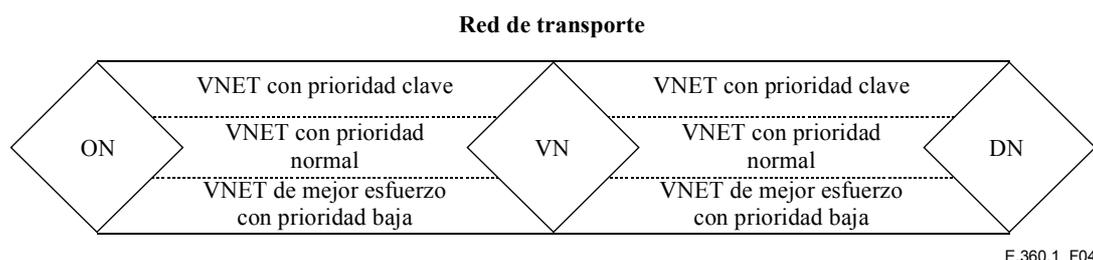
Estos métodos GTAC/DOPE asegurarán un funcionamiento estable/eficiente de los métodos de TE y ayudarán a gestionar los recursos para servicios clave, normal y de mejor esfuerzo, así como para diferenciarlos. Estos métodos se resumen brevemente a continuación. La figura 4 ilustra los métodos recomendados para la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio. Como se muestra en la figura 4, en la gestión de recursos orientada a QoS de la red multiservicios, la anchura de banda es atribuida a cada VNET (VNET de servicios clave con alta prioridad, VNET de servicios con prioridad normal y VNET de servicios de mejor esfuerzo con baja prioridad). La figura muestra también el uso de la asignación de tráfico de red virtual para redes multiservicios y los medios para diferenciar los servicios clave, servicios normales y servicios de mejor esfuerzo. Las conexiones/flujo de tráfico de alta prioridad y de prioridad normal están sujetos al control de admisión basado en las técnicas de atribución de anchura de banda equivalente. Sin embargo, no se atribuye anchura de banda a los servicios de mejor esfuerzo, por lo que todo el tráfico de mejor esfuerzo está sujeto a abandono en la disciplina de puesta en cola/programación en condiciones de congestión.

Esta anchura de banda atribuida está protegida por los métodos de reserva de anchura de banda, según sea necesario, que en los demás casos es compartida. Cada ON supervisa el uso de la anchura de banda de VNET en cada CRLSP de VNET y determina cuándo esta anchura de banda tiene que ser aumentada o disminuida. Los cambios de la capacidad de anchura de banda VNET son determinados por los ON de acuerdo con la demanda de anchura de banda acumulada total para la capacidad de VNET (no por cada petición de conexión). De acuerdo con la demanda de anchura de banda total, estos ON hacen cambios discretos periódicos de la atribución de anchura de banda, es decir, la aumentan y la disminuyen en los CRLSP que constituyen la capacidad de anchura de banda de VNET. Por ejemplo, si se efectúan peticiones de conexión de anchura de banda de CRLSP de VNET que rebasan la atribución de anchura de banda de CRLSP vigente, el ON inicia una petición de modificación de anchura de banda en el CRLSP apropiado, y esta petición de modificación de anchura de banda puede entrañar aumentar la atribución de anchura de banda vigente por un incremento discreto de anchura de banda indicado en este caso como DBW. La DBW es un cambio de anchura de banda suficientemente grande para que las peticiones de modificación se hagan con relativa poca frecuencia. Asimismo, el ON supervisa periódicamente el uso de anchura de banda de CRLSP, una vez cada minuto, y si la anchura de banda es subutilizada con respecto a la atribución vigente, el ON inicia una petición de modificación de anchura de banda para disminuir dicha atribución por una unidad de anchura de banda tal como DBW.

Por consiguiente, la recomendación es atribuir la anchura de banda "VNET por VNET", o por haces de circuitos de tráfico, y *no* llamada por llamada, o asignación "por flujo", como se examina en las cláusulas 7 y 8/E.360.3. Esta clase de atribución de anchura de banda por VNET se aplica también en el caso de TE de múltiples zonas, como se examina en la cláusula 11/E.360.2 y

cláusula 11/E.360.3. Es decir, en VoIP/TE no se necesitan algunos conceptos de telefonía, tales como el establecimiento de comunicación por comunicación, pues a menudo hay buenas razones para que no haya parecido con la RTPC. Por otra parte, algunos principios se aplican aún a la VoIP/TE, pero hasta ahora no se utilizan, aunque se debiera.

El punto principal sobre la reserva de anchura de banda se relaciona con la gestión de control de admisión y de colas. Esto es, si se ha de admitir un flujo por un trayecto más largo, que no es el trayecto primario (que es el preferido y se intenta primero pero se supone que no tiene la anchura de banda disponible en uno o más enlaces/colas), entonces tiene que haber un nivel mínimo de anchura de banda disponible, llamada anchura de banda reservada (RESBW, *reserved bandwidth*), disponible en cada enlace y en cada cola *además de* la anchura de banda solicitada (REQBW, *requested bandwidth*). Es decir, se necesita disponer de RESBW + BEWBW en cada enlace antes de admitir el flujo por el trayecto más largo. En el trayecto primario, *no* se requiere RESBW. Los resultados de la simulación expuestos en la Rec. UIT-T E.360.3 son para una red MPLS, y muestran el efecto de utilizar la reserva de anchura de banda y lo que sucede si no se utiliza dicha reserva (véanse los cuadros 4 y 5/E.360.3). La atribución y gestión de anchura de banda se efectúa de acuerdo con la prioridad del tráfico (clave, normal y de mejor esfuerzo), como se describe en la Rec. UIT-T E.360.3, y es un uso adicional de los métodos de reserva de anchura de banda además del uso en la selección de trayecto, como se indica en el ejemplo anterior. La atribución de anchura de banda en las colas se efectúa de acuerdo con la prioridad de tráfico, según se menciona en la cláusula 9/E.360.3. Estos principios expuestos en la Recomendación no dependen de si la tecnología subyacente se basa en IP/MPLS, ATM/PNNI, o TDM/E.351, y se aplican a todas las tecnologías, como se demuestra en los modelos.



- Método distribuido aplicado red virtual por red virtual.
- El ON asigna anchura de banda a cada red virtual de acuerdo con la demanda.
- Para aumentar la anchura de banda de VNET:
  - ❖ El ON decide el umbral de modificación de anchura de banda del enlace ( $P_i$ ) en base a:
    - la anchura de banda en progreso (BWIP);
    - la prioridad de encaminamiento (clave, normal, de mejor esfuerzo);
    - BWavg de atribución de anchura de banda;
    - el trayecto primera elección/alternativo.
  - ❖ El ON lanza un mensaje de petición de etiqueta CRLDP con ruta explícita, bandera de modificación, parámetros de tráfico y umbral  $P_i$  (transportado en la prioridad de establecimiento).
- Los VN mantienen el estado de enlace local de anchura de banda de enlace en reposo (ILBW), que incluye ligeramente cargado (LL), muy cargado (HL), reservado (R) y ocupado (B).
- Los VN comparan el estado del enlace con el umbral  $P_i$ .
- Los VN envían un mensaje de notificación reencaminamiento automático/anchura de banda no disponible a ILSR si no se cumple el umbral  $P_i$ .

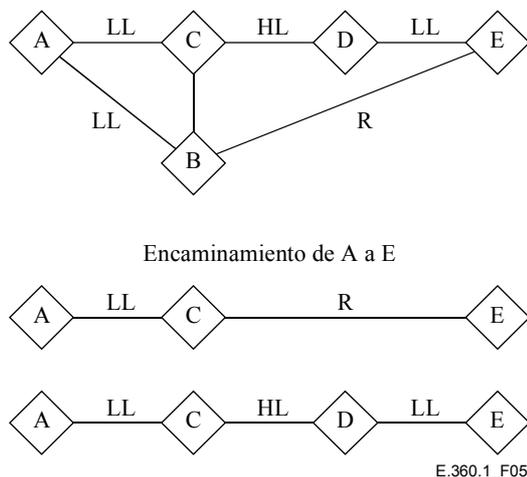
ON Nodo de origen  
 DN Nodo de destino  
 VN Nodo intermedio  
 ◊ Nodo

**Figura 4/E.360.1 – Uso de la gestión de recursos orientada a QoS basada en MPLS/servicios diferidos/redes virtuales con métodos de reserva de anchura de banda dinámica y de puesta en cola con prioridad**

En los modelos, el método VNET por VNET se compara favorablemente con el método flujo por flujo, que es totalmente factible dentro de la actual especificación del protocolo MPLS y que se recomienda por tanto para GTAC/DOTE.

