Práctica 2: MPLS

Nombre y Apellidos: Sara Barberá Boix

Objetivo de la práctica

El objetivo de la práctica es estudiar aspectos básicos de MPLS empleando la librería INET de OMNeT++, como el establecimiento de rutas y la reserva de recursos, y su influencia en el rendimiento de la red.

Fundamento teórico

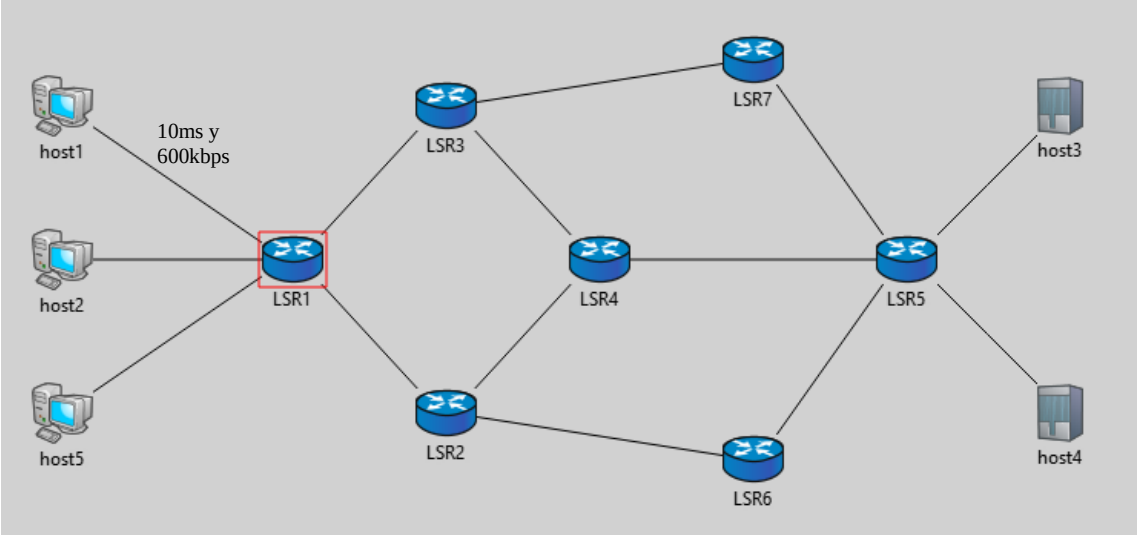
Multi-Protocol Label Switching (MPLS) es un protocolo de "capa 2,5" para redes de telecomunicaciones de alto rendimiento. MPLS dirige los datos de un nodo de red al siguiente basándose en etiquetas en lugar de direcciones de red, evitando búsquedas complejas en una tabla de enrutamiento y permitiendo la ingeniería de tráfico. Las etiquetas identifican enlaces virtuales (*Label Switching Paths* o LSP, también llamados túneles MPLS) entre nodos distantes en lugar de puntos finales. Los routers que forman una red de conmutación de etiquetas se denominan routers de conmutación de etiquetas (*Label Switching Routers*, LSR).

Un concepto fundamental de MPLS es que dos LSR deben acordar el significado de las etiquetas utilizadas para reenviar el tráfico entre ellos y a través de ellos. Este entendimiento común se logra mediante el uso de protocolos de señalización mediante los cuales un LSR informa a otro sobre las asociaciones de etiquetas que ha realizado. Estos protocolos de señalización también se denominan protocolos de distribución de etiquetas. Los dos protocolos principales de distribución de etiquetas utilizados con MPLS son LDP y RSVP-TE.

