



Departamento de
Tecnología Electrónica



Gestión de tráfico Calidad de Servicio (QoS)

Tecnologías Avanzadas de la
Información

Bibliografía

- John Evans, Clarence Filsfils, Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks, ISBN 978-0-12-370549-5
- James F. Kurose, Keith W. Ross, Redes de Computadores un enfoque descendente, Capítulo 7, Pearson ISBN 978-84-7829-119-9
- Bert Hubert, Linux Advanced Routing & Traffic Control, <http://www.lartc.org>.

Índice

1. Introducción
2. Métricas QoS para servicios IP y Requerimientos por aplicación
3. Técnicas y arquitecturas QoS
 - 3.1 - Interserv
 - 3.2 - Diffserv
4. Clasificación de paquetes
 - 4.1 - Disciplinas de planificación
 - 4.2 - Regulación de velocidad
5. Implementaciones

Introducción

- **QoS** (Quality of Service): Calidad de Servicio es un término muy general.
 - Se intenta medir la satisfacción del usuario del servicio
 - Se pueden realizar medidas objetivas y/o subjetivas
- Definición formal de calidad:
 - ISO9000: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos
 - ¿Cómo lo define la RAE?

Introducción

- Centraremos QoS en el contexto de redes IP
 - Los servicios son aplicaciones que usa el usuario y utilizan la red
 - Es necesario establecer parámetros para medir el funcionamiento de la red
 - Cada tipo de aplicación tendrá unos requerimientos diferentes

Introducción

- QoS puede ser abordado desde dos niveles
 - Nivel de funcionalidad de la red
 - Clasificación
 - Políticas de planificación
 - Tratamiento de colas
 - Políticas de eliminación
 - Nivel de arquitectura de red
 - Servicios diferenciados: Difserv
 - Servicios integrados: InterServ

Introducción

- **Service Level Agreement (SLA):** Un Acuerdo de nivel de servicio es un contrato entre un proveedor de servicio y un cliente para calidad de dicho servicio.
- ¿Cómo medir esa calidad de servicio?
- Necesidad de métricas para servicios IP

Ejemplo: Una velocidad en el servicio DSL de 10Mb significa la velocidad máxima (pico), no la promedio, ni mucho menos el mínimo garantizado

Métricas QoS para servicios IP

Métricas y Requerimientos por aplicación

Métricas QoS para servicios IP

- Métricas QoS para servicios IP más utilizadas:
 - Retraso
 - Fluctuación/Variación del retraso (*packet jitter*)
 - Pérdida de paquetes
 - Permanencia en el orden de entrega de paquetes
 - Caudal de datos / ancho de banda
 - Disponibilidad de servicio
 - “**Velocidad**”: término confuso en QoS

Métricas QoS para servicios IP

- Se deben especificar todas las medidas para saber si una red es capaz de soportar un servicio con calidad
- Ejemplo: Se define en un SLA una pérdida de paquetes de 1% (medida estadística)
 - Significa: de cada 1000 paquetes se pierden 10
 - Si se pierde 1 paquete de cada 10 se puede soportar un servicio de IPTV
 - Si se pierden 10 paquetes seguidos en un grupo de 1000 el servicio falla
 - ¿Se puede soportar un servicio IPTV?

Métricas QoS para servicios IP

- [[RFC2330](#)] Framework for IP Performance Metrics: Se definen métricas para servicios IP.
- Realidad de los ISP: marketing frente a ingeniería.

Métricas QoS para servicios IP

Retraso

- **Retraso:** se contemplan medidas básicas
 - One-Way: terminal-terminal
 - Round-Trip delay Time (o RTT): ida y vuelta.
 - RTT excluye el tiempo de proceso en el punto remoto
- El retraso tiene 4 componentes:
 - Retraso de propagación
 - Retraso de conmutación
 - Retraso de procesado
 - Retraso de transmisión = $\frac{\text{tamaño de paquete}}{\text{velocidad del enlace}}$

Métricas QoS para servicios IP

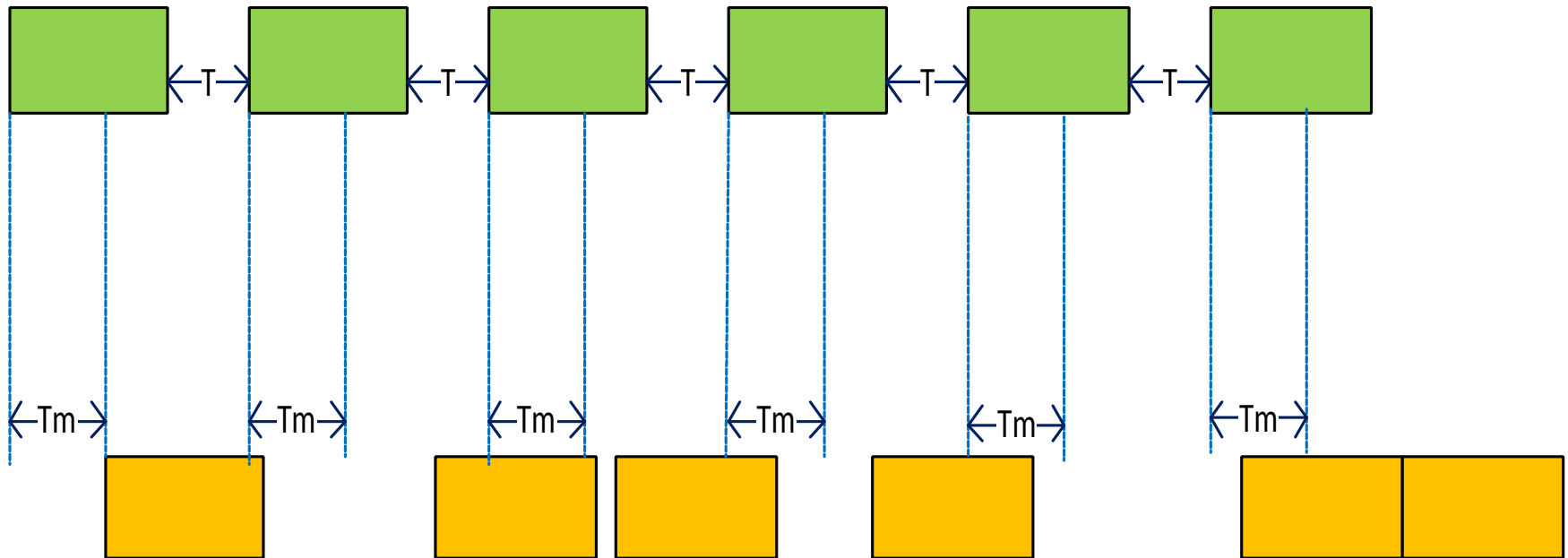
Fluctuaciones / Jitter

- **Jitter**: Fluctuación o variación en el tiempo de entrega de dos paquetes consecutivos.
Caracteriza la variación del retraso de la red
- [RFC3393] recomienda denominarlo *IP Packet Delay Variation (IPDV)*
- Métricas:
 - Se mide como la variación entre el tiempo de propagación terminal-terminal de dos paquetes consecutivos
 - Se mide como la variación respecto al mínimo retraso

Métricas QoS para servicios IP

Fluctuaciones / Jitter

EMISOR

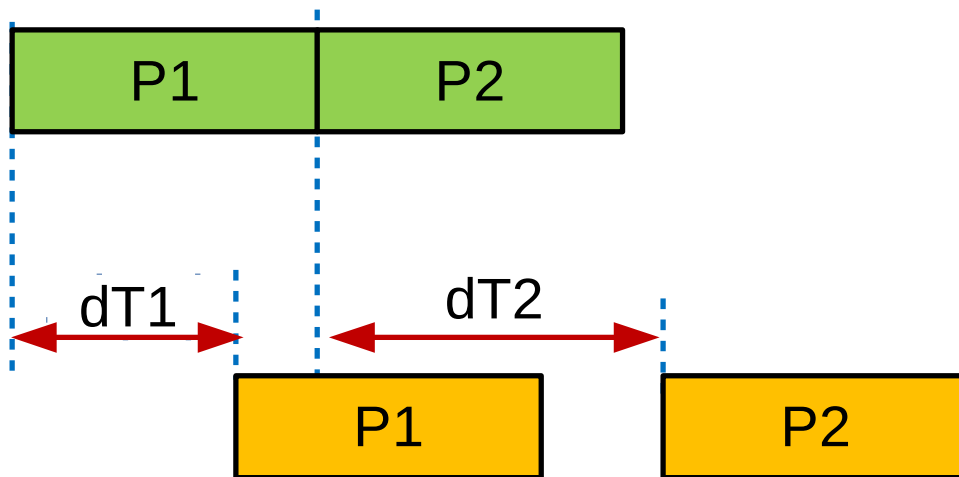


RECEPTOR

T_m : Retraso mínimo

Métricas QoS para servicios IP

Fluctuaciones / Jitter



$$ddT = dT2 - dT1$$

- IPDV según [[RFC3393](#)]
 - La figura ilustra como tomar una única muestra
 - Todos los paquetes deben ser del mismo tamaño
 - Se debe aplicar un procedimiento estadístico a un conjunto representativo de muestras muestras

Métricas QoS para servicios IP

Fluctuaciones / Jitter

- Las fluctuaciones se deben principalmente a:
 - Cambio en la topología de la red por fallos de enlaces (cambia el retraso de propagación y el tiempo de transmisión)
 - El tiempo de proceso de los paquetes en los routers no es constante (es poco habitual en soluciones hardware)
 - Las colas de los routers no están siempre vacías, varían (retardo de cola)

Métricas QoS para servicios IP

Fluctuaciones / Jitter

- Las fluctuaciones se eliminan mediante un buffer en un extremo:
 - Se almacena en el buffer cierta cantidad de paquetes
 - Se obtienen paquetes desde el buffer en intervalos constantes de tiempo
 - El tamaño el buffer debe calcularse correctamente
- Existen servicios que no operan correctamente con buffers, no se puede retrasar:
 - VOIP
 - Juegos en tiempo real
 - Cualquier aplicación interactiva

Métricas QoS para servicios IP

Pérdidas de paquetes

- **Pérdida de paquetes:** Se considera perdido si no llega al punto destino
- PLR [[RFC 2680](#)]: One-way Packet Loss Metric. Se considera en un sentido ya que los caminos de ida y vuelta no son simétricos
- Adicionalmente se considera:
 - Periodo de pérdida: frecuencia y longitud (ráfaga de pérdidas)
 - Distancia entre pérdidas: Tiempo transcurrido entre periodos de pérdidas

Métricas QoS para servicios IP

Pérdidas de paquetes

- Orígenes de las pérdidas de paquetes:
 - Congestión
 - Errores en la capas físicas
 - Fallos en elementos de red
 - Pérdidas en la aplicación destino
- Dependiendo del protocolo de transporte o de la aplicación hay soluciones:
 - Corrección de errores
 - Redundancia en la transmisión
 - Retransmisión

Métricas QoS para servicios IP

Velocidad / Caudal de datos

- **Ancho de banda y caudal:** Los servicios IP se suelen ofrecer con un ancho de banda que refleja la capa 2 (capacidad del enlace)
- Se propone el uso de términos más específicos [[RFC5136](#)]:
 - Capacidad de enlace (IP Link Capacity)
 - Capacidad de la ruta (IP Path Capacity)
 - Capacidad de clase
 - Capacidad de transporte

Métricas QoS para servicios IP

Velocidad / Caudal de datos



- Capacidad de enlace se puede considerar en capa 2 o capa 3.
- Capacidad de enlace medido en la capa 2:
 - Medido en bits por segundo
 - Aunque parezca que es constante ciertas tecnologías como ADSL 2 adaptan la velocidad en función de los errores del medio físico

