

**dit**

Apellidos: \_\_\_\_\_

UPM Nombre: \_\_\_\_\_

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS  
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
**RENUNCIA A LA EVALUACIÓN CONTINUA.**

**Renuncia, o ha renunciado ya, a la evaluación continua:** **Sí - No.** Firma:.....  
(Marque con un círculo lo que proceda y firme en el espacio reservado)

**SEGUNDA PRUEBA DE SEGUIMIENTO: 14-6-2012.**  
(ver “notas” al final del texto)

**EJERCICIO 1**  
**DURACIÓN: 55 MINUTOS, PUNTUACIÓN: 5/10 puntos.**

Un proveedor de servicios de IP-TV e ISP presta servicios a sus clientes, que tienen accesos a la red basados en tecnología ADSL2, VDSL o PON. Este proveedor emite continuamente 25 canales de TV que requieren para su difusión un caudal garantizado y la capacidad de transmitir eventualmente ráfagas de mayor caudal, pero de corta duración.

Este proveedor utiliza para su red de agregación el servicio de un operador de Metro-Ethernet. Para la difusión de los canales de TV contrata un servicio de tipo E-Tree al que están conectados su único router distribuidor (RD) y sus DSLAMs/OLTs que dan servicio a los usuarios. Para el EVC contratado se establecen los siguientes parámetros de “BW profile” para el tráfico “ingress” en la UNI del RD:

$$\text{CIR} = 75\text{Mbps}, \text{CBS} = 50\text{kB}, \text{EIR} = 10\text{Mbps}, \text{EBS} = 20\text{kB}.$$

Se establece también una calidad de servicio (QoS) en la que la tasa de pérdidas de paquetes es 0.

Todas las UNIs utilizan como medios físicos fibra óptica a 1Gbps.

El RD no implementa ningún mecanismo de conformado de tráfico. En esta situación se produce la pérdida de una pequeña fracción de los paquetes de vídeo y eso ha provocado muchas quejas de los usuarios porque ven mal los canales de TV. Para analizar el problema se ha medido el tráfico que envía el RD por la UNI. Se comprueba que este tráfico es prácticamente de tasa constante con tasa 70Mbps; pero cada segundo aparecen ráfagas de 100Mbps y 40ms de duración.

1. Calcular el porcentaje de paquetes a los que la red debe garantizar la QoS.

Para evitar la pérdida de paquetes se decide añadir un conformador en el RD usando un Token Bucket (TB) que almacena los paquetes cuando no hay “tokens”. La tasa  $\rho$  del TB se configura a 75Mbps:

2. Si la capacidad del TB se configura a 5kB, justifique que no se producirán pérdidas de paquetes en la red ME.
3. Calcule el tamaño de la memoria que debe tener el RD para almacenar paquetes en este caso.

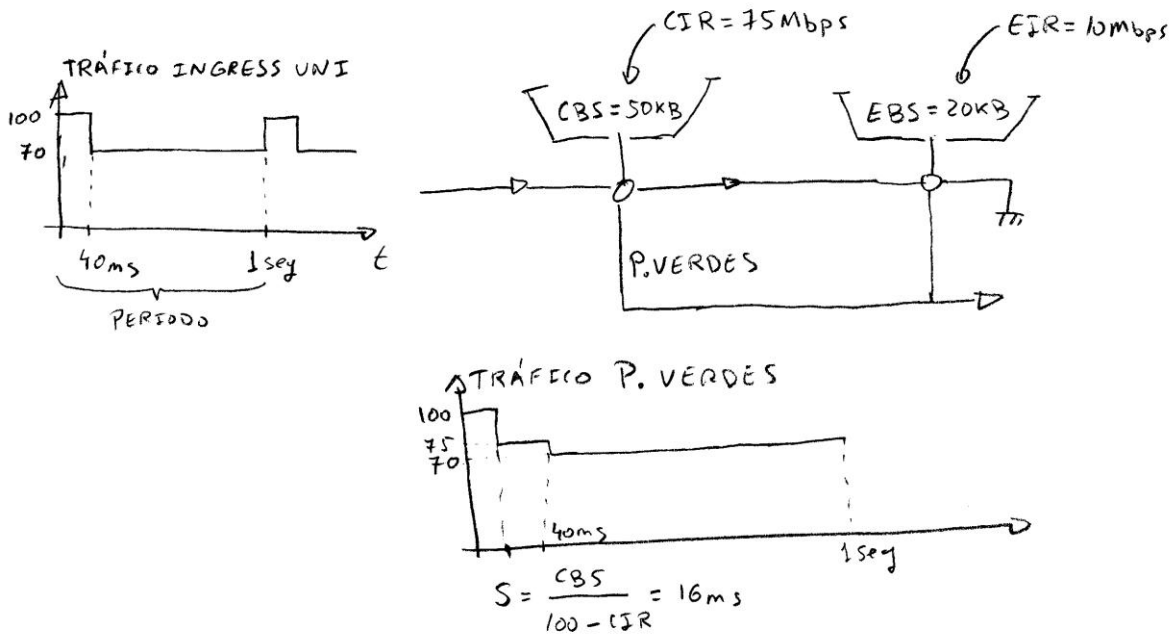
**SOLUCIÓN EJERCICIO 1:**

1.- La red ME garantiza los parámetros de QoS únicamente a los paquetes “verdes”.

Por lo tanto, hay que calcular el porcentaje de los paquetes que resultan “verdes” en el algoritmo de vigilancia de la red (doble TB).

Además hay que comprobar que el comportamiento de la red es el mismo en cada periodo de 1 segundo (los TB recuperan su capacidad).