Ejercicio 1: análisis del escenario

Analiza el escenario del ejemplo *testte_routing* respondiendo a las siguientes cuestiones:

a) Según el archivo en el que se define la red (*RSVPTE4.ned*), ¿cuál es la velocidad de datos y la latencia de cada uno de los enlaces? Anótelos sobre la siguiente figura, en la que se proporciona como ejemplo la velocidad y latencia del enlace entre el host1 y el LSR1.



b) ¿Qué host son los que generan tráfico y hacia qué host lo dirigen?

c) **.host{1..2,5}.app[0].destAddresses = "host3" Este código se encuentra en el archivo. Ini y nos indica que el host 1,2 y 5 están enviando tráfico al host 3

d) ¿Cuál es el volumen de datos (bits/s) generado por cada uno de dichos host?

```
**.host{1..2,5}.app[0].messageLength = 128 bytes
**.host{1..2,5}.app[0].sendInterval = 0.01s
```

Cada host envía paquetes de 128 bytes cada 0,01s .
Para calcular la tasa de transmisión: (128x8)/0,01s= 102,4*10^3 bps
Como encontramos 3 host generando tráfico 102,4k x 3 = 307,2Kbps

e) Rellene las siguientes tablas con las IPs de cada host, indicadas en los archivos *.rt:

Número de host	IP
host1	10.0.1.1
host2	10.0.2.1
host3	10.2.1.1
host4	10.2.2.1
host5	10.0.3.1

f) Cada router o LSR tiene tantas IPs como enlaces. En este escenario, se han configurado de forma que el router LSR*i* tiene IPs de la forma 10.1.*i*.*x*, donde *i* es el número de LSR. Analiza las tablas de rutas de LSR1 para rellenar la siguiente tabla:

IP destino	Nodo destino	Puerto de salida ppp
10.1.1.1	10.1.2.1	Ppp0
10.1.1.2	10.1.3.1	Ppp1
10.1.1.3	10.0.2.1	Ppp2
10.1.1.4	10.0.1.1	Ppp3
10.1.1.5	10.0.3.1	Ppp4

g) Identifica los FEC definidos en LSR1 para encaminar el tráfico, indicando los nodos origen y destino, e identificadores que observe. Rellene la siguiente tabla:

ID	Nodo destino	Nodo origen	Tunel ID	LSP ID
1	Host3	Host1	1	100

2	Host3	Host2	2	200
3	Host3	Host5	3	300

h) Identifica las reservas RSVP-TE definidas para LSR1, indicando aspectos como el ancho de banda reservado, los LSR intermedios que forman cada ruta. En dos de las reservas se define la ruta de forma explícita (identificando a todos los LSR intermedios, o solo a parte de ellos) y en la tercera se emplea enrutamiento salto a salto. Rellene la siguiente tabla:

Destino	Tunel ID	LSP ID	Bandwidth	Ruta	¿Permanente?	Color
Host3	1	100	100000	Router1 Router2 Router4 Router5	true	100
Host3	2	200	100000	Router1 Router6 Router5	true	200
Host 3	3	300	100000	Ruta libre	true	300

Como podemos observar hay varias rutas para llegar a nuestro destino esto es para que ver que cumple con los parámetros de calidad que no se sature la red, es una red MPLS.
La red con múltiples rutas hacia el host3, lo que nos permite redirigir el tráfico para evitar la congestión en la red y que sea más eficiente
También observamos que LSR1 maneja las reservas de tráfico con FECs y túneles MPLS predefinidos

Ejercicio 2: simulación balanceada

Cambia la configuración RSVP de la ruta con LSP ID 300 para que pase de forma explícita por los nodos LSR1, LSR3, LSR7 y LSR5 en el archivo *LSR1_rsvp.xml* para balancear el tráfico en la red. Responde a las siguientes cuestiones:

a) Ejecuta una simulación con la configuración que aparece por defecto, pero cambiando el parámetro *sim-time-limit* a 50 segundos. Verifica por dónde se enrutan los paquetes transmitidos empleando para ello la animación. Para visualizar mejor los paquetes de datos, excluye de la animación los paquetes de señalización (*link state*) pausando la simulación y haciendo clic con el botón derecho sobre uno de ellos. Para que se estabilicen las rutas, avanza la simulación rápidamente lasta los 3 segundos con el botón diseñado para ello. Copia a continuación una captura de pantalla en la que se observen las rutas que siguen los paquetes de datos desde origen a destino. Explica si concuerdan estos resultados con las tablas rellenadas en las cuestiones anteriores.