Además, se considera que un método distribuido de encaminamiento dependiente del evento (EDR)/STT de gestión de LSP funciona tan bien o mejor que el encaminamiento dependiente del estado (SDR) con flujo de información. A continuación se da un ejemplo del método STT-EDR:

La figura 5 ilustra el método recomendado de selección de trayecto STT-EDR y el uso de la topología de una sola zona de baja densidad.



Ejemplo del método TE con EDR (STT-EDR):

- 1) si la anchura de banda de LSR-A a LSR-E tiene que ser modificada (es decir, aumentada por delta BW) se intenta primero el LSP-p primario (por ejemplo, LSP A-B-E);
- 2) anchura de banda disponible probada localmente en cada enlace en LSP-p, si no hay anchura de banda disponible (por ejemplo, la prioridad de establecimiento está en el estado fuertemente cargado, HL, y el enlace BE está en el estado reservado, R), reencaminamiento automático hacia atrás a LSR-A;
- 3) si delta BW no está disponible en uno o más enlaces de LSP-p, se intenta a continuación el LSP-s satisfactorio vigente (por ejemplo, LSP A-C-D-E);
- 4) si delta BW no está disponible en uno o más enlaces de LSP-s, se busca un nuevo LSP intentando trayectos candidatos adicionales hasta que se encuentra un nuevo LSP-n satisfactorio o se agotan los trayectos candidatos;
- 5) se marca LSP-n como el trayecto satisfactorio vigente para la próxima vez que la anchura de banda tenga que ser modificada.

**Figura 5/E.360.1 – Utilización de métodos de selección de trayecto de TE STT-EDR en una topología de una sola zona de baja densidad**

El método EDR-STT es totalmente distribuido, reduce el flujo, y como resultado se podría utilizar una zona mayor, quizás incluso una sola ruta principal. Se modela también la jerarquía de encaminador de borde (ER, *edge-router*) a encaminador de ruta principal (BR, *backbone router*). Se ha modelado una gestión de recursos MPLS/DiffServ ER-BR, aunque algunas veces se afirma que DiffServ solos bastarían en los enlaces ER-BR. El problema es lo que sucede cuando se agota la anchura de banda para los servicios de voz con conexión, RDSI, telefonía IP, etc., con respecto a los servicios de mejor esfuerzo. Se necesita un mecanismo de control de admisión GTAC para rechazar las peticiones de conexión cuando sea necesario. En la jerarquía ER/BR modelada, hay una malla de LSP en la ruta principal, pero LSP separados ("conductos grandes") para cada ER a los BR de la ruta principal, es decir, para cada zona ER-BR (en este caso no hay malla ER-ER LSP).

## 12.4 Capacidades de encaminamiento de transporte recomendadas

Como se examina en la Rec. UIT-T E.360.5, se hacen las siguientes recomendaciones para el encaminamiento de transporte:

- encaminamiento de transporte dinámico para un mejor funcionamiento y diseño más eficaz;
- diseño de nivel de restablecimiento de tráfico y de transporte con diversidad de enlaces para asegurar un nivel mínimo de funcionamiento en condiciones de fallo.

Nombre de red virtual	Ejemplos de identidad de servicio	Características del tráfico de red virtual y del tráfico con prioridad
1) Voz comercial	RPV, conexión directa 800, servicio 800, servicio 900	Prioridad normal; CBR a 64 kbit/s
2) Voz consumidor	Servicio larga distancia (LDS)	Prioridad normal; CBR a 64 kbit/s
3) Voz internacional saliente	LDS internacional saliente, 800 internacional saliente, RPV mundial saliente, internacional tránsito	Prioridad normal; CBR a 64 kbit/s
4) Voz internacional entrante	LDS internacional entrante, 800 internacional entrante, RPV mundial entrante, internacional tránsito entrante	Prioridad clave; CBR a 64 kbit/s
5) 800-gold	Conexión directa 800 gold, 800 gold, RPV clave	Prioridad clave; CBR a 64 kbit/s
6) RDSI a 64 kbit/s	SDS a 64 kbit/s, servicio digital internacional conmutado (SDI) a 64 kbit/s	Prioridad normal; CBR a 64 kbit/s
7) RDSI a 64 kbit/s	SDS y SDI (clave) a 64 kbit/s	Prioridad clave; CBR a 64 kbit/s
8) RDSI a 384 kbit/s	SDS y SDI a 384 kbit/s	Prioridad normal; CBR a 384 kbit/s
9) Telefonía IP	Telefonía IP, voz comprimida	Prioridad normal; velocidad variable; interactivo y sensible al retardo: VBR-RT: 10% carga de tráfico de VN1+VN2+VN3+VN4+VN5. La velocidad de datos de llamada varía de 6,4 kbit/s a 51,2 kbit/s (media de 25,6 kbit/s)
10)Multimedios IP	Multimedios IP, WWW, comprobación tarjeta de crédito	Prioridad normal; velocidad variable; no interactivo e insensible al retardo; VBR-NRT: 30% de carga de tráfico de VN2, la velocidad de datos de llamada varía de 38,4 kbit/s a 64 kbit/s (media de 51,2 kbit/s)
11)Mejor esfuerzo con UBR	Correo vocal, correo electrónico, transferencia de ficheros	Prioridad de mejor esfuerzo; velocidad variable; no interactivo e insensible al retardo; UBR: 30% de carga de tráfico de VN1, la velocidad de datos de llamada varía de 6,4 kbit/s a 3072 kbit/s (media de 1536 kbit/s)

**Figura 6/E.360.1 – Utilización de asignación de tráfico de red virtual para servicio clave, servicio normal y servicio de mejor esfuerzo diferenciados de red multiservicios**

## 12.5 Capacidades de operaciones de red recomendadas

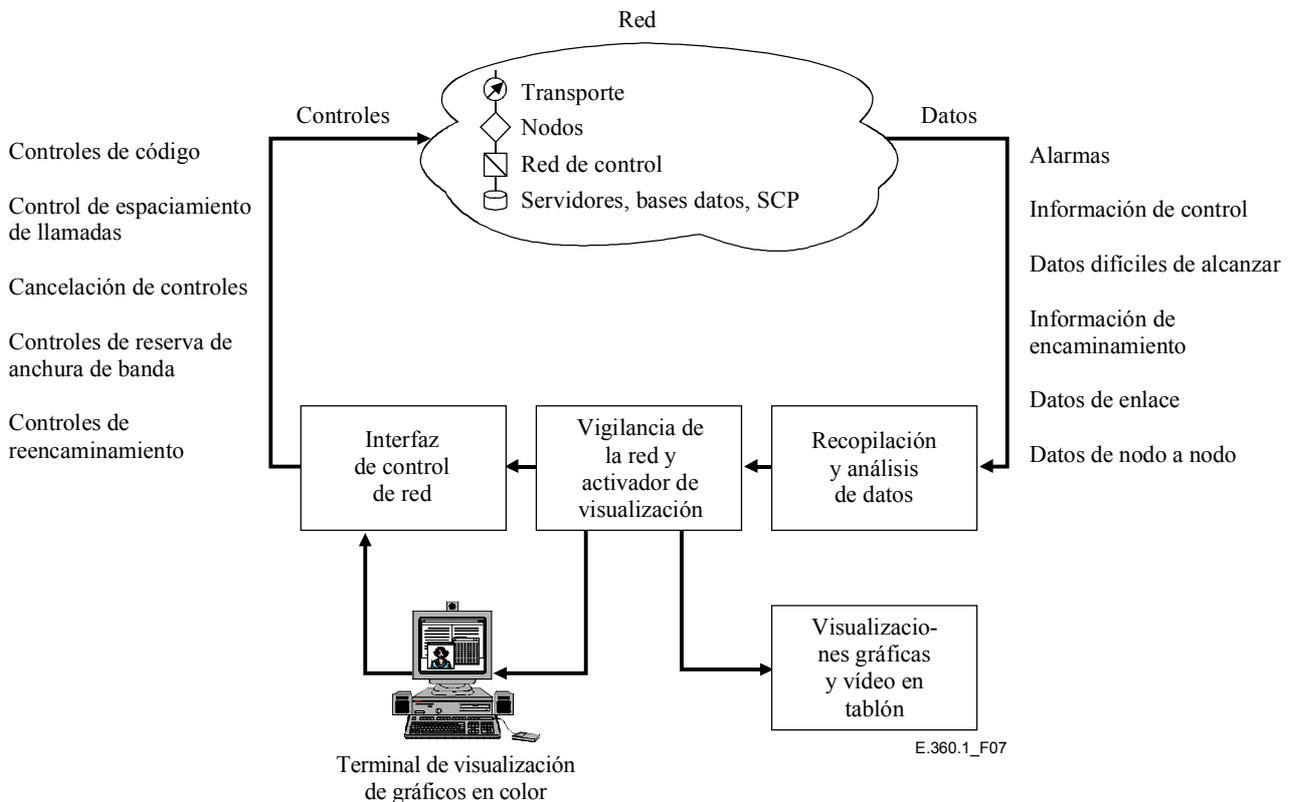
Como se indica en las Recomendaciones UIT-T E.360.5 y E.360.6, se hacen las siguientes recomendaciones para las operaciones y diseño de red:

- Supervisión de los datos de tráfico y de calidad de funcionamiento para la gestión de tráfico y la gestión de capacidad.