Métricas QoS para servicios IP

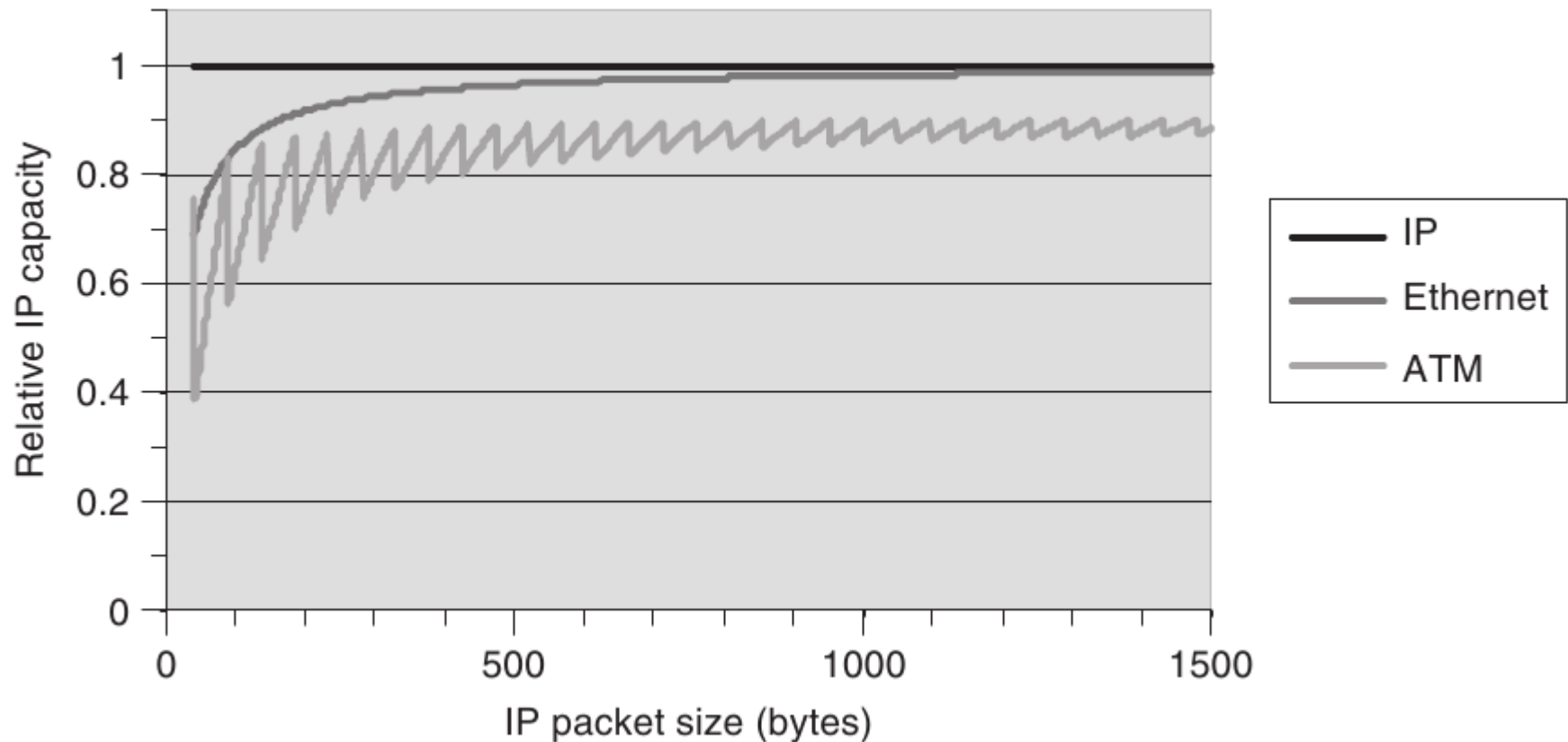
Velocidad / Caudal de datos

- Capacidad de enlace medido en la capa 3:
 - Es función de la medida de la capacidad de enlace en la capa 2.
 - Depende de la encapsulación, tamaño de paquetes usado, por ejemplo en las VPNs.

Métricas QoS para servicios IP

Velocidad / Caudal de datos

Capacidad de enlace en función del tamaño de paquete IP



Métricas QoS para servicios IP

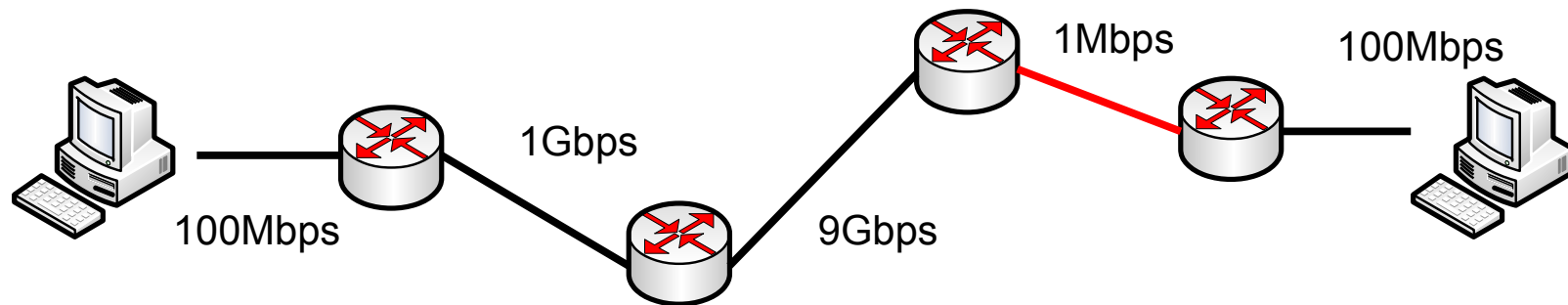
Velocidad / Caudal de datos

- **Capacidad de transporte:**
 - Es la capacidad de transferencia entre el origen y destino de una transmisión
 - Definida en [[RFC3148](#)] como *Bulk Transport Capacity*.
 - Es una medida de una transferencia de una gran cantidad de datos en un período largo de tiempo, por tanto, es un dato promedio.

Métricas QoS para servicios IP

Velocidad / Caudal de datos

- **Capacidad de la ruta:** Corresponde a la mínima capacidad de enlace existente entre dos nodos de la ruta.
- También denominado ancho de banda de la ruta



Métricas QoS para servicios IP

Orden de entrega

- Orden de entrega de paquetes:
 - IP: No se garantiza recibir los paquetes en el mismo orden que se enviaron
- Métrica:
 - Razón de reordenación, número de paquetes desordenados en un flujo
 - No se suele utilizar y no suele aparecer en los SLAs
- Origen: Balanceo de carga por varios enlaces o rutas

Métricas QoS para servicios IP

Otras

- Disponibilidad de red y de servicio
 - Tiempo medio entre fallos
 - Tiempo de restauración del fallo
- Experiencia en calidad:
 - Objetivo o Subjetivo por el usuario
 - Basada en la aplicación usada: voz, video, etc.

Requerimientos por aplicación

- Cada tipo de aplicación necesita unos requerimientos QoS diferentes
- Limitaciones para aplicaciones interactivas/tiempo real:
 - Pérdida de paquetes
 - Retardo en los terminales
 - Packet jitter - Fluctuación de paquetes:
 - No se puede asegurar que todos los paquetes tarden el mismo tiempo
 - IP no proporciona garantías de retardo

Requerimientos por aplicación

- Ejemplo VoIP:
 - Comunicación de voz en tiempo real
 - Usa el protocolo RTP [[RFC3550](#)], usando UDP
 - Se recomienda un retraso 150ms y se comprueba que a partir de 150ms el usuario pierde satisfacción con el servicio llegando a ser inaceptable a los 500ms

Requerimientos por aplicación

- VoIP es afectado:
 - Fuertemente por el retraso.
 - Fuertemente por las fluctuaciones.
 - Es tolerante a la pérdidas de paquetes por omisión o recuperación. Se pueden perder paquetes y la conversación es entendible.
 - No es afectado por la reordenación de paquetes.

Requerimientos por aplicación

- Ejemplo de video bajo demanda
 - Se utilizan buffers para mejorar la experiencia de usuario
- Es afectado por:
 - No es afectado por el retraso
 - No es afectado por las fluctuaciones
 - Es afectado por pérdidas de paquetes, reduce la experiencia de usuario
 - No es afectado por la reordenación de paquetes

Requerimientos por aplicación

- Otros problemas:
 - Contenido alejado y poco ancho de banda
 - Saturación del ISP con los mismos datos
- Soluciones en las fronteras de ISPs o geográficas
 - Redes de distribución de contenidos (CDN, *Content Distribution Networks*)
 - Los datos están previamente almacenados
 - Caché

Requerimientos por aplicación

- ¿Qué requerimientos y que parámetros afectan a los siguientes aplicaciones?
 - 1.Video conferencias
 - 2.Juegos Online:
 - Juego interactivo
 - Juego por turnos
 - 3.IPTV:
 - Acontecimiento deportivo
 - Otras retransmisiones
 - 4.Audio/Video vigilancia
 - 5.Aplicaciones datos remotos:
 - 1.Bases de datos
 - 2.Almacenamiento en la nube
 - 6.Servicio Web (HTTP/ HTTPS)
 - 7.Servicio de Correo electrónico (IMAP,POP,SMTP)

Requerimientos por aplicación

Conclusión

Es importante estudiar los parámetros a mejorar para aumentar la experiencia del usuario en un determinado servicio, y depende del tipo de aplicación

Técnicas y arquitecturas QoS

Servicios Integrados y Servicios diferenciados

Técnicas y arquitecturas QoS

- Nos centraremos en Internet
- Funcionamiento de Internet
 - **Servicio de mejor esfuerzo**: Intenta transportar el máximo número de paquetes
 - No se controla el retraso
 - No se controla la variación del retardo entre diferentes paquetes de una conexión/flujo
 - No se controlan el resto de parámetros

Técnicas y arquitecturas QoS

- Se contemplan dos tipos de arquitecturas para QoS a nivel global
 - **Interserv**: Servicios Integrados
 - **Diffserv**: Servicios diferenciados
- Ambas soluciones aspiran a dar servicio de diferentes clases:
 - Servicio clase 1: Limitar/garantizar número de paquetes y establecer prioridad
 - Servicio clase 2: Resto del tráfico

Técnicas y arquitecturas QoS

- Evolución de Internet: Acomodar el tráfico a restricciones de temporización de determinadas aplicaciones
 - Solución 1 de garantía **estricta**: Una aplicación que lo solicite recibe una QoS garantizada con absoluta seguridad (**Interserv**)
 - Solución 2 de garantía **parcial**: Una aplicación que lo solicite recibe una QoS garantizada con alta probabilidad (**Diffserv**)

Técnicas y arquitecturas QoS

- **Interserv** [[RFC2212](#)]: Para una garantía estricta se reserva ancho de banda
 - Necesidad de un protocolo de reserva: RSVP (*Resource reSerVation Protocol*)
 - Todos los nodos de la ruta (routers) deben implementar políticas QoS que admitan la reserva
 - La red debe disponer de mecanismo para avisar si la reserva es posible.
 - Este mecanismo es complejo en routers y equipos (coste alto).