La siguiente figura muestra el tráfico de paquetes verdes (Hay tokens en el primer TB) en un periodo:

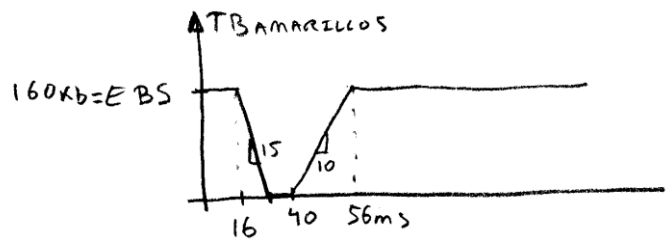
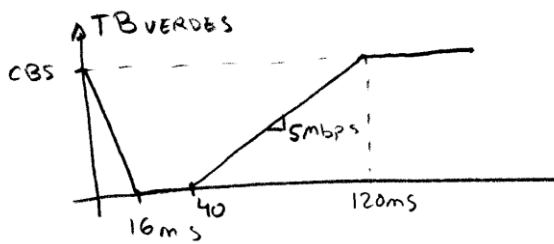


Son verdes  $(100 \times 16) + 75(40 - 16) + 70(1000 - 40) \text{ kb} = 70600 \text{ kb}$   
 de un total de  $100 \times 40 + 70(1000 - 40) \text{ kb} = 71200 \text{ kb} \Rightarrow \mathbf{99,15\% \text{ son verdes.}}$

Los TBs evolucionan de esta forma:

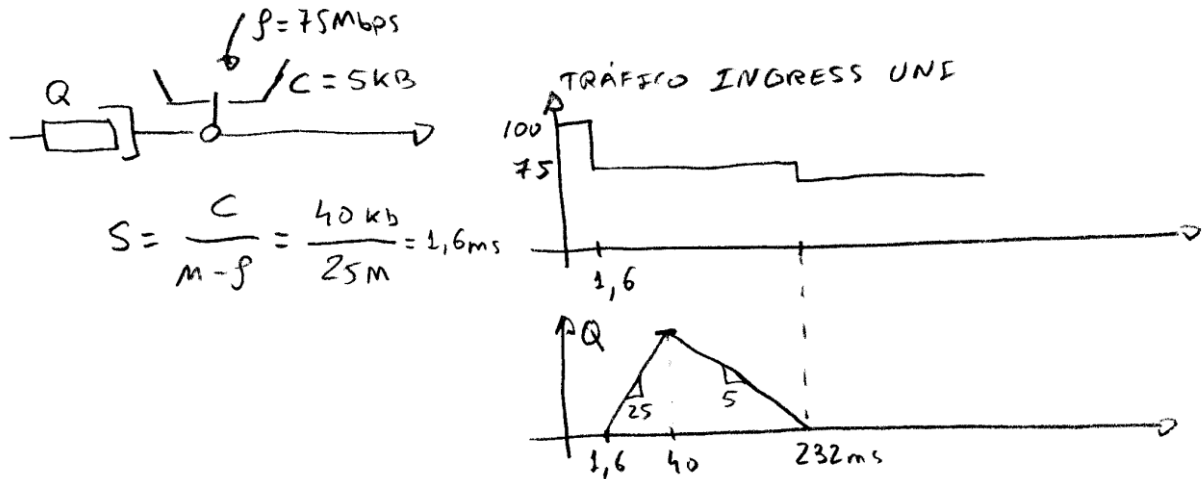
Primer TB (Verdes)

Segundo TB (Amarillos)

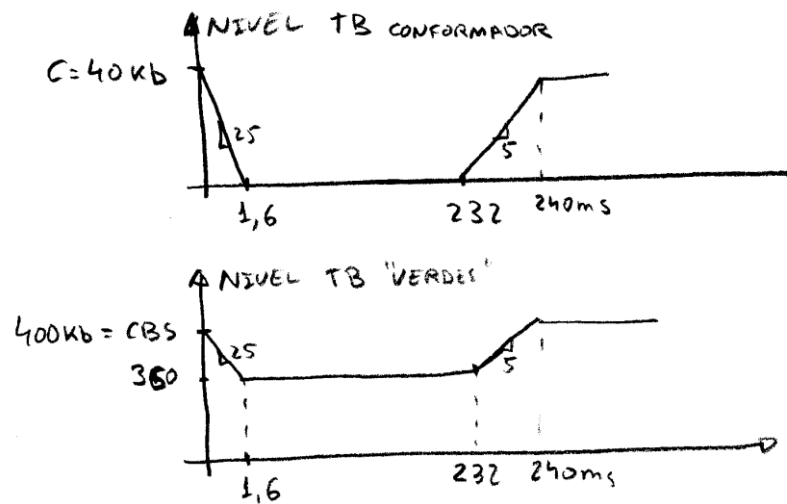


Por lo que en cada ciclo se repite la misma situación ya analizada en un periodo.

2.- La siguiente figura muestra el tráfico enviado a la UNI después de la conformación. La ráfaga a 100 Mbps tiene una duración de 1,6ms; muy inferior a los 16ms que soporta el TB de vigilancia. Por lo tanto, todos los paquetes serán verdes.



El nivel del TB conformador y el TB de vigilancia evolucionan de forma que se recuperan los niveles en cada ciclo:



3.- Como se puede ver en la figura anterior, la cola debe tener como mínimo:

$$25 \text{ Mbps} \times (40 - 1,6) \text{ ms} = 960 \text{ kb} = 120 \text{ KB.}$$

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS**  
**ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**  
**SEGUNDA PRUEBA DE SEGUIMIENTO: 14-6-2012.**  
(ver “notas” al final del texto)

**EJERCICIO 2****DURACIÓN: 55 MINUTOS, PUNTUACIÓN: 5/10 puntos.**

Una empresa municipal de autobuses (EMA) de una gran ciudad de superficie **Sc=100 Km<sup>2</sup>** tiene operativos dos sistemas: un sistema de gestión y otro de información, para sus autobuses urbanos que facilitan la optimización de los recursos de la empresa y que ofrecen a los usuarios datos sobre el estado de operatividad de las líneas, el tráfico en la ciudad, noticias de empresa y generales, etc. En la hora cargada la empresa tiene **Nb=5000** autobuses operando en la ciudad. La empresa tiene un centro de datos (EMACDC) encargado de estos sistemas que está situado aproximadamente en el centro de la ciudad.

