

# Componentes de la Ingeniería de Tráfico (Recomendaciones ITU-T)

Jhon Jairo Padilla Aguilar, PhD.

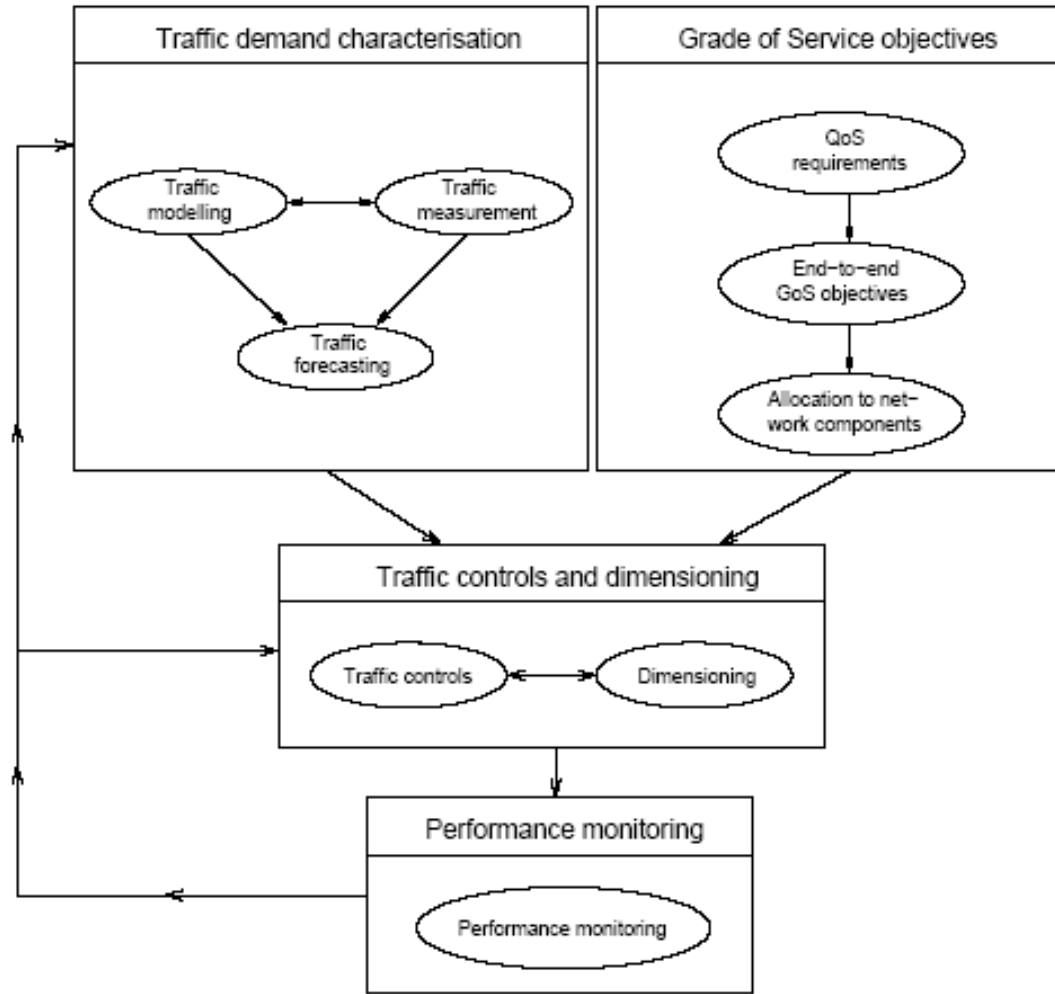
# Recomendaciones de la ITU-T

---

- ▶ ITU- International Telecommunications Union
- ▶ Las recomendaciones de la ITU-T con respecto a los componentes de la ingeniería de tráfico se clasifican en 4 categorías:
  - ▶ Caracterización de la demanda de tráfico
  - ▶ Objetivos de Grado de Servicio (GoS)
  - ▶ Controles de tráfico y dimensionamiento
  - ▶ Monitoreo del rendimiento
- ▶ Las recomendaciones de tráfico le corresponden al grupo 3/2 y pertenecen a la serie E.



# Componentes de la Ingeniería de tráfico según la ITU-T



Fuente: Iversen. "Teletraffic Engineering and Network Planning". 2008.