Técnicas y arquitecturas QoS

- **Interserv** usa un protocolo de reserva de recursos: RSVP [[RFC2205](#)]
 - Debe estar presente en todos los nodos de la ruta: hosts y routers
 - Está orientado al receptor siendo este el que inicia y mantiene la reserva de recursos
 - En el estándar no se especifica como los nodos intermedios debe implementar la reserva

Técnicas y arquitecturas QoS

- ¿Realmente es necesaria la reserva de ancho de recursos?
 - Dar garantía parcial de QoS
 - Escalado: los IPS escalan continuamente sus redes
 - Duplicación: Las redes de difusión de contenido se duplican en las fronteras de Internet
 - Auge de redes solapadas multidifusión (P2P) frente a IP multidifusión
- Solución ideal:
 - Sobredimensionar la red
 - Evitar que los paquetes llenen las colas en los routers

Técnicas y arquitecturas QoS

Servicios Diferenciados

- Solución intermedia: **Servicios diferenciados (Diffserv)**:
 - Definir clases de tráfico
 - Asignar clases en nivel de red (datagramas)
 - Contemplarlo en las colas de los routers con diferentes políticas de reenvío y encolado
 - Requiere poca complejidad
 - Se intenta simplificar la complejidad de Interserv, se usan técnicas para no modificar la configuración actual de la capa de red/transporte

Técnicas y arquitecturas QoS

Servicios Diferenciados

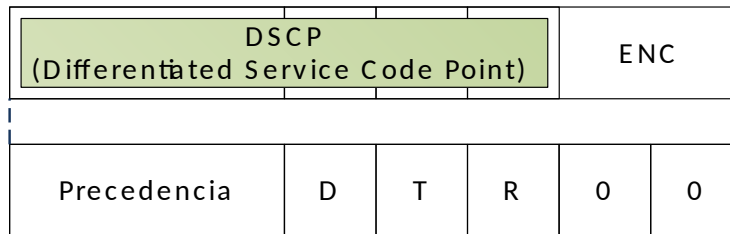
- Diffserv:
 - Es una arquitectura alternativa a la reserva de recursos
 - Intenta dotar a Internet de la posibilidad de manejar diferentes clases de tráfico [[RFC 2475](#)]
- Componentes de Diffserv:
 - Funciones de frontera: En los hosts se clasifican y marcan paquetes (marcado DS)
 - Función del núcleo: La red principal reconoce el marcado DS tratándolos de forma diferente (ruta, prioridad en la cola, etc.)

Técnicas y arquitecturas QoS Servicios Diferenciados

- Características:
 - El marcado y clasificación se realiza sólo en la frontera (son operaciones complejas)
 - En la frontera se puede limitar la velocidad de flujos
 - El núcleo de red no necesita analizar nada más que el campo DS (operación simple)
 - En núcleo de red asigna a cada clase recursos diferentes, se pueden reservar recursos por clase

Técnicas y arquitecturas QoS Servicios Diferenciados

- Se utiliza el campo TOS de la cabecera como campo DS (*Differentiated Service*) tanto en IPv4 como IPv6



0		7		15		23		31																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Versión		IHL		TOS				Flags		Longitud total																					
Identificación										Flags		Offset del fragmento																			
Tiempo de vida				Protocolo				Checksum																							
										Dirección fuente																					
										Dirección destino																					
Opciones										Padding																					
Datos																															

Técnicas y arquitecturas QoS

Servicios Diferenciados

- Funcionamiento en la frontera:
 - Se establece un perfil para un servicio estableciendo: tasa pico, ráfaga, etc.
 - Se usan alguna técnica para regular el tráfico en cada clase de servicio
 - Si se supera los límites del perfil los paquetes no se admiten en dicha clase (se descartan o se marcan en otra clase, según la política implementada)

Técnicas y arquitecturas QoS Servicios Diferenciados

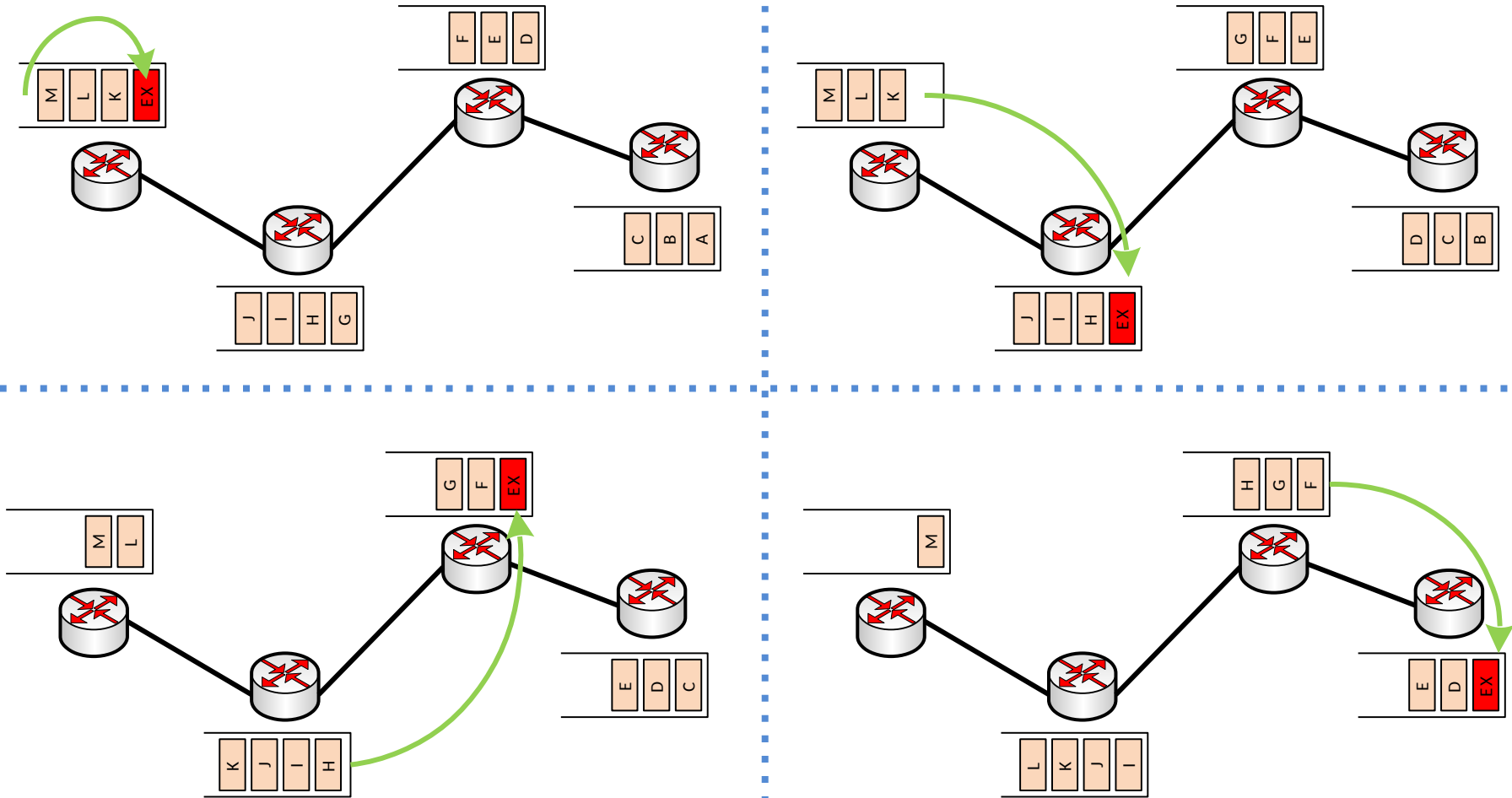
- Funcionamiento en el núcleo de red
 - No se especifica como implementar la política de gestión de tráfico por clases
 - Sí se establecen dos comportamientos para los paquetes
 - Reenvío expedito. DSCP=46_(base8)
 - Admisión de Voz = Reenvío expedito. DSCP=44_(base8)
 - Reenvío garantizado. 12 códigos DSCP diferentes

Técnicas y arquitecturas QoS

Servicios Diferenciados

- **Reenvío expédito:** es un reenvío acelerado
 - La regulación de tráfico da la misma prioridad a todos paquetes, se realiza un tratamiento diferente a algunos paquetes
 - Se establece una clase cuyos paquetes se transfieren como si no existieran otros paquetes
 - Esta clase se coloca al principio de las colas FIFO de espera de transmisión, se consideran que tienen máxima prioridad

Técnicas y arquitecturas QoS Servicios Diferenciados



Técnicas y arquitecturas QoS

Servicios Diferenciados

- En ejemplo los paquetes:
 - Se envían en el siguiente orden:
A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, **EX**
 - Llegan en el siguiente orden:
A, B, C, **EX**, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M

Técnicas y arquitecturas QoS Servicios Diferenciados

- **Reenvío garantizado:** (complejo)
 - Especifica la existencia de cuatro clases de prioridad
 - Cada clase tiene sus propios recursos (ancho de banda y buffer)
 - Dentro de cada clase se vuelven marcar en tres subclases
 - Cada subclase tiene una política en el router cuando se produce congestión para eliminación de paquetes

Clasificación de paquetes

Clasificación, Planificación, Disciplinas y
Regulación de velocidad

Clasificación de paquetes

- La clasificación es el proceso de identificar **flujos** de paquetes y agruparlos en **clases** para aplicarles parámetros QoS
- En TAI nos centraremos en flujos IP
- Un flujo IP se identifica por:
 - IP destino, IP fuente
 - Protocolo TCP/UDP
 - En su caso, puerto origen y puerto destino

Clasificación de paquetes

- **Marcado de paquetes:** Alteración de los campos asignados para QoS para que sean procesados posteriormente en función de la marca:
 - Campo TOS en IPv4
 - Campo Traffic Class IPv6
- El marcado puede ser:
 - En origen: si se considera seguro
 - En frontera: se ignora el marcado origen

Clasificación de paquetes

- QoS mediante clasificación consta de tres etapas:
 1. Los paquetes se marcan o clasifican en clases
 2. Al envío de paquetes se le aplica una disciplina de planificación en función de su clasificación
 3. La velocidad de envío de paquetes se regula, globalmente o para cada clase

Clasificación de paquetes

- La clasificación, planificación, regulación de velocidad, etc. ¿Contradice la neutralidad en la red?
- Neutralidad en la red:
 - Los ISPs tiene que tratar a todo el tráfico por igual, independientemente del contenido y los puntos terminales
 - La neutralidad en la red es un tema de amplio debate actualmente

Clasificación de paquetes

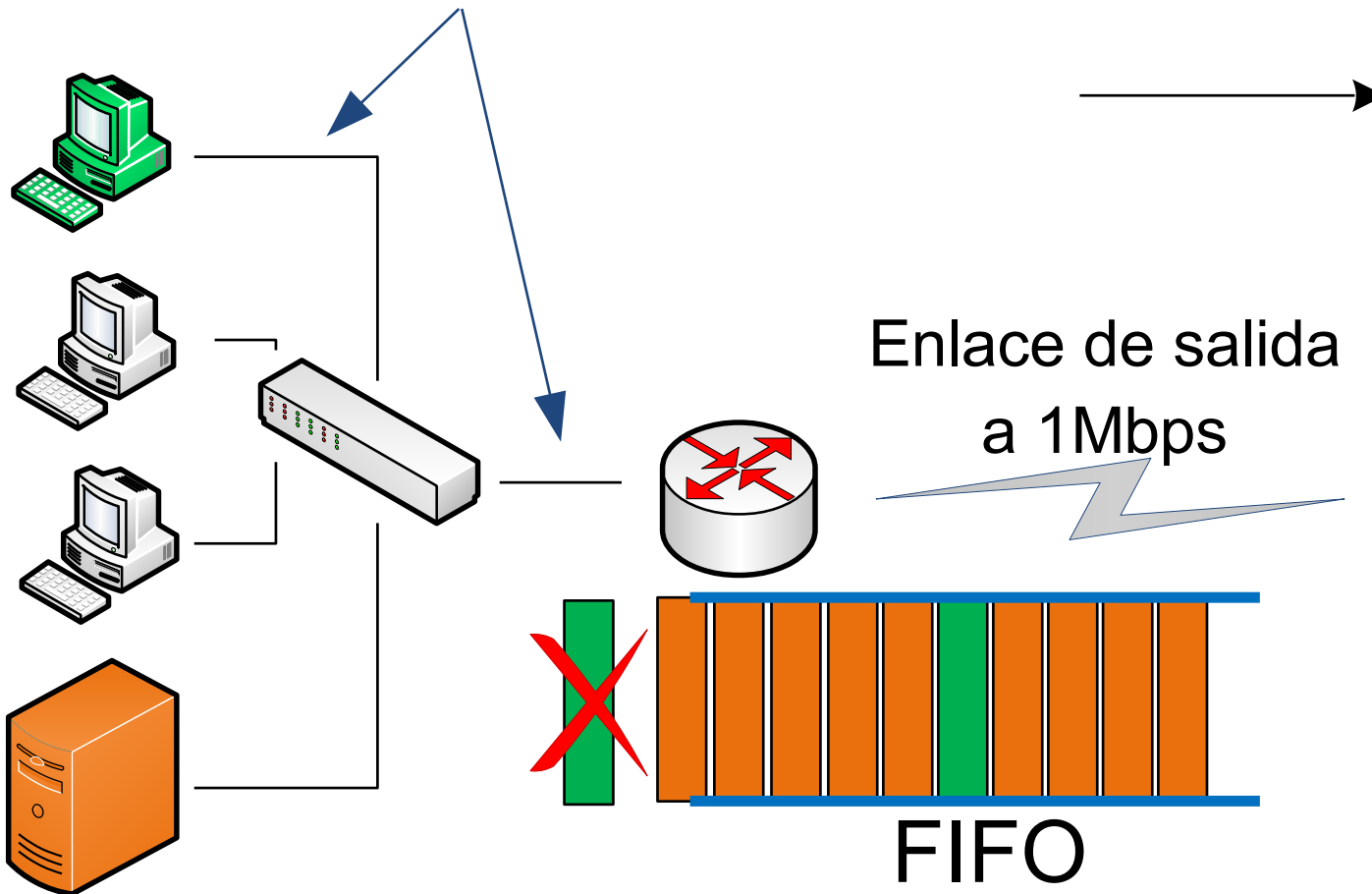
- Principios de la clasificación:
 - No todos los flujos se tratan por igual
 - Clasificación de los flujos en clases
 - Equidad: Dentro de una clase todos los flujos son tratados por igual
 - Aislamiento de clases: un flujo en una clase no debe afectar otra clase.
 - Eficiencia en el uso ancho de banda.