El **sistema de información** difunde, desde el EMACDC, unos contenidos para todos los autobuses. La difusión requiere un caudal medio de información de **CI=5 Mbps** con un perfil tal que se producen ráfagas de paquetes (físicamente contiguos) de tamaño **S=100 kB**, en media, distribuido exponencialmente. La aparición de estas ráfagas se puede modelar por un proceso de Poisson de tasa **LI (rps =ráfagas por segundo)**. Fuera de las ráfagas el tráfico que se genera se puede considerarse despreciable.

El **sistema de gestión** controla el comportamiento de los autobuses: posición, velocidad, consumo de carburante, utilización de títulos de transporte (billetes, abono transportes, ...) por parte de los viajeros, etc.. Los autobuses van registrando los parámetros correspondientes y cuando tienen 1000 apuntes realizados los envían al EMACDC mediante un mensaje de gestión que resulta ser de tamaño constante de **M=60 kB**. En la hora cargada se puede suponer que cada autobús genera **Lm=30 (mph = mensajes por hora)** de estos mensajes de forma independiente y equiprobable.

EMA ha contratado con un operador celular la red de acceso de los autobuses de forma que cada autobús lleva un terminal de dicha red para intercambiar datos de los sistemas de gestión y de información. El operador celular proporciona un servicio punto a punto, orientado a conexión, utilizado por el sistema de gestión; y un servicio de difusión, utilizado por el sistema de información n. El servicio difusivo ofrece una velocidad **V (Mbps)** seleccionable entre: **0,5, 2,5, 5, 10, 25**. Calcular justificadamente:

1. La tasa **LI (rps)** de aparición de ráfagas del sistema de información hacia los autobuses.
2. La velocidad, **V (Mbps)**, del servicio difusivo del operador celular que se debería contratar.

Debido a los costes de las redes celulares, EMA sustituye esta red por una propia de conmutación de paquetes. La red está basada en poner puntos de acceso WiFi en las paradas de autobús, conectados mediante ADSL a una de las **Nc=6** centrales telefónicas de un operador ADSL de la ciudad. En cada central telefónica EMA ha instalado un **router** y los ha interconectado mediante enlaces digitales de **8192 kbps** por los que se transmiten paquetes de **1500 B**. Los routers forman una red con topología de **árbol binario** de **N niveles**, cuyo **nodo raíz** es otro router situado en el EMACDC.

Se puede considerar que las redes WiFi, los enlaces ADSL, las LAN que conectan DSLAMs y routers y la LAN en el EMACDC son “enlaces de abonado” y no afectan a las prestaciones a obtener. Se puede suponer, además, que los enlaces ADSL de las paradas de autobuses se distribuyen uniformemente entre las centrales telefónicas involucradas.

Por último, suponer que la red de routers se puede modelar como una red de Jackson.

**Calcular justificadamente:**

3. El número de niveles **N** necesarios en la red de agregación (sin incluir los DSLAMs).
4. El retardo medio **E(T) (s)** de trayecto que sufren los paquetes de gestión que pasan por la ruta más larga.

**Ejercicio 2**

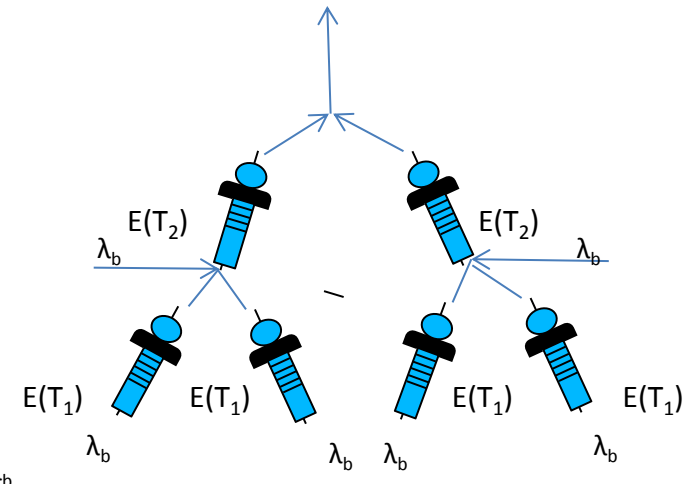
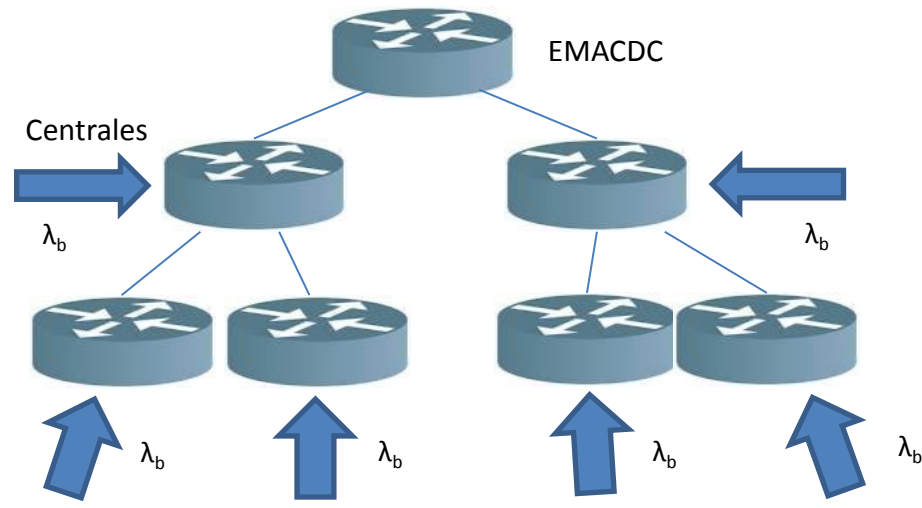
**1. La tasa  $LI$  (rps) de aparición de ráfagas del sistema de información hacia los autobuses .**  
 El sistema se puede modelar como una M/M/1 siendo los usuarios "ráfagas" que aparecen siguiendo un proceso de Poisson y con longitud distribuida exponencialmente. Son servidas por un canal de caudal a determinar. El caudal de información medio que generan las ráfagas,  $CI$ , es conocido y es el producto de  $LI$  por  $S$ . De donde se puede despejar  $LI$ .