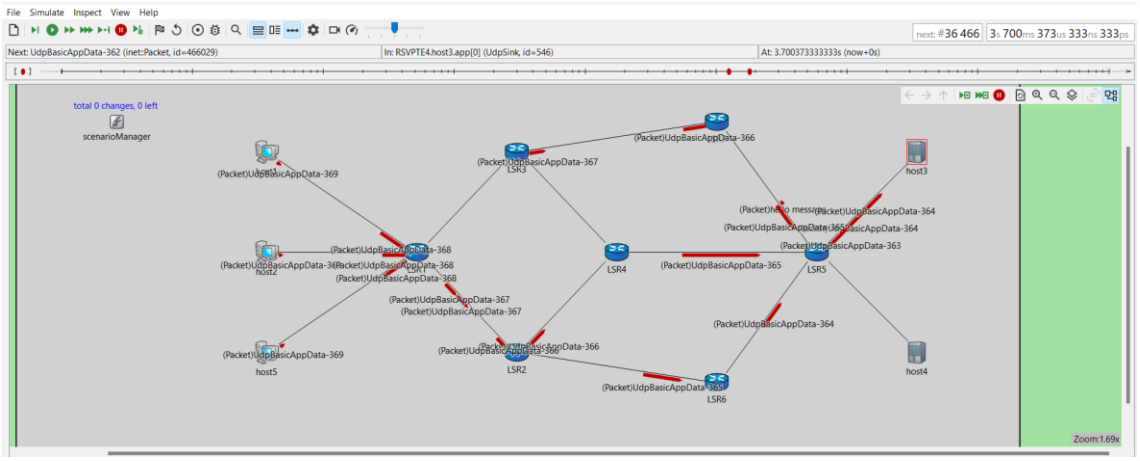


Ilustración 1:Trafico

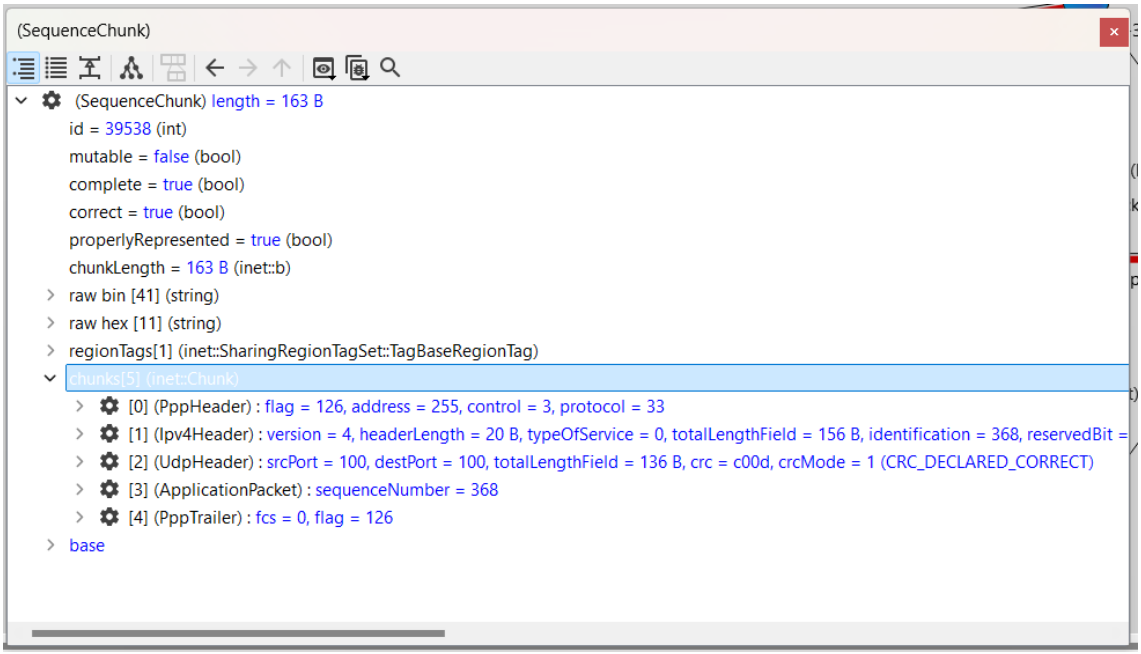


Ilustración 2:paquete del host 5 al router 1

Como podemos observar aquí, este paquete no se le ha añadido la cabecera MPLS ya que no ha pasado por el router. Eso quiere decir , que no se ha activado la conmutación de etiquetas en este tramo de red