# 1. Caracterización de la demanda de tráfico

---

- ▶ **Objetivo:**
  - ▶ Obtener modelos matemáticos que describan aproximadamente el comportamiento aleatorio del tráfico de los usuarios
- ▶ Se requiere hacer supuestos que simplifican los complicados procesos de tráfico.
- ▶ Parámetros de los modelos: media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.



# Necesidad de los Modelos de tráfico

---

- ▶ **Aleatoriedad Implícita en el sistema:**
  - ▶ Está dada por el comportamiento aleatorio de los usuarios
  - ▶ También se produce por el comportamiento aleatorio del sistema de acuerdo al procesamiento interno de los elementos
- ▶ Hay necesidad de modelar el tráfico generado por los usuarios, para determinar el comportamiento del sistema
- ▶ La aplicación de la teoría de teletráfico puede usarse para:
  - ▶ Diseño:
    - ▶ Soportar el diseño de nuevos sistemas
    - ▶ Ayudar en la comparación de diferentes soluciones y así eliminar soluciones malas en una etapa temprana sin tener que construir prototipos.
  - ▶ Solución de problemas:
    - ▶ También puede determinarse el comportamiento del sistema y detectar las causas del problema y su posible solución.



# Actividades de la Caracterización de la demanda de tráfico

---

## **Modelamiento**

Busca determinar:

- Los supuestos de simplificación adecuados y
- Los parámetros que son relevantes para ser modelados (retardo, ancho de banda, longitudes de colas, etc).

## **Mediciones de tráfico**

Se utilizan para:

- Validar los modelos teóricos
- Obtener los valores típicos de los parámetros definidos en los modelos teóricos en cada segmento de red para diferentes períodos de tiempo (hora pico, horas de baja carga)

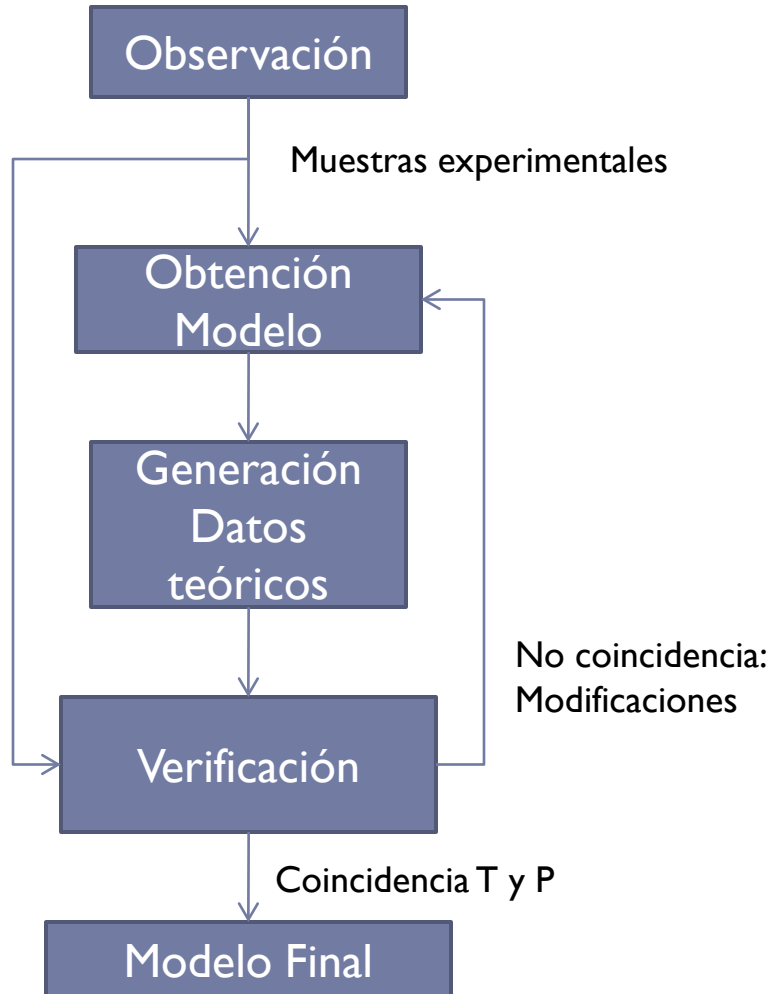
## **Predicción del Tráfico**

- Se utiliza para propósitos de planeación y dimensionamiento.
- No es suficiente con caracterizar la demanda de tráfico actual, se requiere predecir la demanda de tráfico para el período de tiempo previsto en la planeación.



