



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**E.490.1**

(01/2003)

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

Ingeniería de tráfico – Medidas y registro del tráfico

---

**Visión de conjunto de las Recomendaciones  
sobre la ingeniería de tráfico**

Recomendación UIT-T E.490.1

---

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>	E.330–E.349
<b>PLAN DE ENCAMINAMIENTO INTERNACIONAL</b>	E.350–E.399
<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>	
<b>Medidas y registro del tráfico</b>	<b>E.490–E.505</b>
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.490.1**

### **Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre la ingeniería de tráfico**

#### **Resumen**

Esta Recomendación es una visión de conjunto de las Recomendaciones sobre la ingeniería de tráfico, en concreto de las Recomendaciones comprendidas entre la E.490 y la E.799, que constituyen el cuerpo principal de Recomendaciones del UIT-T sobre ingeniería de tráfico.

Esta Recomendación presenta las cuatro funciones principales de la ingeniería de tráfico, clasifica las Recomendaciones relativas a la ingeniería de tráfico según la función correspondiente, expone brevemente cada una de ellas y describe los elementos que las relacionan. La presente Recomendación servirá de introducción para los técnicos interesados en aplicar las Recomendaciones del UIT-T relativas a la ingeniería de tráfico.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T E.490.1, 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 13 de enero de 2003.

#### **Historia**

Esta es la primera edición de la Rec. UIT-T E.490-1.

## PREFACIO

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

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

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

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

## NOTA

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

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2003

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	1
4 Abreviaturas.....	1
5 Principales funciones de la ingeniería de tráfico .....	2
6 Caracterización de la demanda de tráfico .....	3
6.1 Modelización del tráfico .....	4
6.2 Medición del tráfico .....	5
6.3 Previsión del tráfico.....	7
7 Objetivos del grado de servicio .....	8
8 Control y dimensionamiento del tráfico .....	12
8.1 Redes con conmutación de circuitos .....	14
8.2 Redes con conmutación de paquetes .....	16
8.3 Redes de señalización y redes con estructura de RI .....	18
9 Vigilancia de la calidad de funcionamiento.....	19
10 Otras Recomendaciones.....	20



## Recomendación UIT-T E.490.1

### Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre la ingeniería de tráfico

#### 1 Alcance

Esta Recomendación es una visión de conjunto de las Recomendaciones sobre a la ingeniería de tráfico, en concreto de las Recomendaciones comprendidas entre la E.490 y la E.799, que constituyen el cuerpo principal de Recomendaciones del UIT-T sobre ingeniería de tráfico. Servirá de introducción para los técnicos interesados en aplicar las Recomendaciones del UIT-T sobre ingeniería de tráfico.

#### 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.

En esta Recomendación se hace referencia a todas las Recomendaciones comprendidas entre la E.490 y la E.799, que se enumeran en los cuadros 1 a 7 y 9 a 12.

#### 3 Definiciones

Los términos utilizados en esta Recomendación se entienden según las definiciones que se utilizan en las Recomendaciones relativas a la ingeniería de tráfico, en particular aquellas que figuran en la Rec. UIT-T E.600 "Términos y definiciones de ingeniería de tráfico".

#### 4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ANM	Mensaje de respuesta ( <i>answer message</i> )
ARIMA	Modelo de autorregresión integrado con media móvil ( <i>autoregressive integrated moving average</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
CAC	Control de admisión de conexión
CPN	Red en locales de cliente ( <i>customer premises network</i> )
DCME	Equipo digital de multiplicación de circuitos ( <i>digital circuit multiplication equipment</i> )
GoS	Grado de servicio ( <i>grade of service</i> )
HFC	Híbrido de fibra/coaxial ( <i>hybrid fiber-coaxial</i> )
IAM	Mensaje inicial de dirección ( <i>initial address message</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )

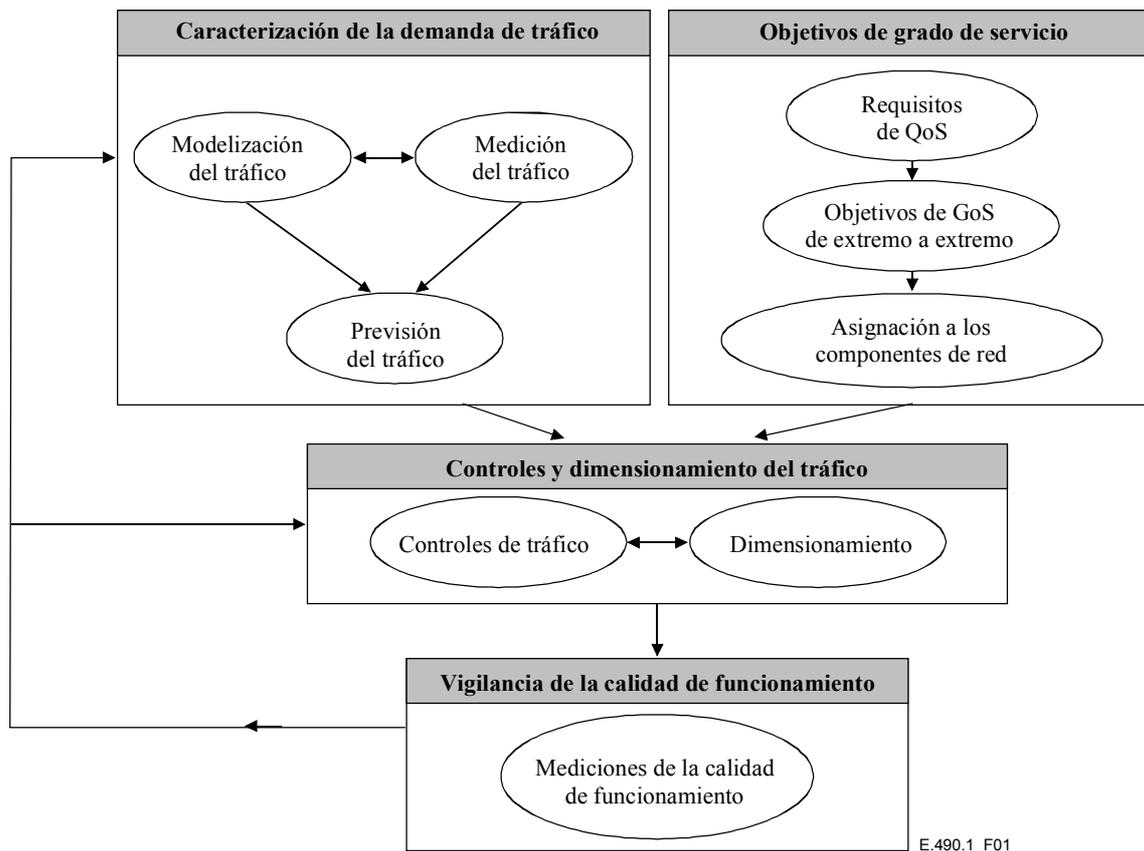
NP	Calidad de funcionamiento de la red ( <i>network performance</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>quality of service</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	RDSI de banda ancha
RDSI-BE	RDSI de banda estrecha
RI	Red inteligente
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SS N.º 7	Sistema de señalización N.º 7
STP	Punto de transferencia de la señal ( <i>signal transfer point</i> )
UPT	Telecomunicaciones personales universales ( <i>universal personal telecommunication</i> )
YRV	Valor representativo anual ( <i>yearly representative value</i> )

## 5 Principales funciones de la ingeniería de tráfico

Las Recomendaciones relativas a la ingeniería de tráfico pueden clasificarse según sus cuatro tareas principales:

- caracterización de la demanda de tráfico;
- objetivos del grado de servicio (GoS);
- controles y dimensionamiento del tráfico;
- vigilancia de la calidad de funcionamiento.

En la figura 1 se ilustra la relación que existe entre estas cuatro tareas. Las tareas iniciales en materia de ingeniería de tráfico son la caracterización de la demanda del tráfico y la especificación de los objetivos del GoS (o de la calidad de funcionamiento). Los resultados obtenidos de estas dos tareas sirven de base para dimensionar los recursos de red y establecer los controles de tráfico adecuados. Por último, es necesario realizar una vigilancia de la calidad de funcionamiento para comprobar si se han alcanzado los objetivos del GoS, información que se utiliza como realimentación para todo el proceso.