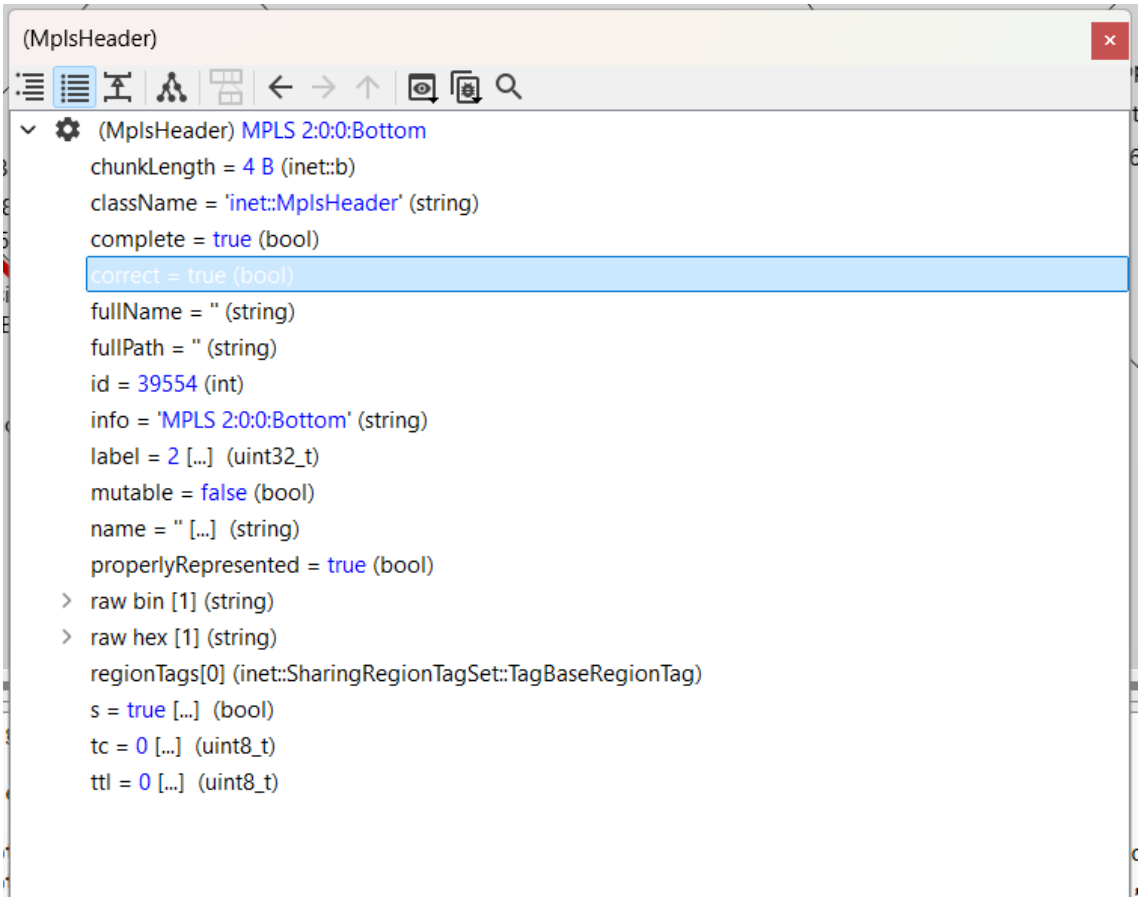


Ilustración 3: paquete del router 1 al 2

Observamos que mpls añade la etiqueta.