# Proceso de Modelado de tráfico

---



- ▶ Se realiza para:
  - ▶ Comportamiento de usuarios
  - ▶ Comportamiento del sistema
- ▶ El modelado del comportamiento de los usuarios suele hacerse por experimentación
- ▶ El modelado del comportamiento del sistema:
  - ▶ Podría deducirse de la estructura y la estrategia
  - ▶ Podría obtenerse por experimentación (requiere modelos de simulación o prototipos físicos)

# Recomendaciones ITU-T

---

Rec.	Date	Title
E.711	10/92	User demand modelling
E.712	10/92	User plane traffic modelling
E.713	10/92	Control plane traffic modelling
E.716	10/96	User demand modelling in Broadband-ISDN
E.760	03/00	Terminal mobility traffic modelling

Table 1.1: *Recommendations on traffic modelling.*

Rec.	Date	Title
E.490*	06/92	Traffic measurement and evaluation - general survey
E.491	05/97	Traffic measurement by destination
E.500	11/98	Traffic intensity measurement principles
E.501	05/97	Estimation of traffic offered in the network
E.502*	02/01	Traffic measurement requirements for digital telecommunication exchanges
E.503*	06/92	Traffic measurement data analysis
E.504*	11/88	Traffic measurement administration
E.505*	06/92	Measurements of the performance of common channel signalling network
E.743	04/95	Traffic measurements for SS No. 7 dimensioning and planning
E.745*	03/00	Cell level measurement requirements for the B-ISDN

Table 1.2: *Recommendations on traffic measurements. Recommendations marked \* cover both traffic and performance measurements.*

Rec.	Date	Title
E.506	06/92	Forecasting international traffic
E.507	11/88	Models for forecasting international traffic
E.508	10/92	Forecasting new telecommunication services

Table 1.3: *Recommendations on traffic forecasting.*





## 2. Objetivos de Grado de Servicio (GoS)

---

- ▶ El Grado de Servicio es un conjunto de parámetros de ingeniería de tráfico usados para proveer una medida de la adecuación de la red a las condiciones especificadas en el diseño.
- ▶ Ejemplos:
  - ▶ Probabilidad de bloqueo
  - ▶ Probabilidad de retardo
  - ▶ Etc.
- ▶ Estas probabilidades expresan la posibilidad de que ocurra el bloqueo o el retardo (o ambas) debido a que los recursos de la red son finitos (y por tanto la capacidad), mientras que la demanda de tráfico de los usuarios es aleatoria por naturaleza y puede exceder las capacidades de la red en algún momento.



## 2.1. Rendimiento de la Red y QoS

---

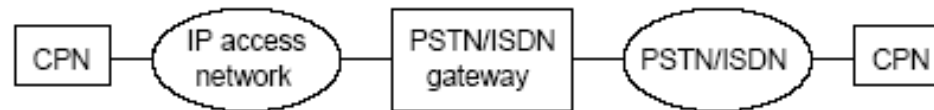
- ▶ **Objetivos de GoS:** Son derivados de los requisitos de Calidad de Servicio (QoS).
- ▶ **Requisitos de QoS:**
  - ▶ Es un conjunto de características de los servicios que determinan el grado de satisfacción de un usuario de un servicio.
  - ▶ Los Parámetros de QoS están orientados al usuario y se describen en términos independientes de la red.
- ▶ **Los Parámetros de Rendimiento de red** se derivan de los parámetros de QoS, pero a diferencia de ellos, se orientan a la red. No necesariamente tienen sentido para los usuarios.