**Figura 1/E.490.1 – Tareas de la ingeniería de tráfico**

En las cláusulas 6, 7, 8 y 9 se describen estas cuatro tareas. En cada cláusula se hace una presentación general de una tarea y se resumen las Recomendaciones relacionadas con ella. En la cláusula 10 se resumen algunas Recomendaciones adicionales, dado que su alcance no concuerda exactamente con los puntos considerados en la clasificación.

## 6 Caracterización de la demanda de tráfico

El tráfico se caracteriza utilizando modelos que representan aproximadamente el comportamiento estadístico del tráfico de red de un gran número de usuarios. Los modelos de tráfico se construyen con hipótesis simplificadoras sobre procesos de tráfico que son complejos. Con estos modelos se puede caracterizar la demanda de tráfico por un conjunto limitado de parámetros (media, varianza, índice de dispersión de contadores, etc.). Básicamente, modelizar el tráfico es identificar las hipótesis simplificadoras que pueden hacerse y los parámetros que son pertinentes desde el punto de vista de la repercusión de la demanda de tráfico en la calidad de funcionamiento de la red.

El tráfico se mide para validar estos modelos y se hacen las modificaciones que sean necesarias. Ahora bien, sabiendo que no es necesario modificar frecuentemente los modelos, las mediciones del tráfico se hacen habitualmente para estimar los valores de los parámetros definidos en los modelos de tráfico en cada segmento de la red durante cada periodo.

Como complemento de la modelización y las mediciones de tráfico, también es necesaria hacer una previsión del tráfico, porque no basta con caracterizar la actual demanda de tráfico para la planificación y el dimensionamiento, sino que es necesario prever la demanda de tráfico en un periodo futuro en el proceso de planificación.

Así, las Recomendaciones cubren estos tres aspectos de la caracterización del tráfico: la modelización del tráfico, la medición del tráfico y la previsión del tráfico.

## 6.1 Modelización del tráfico

Las Recomendaciones relativas a la modelización del tráfico se enumeran en el cuadro 1. No existen Recomendaciones específicamente dedicadas a la modelización de tráfico para las redes telefónicas tradicionales con conmutación de circuitos. El único servicio que presta esta red es la telefonía, dado que otros servicios, como el facsimil, no tienen un impacto significativo en la demanda total de tráfico. Cada llamada se basa en una sola conexión bidireccional simétrica punto a punto de 64 kbit/s. El tráfico se caracteriza por la tasa de llamadas y el tiempo medio de ocupación en cada par origen-destino. El proceso poissoniano de llegada de llamadas (para las rutas de primera elección) y la distribución exponencial negativa de la duración de la llamada son las únicas hipótesis necesarias. Estas hipótesis se explican directamente en las Recomendaciones relativas al dimensionamiento.

**Cuadro 1/E.490.1 – Recomendaciones relativas a la modelación del tráfico**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.711	10/92	Modelado de la demanda de los usuarios
E.712	10/92	Modelado del tráfico del plano de usuario
E.713	10/92	Modelado del tráfico del plano de control
E.716	10/96	Modelado de la demanda de usuario en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)
E.760	03/00	Modelado del tráfico de movilidad de los terminales

El problema es mucho más complejo en las redes RDSI-BE y RDSI-BA, y en las redes basadas en el protocolo Internet. Hay muchos más servicios, cada uno con diferentes características, distintos esquemas de llamada y distintos requisitos de QoS. En las **Recomendaciones UIT-T E.711 y E.716** se explica cómo caracterizar una llamada mediante una serie de características de conexión (o atributos de llamada) y mediante un esquema de llamada, en las redes RDSI-BE y RDSI-BA respectivamente.

Ejemplos de características de conexión pueden ser los siguientes: modo de transferencia de información (con conmutación de circuitos o con conmutación de paquetes), configuración de la comunicación (punto a punto, multipunto, de difusión), velocidad de transferencia, simetría (unidireccional, bidireccional simétrico, bidireccional asimétrico), requisitos de QoS, etc.

El esquema de llamada se construye con la secuencia de eventos ocurridos durante la llamada y los tiempos transcurridos entre estos eventos. Consiste en un conjunto de variables de tráfico, que se expresan como variables estadísticas, es decir, como momentos o cuantiles de distribución de variables aleatorias que indican el número de eventos o el tiempo entre los eventos. Se distinguen variables de tráfico a nivel de llamada (o nivel de conexión) y a nivel de paquetes (o nivel de transacción, o, a nivel de célula en ATM).

Las variables de tráfico a nivel de llamada están relacionadas con eventos ocurridos durante la fase de establecimiento y liberación de la llamada. Ejemplos de ellas son el número medio de reintentos cuando no se puede completar la llamada, y el tiempo medio de ocupación de la llamada.

Las variables de tráfico a nivel de paquetes están relacionadas con eventos ocurridos durante la fase de transferencia de información y describen el proceso de llegada de los paquetes y la longitud de estos paquetes. En la Rec. UIT-T E.716 se explican distintos métodos para definir las variables de tráfico a nivel de paquetes.

Una vez modelado cada tipo de llamada, se caracteriza la demanda de los usuarios de conformidad con las Recomendaciones UIT-T E.711 y E.716 por el proceso de llegada de cada tipo de llamada. Basándose en esta caracterización de la demanda de los usuarios en las Recomendaciones UIT-T E.711 y E.716, las **Recomendaciones UIT-T E.712 y E.713** explican la manera de modelar el tráfico ofrecido a un grupo de recursos en el plano de usuario y en el plano de control, respectivamente.

Por último, la **Rec. UIT-T E.760** trata el problema del modelado del tráfico en las redes móviles, donde no sólo es aleatoria la demanda de tráfico por usuario, sino también el número de usuarios conectados en un momento dado a una estación de base o una central local. La Recomendación ofrece métodos para estimar la demanda de tráfico en la zona de cobertura de cada estación de base y modelos de movilidad para estimar las tasas de traspaso y de corrección de posición.

## 6.2 Medición del tráfico

En el cuadro 2 se enumeran las Recomendaciones relativas a la medición del tráfico. Como se indica en el cuadro, muchas de ellas abarcan mediciones tanto del tráfico como de la calidad de funcionamiento. Se pueden distinguir Recomendaciones que tratan de los aspectos generales y operacionales (E.490, E.491, E.502 y E.503), de los aspectos técnicos (E.500 y E.501), o que especifican los requisitos de medición para redes específicas (E.502, E.505 y E.745). La Rec. UIT-T E.743 está relacionada con estas últimas, en concreto con la Rec. UIT-T E.505.

Empezaremos con las Recomendaciones sobre los aspectos generales y operacionales. La **Rec. UIT-T E.490** sirve de introducción a una serie de Recomendaciones dedicadas a las mediciones del tráfico y la calidad de funcionamiento. Contiene una descripción de todas estas Recomendaciones y explica la utilización de las mediciones a corto plazo (acciones de gestión del tráfico de redes), a medio plazo (mantenimiento y configuración) y a largo plazo (ampliaciones de red).

**Cuadro 2/E.490.1 – Recomendaciones relativas a la medición del tráfico**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.490*	06/92	Medidas y evaluación del tráfico – Examen general
E.491	05/97	Medidas de tráfico por destino
E.500	11/98	Principios de medida de la intensidad de tráfico
E.501	05/97	Estimación del tráfico ofrecido en la red
E.502*	02/01	Requisitos de las medidas de tráfico para las centrales digitales de telecomunicación
E.503*	06/92	Análisis de datos de las medidas de tráfico
E.504*	11/88	Administración de las medidas de tráfico
E.505*	06/92	Medidas de la calidad de funcionamiento de la red de señalización por canal común
E.743	04/95	Medidas de tráfico para el dimensionamiento y la planificación del sistema de señalización N.º 7
E.745*	03/00	Requisitos de las mediciones en el nivel de célula para la red digital de servicios integrados de banda ancha
* Estas Recomendaciones se refieren a las mediciones tanto del tráfico como de la calidad de funcionamiento.		

La **Rec. UIT-T E.491** señala la utilidad de las mediciones de tráfico por destino para la planificación de redes y presenta dos métodos complementarios para obtener estas mediciones: registros detallados de llamadas y mediciones directas.