**2. La velocidad,  $V$  (Mbps), del servicio difusivo del operador celular que se debería contratar.**  
 Para que el sistema sea operativo se ha de contratar una  $V$  que haga que la Intensidad de tráfico/factor de ocupación del servidor sea menor que  $\sim 0.7..0.8$ . Velocidades mayores serían viables pero innecesariamente costosas. El factor de ocupación del servidor es  $\rho = \lambda / \mu$ , con  $\lambda = LI$  y  $\mu = V/S$

**3. El número de niveles  $N$  necesarios en la red de agregación (sin incluir los DSLAM).**  
 En total hay 7 "routers": 6 en centrales y 1 en EMACDC; como forman un árbol binario, tendrá 3 niveles con:  $1 + 2 + 4 = 7$  nodos ("routers")

**4. El retardo medio  $E(T)$  (s) de trayecto que sufren los paquetes de gestión que .....**  
 La red de routers se puede modelar como la red de colas de la figura en la que no se han tenido en cuenta, por ser su efecto despreciable, los enlaces de los abonados compuestos por red Wifi, enlace ADSL, DSLAM y LAN en la central telefónica. En el EMACDC el enlace de abonado será una LAN.  
 En las centrales del nivel inferior llega un tráfico de  $\lambda_b$  (pps) =  $(N_b / N_c) * (L_m / 3600) * (M / 1,5)$  conformado por todos los paquetes que hay en los mensajes que generan todos los autobuses que están al alcance de una de las WiFi conectadas a dicha central. La tasa de servicio de cada una de las líneas entre routers es:  $\mu_b$  (pps) =  $8129 \text{ kbps} / (1,5 * 8 \text{ kb})$  por lo que el tiempo medio de espera en una cola del nivel inferior es  $E(T_1)$  (s) =  $1 / (\mu_b - \lambda_b)$ . A las colas del siguiente nivel de routers llega el tráfico de los dos routers correspondientes del nivel inferior más el tráfico de los WiFi-ADSL conectados a esa central; a tasa total de llegadas a esas centrales del nivel intermedio es  $3 * \lambda_b$  que es mayor que la  $\mu_b$  por lo que los enlaces que conectan el router en estas centrales con el router del EMACDC están saturados y  $E(T_2)$  y, por tanto,  $E(T) = E(T_1) + E(T_2)$  son indeterminables con el modelo.

CI	Mbps	LI	V (Mbps)					N	Autobuses / central	$\lambda_b$	$\mu_b$	E(T1)	E(T)
			0,5	2,5	5	10	25						
	kB	rps	$\mu$ (rps) = $V / S$							pps	pps	s	s
			0,625	3,125	6,25	12,5	31,25						
5	100	6,25	$\rho = \lambda / \mu$					3	833,33	277,78	682,67	0,0025	$\infty$
			10	2	1	0,5	0,2						



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS  
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
EJERCICIO DE PRÁCTICAS: 14-6-2012.**

**DURACIÓN: 30 MINUTOS. PUNTUACIÓN. 5/10 de la nota de prácticas (La nota de la primera práctica es el otro 5/10)**

Dos ordenadores PC1 y PC2 están conectados a una red Ethernet con soporte de calidad de servicio (802.1p) en la que están configuradas varias VLANs. El único tráfico significativo que existe en la red es un tráfico de fondo de volumen muy considerable, transmitido por la VLAN por defecto con prioridad 0. La interfaz eth1 de PC1 y PC2 está configurada para conectarse a una VLAN de las definidas en la red Ethernet y transmitir por ella con un valor determinado de prioridad 802.1p. Se realiza una medida de prestaciones de la comunicación entre PC1 y PC2 usando el programa iperf transmitiendo por eth1. La salida obtenida en PC1 se muestra a continuación.

```
iperf -u -c 172.31.0.81 -b 3M -r
```

```
-----
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 112 KByte (default)
-----
```

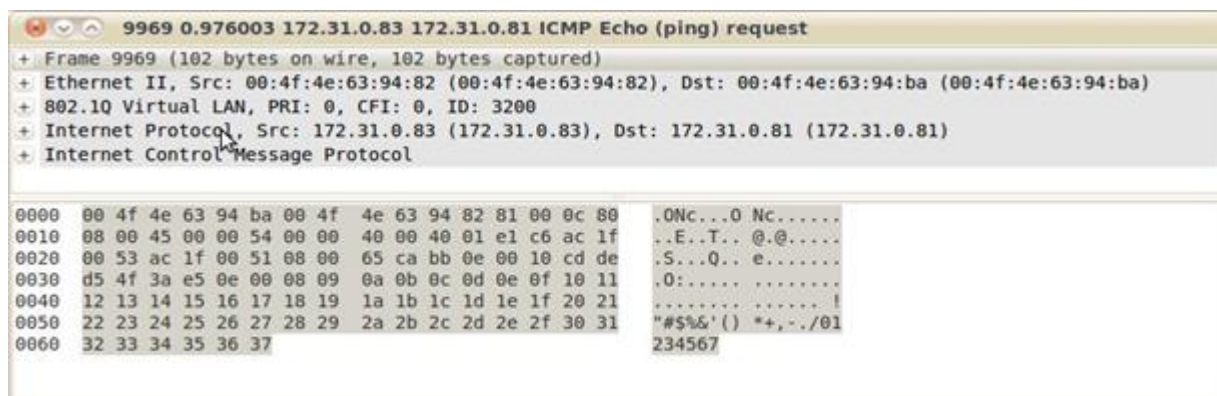
```
-----
Client connecting to 172.31.0.81, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 112 KByte (default)
-----
```

```
[ 4] local 172.31.0.83 port 57017 connected with 172.31.0.81 port 5001
[ ID] Interval Transfer Bandwidth
[ 4] 0.0-10.0 sec 3.58 MBytes 3.00 Mbits/sec
[ 4] Sent 2553 datagrams
[ 4] Server Report:
[ 4] 0.0-10.0 sec 1.44 MBytes 1.20 Mbits/sec 0.029 ms 1527/ 2552 (60%)
[ 3] local 172.31.0.83 port 5001 connected with 172.31.0.81 port 46764
[ 3] 0.0-11.3 sec 1.24 MBytes 927 Kbits/sec 78.239 ms 1664/ 2552 (65%)
```