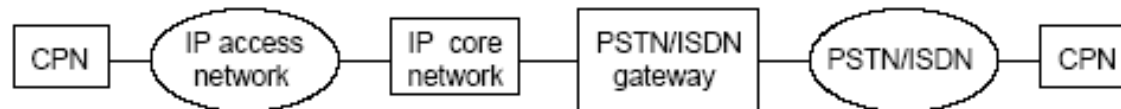
## 2.2. Objetivos Extremo-a-Extremo del GoS

---

- ▶ Los objetivos extremo-a-extremo dependen de cada parte o componente de la red.
- ▶ El camino de la comunicación entre dos usuarios puede estar compuesto por múltiples redes de diferentes tipos.
- ▶ Ejemplos:



a) Direct interworking with PSTN/ISDN



b) Interworking with PSTN/ISDN through IP core network

---

## 2.3. Recomendaciones ITU del GoS para diferentes tipos de redes

---

Rec.	Date	Title
E.720	11/98	<i>ISDN</i> grade of service concept
E.721	05/99	Network grade of service parameters and target values for circuit-switched services in the evolving <i>ISDN</i>
E.723	06/92	Grade-of-service parameters for Signalling System No. 7 networks
E.724	02/96	GoS parameters and target GoS objectives for IN Services
E.726	03/00	Network grade of service parameters and target values for <i>B-ISDN</i>
E.728	03/98	Grade of service parameters for <i>B-ISDN</i> signalling
E.770	03/93	Land mobile and fixed network interconnection traffic grade of service concept
E.771	10/96	Network grade of service parameters and target values for circuit-switched land mobile services
E.773	10/96	Maritime and aeronautical mobile grade of service concept
E.774	10/96	Network grade of service parameters and target values for maritime and aeronautical mobile services
E.775	02/96	<i>UPT</i> Grade of service concept
E.776	10/96	Network grade of service parameters for <i>UPT</i>
E.671	03/00	Post selection delay in <i>PSTN/ISDNs</i> using Internet telephony for a portion of the connection

Table 1.5: Recommendations on GoS objectives (except for *PSTN*).

---



# Parámetros de QoS en ATM (Rec. ITU-726)

<b>Parámetro</b>	<b>Siglas</b>	<b>Significado</b>
Tasa celdas pico	PCR	Tasa máxima a la que se enviarán las celdas
Tasa celdas sostenida	SCR	Tasa de celdas promedio a largo plazo
Tasa celdas mín.	MCR	Tasa celdas mínima aceptable
Tolerancia de variac. De retardo celdas	CVDT	Fluctuación de retardo máxima aceptable en las celdas
Tasa perdida celdas	CLR	Fracción de celdas que se pierden o entregan muy tarde
Retardo transf.celda	CTD	Tiempo que lleva la entrega (medio, máximo)
Variac.retardo celda	CDV	Variación tiempo de entrega de celdas
Tasa errores celdas	CER	Fracción celdas entregadas sin error



# Recomendaciones ITU para Telefonía móvil

---

- ▶ Consignadas en la recomendación ITU 776
- ▶ Son menos restrictivas de las de su contraparte fija debido a que las redes móviles poseen problemas como:
  - ▶ Limitaciones en la interfaz radio
  - ▶ Necesidad de autenticación de terminales
  - ▶ Envío de mensajes de Búsqueda del usuario llamado
  - ▶ Necesidad de interrogar bases de datos (locales y de las redes visitadas) para buscar el móvil llamado.
- ▶ Parámetro de GoS adicional en telefonía móvil: probabilidad de traspaso entre celdas no exitoso.
- ▶ Se dan valores objetivo de GoS para diferentes casos de llamadas: fijo-a-móvil, móvil-a-fijo, móvil-a-móvil. También para llamadas locales, llamadas entre operadores y llamadas internacionales.



# Recomendaciones para Redes IP

---

- ▶ Apenas han iniciado el trabajo. Falta mucho por hacer.
- ▶ Sólo se ha hecho un intento inicial en la recomendación ITU E.671:
  - ▶ El retardo extremo a extremo, cuando se reemplaza un segmento PSTN/ISDN por Telefonía IP, debe ser igual al de la recomendación E.721.



### 3. Controles de tráfico y dimensionamiento

---

- ▶ **Herramientas de la ingeniería de tráfico:**
  - ▶ Métodos de Diseño
  - ▶ Mecanismos de Gestión y Operación de la red
- ▶ **Diseño:**
  - ▶ Requiere de herramientas de dimensionamiento.
  - ▶ El dimensionamiento busca que la red tenga suficientes recursos para cumplir con la demanda de tráfico de los usuarios (recursos físicos y lógicos)
- ▶ **Gestión y Operación:**
  - ▶ Requiere de métodos de control de tráfico
  - ▶ Los mecanismos de control de tráfico se requieren para asegurar que se cumplan los objetivos de GoS.