Clasificación de paquetes

- Con la disciplina servicio de entrega de mejor esfuerzo:
 - Los paquetes se mezclan en las colas de routers
 - Las colas de los routers son tipo FIFO
 - Si hay canales entre routers de diferentes anchos de banda, ocurren efectos no deseados
- En el siguiente ejemplo, una ráfaga desde un equipo expulsa a otros equipos

Clasificación de paquetes

Enlaces a 1Gbps



Clasificación de paquetes

- Consideraciones generales:
 - Sólo se controla la frontera con nuestra red.
 - Se tiene asegurada QoS en la salida de paquetes mediante un SLA por parte del ISP.
 - La red exterior tratará a todos los paquetes por igual.
 - ¿La red exterior tratará a todos los paquetes por igual? == Neutralidad en la red

Clasificación de paquetes

- Objetivo:
 - **Garantizar mínimos a los ciertos flujos**
 - La comunicación se clasifica en clases
 - En cada clase se consideran los flujos existentes y se crean criterios (límites, posición en la cola, etc.)
- Mecanismos más utilizados:
 - Planificación a nivel de enlace
 - Disciplinas de planificación
 - Regulación de velocidad
 - Política de eliminación de paquetes

Clasificación de paquetes

Planificación a nivel de enlace

- Planificación de paquetes a nivel de enlace:
 - Se divide el ancho de banda de enlace real en enlaces virtuales (AB)
 - Asigna una cantidad fija a cada enlace virtual (E_i) de forma que: $AB = \sum E_i$
 - Se cumple estrictamente cada E_i , no hay reutilización de ancho de banda
 - Ventaja: Aislamiento entre flujos y simple de implementar
 - Desventaja: Baja eficiencia respecto al ancho de banda

Clasificación de paquetes

Disciplinas de planificación

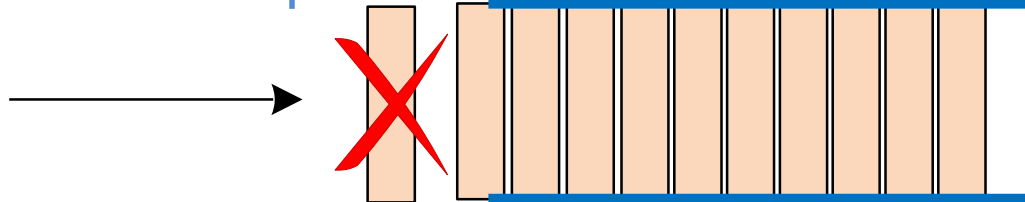
- La **disciplina de planificación** es la forma en que los paquetes de una cola de transmisión son seleccionados para su transmisión.
- Disciplinas:
 - FIFO
 - Colas de prioridad
 - Colas de turno rotatorio
 - Colas equitativas ponderadas

Clasificación de paquetes

Disciplina FIFO

- **FIFO**: First In First Out
 - Los paquetes se almacenan en el buffer hasta ser enviados
 - Si se llena, se aplica una política de eliminación de paquetes
 - Los paquetes se envían en el mismo orden de llegada
 - Fácil de implementar

Enlace 1Gbps



Enlace 1Mbps



Clasificación de paquetes

Colas de prioridad

- **Colas de prioridad:**
 - Los paquetes entrantes se clasifican en **clases de prioridad**
 - La clasificación se realiza en función de algún parámetro ya visto: ToS, IP, etc.
 - Cada clase tiene su propia cola FIFO:
 - Mientras existan paquetes en cola se transmiten los paquetes de la cola de prioridad más alta
 - Si una cola con más prioridad está vacía se transmiten los paquetes de siguiente cola de prioridad

Clasificación de paquetes

Colas de prioridad

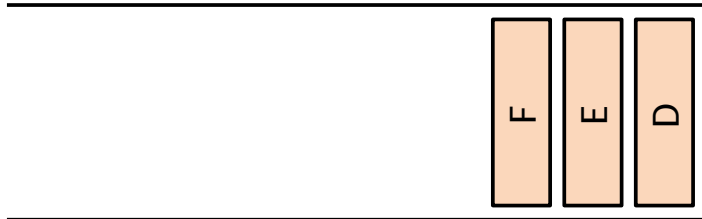
- El orden de emisión no tiene que corresponder con el orden llegada
- Desventaja:
 - La cola más prioritaria pueden anular los flujos clasificados en colas menos prioritarias.
 - Sólo la cola más prioritaria tiene garantizado ancho de banda.

Clasificación de paquetes

Colas de prioridad



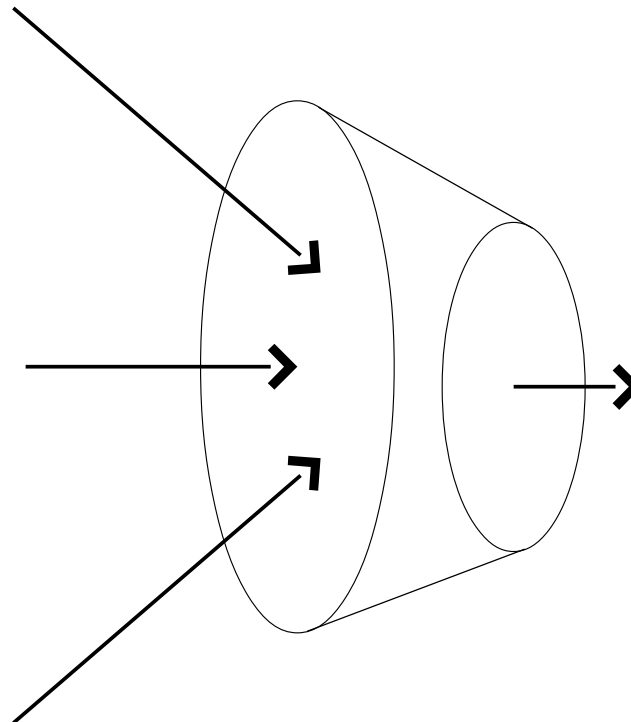
FIFO prioridad alta



FIFO prioridad media



FIFO prioridad baja

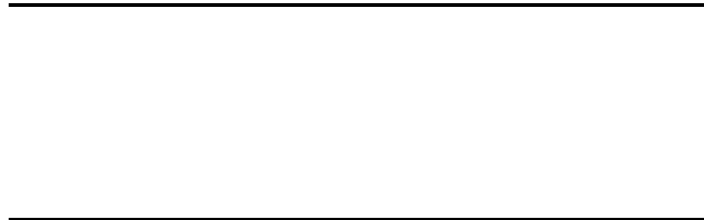


Clasificación de paquetes

Colas de prioridad



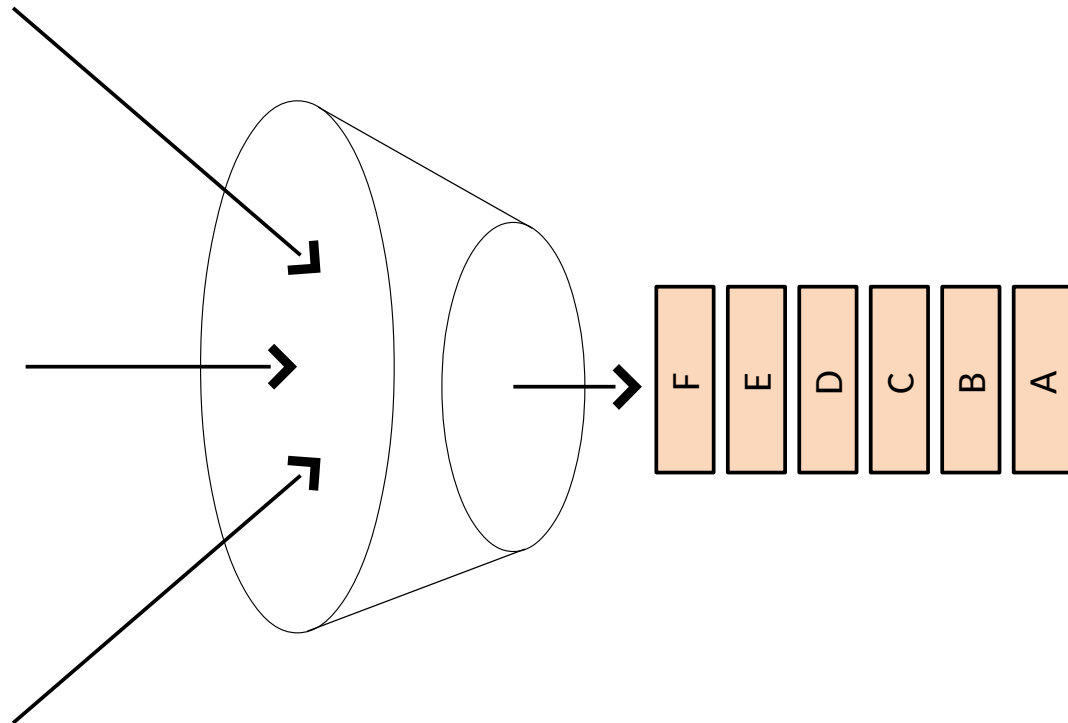
FIFO prioridad alta



FIFO prioridad media



FIFO prioridad baja



Clasificación de paquetes

Colas de turno rotatorio

- **Colas de turno rotatorio:**
 - Round Robin: Método de planificación para seleccionar **equitativamente** los elementos
 - Un planificador se encarga de transmitir paquetes de diferentes colas sin una prioridad estricta
 - Según el método recorrer las colas:
 - Disciplina conservadora (CFQ)
 - Disciplina ponderada (WFQ, *Weighted Fair Queuing*)

Clasificación de paquetes

Colas de turno rotatorio

- Disciplina conservadora:
 - 1) Se recorren las colas circularmente
 - 2) Si hay paquetes en una cola se transmite sólo uno y se pasa a la siguiente cola
- Disciplina ponderada (*WFQ Weighted Fair Queuing*):
 - 1) Cada cola se le asigna un peso W_i
 - 2) Se recorren las colas circularmente
 - 3) Si hay paquetes en la cola i se transmiten W_i paquetes