La **Rec. UIT-T E.504** describe los procedimientos operativos necesarios para llevar a cabo las mediciones: las tareas que debe realizar el operador (por ejemplo, definir el encaminamiento y la periodicidad de datos de salida para los resultados de las mediciones) y las funciones que debe realizar el sistema que soporta la interfaz hombre-máquina.

Después es necesario analizar las mediciones. La **Rec. UIT-T E.503** es una presentación general de las posibles aplicaciones de las medidas y una descripción de los procedimientos operativos necesarios para realizar el análisis.

Las Recomendaciones UIT-T E.500 y E.501 tratan de los aspectos técnicos generales. La **Rec. UIT-T E.500** establece los principios para medir de intensidad de tráfico. El concepto tradicional de hora cargada, que se utilizaba en las redes telefónicas, no puede extenderse a las redes multiservicios modernas. Así, la Rec. UIT-T E.500 establece los criterios para elegir la longitud del periodo de lectura para cada aplicación. Resumiendo:

a) El periodo de lectura debe ser suficientemente largo para obtener mediciones fiables: la intensidad de tráfico media en un periodo  $(t_1, t_2)$  puede considerarse como una variable aleatoria cuyo valor previsto es  $A$ . La intensidad de tráfico medida  $A(t_1, t_2)$  es una muestra de esta variable aleatoria. A medida que  $t_2-t_1$  aumenta,  $A(t_1, t_2)$  se aproxima al valor  $A$ . Así, el periodo de lectura  $t_2-t_1$  debe ser suficientemente grande para que no haya más que un intervalo de confianza mínimo entre  $A(t_1, t_2)$  y  $A$ .

Otra razón para elegir largos periodos de lectura es que posiblemente no sea rentable dimensionar recursos para intervalos de tráfico de cresta muy cortos.

b) El periodo de lectura debe ser suficientemente corto para que el proceso de intensidad de tráfico sea aproximadamente estacionario durante dicho periodo, es decir, que el proceso real de intensidad de tráfico se pueda representar aproximadamente con un modelo de intensidad de tráfico estacionario. En una situación de tráfico por ráfagas, si se utiliza un modelo de tráfico simple (por ejemplo Poisson), el criterio b) puede conducir a periodos de lectura excesivamente cortos, incompatibles con el criterio a). En estos casos deberán utilizarse otros modelos para obtener periodos de lectura más largos.

Asimismo, la Rec. UIT-T E.500 muestra la manera de obtener la intensidad de tráfico punta diaria durante los periodos de lectura medidos. Se explica cómo calcular las intensidades de tráfico de *carga normal* y de *carga elevada* para cada mes y, basándose en ellas, obtener los valores representativos anuales (YRV, *yearly representative values*) de *carga normal* y *carga elevada*.

Dado que es necesario conocer el tráfico ofrecido para poder dimensionar, cuando sólo el tráfico cursado se obtiene de las medidas, la **Rec. UIT-T E.501** establece métodos para estimar el tráfico ofrecido a un haz de circuitos y la demanda de tráfico origen-destino basada en las medidas del haz de circuitos. La Recomendación considera el tráfico ofrecido a los haces de circuitos con configuración monotrayecto, y a los circuitos de un haz de gran utilización o un haz final. El fenómeno de intentos repetidos de llamada se tiene en cuenta en la estimación. Aunque la Recomendación sólo se refiere a las redes con conmutación de circuitos con conexiones monovelocidad, algunos de los métodos expuestos pueden aplicarse a otros tipos de redes. De otra parte, aunque el problema pueda ser mucho más complejo en las redes multiservicios, las centrales avanzadas suelen completar las medidas de tráfico del haz de circuitos con otras medidas como el número total de intentos de llamada, llamadas bloqueadas y completadas satisfactoriamente por cada servicio y por cada par origen-destino, lo que puede ayudar a estimar el tráfico ofrecido.

El tercer grupo de Recomendaciones sobre mediciones incluye las **Recomendaciones UIT-T E.502, E.505 y E.745**, que especifican las mediciones de tráfico y de la calidad de funcionamiento necesarias en las centrales RTPC y RDSI-BE (E.502), en las centrales RDSI-BA (E.745) y en los nodos de las redes del sistema de señalización por canal común SS N.º 7 (E.505).

Por último, la **Rec. UIT-T E.743** complementa la Rec. UIT-T E.505. En ella se identifica un subgrupo de mediciones especificadas en la Rec. UIT-T E.505 que resultan de utilidad para el dimensionamiento y la planificación del SS N.º 7, y se explica cómo obtener la información necesaria de las medidas realizadas.

### 6.3 Previsión del tráfico

La previsión del tráfico es necesaria tanto para los análisis estratégicos, por ejemplo para tomar decisiones sobre la introducción de un nuevo servicio, como para la planificación de redes, es decir, para la planificación de las inversiones en equipo y la provisión de circuitos. En el cuadro 3 se enumeran las Recomendaciones relativas a la previsión del tráfico. Aunque el título de las dos primeras se refiera al tráfico internacional, también pueden aplicarse al tráfico dentro de un país.

Las Recomendaciones UIT-T E.506 y E.507 tratan de la previsión de servicios tradicionales para los que existen datos históricos. La **Rec. UIT-T E.506** describe la información que es necesario conocer para realizar la previsión: datos de base indispensable, que no son sólo datos sobre tráfico y llamadas, sino también datos económicos, sociales y demográficos. Sabiendo que no siempre se tienen todos los datos necesarios, se recomiendan estrategias para suplir los datos inexistentes. Se presentan distintos métodos de previsión: métodos directos, basados en el tráfico medido en el periodo de referencia, y un método compuesto basado en el cómputo de minutos; también se describen procedimientos de arriba abajo y de abajo arriba.

**Cuadro 3/E.490.1 – Recomendaciones relativas a la previsión de tráfico**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.506	06/92	Previsiones del tráfico internacional
E.507	11/88	Modelos para la previsión del tráfico internacional
E.508	10/92	Previsiones para nuevos servicios de telecomunicación

La **Rec. UIT-T E.507** presenta un panorama de las técnicas matemáticas de previsión existentes: modelos de ajuste de curvas, modelos de autorregresión, modelos de autorregresión integrado con móvil media (*ARIMA, autoregressive integrated moving average*), modelos espaciales de estados con filtrado de Kalman, modelos de regresión y modelos econométricos. Se explica cómo hacer una evaluación de los modelos de previsión y elegir el más adecuado a cada caso, dependiendo de los datos disponibles, la longitud del periodo de previsión, etc.

La **Rec. UIT-T E.508** trata de la previsión de los nuevos servicios de telecomunicación para los que no existen datos históricos. Presenta el estudio del mercado, los análisis de expertos, la econometría sectorial y otras técnicas. También se indica cómo combinar las previsiones obtenidas por técnicas diferentes, cómo probar estas previsiones y cómo ajustarlas cuando se ponga en marcha el servicio y se tomen las primeras medidas.

## 7 Objetivos del grado de servicio

El grado de servicio (GoS, *grade of service*) definido en las Recomendaciones UIT-T E.600 o E.720 es un conjunto de variables de ingeniería de tráfico que indican si los equipos son adecuados en determinadas condiciones. Estos parámetros del grado de servicio pueden expresarse como la probabilidad de bloqueo, la probabilidad de demora, etc. La causa del bloqueo y la demora es que la capacidad de tratamiento del tráfico de una red, o de un componente de red, es finita y la demanda de tráfico es estocástica por naturaleza.

El GoS es la parte de la calidad de funcionamiento de la red (NP, *network performance*) relacionada con el tráfico, y se define como la capacidad de una red o tramo de red para realizar las funciones de comunicación entre usuarios. La calidad de funcionamiento está dada por el GoS (también denominado aptitud para cursar tráfico) y por otros aspectos no relacionados con el tráfico, como la seguridad de funcionamiento, la transmisión y la tasación.

Los objetivos de calidad de funcionamiento, en particular los objetivos del GoS, se derivan de los requisitos de calidad de servicio (QoS, *quality of service*), como se indica en la figura 1. La QoS está dada por distintas prestaciones del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario. Los parámetros de las QoS tienen como referencia el usuario y se describen en términos independientes de la red. Los parámetros de la NP, aunque se derivan de los anteriores, tienen como referencia la red, es decir, se utilizan para especificar los requisitos de calidad de funcionamiento de redes concretas. Aunque en último término determinan la QoS (desde el punto de vista del usuario), no necesariamente describen la calidad de manera significativa para los usuarios.