Se pide, justificando la respuesta (no se calificarán las respuestas sin justificación adecuada):

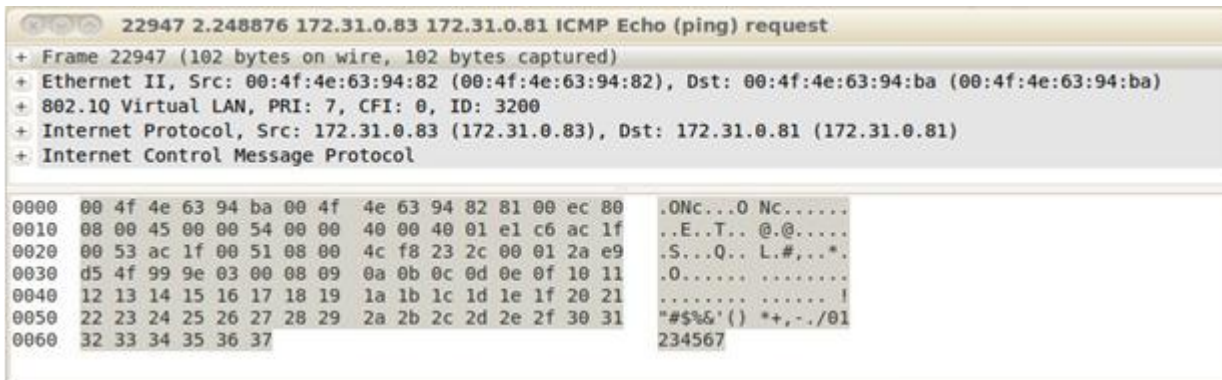
1. ¿Hay congestión en algún sentido de la comunicación entre PC1 y PC2?
2. En PC1 se realiza un ping que se transmite por eth1 y se captura el tráfico. ¿Cuál de las capturas que aparece al final de la página cree que pertenece a la situación en la que se ha realizado la medida de prestaciones anterior?
3. Si se enviase un vídeo en tiempo real desde PC1 a PC2, describa si se recibiría en PC2 en buenas o malas condiciones, si se estuviese transmitiendo en las condiciones de la captura 1, y si se estuviese transmitiendo en las condiciones de la captura 2.

### Captura 1.



Continúa...

## Captura 2.



## Anexo. Resumen del manual del programa iperf.

Suponga que invoca la orden iperf en un terminal de su PC del siguiente modo:  
iperf -u -c 192.168.120.254 -b 1M -r

La orden anterior lanza una medida de prestaciones entre la máquina 192.168.120.85 (donde se lanza iperf) y la máquina con dirección IP 192.168.120.254. La medida de prestaciones es bidireccional y simétrica, pero no simultánea: primero se transmite en un sentido y luego en el contrario. Se va a usar UDP como protocolo de transporte y la velocidad a la que las fuentes de datos generan tráfico es de 1 Mbps. La salida que produce la orden anterior es:

```
-----  
Server listening on UDP port 5001  
Receiving 1470 byte datagrams  
UDP buffer size: 112 KByte (default)  
-----
```

```
-----  
Client connecting to 192.168.120.254, UDP port 5001  
Sending 1470 byte datagrams  
UDP buffer size: 112 KByte (default)  
-----
```

```
[ 4] local 192.168.120.85 port 55194 connected with 192.168.120.254 port 5001  
[ ID] Interval Transfer Bandwidth  
[ 4] 0.0-10.0 sec 1.19 MBytes 1000 Kbits/sec  
[ 4] Sent 852 datagrams  
[ 4] Server Report:  
[ 4] 0.0-10.0 sec 1.19 MBytes 1.00 Mbits/sec 0.006 ms 0/ 852 (0%)  
[ 3] local 192.168.120.85 port 5001 connected with 192.168.120.254 port 42288  
[ 3] 0.0-10.0 sec 890 KBytes 729 Kbits/sec 0.201 ms 232/ 852 (27%)
```

Las dos últimas líneas corresponden a la medida en la que la máquina 192.168.120.254 es la que transmite. La otra medida corresponde al caso en que la máquina 192.168.120.85 es la que transmite.