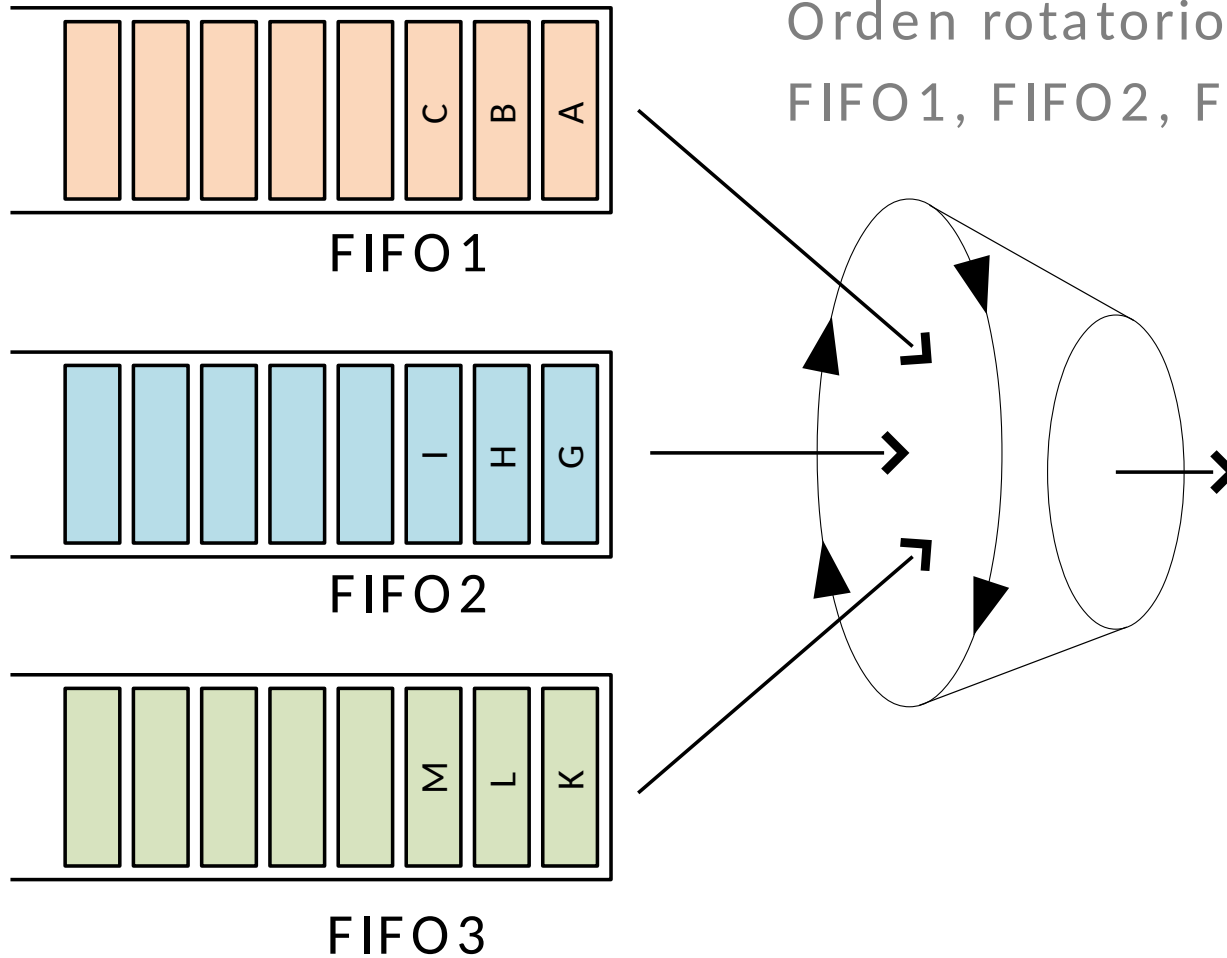
Clasificación de paquetes

Colas de turno rotatorio

- Características:
 - El parámetro W_i rompe la equidad de colas
 - Nunca se deja a una cola con menor peso sin servicio