La figura 1 ilustra la supervisión de los datos de tráfico de red y de calidad funcionamiento para soportar las funciones de gestión de tráfico y de gestión de capacidad.

- Métodos de gestión de tráfico para proporcionar la supervisión del funcionamiento de la red y aplicar controles de gestión de tráfico, tales como bloqueo de código, espaciado de petición de conexiones y controles de reencaminamiento.

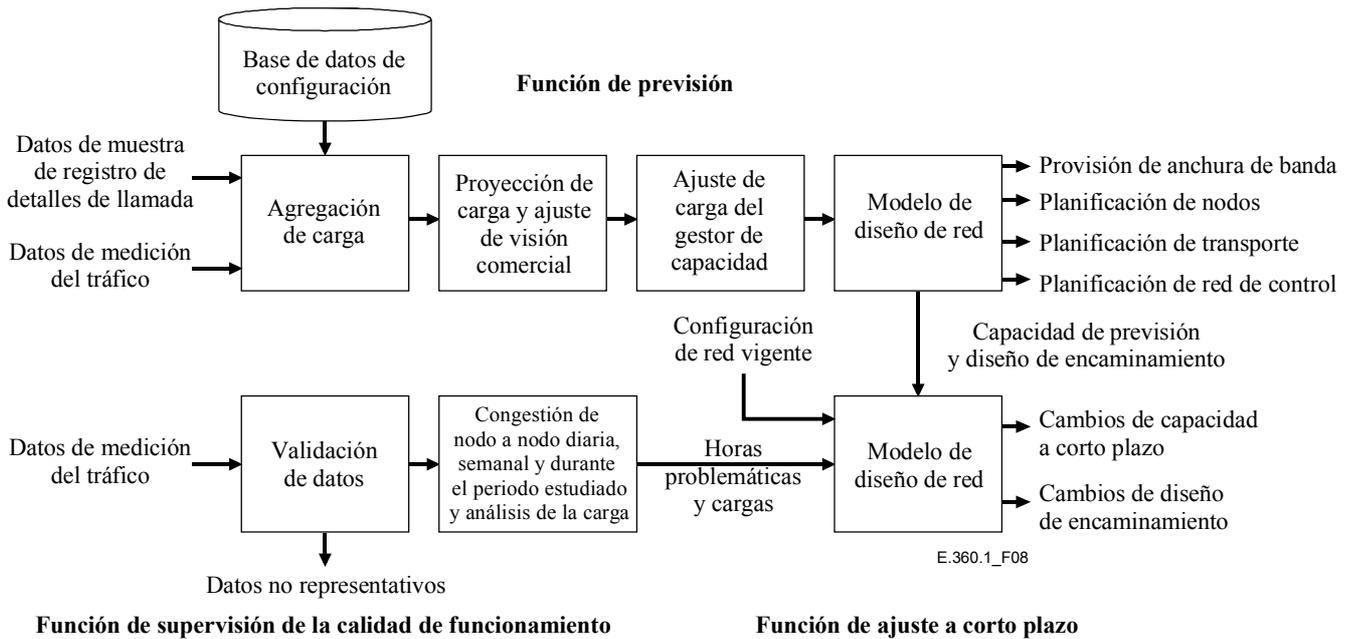
La figura 7 ilustra las funciones de gestión de tráfico recomendadas.



**Figura 7/E.360.1 – Utilización de métodos de gestión de tráfico para supervisar la calidad de funcionamiento de la red y aplicar controles de gestión de tráfico (tales como bloqueo de código, espaciado de peticiones de conexión y controles de reencaminamiento)**

- Métodos de gestión de capacidad para incluir la previsión de capacidad, la supervisión del funcionamiento diario y semanal y el ajuste de la red a corto plazo.

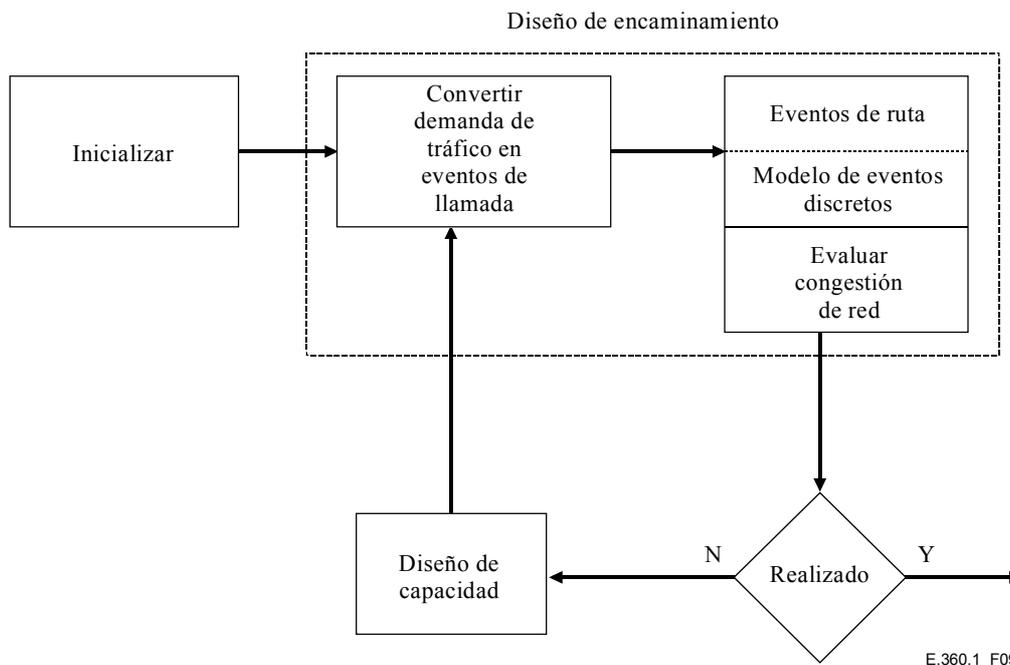
La figura 8 ilustra las funciones recomendadas para la gestión de capacidad.



**Figura 8/E.360.1 – Utilización de métodos de gestión de capacidad para incluir la previsión de capacidad, la supervisión del funcionamiento diario y semanal y el ajuste de la red a corto plazo**

- Modelos de diseño de optimización de flujos de eventos discretos (DEFO) para acomodar el comportamiento de encaminamiento complejo y diseñar redes TE multiservicios.

La figura 9 ilustra los modelos de diseño DEFO recomendados. La mayor ventaja del modelo DEFO es su capacidad para acomodar comportamiento de encaminamiento muy complejo mediante el equivalente de un modelo de simulación proporcionado en soporte lógico en el módulo de diseño de encaminamiento. Por este medio, se han diseñado redes con encaminamiento muy complejo aplicando el modelo, que incluye todos los métodos de encaminamiento examinados en la Rec. UIT-T E.360.2, a saber, los métodos TDR, SDR y EDR y los modelos de asignación de recursos orientados a QoS en redes multiservicios expuestos en la Rec. UIT-T E.360.3. Los procesos de tráfico complejo, tales como el tráfico autosemejante, pueden ser modelados también con los métodos DEFO.



**Figura 9/E.360.1 – Utilización de modelos de diseño de optimización de flujo de evento discreto (DEFO) para redes TE multiservicios con comportamiento de encaminamiento y diseño complejos**

## 12.6 Ventajas de los métodos TE/QoS recomendados para las redes integradas multiservicios

Las ventajas de los métodos TE/QoS recomendados para las redes integradas multiservicios basadas en IP son las siguientes:

- creación de servicios basados en red IP (API de Parlay, CPL/CGI, SIP-RI);
- costos más bajos de operaciones y de capital;
- funcionamiento mejorado;
- gestión de red simplificada.