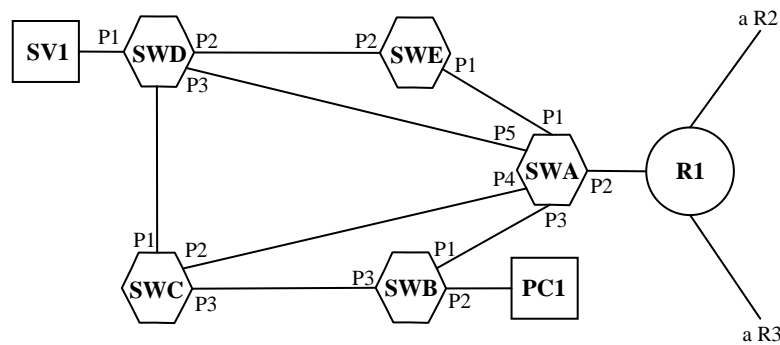
<b>Ejercicio de prácticas</b>	<b>Apartado 1.</b> La salida de iperf muestra que en los dos sentidos de la comunicación entre PC1 y PC2 hay pérdidas de paquetes (60% y 65%). Esto es indicativo de la presencia de congestión en los dos sentidos, causada por el único tráfico significativo (aparte del que genera la propia medida con iperf) existente que hay, el de fondo.
	<b>Apartado 2.</b> La captura 1 muestra una trama Ethernet con una cabecera 802.1Q con valor de prioridad 0, mientras que la captura 2 muestra una trama Ethernet con una cabecera 802.1Q con valor de prioridad 7. Dado que el tráfico de fondo se trata como de prioridad 0, y dado que la medida de iperf indica que hay pérdidas en la transmisión desde PC1, el resultado coherente con la medida de prestaciones es que se esté transmitiendo en las condiciones de la captura 1, con prioridad 0, puesto que en las condiciones de la captura 2, el comportamiento esperable es que los conmutadores tratasen “mejor” las tramas con prioridad 7 y, por tanto, no hubiese pérdidas. Como sí las hay, la captura coherente con la medida realizada con iperf es la captura 1.
	<b>Apartado 3.</b> Si se transmite en las condiciones de la captura 1, se transmite con prioridad 0, y en las condiciones de la red (congestionada por un tráfico de fondo de prioridad 0) ese tráfico se recibiría con pérdidas en PC2, por lo que el vídeo se recibiría mal en PC2. Si se transmite en las condiciones de la captura 2, se transmite con prioridad 7. Dicho tráfico debe tratarse mejor que el de prioridad 0. El enunciado indica que el único tráfico significativo que hay en la red es el de fondo con prioridad 0, por lo que no hay otros tráficos de prioridad 7 que pudiesen competir con ese vídeo y, por tanto, el vídeo se recibiría bien en PC2.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS**  
**ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**  
**EXTENSION PARA EVALUACIÓN FINAL: 14-6-2012.**

**EJERCICIO 1**

**DURACIÓN: 50 MINUTOS, PUNTUACIÓN:** Este ejercicio junto con los dos correspondientes a la segunda prueba de seguimiento forman la prueba de evaluación final. Cada uno de estos ejercicios se valorará, en la evaluación final, con 10/3 puntos. La evaluación final no incluye ninguna otra calificación.

Un campus universitario está constituido por tres centros (C1, C2, C3). Cada centro ocupa un edificio y cuenta, para interconectar los servidores y equipos de usuario, con una red local constituida por varios conmutadores Ethernet. Cada centro tiene además un *router* IP conectado a la red local. Los *routers* de los tres centros (R1, R2, R3) están conectados entre sí formando un anillo mediante enlaces dúplex Gigabit Ethernet de fibra óptica 1000BaseLX. Para el encaminamiento entre los tres *routers* IP se utiliza el algoritmo dinámico “*Vector distancias*”, empleando como coste el número de saltos.



La figura representa la red local de C1, formada por cinco conmutadores (SWA,... SWE), donde los enlaces entre conmutadores son 1000BaseSX. Se han representado dos de los equipos finales SV1 y PC1 conectados a sus respectivos conmutadores mediante 100BaseT.

1. **Obtener justificadamente el estado en que quedan los puertos de los conmutadores cuando se completa el árbol de alcanzabilidad (*spanning tree*).**

El enlace entre SWA y SWC pasa por la misma canalización física que el enlace entre SWA y SWD. Por accidente, se rompe la canalización y resultan interrumpidos los dos enlaces.

2. **Representar las tablas de *forwarding* de los cinco conmutadores después del accidente, habiendo transcurrido tiempo suficiente para que se hayan estabilizado y teniendo en cuenta que el único tráfico que se está produciendo es entre SV1 y PC1, en ambos sentidos. Para las direcciones MAC utilice MAC-SV1 y MAC-PC1.**

Considere ahora dos equipos finales: SVA, conectado a un conmutador SWX y PCA, conectado a un conmutador SWY, ambos mediante 100BaseT. SWX está en C2, conectado directamente a R2 con 1000BaseSX; SWY está en C3, conectado directamente a R3 con 1000BaseSx. Se ejecuta una aplicación de transmisión continua de SVA a PCA, sobre UDP, que no produce fragmentación en ningún nivel de la arquitectura de protocolos. La aplicación transmite alcanzando el caudal máximo disponible. Considerando que cada cable Ethernet tiene la máxima longitud permitida por su estándar de nivel físico (elegir la mayor si hubiera varias opciones) y que la red está muy poco cargada:

3. **Representar un cronograma de la transferencia desde SVA a PCA. Debe incluir valores y su justificación.**
4. **Calcular el caudal útil máximo que alcanza la aplicación.**

Con el encaminamiento IP funcionando de forma estable durante largo tiempo, se produce una rotura del enlace entre los *routers* R1 y R3.

5. **Representar las tablas de *forwarding* de los tres *routers* de antes del accidente y las de después, hasta que se alcanzan de nuevo valores estables.**

Si en lugar del encaminamiento “*Vector distancias*” se emplease el “*Estado de enlaces*”, con el número de saltos como coste, permaneciendo cortado el enlace entre R1 y R3 y después de alcanzada una situación estable:

6. **Determinar los paquetes de estado que se generan y reciben en R2, por qué enlace y con qué contenido, en cada ciclo del algoritmo. No es necesario que dé valores a los campos SEQ y AGE.**

**Notas:** Considerar que el orden alfabético de los identificadores de los conmutadores coincide con el orden el de sus MAC. La cabecera de UDP son 8 octetos, la de IP son 20 y la sobrecarga de Ethernet son 26 octetos. La SDU máxima de Ethernet son 1500 octetos.