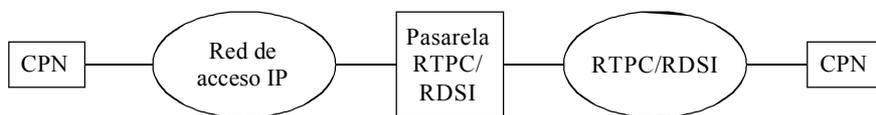
Los requisitos de la QoS determinan los objetivos del GoS de extremo a extremo, y de este criterio global se desprenden los objetivos del GoS para cada nivel o componente de la red. Esta partición depende de la estrategia que adopte el operador de red. Así, las Recomendaciones tan sólo especifican una partición y una asignación de objetivos del GoS entre las diferentes redes que posiblemente tendrán que combinarse para establecer una comunicación (por ejemplo, con origen en una red nacional, paso por una red internacional y terminación en una red nacional, en el caso de una llamada internacional).

Para obtener una visión de conjunto de la red en cuestión y facilitar la partición del GoS, la Recomendación proporciona conexiones de referencia. Una conexión de referencia es uno o más dibujos simplificados del trayecto que una llamada (o conexión) puede seguir en la red, con inclusión de los puntos de referencia apropiados en que se definen las interfaces entre entidades. Algunos puntos de referencia corresponden a una interfaz entre dos operadores. En el cuadro 4 se enumeran las Recomendaciones que ofrecen conexiones de referencia.

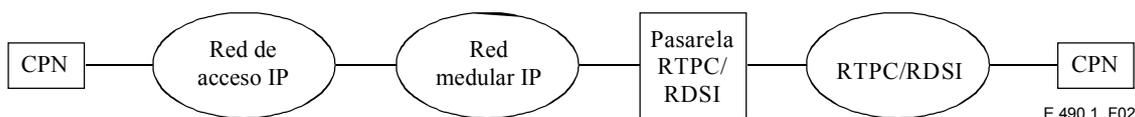
**Cuadro 4/E.490.1 – Recomendaciones relativas a las conexiones de referencia**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.701	10/92	Conexiones de referencia para ingeniería de tráfico
E.751	02/96	Conexiones de referencia para la ingeniería de tráfico de las redes móviles terrestres
E.752	10/96	Conexiones de referencia para la ingeniería de tráfico de sistemas móviles marítimos y aeronáuticos
E.755	02/96	Conexiones de referencia para determinar la calidad de funcionamiento y el grado de servicio del tráfico de la telecomunicación personal universal
E.651	03/00	Conexiones de referencia para ingeniería de tráfico de redes de acceso con protocolo Internet

La **Rec. UIT-T E.701** da la conexión de referencia para las redes RDSI-BE, la **Rec. UIT-T E.751** para las redes móviles terrestres, la **Rec. UIT-T E.752** para los sistemas marítimos y aeronáuticos, la **Rec. UIT-T E.755** para los servicios de telecomunicaciones personales universales y la **Rec. UIT-T E.651** para las redes basadas en el protocolo Internet. En esta última se presentan conexiones de referencia para conexiones de extremo a extremo y otras más detalladas para las redes de acceso, en el caso de los sistemas híbridos fibra-coaxial (HFC). La figura 2 (tomada de la figura 6-2/E.651) es un ejemplo de conexión de referencia para una llamada de IP a RTPC/RDSI o de RTPC/RDSI a IP.



a) RTPC/RDSI en interfuncionamiento directo



E.490.1\_F02

b) RTPC/RDSI en interfuncionamiento a través de la red medular IP

**Figura 2/E.490.1 – Conexión de referencia IP a RTPC/RDSI o de RTPC/RDSI a IP**

Ahora se aplica los principios expuestos *supra* para definir los objetivos del GoS, empezando con la elaboración de la Rec. UIT-T E.720, dedicada a la RDSI-BE. Las Recomendaciones relativas a los objetivos del GoS para la RTPC, la mayoría más antiguas, están basadas en otros principios y pueden ser consideradas como una excepción dentro del conjunto de Recomendaciones relativas al GoS. A continuación se hace un repaso general empezando por estas nuevas Recomendaciones, que se enumeran en el cuadro 5.

**Cuadro 5/E.490.1 – Recomendaciones relativas a los objetivos del GoS  
(excepto para la RTPC)**

<b>Rec. N.º</b>	<b>Última edición</b>	<b>Título</b>
E.720	11/88	Concepto de grado de servicio en la RDSI
E.721	05/99	Parámetros y valores objetivo de grado de servicio de red para servicios con conmutación de circuitos en la RDSI en evolución
E.723	06/92	Parámetros de grado de servicio para redes del sistema de señalización N.º 7
E.724	02/96	Parámetros y objetivos de grado de servicio en los servicios de red inteligente
E.726	03/00	Parámetros y valores objetivo de grado de servicio de red para la red digital de servicios integrados de banda ancha
E.728	03/98	Parámetros de grado de servicio para la señalización RDSI-BA
E.770	03/93	Concepto de grado de servicio de tráfico en la interconexión de redes móviles terrestres y fijas
E.771	10/96	Parámetros de grado de servicio de la red y valores objetivo para los servicios móviles terrestres públicos con conmutación de circuitos
E.773	10/96	Concepto de grado de servicio en sistemas móviles marítimos y aeronáuticos
E.774	10/96	Parámetros de grado de servicio de red y valores objetivo en los servicios móviles marítimos y aeronáuticos
E.775	02/96	Concepto de grado de servicio en telecomunicaciones personales universales
E.776	10/96	Parámetros de grado de servicio de red para el servicio de telecomunicación personal universal
E.671	03/00	Retardo posterior a la selección en redes telefónicas públicas conmutadas y redes digitales de servicios integrados que utilizan telefonía por Internet para una porción de la conexión

Las **Recomendaciones UIT-T E.720 y E.721** se refieren a los servicios RDSI-BE con conmutación de circuitos. La Rec. UIT-T E.720 establece las directrices generales y la Rec. UIT-T E.721 los parámetros y valores objetivo del GoS. Los parámetros recomendados del GoS de extremo a extremo son:

- demora anterior a la selección;
- demora posterior a la selección;
- demora de la señal de respuesta;
- demora de la liberación de la llamada;
- probabilidad de bloqueo de extremo a extremo.

Una vez definidos estos parámetros, la Rec. UIT-T E.721 establece los valores objetivo para la *carga normal y elevada*, como se define en la Rec. UIT-T E.500. Se indican objetivos de demora media y de percentil 95. Para los parámetros que dependen de la longitud de la conexión, se recomiendan distintos grupos de valores objetivo para las conexiones urbanas, interurbanas e internacionales. La Recomendación presenta conexiones de referencia de los tres tipos, con el número habitual de nodos de conmutación.

Basándose en los parámetros del GoS y los valores objetivo relacionados con la demora que se dan en la Rec. UIT-T E.721, la **Rec. UIT-T E.723** identifica los parámetros y valores objetivo del GoS para las redes de señalización SS N.º 7. Se identifican como parámetros las demoras que sufren el mensaje inicial de dirección (IAM, *initial address message*) y el mensaje de respuesta (ANM, *answer message*), y se determinan unos valores objetivo, compatibles con los de la Rec. UIT-T E.721, para las conexiones urbanas, interurbanas e internacionales. Además del número habitual de nodos de conmutación de las conexiones de referencia que se presentan en la Rec. UIT-T E.721, la Rec. UIT-T E.723 introduce el número habitual de puntos de transferencia de la señal (STP, *signal transfer point*).

Los valores objetivo de la Rec. UIT-T E.721 se refieren a llamadas que no utilizan los servicios de red inteligente (RI). La **Rec. UIT-T E.724** especifica mayores demoras permitidas cuando se utilizan estos servicios. Se presentan topologías de referencia para las principales clases de servicios, como la interrogación de bases de datos, el redireccionamiento de llamadas, los intentos múltiples de establecimiento, etc. Se dan valores objetivo para la mayor demora de procesamiento de un solo servicio RI para algunas clases de servicios, así como la mayor demora después de la selección para el procesamiento de todos los servicios RI.