Las capacidades de creación de servicios basados en redes IP se examinan en la Rec. UIT-T E.360.4, los aspectos de costos de operaciones y de capital en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 y E.360.6 y las repercusiones en un mejor funcionamiento en las Recomendaciones UIT-T E.360.2 y E.360.

Los siguientes métodos GTAC/DOTE recomendados simplifican la gestión de red:

- control distribuido, examinado en la Rec. UIT-T E.360.2;
- eliminación del flujo de anchura de banda de enlace disponible (ALB), examinada en la Rec. UIT-T E.360.4;
- zonas más grandes/menor número de zonas, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.4;
- provisión automática de base de datos de topología, examinada en la Rec. UIT-T E.360.3;
- provisión de red con menor número de enlaces/de baja densidad, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.2.

## Bibliografia

- [A98] ASH, (G. R.), *Dynamic Routing in Telecommunications Networks*, McGraw-Hill, 1998.
- [A99a] ASH, (G. R.), *Routing Guidelines for Efficient Routing Methods*, IETF Draft draft-ash-itu-sg2-routing-guidelines-00.txt, 1999.
- [A99b] AWDUCHE, (D. O.), *MPLS and Traffic Engineering in IP Networks*, IEEE Communications Magazine, 1999.
- [A99c] AWDUCHE, (D. O.), *MPLS and Traffic Engineering in IP Networks*, IEEE Communications Magazine, 1999.
- [A99d] APOSTOLOPOULOS, (G.), *On the Cost and Performance Trade-offs of Quality of Service Routing*, Ph.D. thesis, University of Maryland, 1999.
- [A00] ARMITAGE, (G.), *Quality of Service in IP Networks: Foundations for a Multi-Service Internet*, Macmillan, 2000.
- [AAFJLLS00] ASH, (G. R.), ASHWOOD-SMITH, (P.), FEDYK, (D.), JAMOSSI, (B.), LEE, (Y.), LI, (L.), SKALECKI, (D.), *LSP Modification Using CRLDP*, draft-ietf-mpls-crlsp-modify-01.txt, 2000.
- [ABGLSS00] AWDUCHE, (D.), BERGER, (L.), GAN, (D.), LI, (T.), SWALLOW, (G.), SRINIVASAN, (V.), *RSVP-TE: Extension to RSVP for LSP Tunnels*, IETF Draft draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-tunnel-05.txt, 2000.
- [ACEWX00] AWDUCHE, (D. O.), CHIU, (A.), ELWALID, (A.), WIDJAJA, (I.), XIAO, (X.), *A Framework for Internet Traffic Engineering*, draft-ietf-te-framework-02.txt, 2000.
- [ACFM99] ASH, (G. R.), CHEN, (J.), FISHMAN, (S. D.), MAUNDER, (A.), *Routing Evolution in Multiservice Integrated Voice/Data Networks*, International Teletraffic Congress ITC-16, Edinburgh, Scotland, 1999.
- [ADFFT98] ANDERSON, (L.), DOOLAN, (P.), FELDMAN, (N.), FREDETTE, (A.), THOMAS, (B.), *LDP Specification*, IETF Draft, draft-ietf-mpls-ldp-01.txt, 1998.
- [AGK99] APOSTOLOPOULOS, (G.), GUERIN, (R.), KAMAT, (S.), *Implementation and Performance Measurements of QoS Routing Extensions to OSPF*, Proceedings of INFOCOM '99, 1999.
- [AGKOT99] APOSTOLOPOULOS, (G.), GUERIN, (R.), KAMAT, (S.), ORDA, (A.), TRIPATHI, (S. K.), *Intra-Domain QoS Routing in IP Networks: A Feasibility and Cost/Benefit Analysis*, IEEE Network Magazine, 1999.
- [AJF00] ASHWOOD-SMITH, (P.), JAMOSSI, (B.), FEDYK, (D.), *Improving Topology Data Base Accuracy with LSP Feedback via CR-LDP*, IETF Draft draft-ietf-mpls-te-feed-00.txt, 2000.
- [Aki83] AKINPELU, (J. M.), *The Overload Performance of Engineered Networks with Nonhierarchical and Hierarchical Routing*, Proceedings of the Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, Canada, 1983.
- [Aki84] AKINPELU, (J. M.), *The Overload Performance of Engineered Networks with Nonhierarchical and Hierarchical Routing*, Bell System Technical Journal, Vol. 63, 1984.
- [AL99] ASH, (G. R.), LEE, (Y.), *Routing of Multimedia Connections Across TDM-, ATM-, and IP-Based Networks*, IETF Draft, draft-ash-itu-sg2-qos-routing-02.txt, 1999.
- [AM98] ASH, (G. R.), MAUNDER, (A.), *Routing of Multimedia Connections when Interworking with PSTN, ATM, and IP Networks*, AF-98-0927, Nashville TN, 1998.

- [AAJL99] ASH, (G. R.), ABOUL-MAGD, (O. S.), JAMOUSI, (B.), LEE, (Y.), *QoS Resource Management in MPLS-Based Networks*, IETF Draft, draft-ash-qos-routing-00.txt, Minneapolis MN, 1999.
- [AM99] ASH, (G. R.), MAUNDER, (A.), *QoS Resource Management in ATM Networks*, AF-99-, Rome Italy, 1999.
- [ARDC99] AWDUCHE, (D. O.), REKHTER, (Y.), DRAKE, (J.), COLTUN, (R.), *Multiprotocol Lambda Switching: Combined MPLS Traffic Engineering Control with Optical Crossconnects*, IETF Draft, draft-awduche-mpls-te-optical-00txt, 1999.
- [ATM950013] ATM Forum Technical Committee, *B-ISDN Inter Carrier Interface (B-ICI) Specification Version 2.0 (Integrated)*, af-bici-0013.003, 1995.
- [ATM960055] ATM Forum Technical Committee, *Private Network-Network Interface Specification Version 1.0 (PNNI 1.0)*, af-pnni-0055.000, 1996.
- [ATM960056] ATM Forum Technical Committee, *Traffic Management Specification Version 4.0*, af-tm0056.000, 1996.
- [ATM960061] ATM Forum Technical Committee, *ATM User-Network Interface (UNI) Signalling Specification Version 4.0*, af-sig-0061.000, 1996.
- [ATM980103] ATM Forum Technical Committee, *Specification of the ATM Inter-Network Interface (AINI) (Draft)*, ATM Forum/BTD-CS-AINI-01.03, 1998.
- [ATM990097] *ATM Signalling Requirements for IP Differentiated Services and IEEE 802.1D*, ATM Forum, Atlanta, GA, 1999.
- [ATM000102] *ATM Forum Technical Committee, Priority Services Support in ATM Networks, V1.0*, ltd-cs-priority-01.02, 2000.
- [ATM000146] *ATM Forum Technical Committee, Operation of BICC with SIG 4.0/PNNI 1.0/AINI*, fb-cs-vmoa-0146.000, 2000.
- [ATM000148] *Modification of the ATM Traffic Descriptor of an Active Connection, V1.0*, fb-cs-0148.000, 2000.
- [ATM000213] NOORHASHM, (M.), ASH, (G. R.), COMELY, (T.), DIANDA, (R. B.), HARTANI, (R.), *Proposed Revised Text for the Introduction and Scope Sections of ltd-cs-priority-01.02*, 2000.
- [B00] BROWN, (A.), *ENUM Requirements*, IETF Draft draft-ietf-enum-rqmts-01.txt, 2000.
- [B00a] BERNET, (Y.), *The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network*, IEEE Communications Magazine, 2000.
- [B91] BRUNET, (G.), *Optimisation de L'acheminement Séquentiel Non-hierarchique par Automates Intelligents*, M. Sc. Thesis, INRS-Telecommunications, 1991.
- [BCHLL99] BOLOTIN, (V.), COOMBS-REYES, HEYMAN, (D.), LEVY, (Y.), LIU, (D.), *IP Traffic Characterization for Planning and Control, Teletraffic Engineering in a Competitive World*, P. Key and D. Smith (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 1999.
- [Bur61] BURKE, (P. J.), *Blocking Probabilities Associated with Directional Reservation*, unpublished memorandum, 1961.
- [C97] CROVELLA, (M. E.), *Self-Similarity in WWW Traffic: Evidence and Possible Causes*, IEEE Transactions on Networking, 1997.
- [CED91] CHAO, (C-W.), ESLAMBOLCHI, (H.), DOLLARD, (P.), NGUYEN, (L.), WEYTHMAN, (J.), *FASTAR – A Robust System for Fast DS3 Restoration, Proceedings of GLOBECOM 1991*, Phoenix, Arizona, pp. 1396-1400, 1991.