**NOTAS:**

- La velocidad de la luz en los medios físicos guiados es de 200 000 Km/s
- Los tiempos de procesamiento, las sobrecargas de los protocolos y los errores en los medios pueden suponerse despreciables siempre que no se especifiquen de forma explícita en el ejercicio.
- Suponer que las sobrecargas por establecimiento de circuitos y por señalización de protocolos son despreciables siempre que no se especifiquen de forma explícita en el ejercicio.
- Recordamos que se pueden usar libros y apuntes pero **NO EJERCICIOS RESUELTOS**.
- No se pueden utilizar teléfonos móviles ni dispositivos electrónicos inteligentes, sólo calculadoras básicas.
- No se deben entregar soluciones de ejercicios diferentes en la misma hoja.
- Se entregarán los enunciados como primera hoja de cada problema.
- El examen se debe entregar con todas las hojas dobladas en un único bloque.
- Se debe poner el nombre en todas las hojas entregadas.
- Las fechas de publicación de calificaciones y el límite de petición de revisión son:
  - Calificaciones provisionales: 22-6-2012
  - Límite de petición de revisión: 26-6-2012

**Longitudes máximas de los medios físicos Ethernet Fibra (Necesario para el ejercicio de evaluación Final):**

<b>10BASE-FL</b>	850 nm	→ 1 km
<b>100BASE-FX</b>	850 nm	→ 2 km
<b>1000BASE-SX</b>	850 nm	→ 275 m → 550 m
<b>1000BASE-LX</b>	1300 nm	→ 550 m → 5 km
<b>1000BASE-LX10</b>	1300 nm	→ 550 m → 10 km
<b>10GBASE-SR</b>	850 nm	→ 33 m → 300 m
<b>10GBASE-LRM</b>	1300 nm	→ 220 m
<b>10GBASE-LR</b>	1300 nm	→ 10 km
<b>10GBASE-ER</b>	1500 nm	→ 40 km
<b>40GBASE-SR4, 100GBASE-SR10</b>	850 nm	→ 100 m
<b>40,100GBASE-LR4</b>	1300 nm	→ 10 km
<b>100GBASE-ER4</b>	1300 nm	→ 40 km

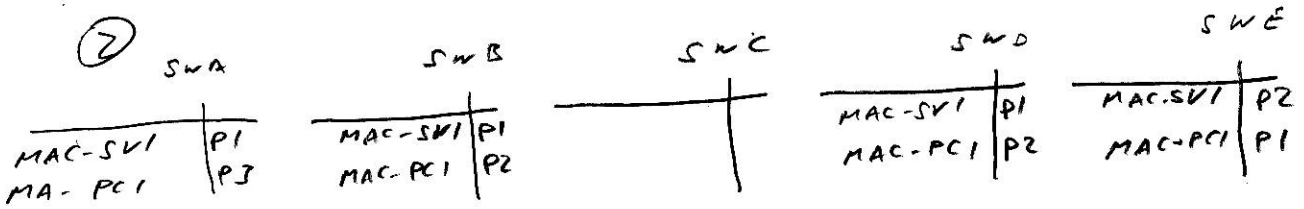
# SOLUCIÓN

RSTC EXTENSIÓN, EJERCICIO 1, 14-6-2012

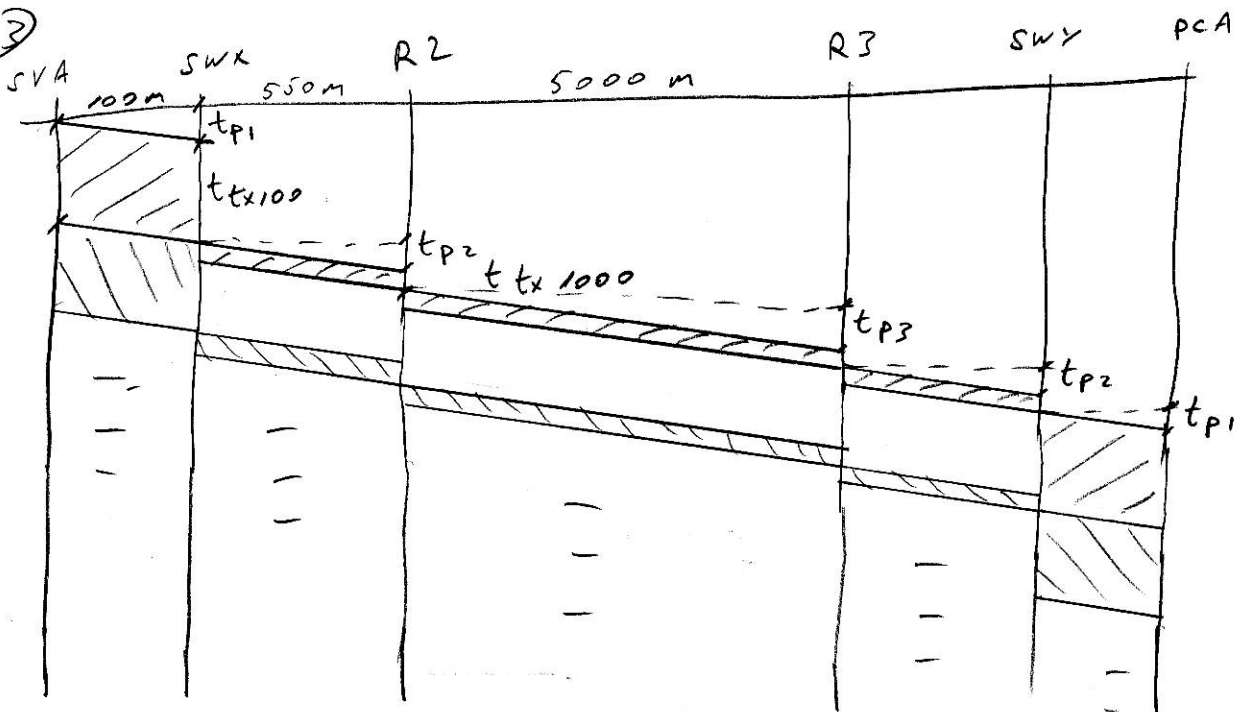
① TODOS LOS PUERTOS QUEDAN EN FORWARD SALVO:

- SWC, P3
- SWD, P2, P4, QUE QUEDAN BLOQUEADOS

②



③



$$t_{p1} = \frac{0,1 \text{ km}}{200 \cdot 10^3 \text{ km}} \approx 0,5 \mu\text{s}$$

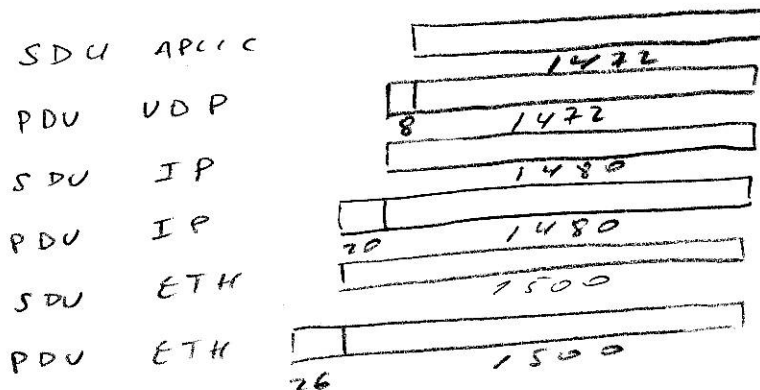
$$t_{p2} \approx 5,5 \cdot t_{p1} \approx 2,75 \mu\text{s}$$

$$t_{p3} \approx 50 \cdot t_{p1} \approx 25 \mu\text{s}$$

$$t_{tx100} = \frac{1526 \cdot 8}{100 \cdot 10^6} \approx 122 \mu\text{s}$$

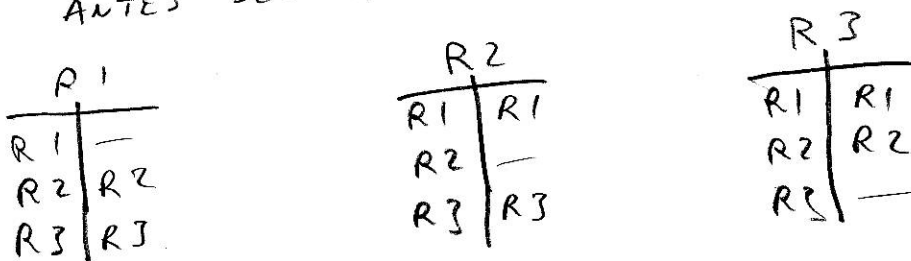
$$t_{tx1000} = \frac{1526 \cdot 8}{10^9} \approx 12,2 \mu\text{s}$$

④ CAUDAL ÚTIL MÁXIMO.  
COMO NADIE FRAGMENTA

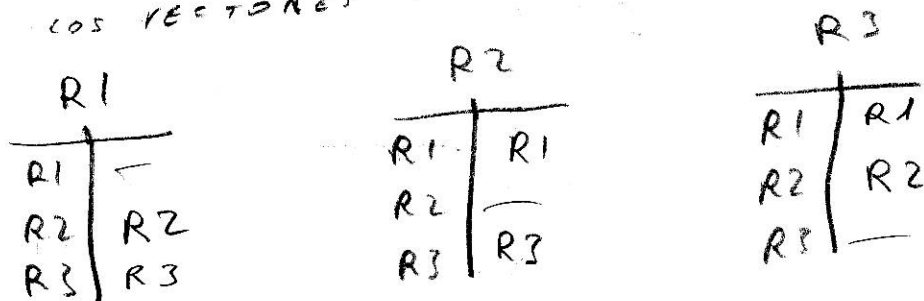


$$C = R \cdot \frac{L_{SDU APCC}}{L_{SDU ETH}} = 100 \cdot 10^6 \frac{1472}{1526} = \underline{96.46 \text{ Mbps}}$$

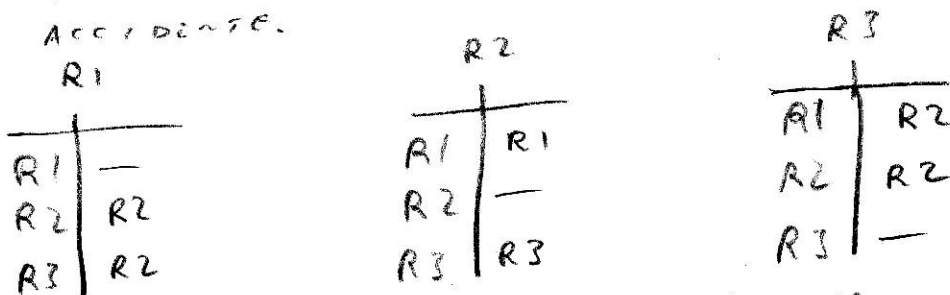
⑤ ANTES DEL ACCIDENTE:



DESPUÉS DEL ACCIDENTE, ANTES DE INTERCAMBIAR  
LOS VECTORES

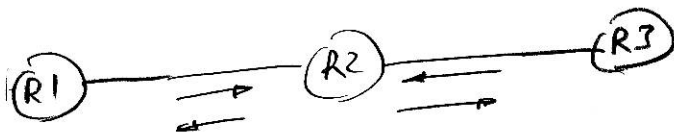


DESPUÉS DEL PRIMER CICLO TRAS EL  
ACCIDENTE.



EN LOS CICLOS SIGUIENTES SE  
REPITEN YA ESTOS RESULTADOS.

6



→

R1	
SEX	
AGE	
R2	1

←

R3	
SEX	
AGE	
R2	1

←

R3	
SEX	
AGE	
R2	1

→

R1	
SEX	
AGE	
R2	1

←

R2	
SEX	
AGE	
R1	1
R3	1

→

R2	
SEX	
AGE	
R1	1
R3	1