La **Rec. UIT-T E.726** es equivalente a la Rec. UIT-T E.721 para la RDSI-BA. Dado que la RDSI-BA es una red con conmutación de paquetes, se distinguen los parámetros del GoS a nivel de llamada y a nivel de paquete (en este caso a nivel de célula). Los parámetros del GoS a nivel de llamada son similares a los definidos en la Rec. UIT-T E.721. Los parámetros del GoS de extremo a extremo a nivel de célula son:

- retardo de transferencia de célula;
- variación del retardo de célula;
- relación de bloques de células con muchos errores;
- relación de pérdida de células;
- retardo de transmisión de trama;
- relación de descarte de tramas.

Si bien los requisitos de la QoS a nivel de llamada pueden ser similares para todos los servicios (con excepción quizá de los servicios de emergencia), los requisitos de QoS a nivel de célula pueden ser muy diferentes, según el tipo de servicio: los requisitos de demora son muchos más rigurosos para los servicios vocales y de vídeo, comparados con los servicios de datos. Así, se deben definir valores objetivo a nivel de célula para cada servicio. La versión vigente de la Recomendación deja estos valores objetivo pendientes de un posterior estudio y precisa valores objetivo para los parámetros del GoS a nivel de llamada para las conexiones urbanas, interurbanas e internacionales.

La **Re. UIT-T E.728**, relativa a la señalización en RDSI-BA, se basa en los parámetros de demora a nivel de llamada definidos en la Rec. UIT-T E.726. La relación entre la Rec. UIT-T E.728 y la Rec. UIT-T E.726 es análoga a la relación existente entre las Recomendaciones UIT-T E.723 y E.721.

En la serie correspondiente a las redes del sistema móvil hay tres pares de Recomendaciones análogos al par E.720/E.721: las **Recomendaciones UIT-T E.770 y E.771** para las redes móviles terrestres, las **Recomendaciones UIT-T E.773 y E.774** para los sistemas marítimos y aeronáuticos, y las **Recomendaciones UIT-T E.775 y E.776** para los servicios de telecomunicaciones personales universales. Todas estas Recomendaciones se consagran a los servicios con conmutación de circuitos. Se analizan las características de los correspondientes servicios que necesitan una especificación menos restrictiva de los valores objetivo para los parámetros del GoS, comparando con los valores definidos en la Rec. UIT-T E.721, y se definen otros parámetros del GoS que son específicos para estos servicios. Por ejemplo, en las Recomendaciones UIT-T E.770 y E.771, relativas a las redes móviles terrestres, los parámetros deben ser menos restrictivos debido a: las

limitaciones de la interfaz radioeléctrica, la necesidad de la autenticación de terminales y de radiobúsqueda del usuario y la necesidad de consultar la base de datos local o de la red visitada (en caso de itinerancia) para obtener el número de encaminamiento. Otro parámetro del GoS en las redes móviles terrestres es la probabilidad de transmisión infructuosa. Las Recomendaciones determinan valores objetivo para llamadas de fijo a móvil, de móvil a fijo y de móvil a móvil tanto en conexiones urbanas como interurbanas e internacionales.

Recientemente ha comenzado la elaboración de Recomendaciones relativas a los parámetros y valores objetivo del GoS para las redes basadas en el protocolo Internet. La **Rec. UIT-T E.671** sólo cubre un aspecto sobre el cual se necesitaba asesoría urgentemente. Se trata de la especificación de valores objetivo para la demora posterior a la selección en las redes RTPC/RDSI cuando una porción de la conexión con conmutación de circuitos se sustituye por la telefonía IP y los usuarios no lo saben. La Rec. UIT-T E.671 indica que la demora de extremo a extremo en este caso debe ser igual a la especificada en la Rec. UIT-T E.721.

Por último, se enumeran en el cuadro 6, las Recomendaciones relativas al GoS para la RTPC.

**Cuadro 6/E.490.1 – Recomendaciones relativas a los objetivos del GoS en la RTPC**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.540	11/88	Grado de servicio global de la parte internacional de una conexión internacional
E.541	11/88	Grado de servicio global en las conexiones internacionales (de abonado a abonado)
E.543	11/88	Grado de servicio en las centrales telefónicas internacionales digitales
E.550	03/93	Grado de servicio y nuevos criterios de calidad de funcionamiento de las centrales telefónicas internacionales en condiciones de fallo.

Las Recomendaciones UIT-T E.540, E.541 y E.543 pueden considerarse las contrapartidas para la RTPC de la Rec. UIT-T E.721, pero organizadas de otra manera, como se ha señalado anteriormente. Se centran en las conexiones internacionales, como se solía hacer en las antiguas Recomendaciones. La **Rec. UIT-T E.540** especifica la probabilidad de bloqueo de la parte internacional de una conexión internacional. La **Rec. UIT-T E.541** especifica la probabilidad de bloqueo de extremo a extremo de una conexión internacional y la **Rec. UIT-T E.543** especifica la probabilidad de pérdida interna y las demoras de una central telefónica internacional.

Los valores objetivos especificados en todas las Recomendaciones relativas al GoS se han determinado suponiendo que la red y sus componentes están plenamente operativos. Por otra parte, las Recomendaciones relativas a la disponibilidad tratan de la intensidad y la duración de los fallos de los componentes de red sin considerar la fracción de intentos de llamada que se bloquean debido a los fallos. La **Rec. UIT-T E.550** combina los conceptos tanto de disponibilidad como de congestión del tráfico y define nuevos parámetros y valores objetivo de calidad de funcionamiento que tienen en cuenta los efectos conjuntos de estos dos conceptos en una central telefónica.

## **8 Control y dimensionamiento del tráfico**

Una vez caracterizada la demanda de tráfico y establecidos los objetivos del GoS, la ingeniería de tráfico permite controlar los costos de un diseño y funcionamiento de la red, al tiempo que garantiza que se cursa la demanda de tráfico y se satisfacen los objetivos del GoS.

Para el diseño y la explotación de redes, los instrumentos de la ingeniería de tráfico son el control del tráfico y el dimensionamiento de redes. El dimensionamiento garantiza que la red dispone de

suficientes recursos para soportar la demanda de tráfico. Incluye el dimensionamiento de los elementos físicos de red y también elementos lógicos como los trayectos virtuales de una red ATM. También es necesario controlar el tráfico para garantizar que se satisfacen los objetivos del GoS. Entre los controles del tráfico se pueden distinguir:

- **Encaminamiento del tráfico:** los esquemas de encaminamiento describen las opciones de rutas y las normas para selección de rutas para cada par origen-destino, que pueden ser jerárquicas o no jerárquicas, fijas o dinámicas. Los métodos dinámicos incluyen métodos de encaminamiento variable con el tiempo (el esquema de encaminamiento se altera en un momento dado siguiendo una planificación) y métodos de encaminamiento variable según el estado o el evento (la red modifica automáticamente el esquema de encaminamiento dependiendo de las condiciones presentes). Las Recomendaciones UIT-T E.170 a E.177, E.350 a E.353 y E.360.1 a E.360.7 tratan del encaminamiento, pero quedan fuera del alcance de este resumen. No obstante, en todas las Recomendaciones relativas a la ingeniería del tráfico que aquí se presentan se hace referencia constantemente al encaminamiento. Por una parte, el diseño del encaminamiento se basa en consideraciones de ingeniería de tráfico; por ejemplo, los esquemas de encaminamiento alternativo se basan en consideraciones de rentabilidad; los métodos dinámicos de encaminamiento se basan en consideraciones de robustez en situaciones de sobrecarga localizada o en condiciones de fallo, o en consideraciones relativas a errores en las previsiones del tráfico. Por otra parte, las redes se dimensionan teniendo en cuenta los métodos y esquemas de encaminamiento.
- **Control de gestión del tráfico de red:** estos controles garantizan que el caudal de la red se mantiene en cualquier condición de sobrecarga o fallo. Los controles de gestión del tráfico pueden ser de protección o de expansión. Los controles de protección, como el bloqueo de código o el espaciado de llamadas, garantizan que la red no malgasta recursos en procesar llamadas que serán infructuosas, o limitan el flujo de llamadas que requieren muchos recursos de la red (llamadas de desbordamiento). Los controles expansivos reencaminan el tráfico hacia aquellas partes de la red que no están sobrecargadas. La gestión de tráfico suele llevarse a cabo en centros de gestión donde se realiza una vigilancia de la calidad de funcionamiento de la red en tiempo real gracias a la recopilación y visualización de datos sobre el tráfico y la calidad de funcionamiento en tiempo real. Normalmente los controles los inicia un operador siguiendo un plan establecido (cuando se prevé un evento especial) o en tiempo real. Las Recomendaciones UIT-T E.410 a E.417, que tratan de este tema, quedan fuera del alcance de este resumen. No obstante, en las Recomendaciones relativas a la ingeniería de tráfico que aquí se presentan se hace referencia a la gestión del tráfico. Por ejemplo, en las Recomendaciones relativas a la medición del tráfico y la calidad de funcionamiento se incluyen requisitos de medición en tiempo real para la gestión del tráfico de la red.
- **Métodos de protección de los servicios:** se trata de controles del tráfico a nivel de llamada, que controlan el grado de servicio para determinados flujos de tráfico mediante una restricción discriminatoria del acceso a haces de circuitos que tienen poca capacidad en reposo. La protección del servicio mejora la estabilidad de redes con esquemas de encaminamiento no jerárquicos, restringiendo el tráfico de desbordamiento a una ruta alternativa que se comparte con el tráfico de primera elección. También se utiliza para equilibrar el GoS entre los flujos de tráfico que requieren una anchura de banda distinta o para dar prioridad a un tipo de tráfico.
- **Controles de tráfico a nivel de paquetes:** estos controles garantizan que se satisfacen los objetivos del GoS a nivel de paquetes en las llamadas aceptadas, sea cual sea el estado de la red, y que se mantienen costos razonables distinguiendo el grado de servicio según los requisitos de QoS a nivel de paquetes de cada tipo de servicio.
- **Controles de señalización y red inteligente (RI):** dado que estas redes son el sistema nervioso de toda la red, el objetivo principal de diseño y funcionamiento es garantizar la

máxima robustez, es decir, su capacidad para soportar sobrecargas de tráfico y fallos de los elementos de red. Esto se consigue tanto mediante la redundancia de elementos de red como mediante un conjunto de controles de congestión y sobrecarga, como se explica en la Rec. UIT-T E.744, que se describe a continuación.

Entre las Recomendaciones relativas al dimensionamiento y los controles de tráfico, se pueden distinguir las que se refieren a redes con conmutación de circuitos, redes con conmutación de paquetes o redes de señalización y con estructura de RI.

### 8.1 Redes con conmutación de circuitos

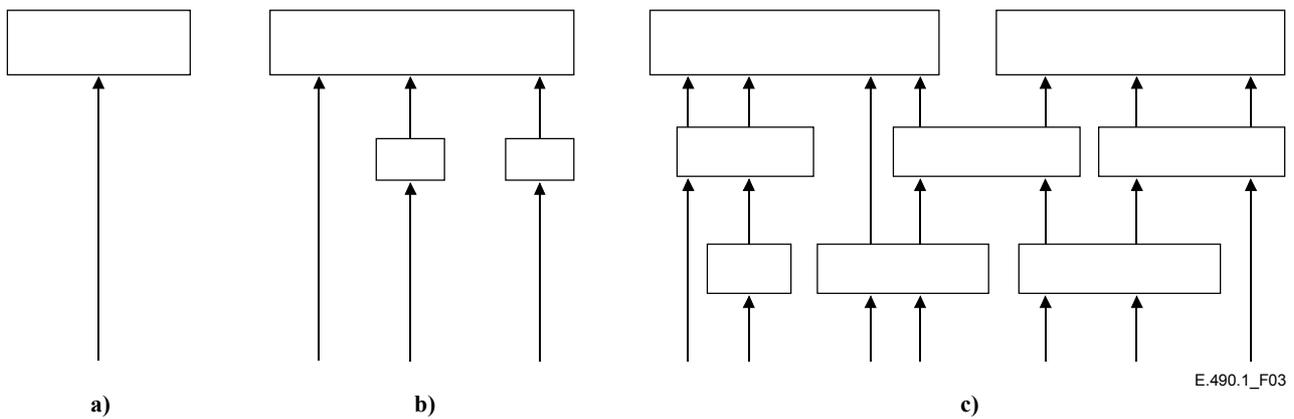
En el cuadro 7 se enumeran las Recomendaciones relativas a los controles y el dimensionamiento del tráfico de redes con conmutación de circuitos. Estas Recomendaciones tratan de los métodos de dimensionamiento y protección de los servicios teniendo en cuenta los métodos de encaminamiento del tráfico.

**Cuadro 7/E.490.1 – Recomendaciones relativas al dimensionamiento y los controles del tráfico de redes con conmutación de circuitos**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.520	11/88	Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática (sin posibilidad de desbordamiento)
E.521	11/88	Cálculo del número de circuitos de un haz utilizado para cursar el tráfico de desbordamiento
E.522	11/88	Número de circuitos en un haz de gran utilización
E.524	05/99	Aproximaciones del tráfico de desbordamiento para flujos de tráfico no aleatorios
E.525	06/92	Diseño de redes para controlar el grado de servicio
E.526	03/93	Dimensionamiento de haces de circuitos con servicios portadores multiintervalo y sin entradas de desbordamiento
E.527	03/00	Dimensionado de un haz de circuitos con servicios portadores multiintervalo y tráfico de desbordamiento
E.528	02/96	Dimensionado de los sistemas de equipos de multiplicación de circuitos digitales
E.529	05/97	Dimensionado de redes utilizando los objetivos de grado de servicio de extremo a extremo
E.731	10/92	Métodos para dimensionar recursos que funcionan en modo conmutación de circuitos

Las Recomendaciones UIT-T E.520, E.521, E.522 y E.524 tratan del dimensionamiento de haces de circuitos de gran utilización y haces finales que cursan conexiones monovelocidad (o monointervalo). No se tienen en cuenta en estas Recomendaciones los métodos de protección del servicio:

- La **Rec. UIT-T E.520** trata del dimensionamiento de haces de circuitos monotrayecto [véase la parte a) de la figura 3].



**Figura 3/E.490.1 – Ejemplos de configuración de haces de circuitos**

- Las **Recomendaciones UIT-T E.521 y E.522** ofrecen métodos para dimensionar configuraciones simples de encaminamiento alternativo como la que se muestra en la parte b) de la figura 3, donde sólo hay rutas de primera y segunda elección, y donde todo el tráfico de desbordamiento de un haz de circuitos se ofrece al mismo haz de circuitos. La Rec UIT-T E.521 presenta los métodos para dimensionar un haz final que satisface los requisitos del GoS para determinados tamaños de haces de circuitos de gran utilización; y la Rec. UIT-T E.522 muestra cómo dimensionar los haces de gran utilización para minimizar el costo de toda la configuración.
- La **Rec. UIT-T E.524** presenta aproximaciones de desbordamiento para una explotación con excitación no aleatoria que permite dimensionar configuraciones más complejas (es decir, sin las limitaciones mencionadas), como se muestra en la parte c) de la figura 3. Se describen y se comparan varios métodos desde el punto de vista de la exactitud y la complejidad.

La **Rec. UIT-T E.525** presenta métodos de protección de los servicios para redes que cursan conexiones monovelocidad. Se describen las aplicaciones y los métodos disponibles: haces de circuitos divididos, reserva de circuito (también denominada reserva de haces de circuitos o, en las redes con conmutación de paquetes, reserva de anchura de banda) y circuitos virtuales. La Recomendación explica cómo evaluar la probabilidad de bloqueo de cada flujo de tráfico, en haces de circuitos monotrayecto o en configuraciones de encaminamiento alternativo, que tienen en cuenta el dimensionamiento de los haces de circuitos y los umbrales que definen los métodos de protección. Se comparan los métodos disponibles para la protección de los servicios desde el punto de vista de la eficacia, la protección contra sobrecargas, la robustez y el impacto de la irregularidad.

Las **Recomendaciones UIT-T E.526 y E.527** tratan del dimensionamiento de haces de circuitos que cursan conexiones multiintervalo (o multivelocidad). En ambas Recomendaciones se consideran los métodos de protección de servicios. La **Rec. UIT-T E.526** trata de los haces de circuitos monotrayecto, mientras que la **Rec. UIT-T E.527** trata de los esquemas de encaminamiento alternativo.