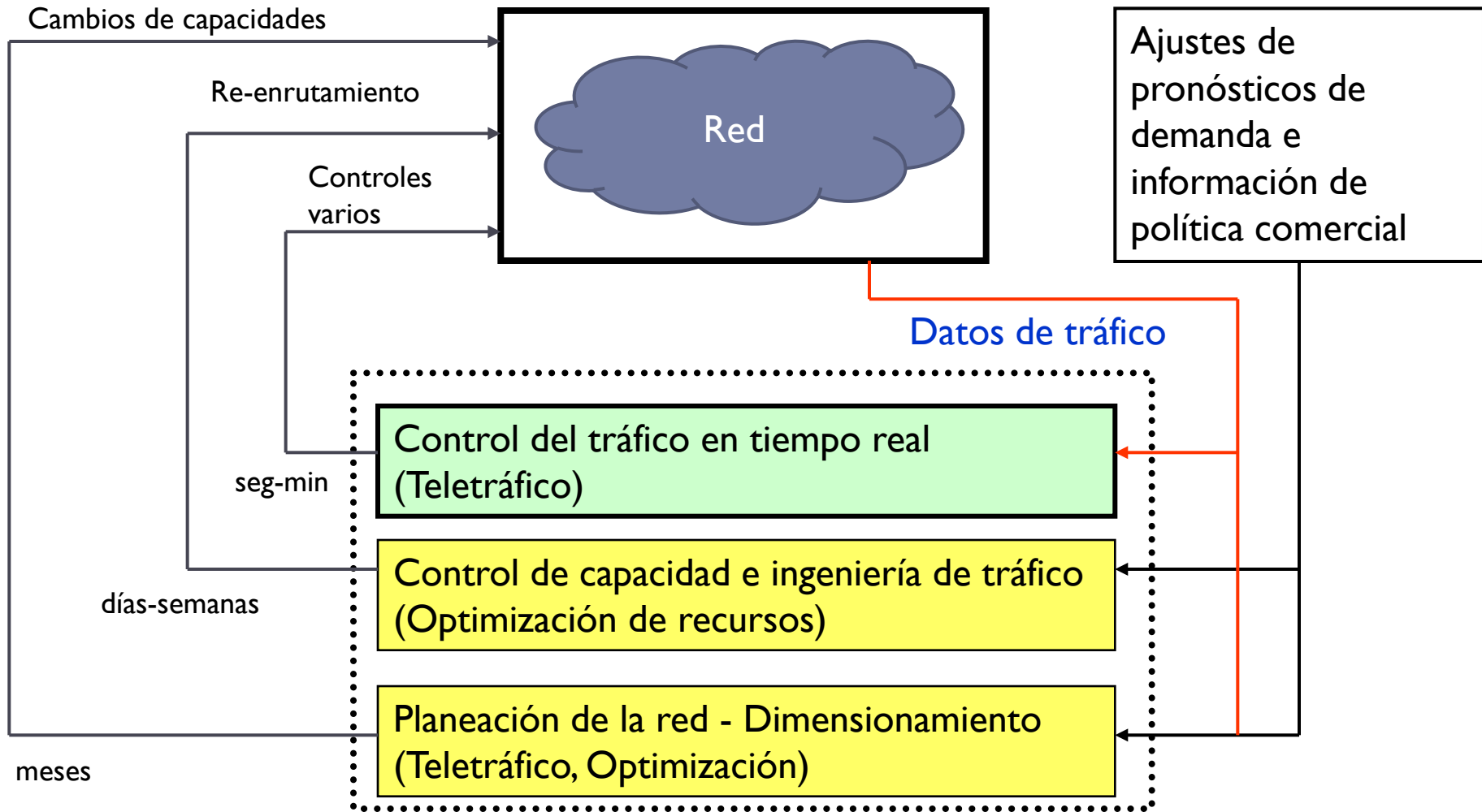
# Controles de tráfico

---

- ▶ Enrutamiento de tráfico
- ▶ Controles de gestión de tráfico de red
- ▶ Métodos de protección del servicio
- ▶ Controles de tráfico a nivel de paquetes
- ▶ Controles de red inteligente y señalización