MPLS usa etiquetas en lugar de direcciones IP para enrutar paquetes para que la CPU tenga menos carga computacional ya que no tiene que intervenir en el enrutamiento de los paquetes.
Cada paquete recibe una etiqueta en el router. La etiqueta indica la ruta predefinida LSP que debe de seguir el paquete.

b) Finaliza la simulación del apartado anterior empleando el modo *express* (sin animaciones) para que sea más rápido. Crea un archivo de análisis de resultados llamado *GeneralBalanceado* dentro de la carpeta *results*. Cambia los nombres de los archivos de resultados a *GeneralBalanceado*.* para que no se sobrescriban al realizar las simulaciones de los siguientes ejercicios. Analiza los siguientes histogramas que se obtienen en este escenario:
   - Histograma del *end-to-end delay* en host3.app para analizar los retardos que sufren los 3 flujos de paquetes de extremo a extremo. Explica los resultados que observas.

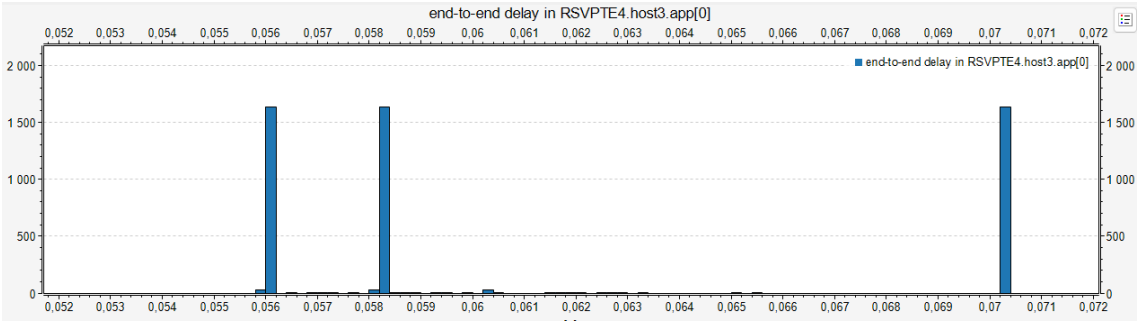


Ilustración 4:Historiograma end-to-end host3

En la gráfica lo que vemos en el eje x : Representa el retardo extremos a extremo en segundos , esta indica el tiempo que tarda un paquete en viajar desde su origen (host 1, host2 o host5) hasta su destino final host3.
El eje y: Representa la cantidad de paquetes que experimentan un determinado retardo. Cada barra indica cuantos paquetes tienen ese tiempo de retardo especifico

Encontramos picos en el retardo , lo que observamos es que existe picos muy elevados en 0,056, 0,58 y 0,070 segundos .Esto significa que algunos paquetes han experimentado un retraso significativo puede ser culpa la congestión de la red.

- Compara los histogramas de los enlaces *ppp*[0] y *ppp*[1] del LSR1. ¿A la vista de los resultados, cuál está más saturado y por qué?