- [CDFS99] CALLON, (R.), DOOLAN, (P.), FELDMAN, (N.), FREDETTE, (A.), SWALLOW, (G.), VISWANATHAN, (A.), IETF Network Working Group Draft, *A Framework for Multiprotocol Label Switching*, draft-ietf-mpls-framework-05.txt, 1999.
- [CHY00] CHAUDHURI, (S.), HJALMTYSSON, (G.), YATES, (J.), *Control of Lightpaths in an Optical Network*, IETF Draft draft-chaudhuri-ip-olxc-control-00.txt, 2000.
- [CW00] CHERUKURI, (R.), WALSH, (T.), *Proposal for Work Item to Support Voice over MPLS (VoMPLS)*, MPLS Forum Technical Committee Contribution, Dublin, Ireland, 2000.
- [D99] DVORAK, (C.), *IP-Related Impacts on End-to-End Transmission Performance*, ITU-T Liaison to Study Group 2, Documento temporal TD GEN-22, Ginebra Suiza, 1999.
- [Dij59] DIJKSTRA, (E. W.), A Note on Two Problems in Connection with Graphs, *Numerical Mathematics*, Vol. 1, pp. 269-271, 1959.
- [DN99] DIANDA, (R. B.), NOORCHASHM, (M.), *Bandwidth Modification for UNI, PNNI, AINI, and BICI*, ATM Forum Technical Working Group, 1999.
- [DPW99] DOVERSPIKE, (R. D.), PHILLIPS, (S.), WESTBROOK, (J. R.), *Future Transport Network Architectures*, IEEE Communications Magazine, 1999.
- [DR00] DAVIE, (B. S.), REKHTER, (Y.), *MPLS: Technology and Applications*, Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- [DY00] DOVERSPIKE, (R.), YATES, (J.), *Challenges for MPLS Protocols in the Optical Network Control Plane*, submitted for publication.
- [E.106] Recomendación UIT-T E.106 (2000), *Descripción de un plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia*.
- [E.164] Recomendación UIT-T E.164 (1997), *Plan internacional de numeración de telecomunicaciones públicas*.
- [E.170] Recomendación UIT-T E.170 (1992), *Encaminamiento del tráfico*.
- [E.177] Recomendación UIT-T E.177 (1996), *Encaminamiento en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.
- [E.191] Recomendación UIT-T E.191 (2000), *Direccionamiento en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.
- [E.350] Recomendación UIT-T E.350 (2000), *Interfuncionamiento del encaminamiento dinámico*.
- [E.351] Recomendación UIT-T E.351 (2000), *Encaminamiento de conexiones multimedios a través de redes con multiplexión por división en el tiempo, modo transferencia asíncrono o basados en el protocolo Internet*.
- [E.352] Recomendación UIT-T E.352 (2000), *Directrices sobre métodos de encaminamiento eficaces*.
- [E.353] Recomendación UIT-T E.353 (2001), *Encaminamiento de llamadas cuando se utilizan direcciones internacionales de encaminamiento de red*.
- [E.412] Recomendación UIT-T E.412 (1998), *Controles de gestión de red*.
- [E.417] Recomendación UIT-T E.417 (2001), *Marco para la gestión del tráfico de redes basadas en el protocolo Internet*.
- [E.490] Recomendación UIT-T E.490 (1992), *Medidas y evaluación del tráfico – Examen general*.
- [E.491] Recomendación UIT-T E.491 (1997), *Medidas de tráfico por destino*.
- [E.492] Recomendación UIT-T E.492 (1996), *Periodo de referencia de tráfico*.

- [E.493] Recomendación UIT-T E.493 (1996), *Supervisión del grado de servicio.*
- [E.500] Recomendación UIT-T E.500 (1998), *Principios de medida de la intensidad de tráfico.*
- [E.501] Recomendación UIT-T E.501 (1997), *Estimación del tráfico ofrecido en la red.*
- [E.502] Recomendación UIT-T E.502 (2001), *Requisitos de las medidas de tráfico para las centrales digitales de telecomunicación.*
- [E.503] Recomendación UIT-T E.503 (1992), *Análisis de datos de las medidas de tráfico.*
- [E.504] Recomendación UIT-T E.504 (1988), *Administración de las medidas de tráfico.*
- [E.505] Recomendación UIT-T E.505 (1992), *Medidas de la calidad de funcionamiento de la red de señalización por canal común.*
- [E.506] Recomendación UIT-T E.506 (1988), *Previsiones del tráfico internacional.*
- [E.507] Recomendación UIT-T E.507 (1988), *Modelos para la previsión del tráfico internacional.*
- [E.508] Recomendación UIT-T E.508 (1992), *Previsiones para nuevos servicios de telecomunicación.*
- [E.520] Recomendación UIT-T E.520 (1988), *Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática (sin posibilidad de desbordamiento).*
- [E.521] Recomendación UIT-T E.521 (1988), *Cálculo del número de circuitos de un haz utilizado para cursar el tráfico de desbordamiento.*
- [E.522] Recomendación UIT-T E.522 (1988), *Número de circuitos en un haz de gran utilización.*
- [E.523] Recomendación UIT-T E.523 (1988), *Perfiles típicos de distribución de tráfico para corrientes de tráfico internacional.*
- [E.524] Recomendación UIT-T E.524 (1999), *Aproximaciones del tráfico de desbordamiento para flujos de tráfico no aleatorios.*
- [E.525] Recomendación UIT-T E.525 (1992), *Diseño de redes para controlar el grado de servicio.*
- [E.526] Recomendación UIT-T E.526 (1993), *Dimensionamiento de haces de circuitos con servicios portadores multiintervalo y sin entradas de desbordamiento.*
- [E.527] Recomendación UIT-T E.527 (2000), *Dimensionado de un haz de circuitos con servicios portadores multiintervalo y tráfico de desbordamiento.*
- [E.528] Recomendación UIT-T E.528 (1996), *Dimensionado de los sistemas de equipos de multiplicación de circuitos digitales.*
- [E.529] Recomendación UIT-T E.529 (1997), *Dimensionado de redes utilizando los objetivos de grado de servicio de extremo a extremo.*
- [E.600] Recomendación UIT-T E.600 (1993), *Términos y definiciones de ingeniería de tráfico.*
- [E.651] Recomendación UIT-T E.651 (2000), *Conexiones de referencia para ingeniería de tráfico de redes de acceso con protocolo Internet.*
- [E.716] Recomendación UIT-T E.716 (1996), *Modelado de la demanda de usuario en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA).*
- [E.731] Recomendación UIT-T E.731 (1992), *Métodos para dimensionar recursos que funcionan en modo conmutación de circuitos.*
- [E.733] Recomendación UIT-T E.733 (1998), *Métodos de dimensionado de recursos de las redes con sistemas de señalización N.º 7.*