Clasificación de paquetes

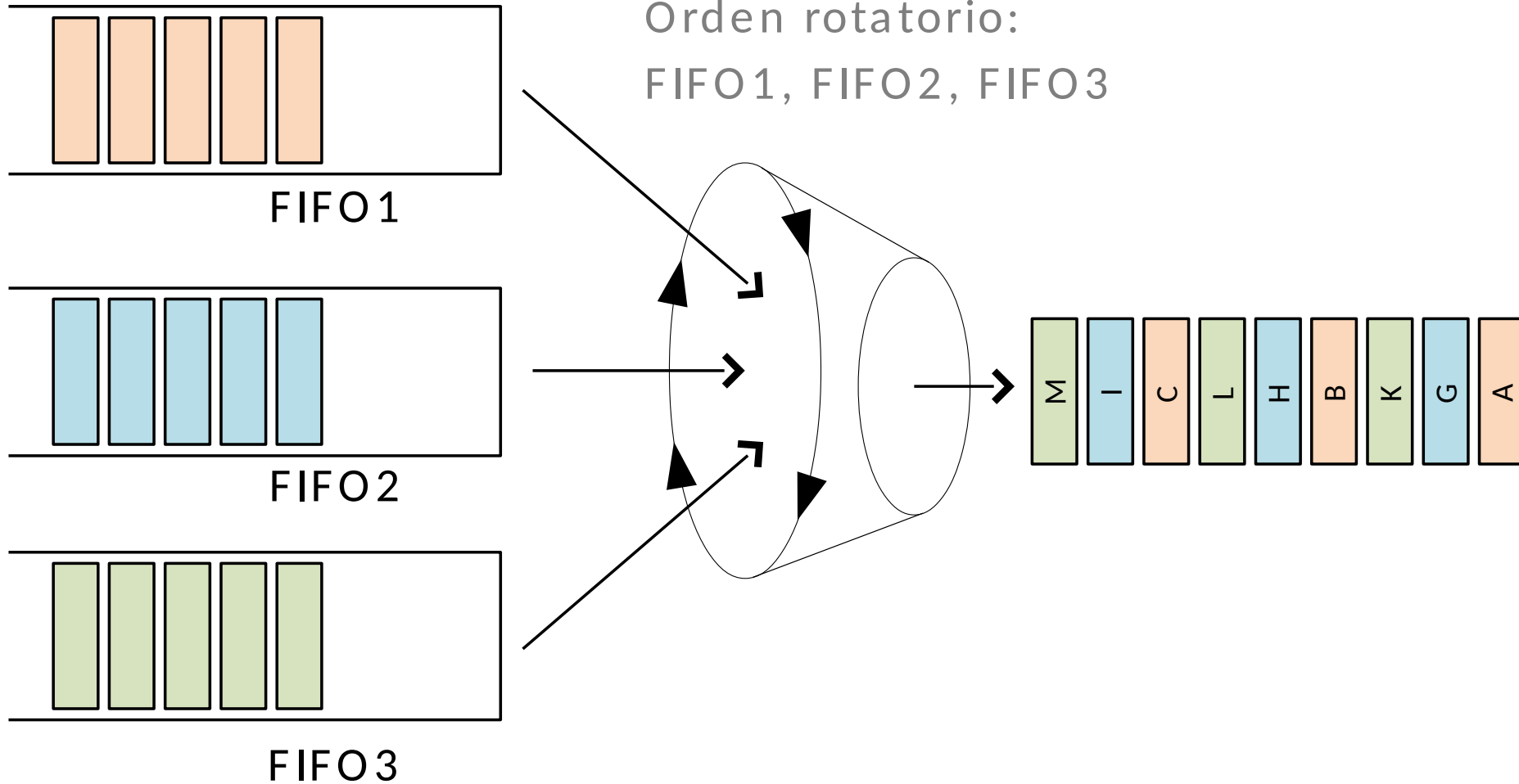
Colas de turno rotatorio



Ejemplo de disciplina conservadora

Clasificación de paquetes

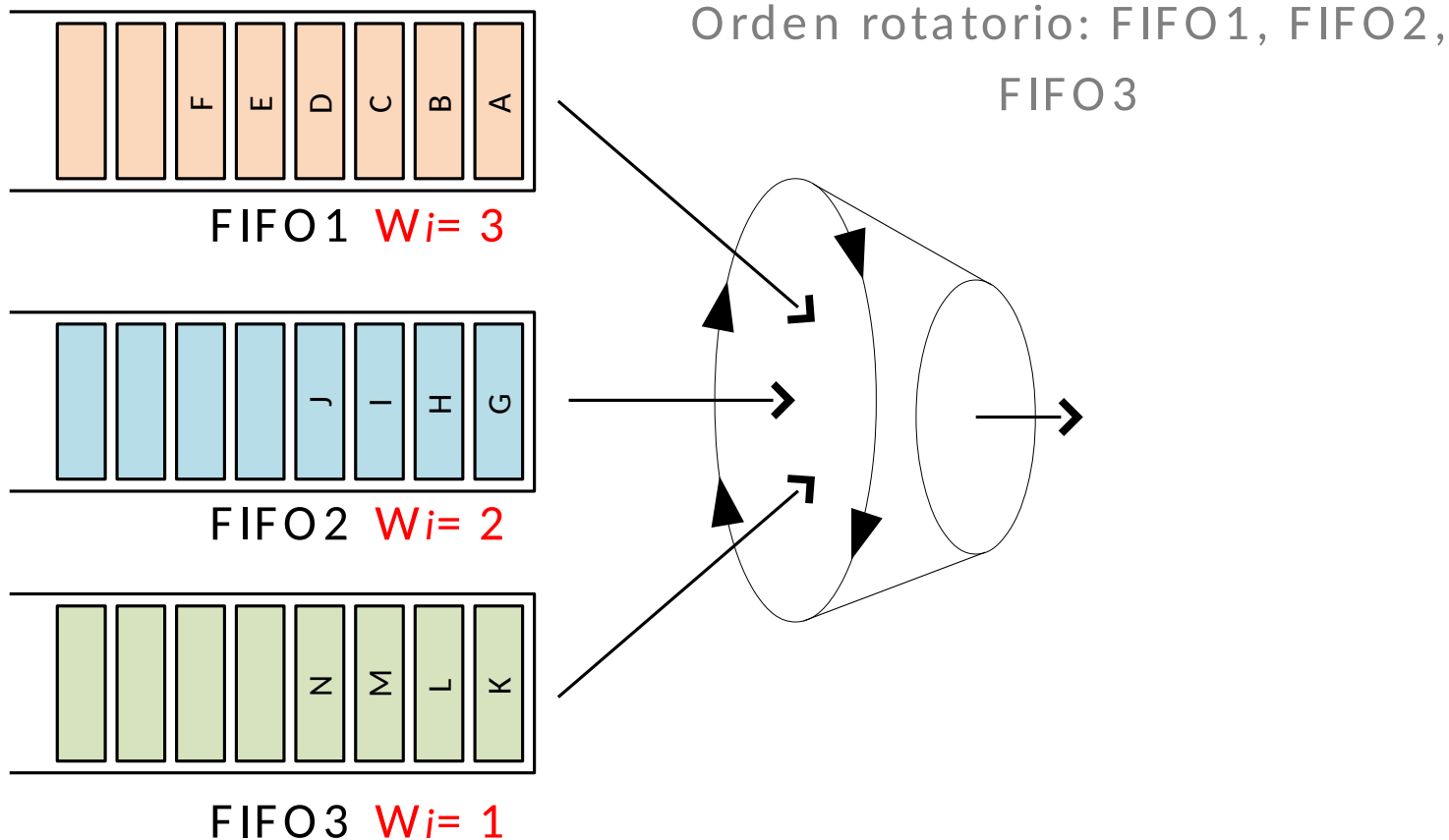
Colas de turno rotatorio



Ejemplo de disciplina conservadora

Clasificación de paquetes

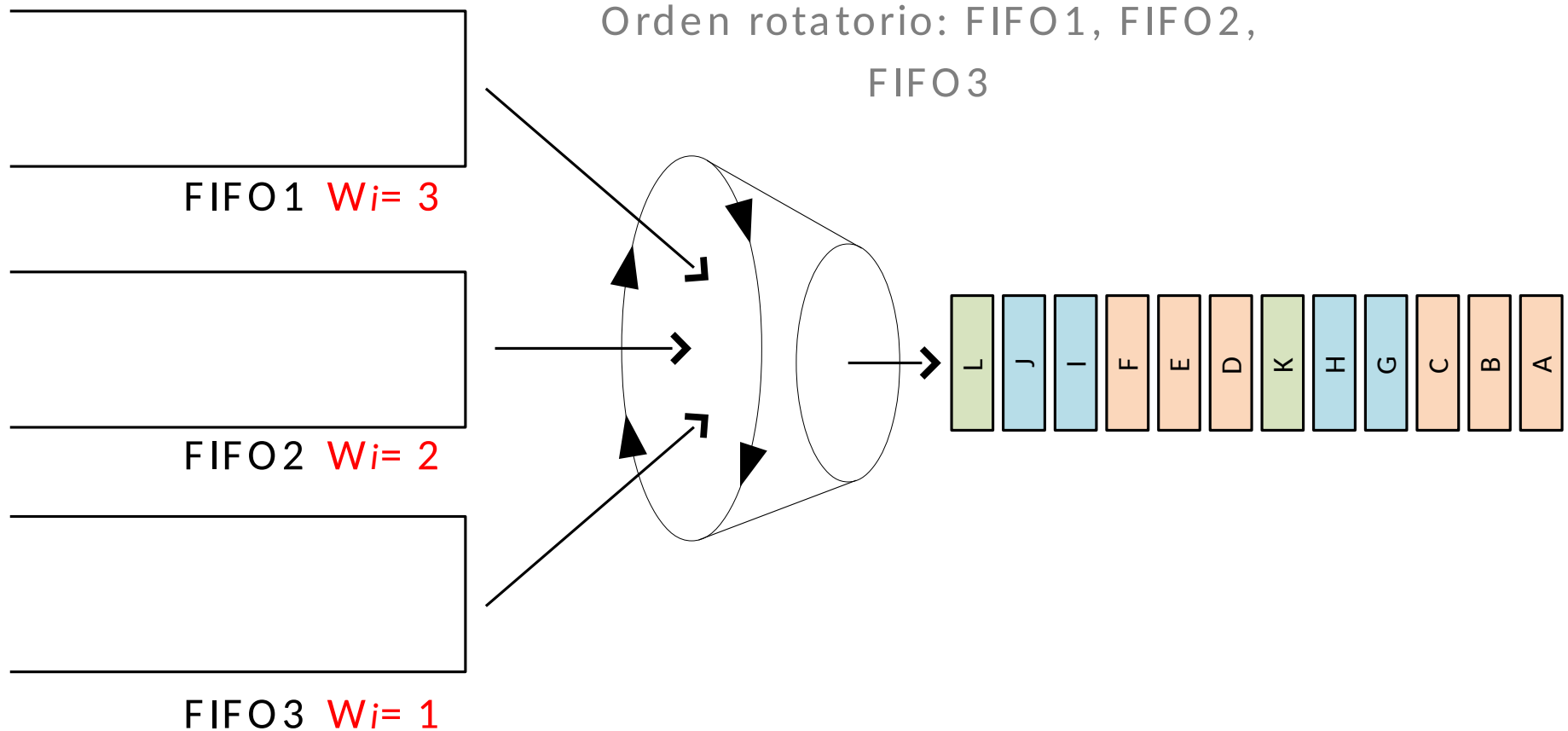
Colas de turno rotatorio



Ejemplo de disciplina ponderada

Clasificación de paquetes

Colas de turno rotatorio



Ejemplo de disciplina ponderada

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- Regulación de velocidad:
 - También denominado: conformado de tráfico, shaping, traffic shaping
 - Son mecanismos para asegurar que el tráfico no exceda un máximo establecido
 - Se intenta maximizar el uso del ancho de banda disponible
- Parámetros básicos para medir la velocidad de un flujo:
 - Tasa promedio, Tasa pico, Tamaño de ráfaga

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- **Tasa promedio:**
 - Limita el número de paquetes en un intervalo temporal
 - ¿Cómo establecer el intervalo temporal?
 - Depende fuertemente del intervalo temporal, el resultado es diferente para 10 paquetes/seg y para 60 paquetes/min

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- **Tasa pico:**
 - Parámetro usado evitar las deficiencias de la tasa promedio
 - Se usa simultáneamente a la tasa promedio
 - Limita el máximo número de paquetes en un intervalo de tiempo muy corto (1seg)

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- **Tamaño de ráfaga:**
 - Limita el número de paquetes enviados en un intervalo cercano a cero
 - Es una abstracción ya que una ráfaga no puede ser enviada en un intervalo de tiempo cero
 - Se produce cuando en el enlace todos los paquetes son de un mismo flujo y la velocidad del flujo coincide con la máxima velocidad del enlace.

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- Mecanismos utilizados para conformar el tráfico:
 - Cubeta con pérdidas (*Leaky bucket*): Regula la velocidad
 - Cubeta con fichas (*Token bucket*): Regula la velocidad y considera ráfagas

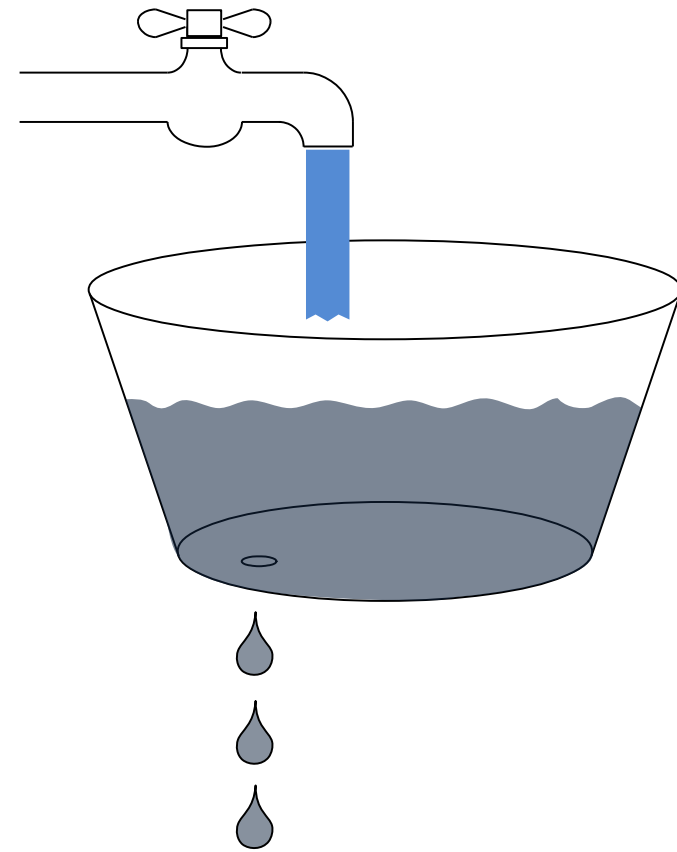
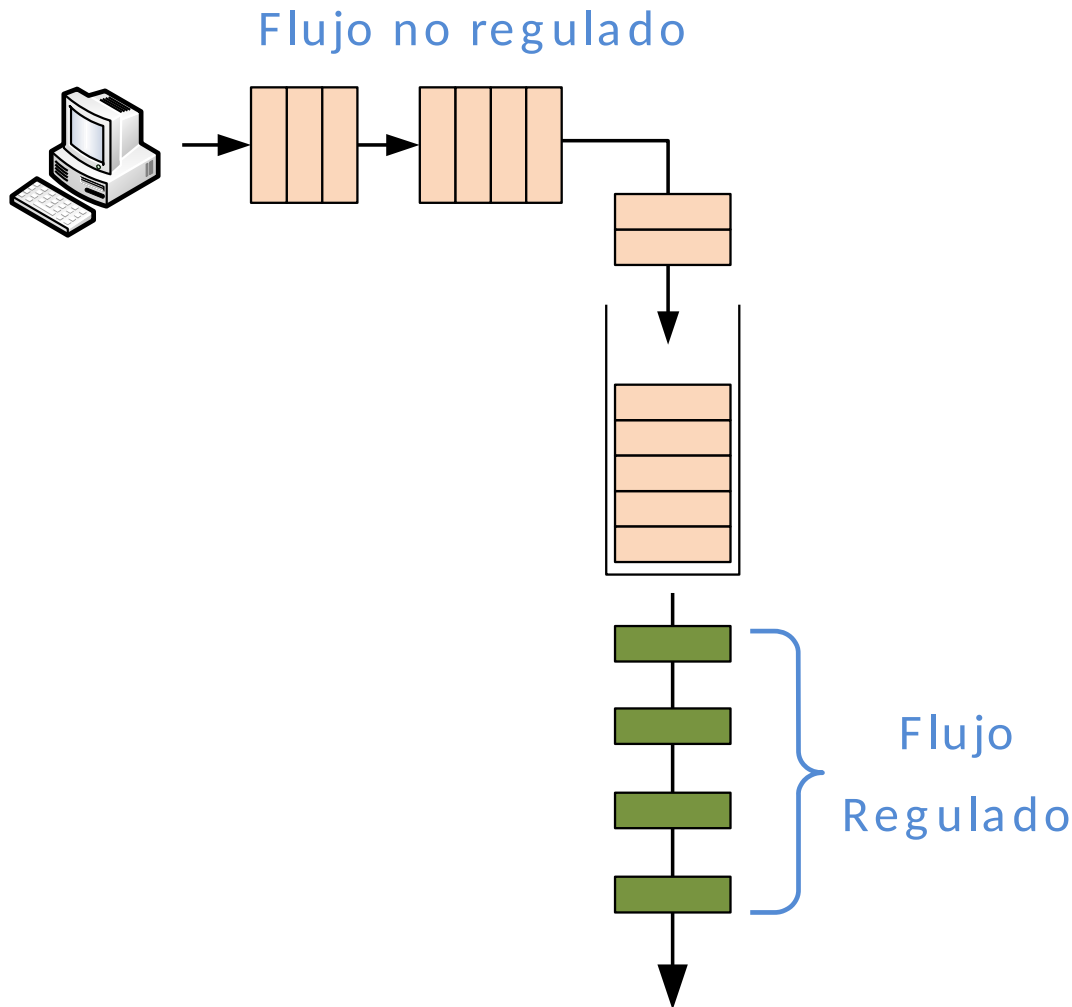
Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- **Cubeta con pérdidas** (Leaky bucket):
 - Cola de cierto tamaño con salida constante de paquetes
 - Si la cola se llena, por entrar a mayor velocidad, se descartan paquetes
 - Si los paquetes son todos del mismo tamaño pueden considerar paquetes, si no se deben considerar bytes.
 - Desventajas:
 - Patrón de salida rígido
 - No considera ráfagas