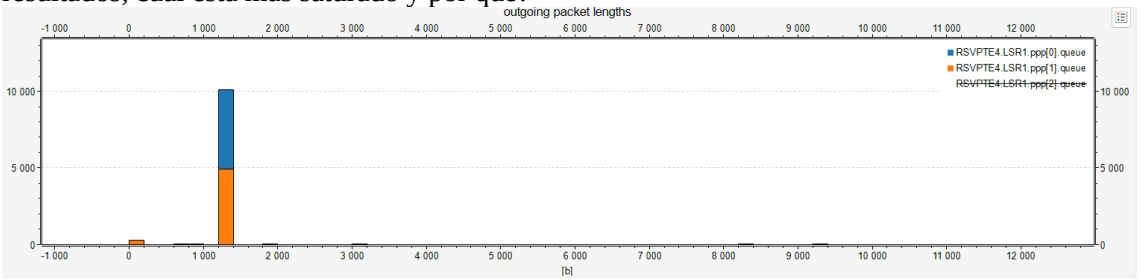


Ilustración 5:long. paquetes salientes

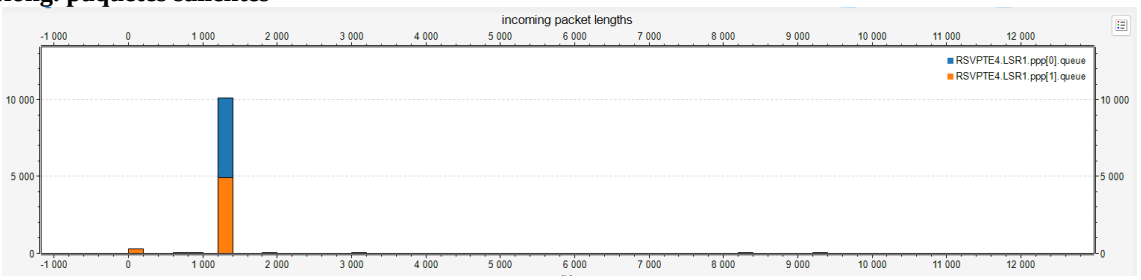


Ilustración 6: long paquetes entrantes

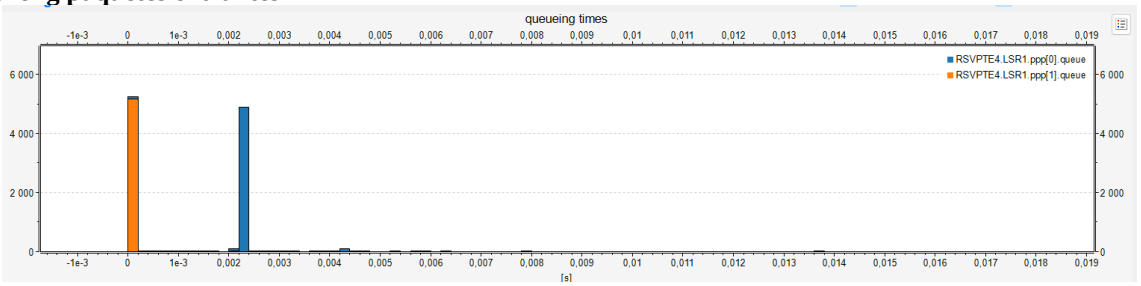


Ilustración 7: tiempo de cola

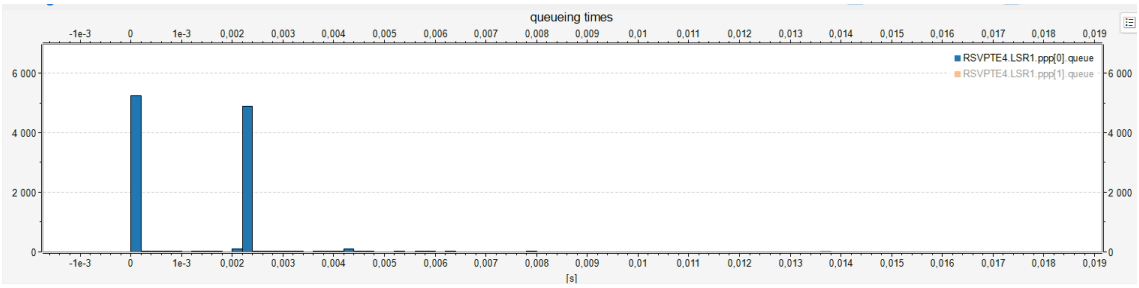


Ilustración 8: tiempo de cola puerto 0

Como vemos el puerto 0 se satura mas ya que encontramos ahí dos barras eso significa que algún nodo está ocupado.