En el cuadro 8 se resumen los temas de que trata cada una de las Recomendaciones mencionadas anteriormente.

**Cuadro 8/E.490.1 – Temas considerados en las Recomendaciones UIT-T E.520 a E.527 dedicadas al dimensionamiento de haces de circuitos**

Recomendación	E.520	E.521	E.522	E.524	E.525	E.526	E.527
Encaminamiento alternativo	No	Sí*	Sí*	Sí	Sí	No	Sí
Protección del servicio	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Conexiones multiintervalo	No	No	No	No	No	Sí	Sí
* Solamente configuraciones simples.							

La **Rec. UIT-T E.528** trata del dimensionamiento de un tipo de haz de circuito muy concreto, pero muy importante, en que se utiliza el equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*) para alcanzar una ganancia de multiplexación estadística en las comunicaciones vía satélite. Se ahorran circuitos interpolando ráfagas de señales vocales de distintos canales, aprovechando los silencios de toda conversación. Describe los métodos de dimensionamiento de haces de circuitos integrando el tráfico de señales de voz, señales de facsímil y datos en banda vocal.

La **Rec. UIT-T E.731** también trata del dimensionamiento de haces de circuitos y estudia las características especiales de la RDSI-BE que pueden influir en la ingeniería de tráfico. Además de las conexiones multiintervalo y los métodos de protección de los servicios, la Recomendación estudia la repercusión de la negociación de atributos (atributos que pueden determinar la elección del haz de circuitos o el número de circuitos necesarios), de la reserva de servicios (reserva de los recursos dedicados o de los recursos compartidos con los servicios por demanda) y de las conexiones punto a multipunto.

La **Rec. UIT-T E.529** recoge todos los métodos de dimensionamiento de haces de circuitos o de configuraciones de encaminamiento alternativo descritos en Recomendaciones anteriores, para establecer directrices para el dimensionamiento de toda la red, utilizando los objetivos del GoS de extremo a extremo. Se describen métodos de dimensionamiento de redes con encaminamiento de tráfico fijo y tráfico variable con el tiempo, según el estado o según los eventos. También se describen los principios de descomposición de las redes en bloques que pueden considerarse estadísticamente independientes, así como el procedimiento iterativo necesario para optimizar la red.

## 8.2 Redes con conmutación de paquetes

En el cuadro 9 se enumeran las Recomendaciones relativas al control del tráfico y el dimensionamiento de las redes con conmutación de paquetes. Estas Recomendaciones tratan de las redes RDSI-BA que utilizan la tecnología ATM, pero la mayor parte de los métodos que se describen pueden aplicarse a otras redes con conmutación de paquetes, por ejemplo las redes basadas en el protocolo Internet, en las que se controla la admisión de conexiones.

**Cuadro 9/E.490.1 – Recomendaciones relativas al control del tráfico y el dimensionamiento de las redes con conmutación de paquetes**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.735	05/97	Marco para el control del tráfico y el dimensionamiento en la RDSI-BA
E.736	03/00	Métodos para el control de tráfico a nivel de célula en la RDSI-BA
E.737	02/01	Métodos de dimensionado en la red digital de servicios integrados de banda ancha RDSI-BA

El control de admisión de conexión (CAC) distingue entre el nivel de paquete y el nivel de conexión. Cuando un usuario solicita el establecimiento de una nueva conexión, el CAC decide si ésta puede ser admitida sin dejar de satisfacer el GoS a nivel de paquetes tanto de la conexión nueva como de las conexiones existentes. Generalmente, se asignan recursos (normalmente ancho de banda) a cada conexión o se niega el acceso a nuevas solicitudes cuando los recursos son insuficientes. Así:

- Considerado a nivel de paquetes: el CAC garantiza que los objetivos del GoS a nivel de paquetes se satisfacen independientemente de la tasa de conexiones ofrecidas a la red, y esto hace que el nivel de paquetes sea independiente del tráfico ofrecido a nivel de conexión y del dimensionamiento de la red.
- Considerado a nivel de conexión: cuando el CAC decide sobre la aceptación de una conexión, tiene en cuenta todos los controles aplicados a nivel de paquetes y traduce todos estos controles en una cantidad de recursos necesarios para la conexión. Esto hace que el nivel de conexión de una red con conmutación de paquetes sea similar al de una red con conmutación de circuitos: la cantidad de recursos necesarios para una conexión, que se denomina anchura de banda efectiva o equivalente (o velocidad de células equivalente en el modo de transferencia asíncrono) es igual al número de intervalos necesarios en una conexión multiintervalos en una red con conmutación de circuitos. Los controles del tráfico a nivel de conexión y el dimensionamiento de la red deben garantizar que se satisfacen los requisitos del GoS a nivel de conexión (normalmente las probabilidades de bloqueo de la conexión especificadas) teniendo en cuenta la anchura de banda efectiva que debe asignarse a cada conexión.

En la práctica, esta diferenciación entre el nivel de conexión y el nivel de paquetes no es tan completa como se ha dicho: la anchura de banda efectiva de una conexión depende de la capacidad del enlace físico o lógico que la cursa (independientemente de las características de tráfico a nivel de paquetes de la conexión), y la capacidad de los enlaces, a su vez, se dimensiona teniendo en cuenta la anchura de banda efectiva de las conexiones. Así pues, el dimensionamiento de una red necesita un proceso iterativo entre el nivel de paquetes y el nivel de conexión.

La **Rec. UIT-T E.735** sirve de marco para el control del tráfico y el dimensionamiento de redes RDSI-BA. Introduce los conceptos que se describen anteriormente, define lo que es una conexión y lo que es un recurso, y analiza las estrategias para la configuración lógica de la red.

La **Rec. UIT-T E.736** se centra en el nivel de paquetes. Ofrece métodos para evaluar la calidad de funcionamiento a nivel de paquetes, propone posibles estrategias de multiplexación (asignación de velocidad de cresta, multiplexación de envolvente de velocidad y compartición de velocidad estadística) y analiza las implicaciones y aplicaciones de cada una de ellas. Basándose en este análisis, la Recomendación ofrece métodos para los controles a nivel de paquetes y hace hincapié en los métodos de control de admisión de la conexión y de integración (o segregación) de servicios con distintos requisitos de QoS, ya sea dedicando recursos o compartiendo los mismos recursos y aplicando prioridades de pérdida y/o demora. Asimismo, trata de las técnicas adaptativas de gestión de los recursos para controlar el flujo de paquetes de servicios cuyos requisitos de demora no son restrictivos.

La **Rec. UIT-T E.737** presenta métodos para el dimensionamiento de redes y haces de circuitos y describe controles de tráfico a nivel de conexión, en particular métodos de protección de los servicios. También se tienen en cuenta los métodos de encaminamiento del tráfico. Dado que el modelo de la anchura de banda efectiva de una conexión es una serie de intervalos de una conexión multiintervalo, esta Recomendación no difiere mucho de aquéllas relativas al dimensionamiento de redes con conmutación de circuitos. No obstante, la Recomendación aborda algunas características particulares de las redes con conmutación de paquetes: el proceso iterativo mencionado, entre la anchura de banda efectiva y el dimensionamiento de la red; la necesaria discretización de la anchura de banda en múltiplos de una unidad de cuantificación de anchura de banda (los modelos

multiintervalo sólo aceptan un número entero de intervalos); y las consideraciones de dimensionamiento que se derivan del hecho de tener servicios con distintos requisitos de QoS a nivel de paquetes.

### 8.3 Redes de señalización y redes con estructura de RI

En el cuadro 10 se enumeran las Recomendaciones relativas al control del tráfico y el dimensionamiento de las redes de señalización y las redes inteligentes (RI). Las Recomendaciones UIT-T E.733 y E.734 tratan del dimensionamiento y la Rec. UIT-T E.744 de los controles del tráfico.