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad



Cubeta con pérdidas

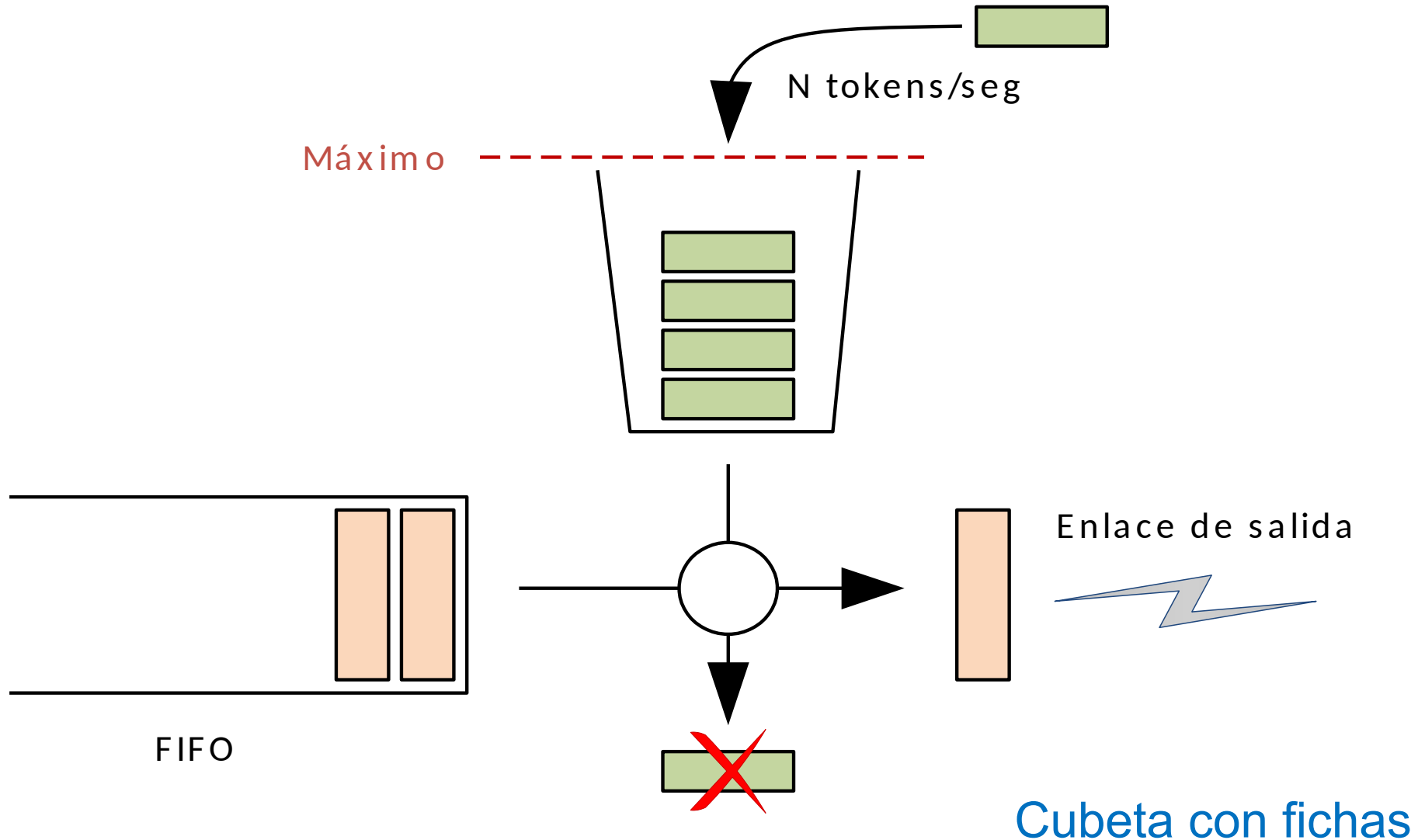
Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- **Token bucket** (cubeta con fichas):
 - Regula la velocidad de un flujo
 - Controla las ráfagas de un flujo
- Modo de operación:
 - A una cola FIFO se le añade un contador de fichas
 - El contador de fichas se incrementa N veces por segundo hasta un máximo M
 - Si el contador es mayor de cero se transfiere un paquete de la cola FIFO y se decrementa el contador

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad



Clasificación de paquetes

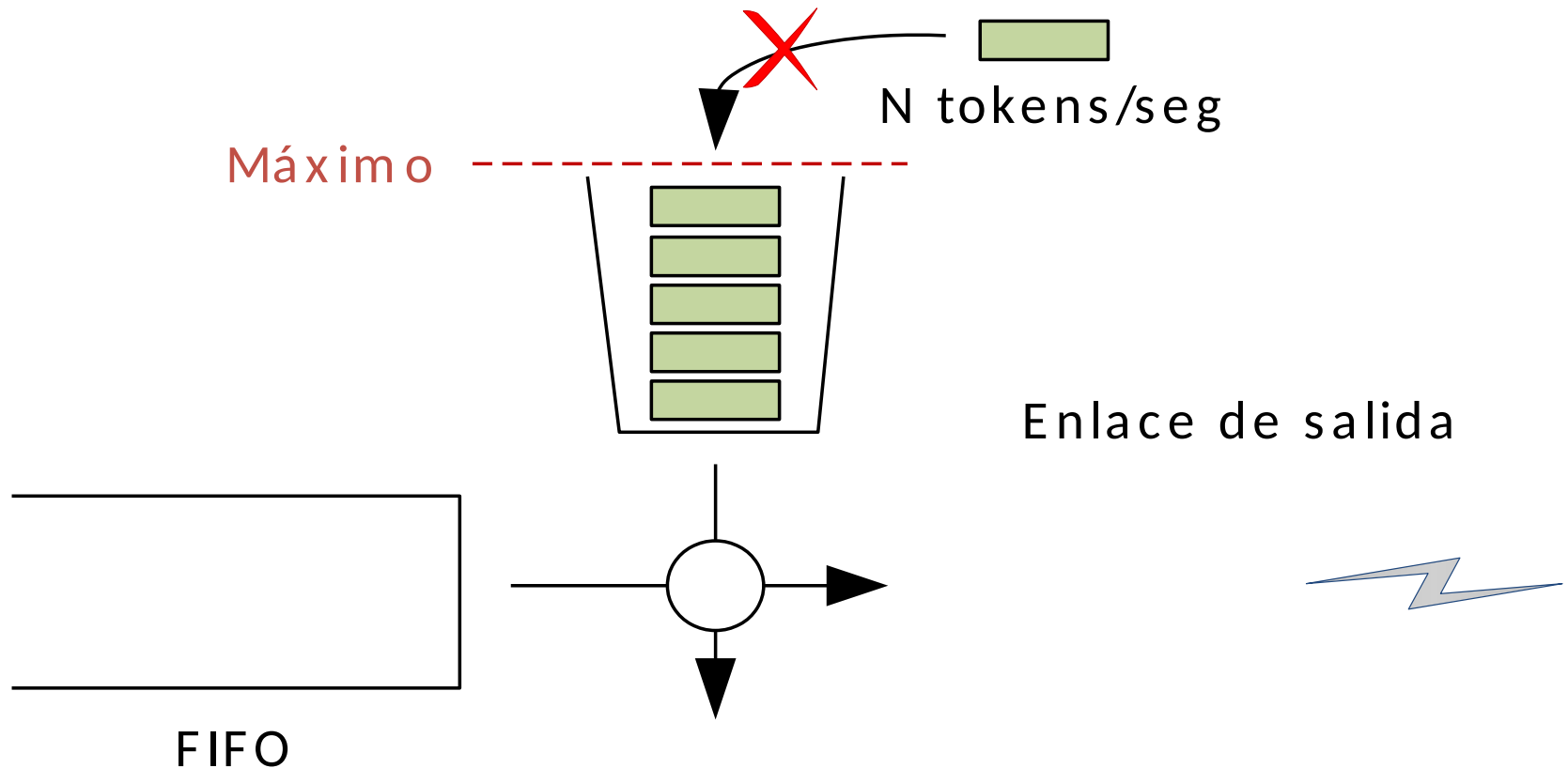
Regulación de velocidad

- Cubeta con fichas:
 - El parámetro M modula la ráfaga:
 - Mientras la cola está vacía se llena la cubeta hasta M
 - Si entra una ráfaga en la cola, como máximo se emiten M paquetes a máxima velocidad
 - El número de fichas por segundo regula la velocidad:
Se gotean N fichas por segundo, por tanto solo se pueden emitir N paquetes por segundo como máximo
- Existen variantes donde en vez de paquetes se consideran bytes