- [E.734] Recomendación UIT-T E.734 (1996), *Métodos de asignación y dimensionado de los recursos de red inteligente (RI)*.
- [E.735] Recomendación UIT-T E.735 (1997), *Marco para el control del tráfico y el dimensionamiento en la RDSI-BA*.
- [E.736] Recomendación UIT-T E.736 (2000), *Métodos para el control de tráfico a nivel de célula en la RDSI-BA*.
- [E.737] Recomendación UIT-T E.737 (2001), *Métodos de dimensionado en la RDSI-BA*.
- [E.743] Recomendación UIT-T E.743 (1995), *Medidas de tráfico para el dimensionamiento y la planificación del sistema de señalización N.º 7*.
- [E.800] Recomendación UIT-T E.800 (1994), *Términos y definiciones relativos a la calidad de servicio y a la calidad de funcionamiento de la red, incluida la seguridad de funcionamiento*.
- [ETSIa] ETSI Secretariat, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Networks (TIPHON); Naming and Addressing; Scenario 2*, DTS/TIPHON-04002 v1.1.64, 1998.
- [ETSIb] ETSI STF, *Request for Information (RFI): Requirements for Very Large Scale E.164 -> IP Database*, TD35, ETSI EP TIPHON 9, Portland, 1998.
- [ETSIc] TD290, ETSI Working Party Numbering and Routing, *Proposal to Study IP Numbering, Addressing, and Routing Issues*, Sophia, 1998.
- [F00] FALTSTROM, (P.), *E.164 Number and DNS*, IETF Draft draft-ietf-enum-e164-dns-00, 2000.
- [FASOAKCGRBASEWDH00] FAN, (Y.), ASHWOOD-SMITH, (P.), SHARMA, (V.), ASH, (G. R.), KRISHNASWAMY, (M.), CAO, (Y.), GIRISH, (M. K.), RUCK, (H. M.), BERNSTEIN, (S.), AHLUWALIA, (S.), SJOSTRAND, (H.), ERIKSSON, (K.), WANG, (L.), DORIA, (A.), HUMMEL, (H.), *Extensions to CR-LDP and RSVP-TE for Optical Path Set-up*, IETF Draft draft-fan-mpls-lambda-signalling-00.txt, 2000.
- [FGHW99] FELDMAN, (A.), GILBERT, (A.), HUANG, (P.), WILLINGER, (W.), *Dynamic of IP Traffic: A Study of the Role of Variability and the Impact of Control*, Proceedings of the ACM SIGCOMM, 1999.
- [FGLRRT00] FELDMAN, (A.), GREENBERG, (A.), LUND, (C.), REINGOLD, (N.), REXFORD, (J.), TRUE, (F.), *Deriving Traffic Demands for Operational IP Networks: Methodology and Experience*, work in progress.
- [FGLRR99] FELDMAN, (A.), GREENBERG, (A.), LUND, (C.), REINGOLD, (N.), REXFORD, (J.), TRUE, (F.), *Netscope: Traffic Engineering for IP Networks*, *IEEE Network Magazine*, 2000.
- [FH98] FERGUSON, (P.), HUSTON, (G.), *Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks*, John Wiley & Sons, 1998.
- [FHH79] FRANKS, (R. L.), HEFFES, (H.), HOLTZMAN, (J. M.), HORING, (S.), MESSERLI, (E. J.), *A Model Relating Measurements and Forecast Errors to the Provisioning of Direct Final Trunk Groups*, *Bell System Technical Journal*, Vol. 58, No. 2, 1979.
- [FI00] FUJITA, (N.), IWATA, (A.), *Traffic Engineering Extensions to OSPF Summary LSA*, draft-fujita-ospf-te-summary-00.txt, 2000.
- [FIA99] FUJITA, (N.), IWATA, (A.), ASH, (G. R.), *Crankback Routing Extensions for CR-LDP*, IETF Draft draft-fujita-mpls-crdp-crankback-00.txt, 2000.

- [FJ93] FLOYD, (S.), JACOBSON, (V.), *Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance*, IEEE/ACM Transactions on Networking, 1993.
- [FO00] FOLTS, (H.), OHNO, (H.), *Functional Requirements for Priority Services to Support Critical Communications*, draft-folts-ohno-ieps-considerations-00.txt, 2000.
- [FRC98] FELDMAN, (A.), REXFORD, (J.), CACERES, (R.), *Efficient Policies for Carrying Web Traffic Over Flow-Switched Networks*, IEEE/ACM Transactions on Networking, 1998.
- [FT00] FORTZ, (B.), THORUP, (M.), *Internet Traffic Engineering by Optimizing OSPF Weights*, Proceedings of IEEE INFOCOM, 2000.
- [G.723.1] Recomendación UIT-T G.723.1 (1996), *Codificadores vocales: Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedios a 5,3 y 6,3 kbit/s*.
- [G99a] GLOSSBRENNER, (K.), *Elements Relevant to Routing of ATM Connections*, ITU-T Liaison to Study Group 2, Temporary Document 1/2-8, Geneva Switzerland, 1999.
- [G99b] GLOSSBRENNER, (K.), *IP Performance Studies*, ITU-T Liaison to Study Group 2, Temporary Document GEN-27, Geneva Switzerland, 1999.
- [GDW00] GHANI, (N.), DUXIT, (S.), WANG, (T.), *On IP-Over-WDM Integration*, IEEE Communications Magazine, 2000.
- [GJFALF99] GHANWANI, (A.), JAMOUCSI, (B.), FEDYK, (D.), ASHWOOD-SMITH, (P.), LI, (L.), FELDMAN, (N.), *Traffic Engineering Standards in IP Networks using MPLS*, IEEE Communications Magazine, 1999.
- [GWA97] GRAY, (E.), WANG, (Z.), ARMITAGE, (G.), *Generic Label Distribution Protocol Specification*, IETF Draft, draft-gray-mpls-generic-ldp-spec-00.txt, 1997.
- [GR99] GREENE, (N.), RAMALHO, (M.), *Media Gateway Control Protocol Architecture and Requirements*, IETF Draft, draft-ietf-megaco-reqs-00.txt, 1999.
- [H95] HUITEMA, (C.), *Routing in the Internet*, Prentice Hall, 1995.
- [H97] HALABI, (B.), *Internet Routing Architectures*, Cisco Press, 1997.
- [H99] HEYMAN, (D. P.), *Estimation of MMPP Models of IP Traffic*, unpublished work.
- [H.225.0] Recomendación UIT-T H.225.0 (2000), *Protocolos de señalización de llamada y paquetización de trenes de medios para sistemas de comunicación multimedios por paquetes*.
- [H.245] Recomendación UIT-T H.245 (2001), *Protocolos de control de comunicaciones multimedios*.
- [H.246] Recomendación UIT-T H.246 (1998), *Interfuncionamiento de terminales multimedios de la serie H con terminales multimedios de la serie H y terminales vocales/de banda vocal por la RTGC y la RDSI*.
- [H.323] Recomendación UIT-T H.323 (2000), *Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes*.
- [HCC00] HUSTON, (G.), CERF, (V. G.), CHAPIN, (L.), *Internet Performance Survival Guide: QoS Strategies for Multi-Service Networks*, John Wiley & Sons, 2000.
- [HiN76] HILL, (D. W.), NEAL, (S. R.), *The Traffic Capacity of a Probability Engineered Trunk Group*, *Bell System Technical Journal*, Vol. 55, No. 7, 1976.
- [HL96] HEYMAN, (D. P.), LAKSHMAN, (T. V.), *What are the Implications of Long-Range Dependence for VBR-Video Traffic Engineering?*, IEEE Transactions on Networking, 1996.

- [HSMOA00] HUANG, (C.), SHARMA, (V.), MAKAM, (S.), OWENS, (K.), *A Path Protection/Restoration Mechanism for MPLS Networks*, draft-chang-mpls-path-protection-00.txt, 2000.
- [HM00] HEYMAN, (D. P.), MANG, (X.), *Why Modelling Broadband Traffic is Difficult, and Potential Ways of Doing It*, Fifth INFORMS Telecommunications Conference, Boca Raton, FL, 2000.
- [HSMO00] HUANG, (C.), SHARMA, (V.), MAKAM, (S.), OWENS, (K.), *A Path Protection/Restoration Mechanism for MPLS Networks*, draft-chang-mpls-path-protection-00.txt, 2000.
- [HSMOA00] HUANG, (C.), SHARMA, (V.), MAKAM, (S.), OWENS, (K.), AKYOL, (B.), *Extensions to RSVP-TE for MPLS Path Protection*, draft-chang-mpls-rsvp-te-path-protection-ext-00.txt, 2000.
- [HY00] HJALMTYSSON, (G.), YATES, (J.), *Smart Routers – Simple Optics, An Architecture for the Optical Internet*, submitted for publication.
- [I.211] Recomendación UIT-T I.211 (1993), *Aspectos de servicio de la red digital de servicios integrados de banda ancha*.
- [I.324] Recomendación UIT-T I.324 (1991), *Arquitectura de la red digital de servicios integrados*.
- [I.327] Recomendación UIT-T I.327 (1993), *Arquitectura funcional de la red digital de servicios integrados de banda ancha*.
- [I.356] Recomendación UIT-T I.356 (2000), *Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo en transferencia asíncrono de la RDSI de banda ancha*.
- [IYBKQ00] ISOYAMA, (K.), YOSHIDA, (M.), BRUNNER, (M.), KIND, (A.), QUITTEK, (J.), *Policy Framework QoS Information Model for MPLS*, draft-isoyama-policy-mpls-info-model-00.txt, 2000.
- [J00] JAMOUSSE, (B.), Editor, *Constraint-Based LSP Setup using LDP*, IETF draft-ietf-mpls-cr-ldp-03.txt, 2000.
- [K99] KILKKI, (K.), *Differentiated Services for the Internet*, Macmillan, 1999.
- [KAHRSYB00] KANKKUNEN, (A.), ASH, (G.), HOPKINS, (J.), ROSEN, (B.), STACEY, (D.), YELUNDUR, (A.), BERGER, (L.), *Voice over MPLS Framework*, IETF Draft draft-kankkunen-vompls-fw-00.txt, 2000.
- [Kne73] KNEPLEY, (J. E.), *Minimum Cost Design for Circuit Switched Networks*, Technical Note Numbers 36-73, Defense Communications Engineering Centre, System Engineering Facility, Reston, Virginia, 1973.
- [KR00] KUROSE, (J. F.), ROSS, (K. W.), *Computer Networking, A Top-Down Approach Featuring the Internet*, Addison-Wesley, 2000.
- [KR00a] KOMPELLA, (K.), REKHTER, (Y.), *LSP Hierarchy with MPLS TE*, Internet Draft draft-kompella-lsp-hierarchy-00.txt, 2000.
- [Kru37] KRUIITHOF, (J.), *Telefoonverkeersrekening*, *De Ingenieur*, Vol. 52, No. 8, 1937.
- [Kru79] KRUPP, (R. S.), *Properties of Kruithof's Projection Method*, *Bell System Technical Journal*, Vol. 58, No. 2, 1979.
- [Kru82] KRUPP, (R. S.), *Stabilization of Alternate Routing Networks*, IEEE International Communications Conference, Philadelphia, Pennsylvania, 1982.
- [L00] LAI, (W.), *Capacity Engineering of IP-Based Networks with MPLS*, IETF Draft draft-wlaitewg-cap-eng-00.txt, 2000.