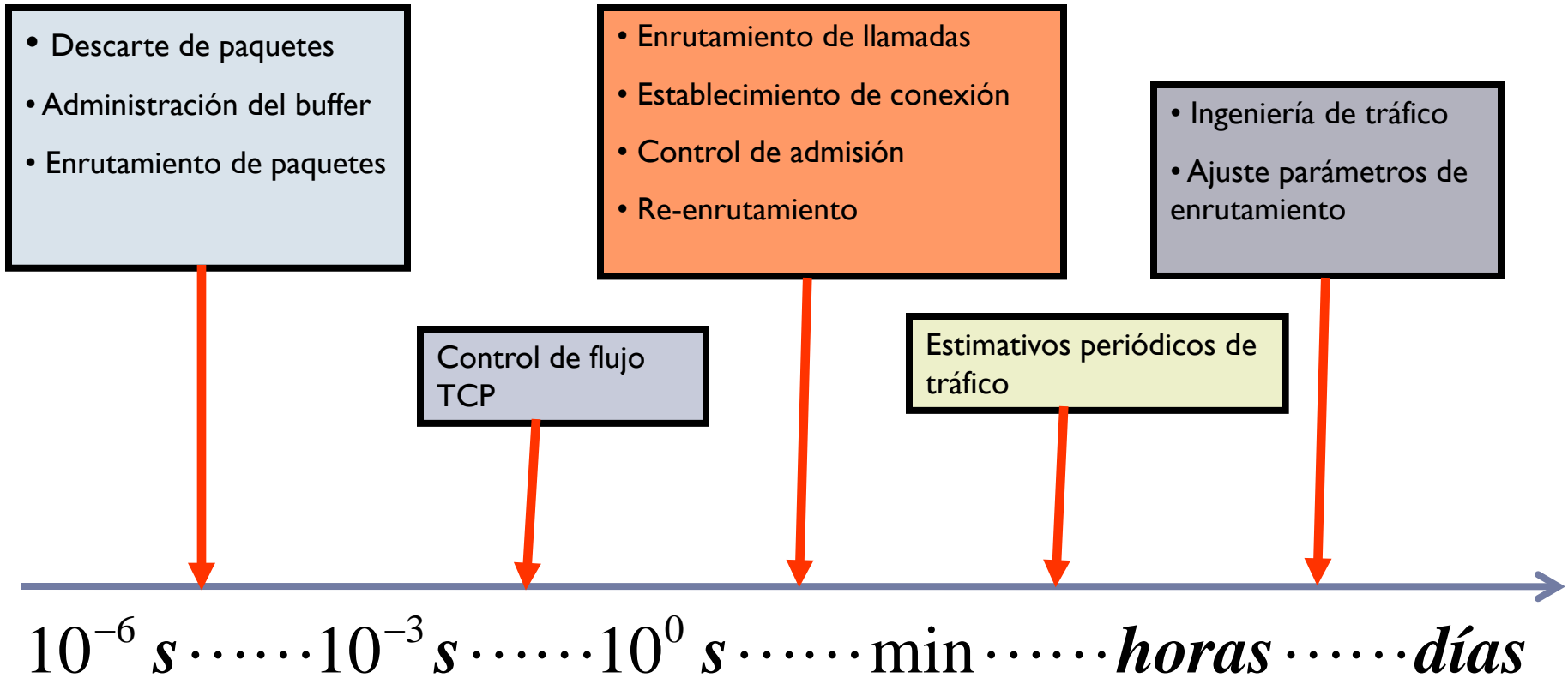


# Tareas de la Gestión y operación de Redes



# Escalas de tiempo para las tareas de Gestión y operación de redes

---



## 3.1. Enrutamiento de tráfico

---

- ▶ Recomendaciones ITU-T: E.170 a E.177, E.350 a E.353
- ▶ Los patrones de enrutamiento describen:
  - ▶ El conjunto de posibles rutas
  - ▶ El conjunto de reglas de selección de rutas para cada par origen-destino
- ▶ Tipos de enrutamiento:
  - ▶ Jerárquico
  - ▶ No Jerárquico
  - ▶ Fijo
  - ▶ Dinámico:
    - ▶ Pre-planificado (Calendario pre-establecido)
    - ▶ Dependiente del estado de la red (Automático)
    - ▶ Dependiente de los eventos en la red (Automático)



# Relación enrutamiento-tráfico-planeación

---

- ▶ El diseño del enrutamiento está basado en consideraciones de tráfico:
  - ▶ Esquemas de enrutamiento alternativo que se basan en consideraciones de eficiencia del costo
  - ▶ Métodos de enrutamiento dinámico basados en consideraciones de robustez ante:
    - ▶ Sobrecarga focalizada
    - ▶ Condiciones de fallos
    - ▶ Errores de predicción de tráfico
- ▶ El dimensionamiento se hace tomando en cuenta los métodos de enrutamiento y los patrones de las rutas.