El análisis delas gráficas que el enlace del puerto 0 de LSR1 está más saturado que el puerto 1, ya que maneja el doble de tráfico y presenta un mayor número de paquetes en la cola antes de ser enviados. La gráfica de long de paquetes salientes indica que el puerto 0 transmite aprox. 10000 paquetes en un rango de 1200-1300 bytes mientras que el puerto 1 solo maneja 5000 en el mismo rango. Además, los tiempos de cola del puerto 0 hay más con una acumulación de 5000 paquetes , mientras que los tiempos de espera en el puerto 1 son solo al inicio de la red.
Podemos decir que el puerto 0 soporta más tráfico y sufre una mayor congestión .

Ejercicio 3: saturación de enlace

Vamos a saturar ahora el enlace entre LSR1 y LSR2. Para ello, modifica el archivo *omnet.ini* para que dicho enlace tenga solamente una capacidad de 150kbps. Responde a las siguientes cuestiones:

a) Tras 3 segundos de simulación, analiza cómo se han reconfigurado las rutas. Muestra una captura de pantalla donde se puedan observar las nuevas rutas, y analiza algunos de los paquetes de datos que circulan por la red pausando la simulación y haciendo clic sobre ellos con el botón derecho. Muestra también una captura de la cabecera MPLS de los diferentes paquetes que circulan por las diferentes rutas (uno por cada ruta sería suficiente) y explica lo que observas.