- [L99] LI, (T.), *MPLS and the Evolving Internet Architecture*, IEEE Communications Magazine, 1999.
- [LNCTS00] LE FAUCHEUR, (F.), NADEAU, (T. D.), CHIU, (A.), TOWNSEND, (W.), SKALECKI, (D.), *Extensions to IS-IS, OSPF, RSVP and CR-LDP for support of Diff-Serv-aware MPLS Traffic Engineering*, draft-lefaucheur-diff-te-ext-00.txt, 2000.
- [LRACJ00] LUCIANI, (J.), RAJAGOPALAN, (B.), AWDUCHE, (D.), CAIN, (B.), JAMOUSSE, (B.), *IP over Optical Networks – A Framework*, IETF Draft draft-ip-optical-framework-00.txt, 2000.
- [LS00] LAZER, (M.), STRAND, (J.), *Some Routing Constraints*, Optical Interworking Forum contribution OIF2000.109, 2000.
- [LTWW94] LELAND, (W.), TAQQU, (M.), WILLINGER, (W.), WILSON, (D.), *On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic*, IEEE/ACM Transactions on Networking, 1994.
- [LDVKCH00] LE FAUCHEUR, (F.), DAVARI, (S.), VAANANEN, (P.), KRISHNAN, (R.), CHEVAL, (P.), HEINANEN, (J.), *MPLS Support of Differentiated Services*, IETF Draft draft-ietf-mpls-diff-ext-05.txt, 2000.
- [M85] MASON, (L. G.), *Equilibrium Flows, Routing Patterns and Algorithms for Store-and-Forward Networks*, North-Holland, Large Scale Systems, Vol. 8, 1985.
- [M98] METZ, (C.), *IP Switching: Protocols and Architecture*, McGraw-Hill, 1998.
- [M98a] MA, (Q.), *Quality-of-Service Routing in Integrated Services Networks*, Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 1998.
- [M99] MOY, (J.), *OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol*, Addison Wesley, 1999.
- [M99a] MCDYSAN, (D.), *QoS and Traffic Management in IP and ATM Networks*, McGraw-Hill, 1999.
- [MRMRBMSOAPLFEK00] MARSHALL, (W.), RAMAKRISHNAN, (K.), MILLER, (E.), RUSSELL, (G.), BESER, (B.), MANNETTE, (M.), STEINBRENNER, (K.), ORAN, (D.), ANDREASEN, (F.), PICKENS, (J.), LALWANEY, (P.), FELLOWS, (J.), EVANS, (D.), KELLY, (K.), *Architectural Considerations for Providing Carrier Class Telephony Services Utilizing SIP-based Distributed Call Control Mechanisms*, IETF Draft draft-dcsgroup-sip-arch-02.txt, 2000.
- [MRMRBMSOAPLFEK00a] MARSHALL, (W.), RAMAKRISHNAN, (K.), MILLER, (E.), RUSSELL, (G.), BESER, (B.), MANNETTE, (M.), STEINBRENNER, (K.), ORAN, (D.), ANDREASEN, (F.), PICKENS, (J.), LALWANEY, (P.), FELLOWS, (J.), EVANS, (D.), KELLY, (K.), *SIP Extensions for supporting Distributed Call State*, IETF Draft draft-dcsgroup-sip-state-02.txt, 2000.
- [MRMRBMSOAPLFEK00b] MARSHALL, (W.), RAMAKRISHNAN, (K.), MILLER, (E.), RUSSELL, (G.), BESER, (B.), MANNETTE, (M.), STEINBRENNER, (K.), ORAN, (D.), ANDREASEN, (F.), PICKENS, (J.), LALWANEY, (P.), FELLOWS, (J.), EVANS, (D.), KELLY, (K.), *Integration of Resource Management and SIP*, IETF Draft draft-dcsgroup-sip-resource-01.txt, 2000.
- [MS97] MA, (Q.), STEENKISTE, (P.), *On Path Selection for Traffic with Bandwidth Guarantees*, Proceedings of IEEE International Conference on Network Protocols, 1997.
- [MS97a] MA, (Q.), STEENKISTE, (P.), *Quality-of-Service Routing for Traffic with Performance Guarantees*, Proceedings of IFIP Fifth International Workshop on Quality of Service, 1997.

- [MS98] MA, (Q.), STEENKISTE, (P.), *Routing Traffic with Quality-of-Service Guarantees*, Proceedings of Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video, 1998.
- [MS99] MA, (Q.), STEENKISTE, (P.), *Supporting Dynamic Inter-Class Resource Sharing: A Multi-Class QoS Routing Algorithm*, Proceedings of IEEE INFOCOM '99, 1999.
- [Mum76] MUMMERT, (V. S.), *Network Management and Its Implementation on the No. 4ESS*, International Switching Symposium, Japan, 1976.
- [NaM73] NAKAGOME, (Y.), MORI, (H.), *Flexible Routing in the Global Communication Network*, Proceedings of the Seventh International Teletraffic Congress, Stockholm, Sweden, 1973.
- [NWM77] NARENDRA, (K. S.), WRIGHT, (E. A.), MASON, (L. G.), *Application of Learning Automata to Telephone Traffic Routing and Control*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-7, No. 11, 1977.
- [NWRH99] NEILSON, (R.), WHEELER, (J.), REICHMEYER, (F.), HARES, (S.), *A Discussion of Bandwidth Broker Requirements for Internet2 Qbone Deployment*, 1999.
- [PARLAY] *Parlay API Specification 1.2*, 1999.
- [PaW82] PACK, (C. D.), WHITAKER, (B. A.), *Kalman Filter Models for Network Forecasting*, Bell System Technical Journal, Vol. 61, No. 1, 1982.
- [PL99] FALTSTROM, (P.), LARSON, (B.), *E.164 Number and DNS*, IETF draft-faltstrom-e164-03.txt, 1999.
- [PW00] PARK, (K.), WILLINGER, (W.), *Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation*, John Wiley & Sons, 2000.
- [Q.71] Recomendación UIT-T Q.71 (1993), *Servicios portadores conmutados en modo circuito en la red digital de servicios integrados*.
- [Q.765.5] Recomendación UIT-T Q.765.5, *Sistema de señalización N.º 7 – Mecanismo de transporte de aplicación: Control de llamada independiente del portador*.
- [Q.1901] Recomendación UIT-T Q.1901 (2000), *Protocolo de control de llamada independiente del portador*.
- [Q.2761] Recomendación UIT-T Q.2761 (1999), *Descripción funcional de la parte usuario de la RDSI-BA del sistema de señalización N.º 7*.
- [Q.2931] Recomendación UIT-T Q.2931 (1995), *Sistema de señalización digital de abonado N.º 2 – Especificación de la capa 3 de la interfaz usuario-red para el control de la llamada/conexión básica*.
- [R99] ROBERTS, (J. W.), *Engineering for Quality of Service*, Chapter appearing in [PW00].
- [RFC1633] BRADEN, (R.), CLARK, (D.), SHENKER, (S.), *Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*, 1994.
- [RFC1889] SCHULZRINNE, (H.), CASNER, (S.), FREDERICK, (R.), JACOBSON, (V.), *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, 1996.
- [RFC1940] ESTRIN, (D.), LI, (T.), REKHTER, (Y.), VARADHAN, (K.), ZAPPALA, (D.), *Source Demand Routing: Packet Format and Forwarding Specification (Version 1)*, 1996.
- [RFC1992] CASTINEYRA, (I.), CHIAPPA, (N.), STEENSTRUP, (M.), *The Nimrod Routing Architecture*, 1996.
- [RFC2205] BRADEN, (R.), ZHANG, (L.), BERSON, (S.), HERZOG, (S.), JAMIN, (S.), *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification*, 1997.