## 3.2. Controles de Gestión de tráfico de red

---

- ▶ Aseguran que la utilización (throughput) de la red se mantenga por debajo de los límites permitidos ante cualquier condición de falla o sobre-carga.
- ▶ Pueden ser:
  - ▶ Proteccionistas:
    - ▶ Aseguran que la red no desperdicie recursos en procesar comunicaciones que no serán exitosas. También limitan el flujo de llamadas que requieren muchos recursos de la red (comunicaciones de sobrecarga)
  - ▶ Expansivos:
    - ▶ Re-enrután el tráfico hacia aquellas partes de la red que no están sobrecargadas.
- ▶ La gestión de tráfico es realizada usualmente por centros de gestión de tráfico donde se monitorea en tiempo real el rendimiento de la red (mediciones de tráfico y datos de rendimiento en tiempo real)
- ▶ Los controles pueden ser disparados por algún evento o pueden ser pre-planificados (en caso de eventos especiales).
- ▶ Recomendaciones ITU-T: E.410 a E.417



## 3.3. Métodos de protección del servicio

---

- ▶ Son llamados **controles de tráfico a nivel de llamada**.
- ▶ Controlan el grado de servicio para ciertos flujos de tráfico mediante una restricción discriminatoria del acceso a grupos de elementos de red con poca capacidad.
- ▶ Se utilizan para proveer estabilidad en redes con esquemas de enrutamiento no jerárquico.
- ▶ Re-envían el tráfico de sobreflujo hacia una ruta que es compartida con tráfico de primera-opción.
- ▶ Esto se hace para balancear el GoS entre flujos de tráfico que requieren diferentes anchos de banda o para dar prioridad a servicios de cierto tipo de tráfico.



## 3.4. Controles a nivel de paquete

---

- ▶ Estos controles aseguran que los objetivos de GoS a nivel de paquete de las comunicaciones aceptadas, sean satisfechos bajo cualquier condición de la red.
- ▶ También aseguran que se realice una diferenciación de GoS eficiente en costos, entre servicios con diferentes requisitos de QoS a nivel de paquete.





## 3.5. Controles de Red Inteligente y Señalización

---

- ▶ Las redes inteligentes y los sistemas de señalización son el sistema neural de cualquier red.
- ▶ Un **objetivo** en el diseño y operación de estos sistemas es que se maximice su robustez.
- ▶ **Robustez:** Capacidad de resistir las sobrecargas de tráfico y las fallas de los elementos de red.
- ▶ Métodos:
  - ▶ Redundancia de los elementos de red
  - ▶ Controles de congestión y sobrecarga
- ▶ Recomendación ITU-T: E.744



# Recomendaciones ITU-T para Dimensionamiento y controles de tráfico

---

- ▶ Están divididas según los tipos de red:
  - ▶ Redes de conmutación de circuitos
  - ▶ Redes de conmutación de paquetes
  - ▶ Redes de Señalización y redes Inteligentes



# Recomendaciones ITU-T para redes de conmutación de circuitos

---

Rec.	Date	Title
E.510	10/45	Determination of the number of circuits in manual operation
E.520	11/88	Number of circuits to be provided in automatic and/or semi-automatic operation, without overflow facilities
E.521	11/88	Calculation of the number of circuits in a group carrying overflow traffic
E.522	11/88	Number of circuits in a high-usage group
E.524	05/99	Overflow approximations for non-random inputs
E.525	06/92	Designing networks to control grade of service
E.526	03/93	Dimensioning a circuit group with multi-slot bearer services and no overflow inputs
E.527	03/00	Dimensioning at a circuit group with multi-slot bearer services and overflow traffic
E.528	02/96	Dimensioning of digital circuit multiplication equipment (DCME) systems
E.529	05/97	Network dimensioning using end-to-end GoS objectives
E.731	10/92	Methods for dimensioning resources operating in circuit switched mode



# Recomendaciones ITU-T para redes de conmutación de paquetes

---

- ▶ Son solo 3 recomendaciones
- ▶ Fueron hechas para redes B-ISDN que usan ATM, pero la mayoría de métodos descritos aplican para otras redes de conmutación de paquetes, tales como redes IP en las que se controla la admisión de las conexiones.
- ▶ Control de Admisión (CAC, Connection Admission Control):
  - ▶ Cuando un usuario solicita el establecimiento de una nueva conexión, el mecanismo CAC decide si la conexión puede ser admitida.
  - ▶ CAC tiene en cuenta que se satisfaga el GoS a nivel de paquete de las conexiones existentes y las nuevas.
  - ▶ CAC lleva las cuentas de cuántos recursos de la red se han asignado y cuántos faltan por asignar.