**Cuadro 10/E.490.1 – Recomendaciones relativas al control del tráfico y el dimensionamiento de las redes de señalización y las redes inteligentes**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.733	11/98	Métodos de dimensionado de recursos de las redes con sistema de señalización N.º 7
E.734	10/96	Métodos de asignación y dimensionado de los recursos de red inteligente (RI)
E.744	10/96	Requisitos de control del tráfico y de congestión en redes del sistema de señalización N.º 7 y redes con estructura de red inteligente

La **Rec. UIT-T E.733** describe los métodos para planificar y dimensionar las redes del sistema de señalización N.º 7. Se han definido teniendo en cuenta que la eficacia de los enlaces de señalización no debería ser la consideración principal, más bien la calidad de funcionamiento de la red en condiciones de fallo y de sobrecarga del tráfico. La Recomendación describe el tráfico de referencia y el periodo de referencia que deben utilizarse para dimensionar el número de enlaces de señalización y garantizar que no se sobrepasa la capacidad de los elementos de conmutación de la red de acuerdo con las Recomendaciones UIT-T E.492 y E.500. Se describen los factores para determinar un valor de diseño para la utilización máxima del enlace  $\rho_{m\acute{a}x}$ , que garantice la conformidad con los objetivos de demora de extremo a extremo que se describen en la Rec. UIT-T E.723. Para determinar  $\rho_{m\acute{a}x}$  también se tienen en cuenta las demoras que se producen cuando la carga del enlace es  $2 \rho_{m\acute{a}x}$  en situación de fallos. Se describen los valores iniciales para el  $\rho_{m\acute{a}x}$  utilizado y se dan métodos para determinar el número de enlaces de señalización y la capacidad de conmutación necesarios.

La **Rec. UIT-T E.734** trata de la asignación de recursos y los métodos de dimensionamiento de las redes inteligentes. En ellas se estudian los nuevos factores de ingeniería de tráfico que deben considerarse: servicios cuyo periodo de referencia está fuera de las horas laborales normales, situaciones de llamadas masivas producidas por algunos servicios, implementación rápida de nuevos servicios con previsiones inciertas. Este último factor hace que sea necesario disponer de procedimientos de asignación y dimensionamiento suficientemente flexibles para ofrecer, lo más rápido posible, los recursos necesarios cuando se ofrecen nuevos servicios o cambia la demanda de los usuarios. La Recomendación establece los criterios para la asignación de recursos: la posición de los elementos específicos de la RI y la partición de la funcionalidad de la red inteligente (como la lógica de servicio) entre estos elementos. Presenta los métodos para dimensionar los nodos de RI y la subred de señalización de soporte, y considera las consecuencias que tiene para el dimensionamiento de las redes con conmutación de circuitos.

Los procedimientos de control del tráfico y la congestión para las redes SS N.º 7 y las redes inteligentes se especifican en las Recomendaciones de la serie Q y de la serie E.410. Generalmente,

en estos procedimientos no se definen los valores de parámetros básicos, que se dejan para ser definidos en la implementación. Dado que la robustez es un requisito esencial de las redes de señalización y las redes con estructura de RI, es fundamental implementar correctamente estos controles. La **Rec. UIT-T E.744** establece las directrices de implementación e indica cómo deben elegirse los parámetros de control en los distintos tipos de red. Asimismo, la Recomendación sugiere los requisitos para los nodos de señalización y los nodos RI, los controles de sobrecarga necesarios a nivel de nodo, y la forma de interacción de estos controles con los controles a nivel de red. Por último, la Recomendación establece los principios básicos para armonizar los distintos sistemas y controles con el fin de permitir la interconexión de productos de distintos proveedores y redes de distinta implementación, con garantías sólidas de que los procedimientos de control funcionarán adecuadamente.

## 9 Vigilancia de la calidad de funcionamiento

Es necesario vigilar continuamente el GoS de las redes operativas. Aunque la red esté correctamente dimensionada, hay situaciones de sobrecarga y fallo que no se consideran en el dimensionamiento, que obligan a tomar medidas de gestión de tráfico de red a corto plazo (minutos, horas). En las situaciones consideradas durante el dimensionamiento, puede haber errores en la previsión del tráfico, o se han hecho aproximaciones en los modelos de dimensionamiento, y por el GoS puede ser diferente de lo esperado. Es necesaria una vigilancia del GoS para detectar estos problemas y producir una realimentación para la caracterización y el diseño de la red. Dependiendo de los problemas detectados, podrán hacerse a medio plazo (semanas, meses) reconfiguraciones de red, cambios en los esquemas de encaminamiento o ajustes de los parámetros de control del tráfico. También puede evaluarse el grado de necesidad de una ampliación de la red a largo plazo.

En 6.2 se han descrito las Recomendaciones UIT-T E.490, E.491, E.502, E.503, E.504, E.505 y E.745 que tratan de la medición del tráfico y de la calidad de funcionamiento. En esta cláusula se consideran otras dos Recomendaciones E.492 y E.493, véase el cuadro 11 dedicadas exclusivamente a mediciones de la calidad de funcionamiento.

**Cuadro 11/E.490.1 – Recomendaciones relativas a la medición de la calidad de funcionamiento (para las Recomendaciones relativas a las mediciones tanto del tráfico como de la calidad de funcionamiento, véase el cuadro 2/E.490.1)**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.492	02/96	Periodo de referencia del tráfico
E.493	02/96	Supervisión del grado de servicio

La **Rec. UIT-T E.492** define periodos de referencia del tráfico para obtener las medidas que indican el grado de servicio de las redes y los componentes de red. Esta Recomendación está estrechamente relacionada con la Rec. UIT-T E.500, que define los periodos de lectura para la medición de la intensidad del tráfico necesaria para dimensionar la red. Estos periodos de lectura deben corresponder a los que se utilizan para la vigilancia de la calidad de funcionamiento de redes operativas. En la Rec. UIT-T E.492 también se definen los periodos de *carga normal* y *elevada* representativos para cada mes. El objetivo de estas definiciones, que también corresponden a las definiciones de la Rec. UIT-T E.500, es identificar el periodo de lectura y el día que deben utilizarse para comparar el GoS medido con los valores objetivo del GoS especificados para la *carga normal* y *elevada*.

La **Rec. UIT-T E.493** explica la vigilancia del GoS de extremo a extremo, teniendo en cuenta las limitaciones prácticas. Es muy fácil medir la probabilidad de bloqueo o de tratamiento incorrecto pero no es posible medir directamente las demoras de extremo a extremo en una vigilancia continua. La Recomendación propone métodos para calcular aproximadamente las demoras de

extremo a extremo (media y percentil 95) mediante mediciones locales tomadas de forma autónoma en cada elemento de red. Los métodos propuestos no requieren una coordinación entre elementos de red para que se puedan tomar las medidas. La Recomendación explica asimismo cómo aplicar los métodos propuestos para la vigilancia a nivel de conexión de cada uno de los parámetros del GoS que se definen en las Recomendaciones relativas a los objetivos del GoS.

## 10 Otras Recomendaciones

Hay algunas otras Recomendaciones cuyo alcance no coincide con ninguno de los temas considerados en la clasificación de esta Recomendación. Estas Recomendaciones se enumeran en el cuadro 12.

**Cuadro 12/E.490.1 – Recomendaciones que tratan de temas no incluidos en la presente clasificación**

Rec. N.º	Última edición	Título
E.523	11/88	Perfiles típicos de distribución de tráfico para corrientes de tráfico internacional
E.600	03/93	Términos y definiciones de ingeniería de tráfico
E.700	10/92	Marco de las Recomendaciones de la serie E.700
E.750	03/00	Introducción a las Recomendaciones de la serie E.750 sobre aspectos de ingeniería de tráfico de las redes que soportan servicios de telecomunicaciones personales

La **Rec. UIT-T E.600** ofrece una lista de términos y definiciones de ingeniería de tráfico utilizados en todas las Recomendaciones relativas a la ingeniería de tráfico.

Las **Recomendaciones UIT-T E.700 y E.750** son una introducción a la serie E.700/E.749 sobre ingeniería de tráfico para la RDSI-BE y RDSI-BA, y de la serie E.750/E.799 relativa a la ingeniería de tráfico para las redes móviles, respectivamente.

La **Rec. UIT-T E.523** establece perfiles de tráfico normalizados de 24 horas para los flujos de tráfico entre países en distintos husos horarios. Esta información basada en medidas puede resultar útil para aquellos países que no han hecho mediciones. Los perfiles se refieren al tráfico telefónico y no deben utilizarse para el tráfico de datos, cuyo perfil puede ser muy diferente.



## 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