- [RFC2328] MOY, (J.), *OSPF Version 2*, 1998.
- [RFC2332] LUCIANI, (J.), KATZ, (D.), PISCITELLO, (D.), COLE, (B.), DORASWAMY, (N.), *NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP)*, 1998.
- [RFC2370] COLTUN, (R.), *The OSPF Opaque LSA Option*, 1998.
- [RFC2386] CRAWLEY, (E.), NAIR, (R.), RAJAGOPALAN, (B.), SANDICK, (H.), *A Framework for QoS-based Routing in the Internet*, 1998.
- [RFC2475] BLAKE, (S.), BLACK, (D.), CARLSON, (M.), DAVIES, (E.), WANG, (Z.), WEISS, (W.), *An Architecture for Differentiated Services*, 1998.
- [RFC2543] HANDLEY, (M.), SCHULZRINNE, (H.), SCHOOLER, (E.), ROSENBERG, (J.), *SIP: Session Initiation Protocol*, 1999.
- [RFC2702] AWDUCHE, D., MALCOLM, (J.), AGOGBUA, (J.), O'DELL, (M.), MCMANUS, (J.), *Requirements for Traffic Engineering over MPLS*, 1999.
- [RFC2722] BROWNLEE, (N.), RUTH, (G.), *Traffic Flow Measurement: Architecture*, 1999.
- [RFC2805] GREENE, (N.), RAMALHO, (M.), ROSEN, (B.), *Media Gateway Control Protocol Architecture and Requirements*, 2000.
- [RL00] REKHTER, (Y.), LI, (T.), *A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)*, IETF Draft draft-ietf-idr-bgp4-10.txt, 2000.
- [RO00] ROBERTS, (J. W.), OUESLATI-BOULAHIA, (S.), *Quality of Service by Flow Aware Networking*, work in progress.
- [RVC99] ROSEN, (E.), VISWANATHAN, (A.), CALLON, (R.), *Multiprotocol Label Switching Architecture*, IETF draft-ietf-mpls-arch-06.txt, 1999.
- [S94] STEVENS, (W. R.), *TCP/IP Illustrated, Volume 1, The Protocols*, Addison-Wesley, 1994.
- [S95] STEENSTRUP, (M.), Editor, *Routing in Communications Networks*, Prentice-Hall, 1995.
- [S99] SWALLOW, (G.), *MPLS Advantages for Traffic Engineering*, IEEE Communications Magazine, 1999.
- [SAHG00] SLUTSMAN, (L.), ASH, (G.), HAERENS, (F.), GURBANI, (V. K.), *Framework and Requirements for the Internet Intelligent Network (IIN)*, IETF Draft draft-lslutsman-sip-iin-framework-00.txt, 2000.
- [SC00] STRAND, (J.), CHIU, (A. L.), *What's Different About the Optical Layer Control Plane?*, submitted for publication.
- [SL99] SCHWEFEL, (H-P.), LIPSKY, (L.), *Performance Results for Analytic Models of Traffic in Telecommunication Systems, Based on Multiple ON-OFF Sources with Self-Similar Behavior*, 16th International Teletraffic Congress, Edinburgh, 1999.
- [ST98] SIKORA, (J.), TEITELBAUM, (B.), *Differentiated Services for Internet2*, Internet2: Joint Applications/Engineering QoS Workshop, Santa Clara, CA, 1998.
- [ST99] SAHINOGLU, (Z.), TEKINAY, (S.), *On Multimedia Networks: Self-Similar Traffic and Network Performance*, IEEE Communication Magazine, 1999.
- [STB99] SURYAPUTRA, (S.), TOUCH, (J. D.), BANNISTER, (J.), *Simple Wavelength Assignment Protocol*, USC Information Sciences Institute ISC/ISI RR-99-473, 1999.
- [TRQ3000] Recomendación UIT-T de la serie Q – Suplemento 22 (1999), *Informe técnico TRQ.3000: Funcionamiento del protocolo de control de llamada independiente del portador con el sistema de señalización digital de abonado N.º 2*.

- [TRQ3010] Recomendación UIT-T de la serie Q – Suplemento 23 (1999), *Suplemento a la Recomendación UIT-T Q.1901 – Informe técnico TRQ.3010: Funcionamiento del protocolo de llamada independiente del portador con el protocolo de señalización de la capa de adaptación del modo de transferencia asíncrono de tipo 2 (conjunto de capacidades 1)*.
- [TRQ3020] Recomendación UIT-T de la serie Q – Suplemento 24 (1999), *Informe técnico TRQ.3020: Funcionamiento del protocolo de control de llamada independiente del portador con la parte usuario de la RDSI-BA para la capa de adaptación tipo 1 de modo de transferencia asíncrono*.
- [Tru54] TRUITT, (C. J.), Traffic Engineering Techniques for Determining Trunk Requirements in Alternate Routed Networks, *Bell System Technical Journal*, Vol. 31, No. 2, 1954.
- [V99] VILLAMIZAR, (C.), *MPLS Optimized Multipath*, draft-villamizar-mpls-omp-01, 1999.
- [Wal00] WALSH, (T.), *Multiprotocol Label Switching (MPLS) in BICC*, ITU-T Study Group 11 Contribution, Melbourne, Australia, 2000.
- [WBP00] WRIGHT, (G.), BALLARTE, (S.), PEARSON, (T.), *CR-LDP Extensions for Interworking with RSVP-TE*, Internet Draft draft-wright-mpls-crlldp-rsvpte-iw-00.txt, 2000.
- [Wei63] WEINTRAUB, (S.), *Tables of Cumulative Binomial Probability Distribution for Small Values of p*, London: Collier-Macmillan Limited, 1963.
- [WE99] WIDJAJA, (I.), ELWALID, (A.), *MATE: MPLS Adaptive Traffic Engineering*, draft-widjaja-mpls-mate-01.txt, 1999.
- [WHJ00] WRIGHT, (S.), HERZOG, (S.), JAEGER, (R.), *Requirements for Policy Enabled MPLS*, draft-wright-policy-mpls-00.txt, 2000.
- [Wil56] WILKINSON, (R. I.), Theories of Toll Traffic Engineering in the U.S.A., *Bell System Technical Journal*, Vol. 35, No. 6, 1956.
- [Wil58] WILKINSON, (R. I.), *A Study of Load and Service Variations in Toll Alternate Route Systems*, Proceedings of the Second International Teletraffic Congress, The Hague, Netherlands, Document No. 29, 1958.
- [Wil71] WILKINSON, (R. I.), Some Comparisons of Load and Loss Data with Current Teletraffic Theory, *Bell System Technical Journal*, Vol. 50, pp. 2807-2834, 1971.
- [XHBN00] XIAO, (X.), HANNAN, (A.), BAILEY, (B.), NI, (L. M.), *Traffic Engineering with MPLS in the Internet*, IEEE Network Magazine, 2000.
- [XN99] XIAO, (X.), NI, (L. M.), *Internet QoS: A Big Picture*, IEEE Network Magazine, 1999.
- [Yag71] YAGED, (B., Jr.), *Long Range Planning for Communications Networks*, Polytechnic Institute of Brooklyn, Ph.D. Thesis, 1971.
- [Yag73] YAGED, (B.), *Minimum Cost Design for Circuit Switched Networks*, Networks, Vol. 3, pp. 193-224, 1973.
- [YR99] YATES, (J. M.), RUMSEWICZ, (M. P.) LACEY, (J. P. R.), *Wavelength Converters in Dynamically-Reconfigurable WDM Networks*, IEEE Communications Society Survey Paper, 1999.
- [ZSSC97] ZHANG, SANCHEZ, SALKEWICZ, CRAWLEY, *Quality of Service Extensions to OSPF or Quality of Service Route First Routing (QOSPF)*, IETF Draft, draft-shang-qos-ospf-01.txt, 1997.



## 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
<b>Serie E</b>	<b>Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos</b>
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