Rec.	Date	Title
E.735	05/97	Framework for traffic control and dimensioning in <i>B-ISDN</i>
E.736	05/97	Methods for cell level traffic control in <i>B-ISDN</i>
E.737	05/97	Dimensioning methods for <i>B-ISDN</i>



# Recomendaciones ITU-T para redes de señalización y redes Inteligentes

---

Rec.	Date	Title
E.733	11/98	Methods for dimensioning resources in Signalling System No. 7 networks
E.734	10/96	Methods for allocating and dimensioning Intelligent Network (IN) resources
E.744	10/96	Traffic and congestion control requirements for SS No. 7 and IN-structured networks



# 4. Monitoreo del rendimiento

---

- ▶ Mientras la red esté operando, se requiere el monitoreo del GoS.
- ▶ Soluciona Posibles problemas:
  - ▶ A pesar de que la red esté dimensionada correctamente, hay situaciones de sobrecarga y fallos no considerados en el dimensionamiento.
  - ▶ Se requiere tomar acciones de corta duración (minutos, horas) para atacar tales situaciones.
  - ▶ También podría haber errores en el dimensionamiento debidos a supuestos incorrectos en los modelos, lo que llevaría a un GoS diferente del esperado.
- ▶ Otras situaciones que requieren monitoreo:
  - ▶ Caracterización del tráfico
  - ▶ Diseño de la red
- ▶ Consecuencias del monitoreo (término de semanas, meses):
  - ▶ Reconfiguración de elementos de la red
  - ▶ Reconfiguración del enrutamiento
  - ▶ Ajuste en los parámetros de control de tráfico



# Recomendaciones ITU-T

---

- ▶ Las recomendaciones E.490, E.491, E.502-E.505 y E.745, cubren recomendaciones de mediciones de tráfico y rendimiento.
- ▶ Hay otras dos recomendaciones: E.492 y E.493
- ▶ **E.492:**
  - ▶ Define los períodos de referencia de tráfico para propósitos de recolección de medidas para el monitoreo del GoS para las redes y los componentes de red.
  - ▶ Está relacionada con la recomendación E.500 que define los períodos para mediciones de tráfico requeridas para dimensionamiento de redes.
  - ▶ Define los días del mes que tienen carga normal y los que tienen carga alta. Estos se utilizan para comparar el GoS en carga normal y en alta carga.
- ▶ **E.493:**
  - ▶ Describe cómo realizar monitoreo del GoS, tomando en cuenta limitaciones prácticas.
  - ▶ Además de las probabilidades típicas como la de bloqueo, también describe métodos para medir el retardo extremo a extremo mediante mediciones locales tomadas en cada elemento de red.
  - ▶ Describe cómo medir el GoS a nivel de conexiones.

Rec.	Date	Title
E.492	02/96	Traffic reference period
E.493	02/96	Grade of Service (GoS) monitoring



## 5. Otras recomendaciones

---

- ▶ Existen otras recomendaciones que no están clasificadas dentro de ninguna de las categorías vistas.
- ▶ La recomendación E.523:
  - ▶ Provee perfiles estandarizados de 24 horas para flujos de tráfico entre países en períodos de tiempo ubicados en momentos diferentes.
  - ▶ Esto es útil para países en donde estas mediciones no están disponibles.
  - ▶ Los perfiles de esta recomendación son para redes telefónicas solamente.

Rec.	Date	Title
E.523	11/88	Standard traffic profiles for international traffic streams
E.600	03/93	Terms and definitions of traffic engineering
E.700	10/92	Framework of the E.700-Series Recommendations
E.750	03/00	Introduction to the E.750-Series of Recommendations on traffic engineering aspects of networks supporting mobile and <i>UPT</i> services