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

Reposo N segundos o más

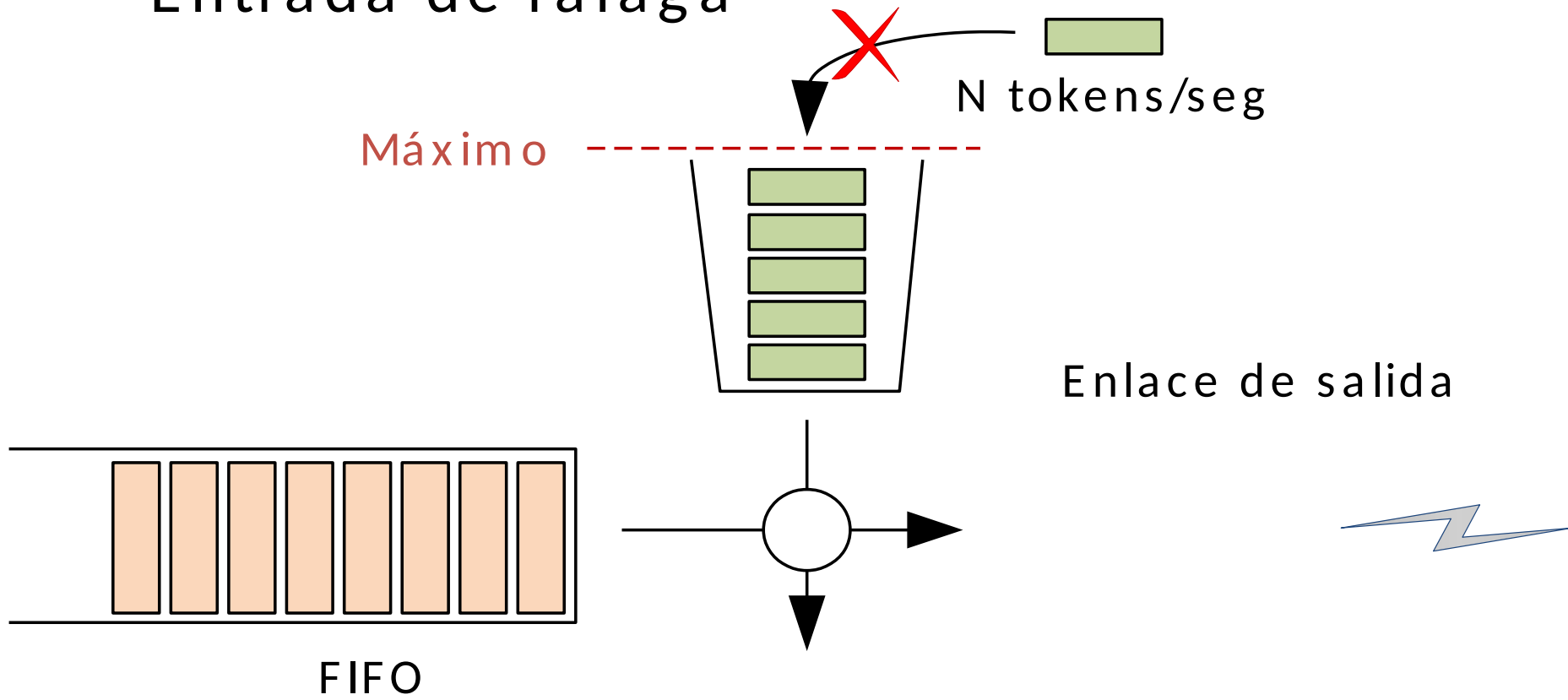


Cubeta con fichas

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

Entrada de ráfaga

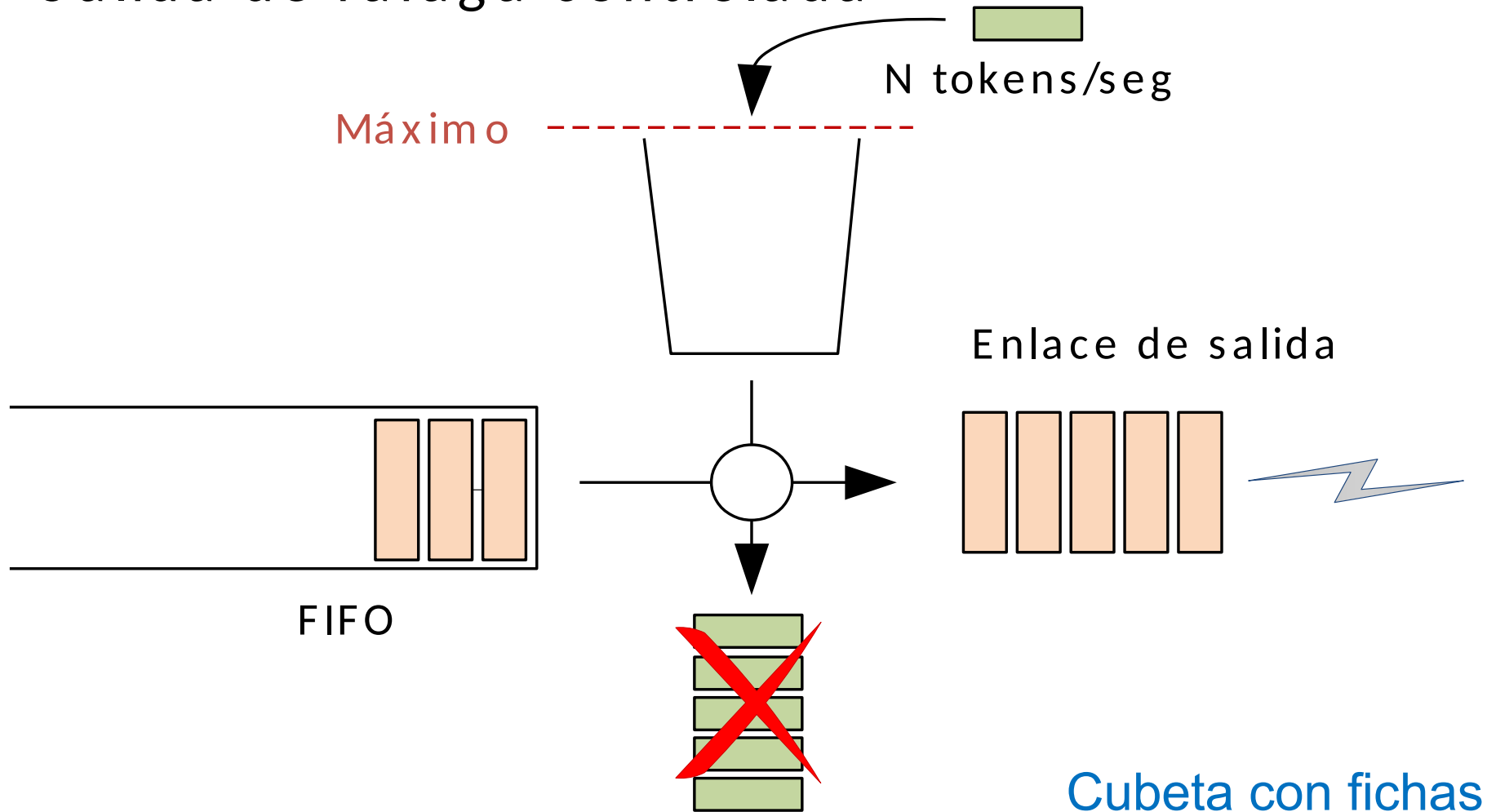


Cubeta con fichas

Clasificación de paquetes

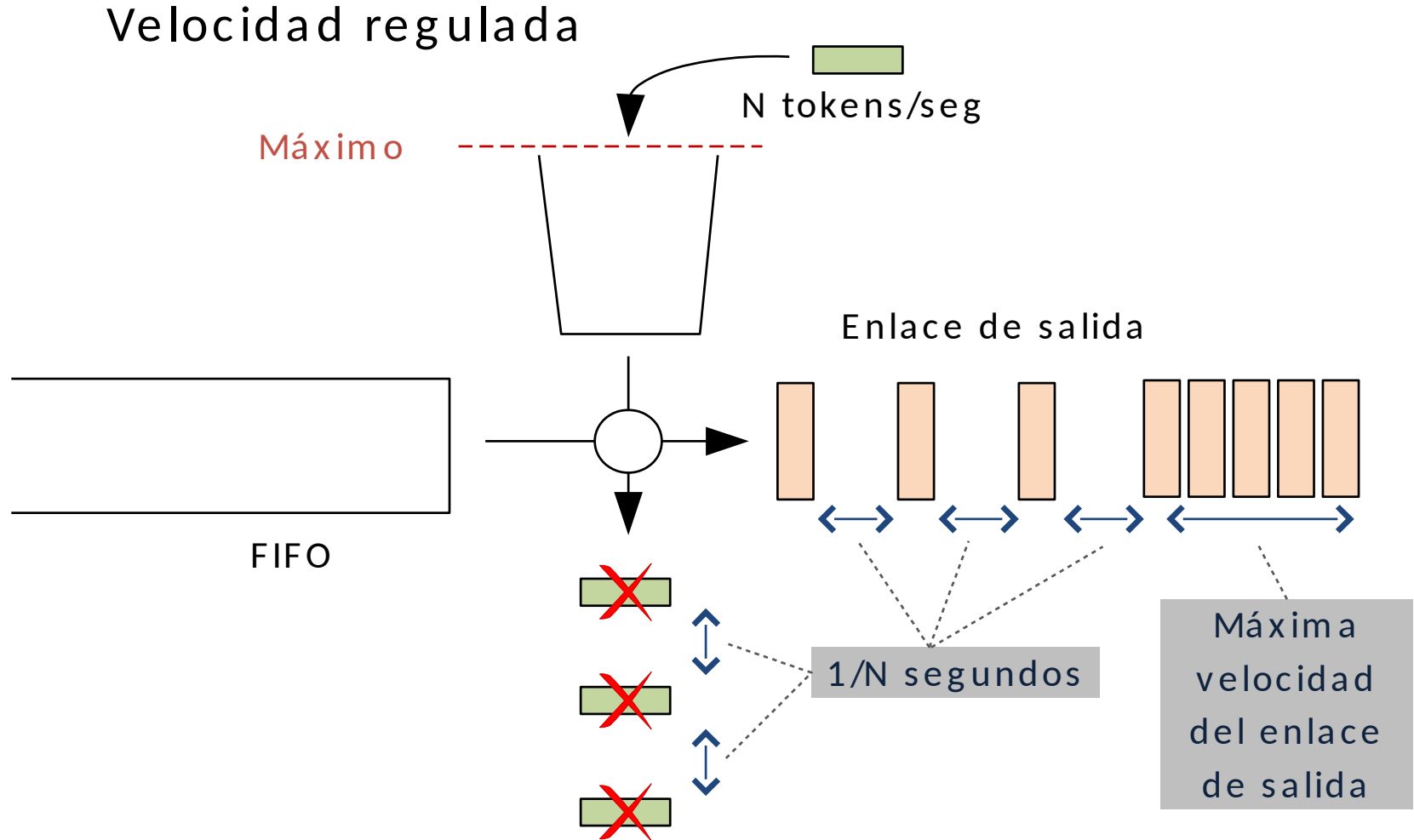
Regulación de velocidad

Salida de ráfaga controlada



Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad



Cubeta con fichas

Clasificación de paquetes

Regulación de velocidad

- Mejora en el método aplicando 2 métodos
 - Múltiples colas con cubetas: Regula la velocidad
 - Aplicación del algoritmo WFQ a cada cola: Garantiza una cuota de ancho de banda cada cubeta
- Muchas implementaciones combinan multitud de técnicas

Clasificación de paquetes

Eliminación de paquetes

- Eliminación de paquetes:
 - Necesario cuando la velocidad de llegada de paquetes es mayor que la de envío:
$$V_{\text{entrada}} > V_{\text{salida}}$$
 - El tamaño de la cola debe ser adecuado para la correcta operación de una disciplina
 - La política de eliminación influye en el comportamiento de los flujos

Clasificación de paquetes

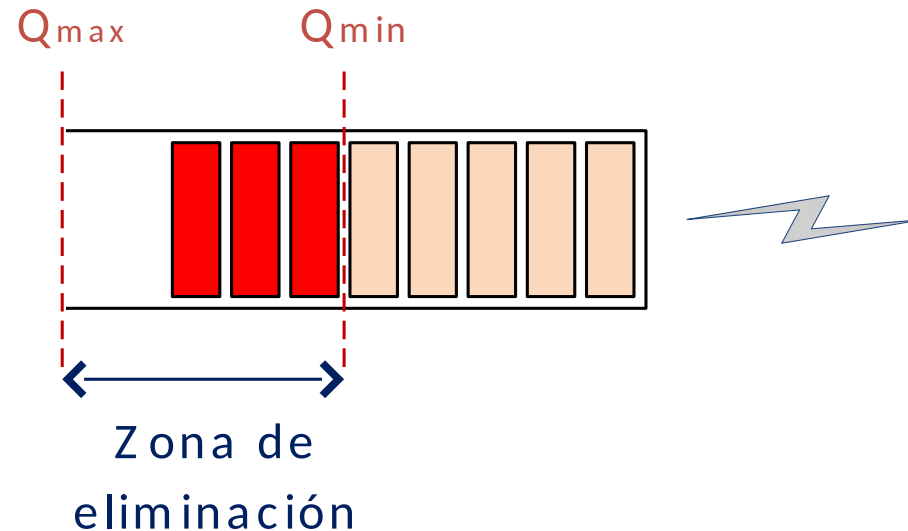
Eliminación de paquetes

- Políticas eliminación de paquetes:
 - **Eliminación por la cola:** cuando se llena la cola se eliminan los siguientes paquetes que lleguen
 - **Eliminación frontal:** Se eliminan los paquetes del principio de la cola para hacer hueco. Mejora la detección de congestión

Clasificación de paquetes

Eliminación de paquetes

- **Eliminación por la cola ponderada:**
 - Se establece un límite, menor que el tamaño de cola, para comenzar a eliminar paquetes.
 - Los paquetes de la zona de eliminación se clasifican según políticas QoS, y se eliminan los que procedan



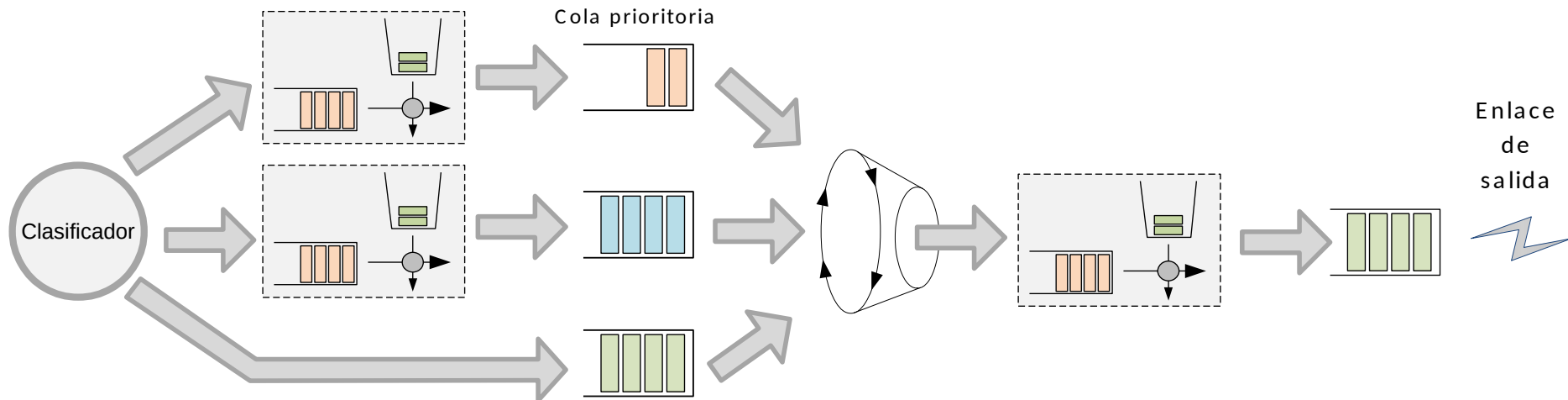
Clasificación de paquetes

Eliminación de paquetes

- **RED, Random Early Detection:**
 - Mecanismo para detectar congestión, intenta evitar llenado de la colas
 - Elimina paquetes de diferentes flujos cuando se supera la **media** de la longitud de la cola
 - La es configurable o se calcula según diferentes implementaciones
 - A los paquetes encolados tras el valor medio se les asigna una probabilidad de eliminación

Clasificación de paquetes

- Ejemplo: Interfaz de salida de router con múltiples disciplinas



Clasificación de paquetes

- Otras implementaciones
 - HTB: Hierarchical Token Bucket
 - Clasificación + Regulación
 - Estructura jerárquica de cubetas con pérdidas
 - Cada paquete es añadido a una cubeta de la jerarquía por el clasificador
 - WRED: Weighted Random Early Detection
 - CHOKe: CHOOse and Keep for responsive flows
- Se estudiarán en el laboratorio