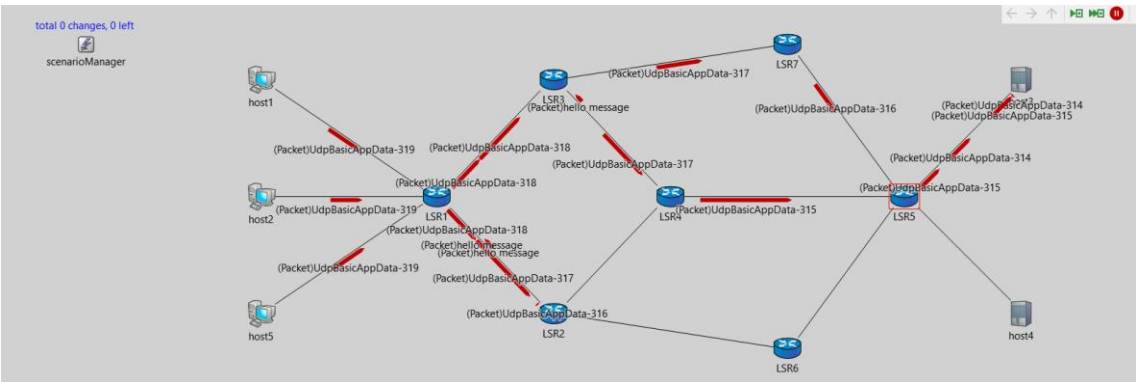


Ilustración 9: trafico

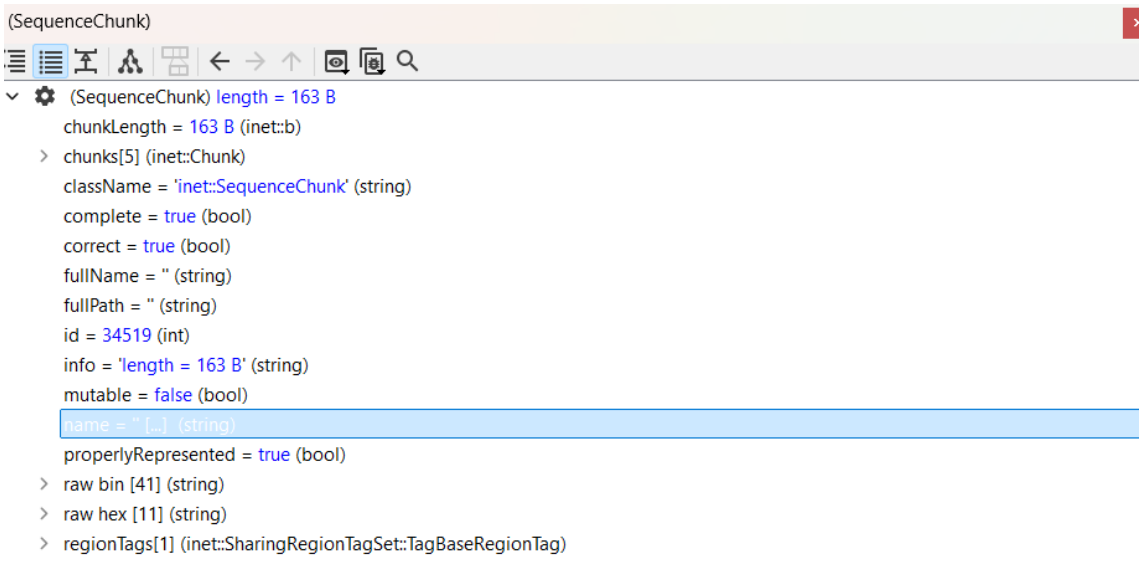


Ilustración 10: del host 5 hasta el router 1(LSR1)

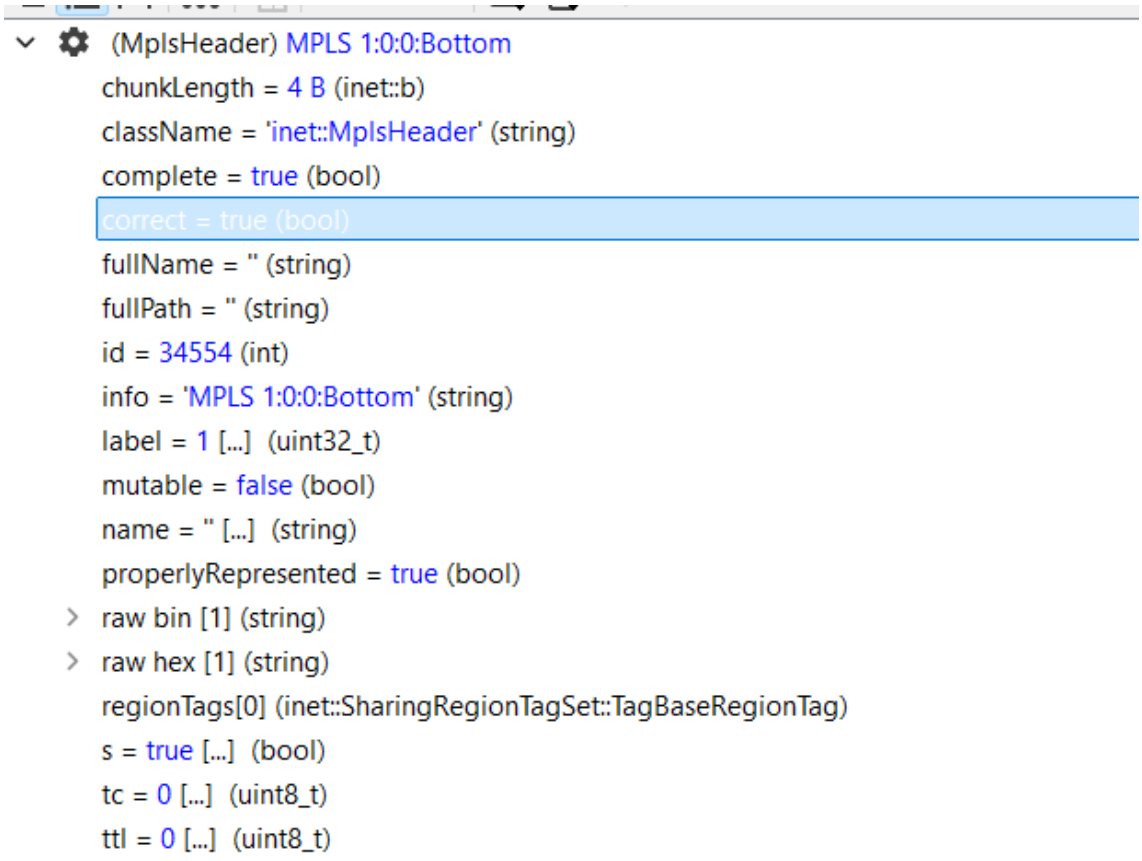


Ilustración 11: del router 1 hasta el 5

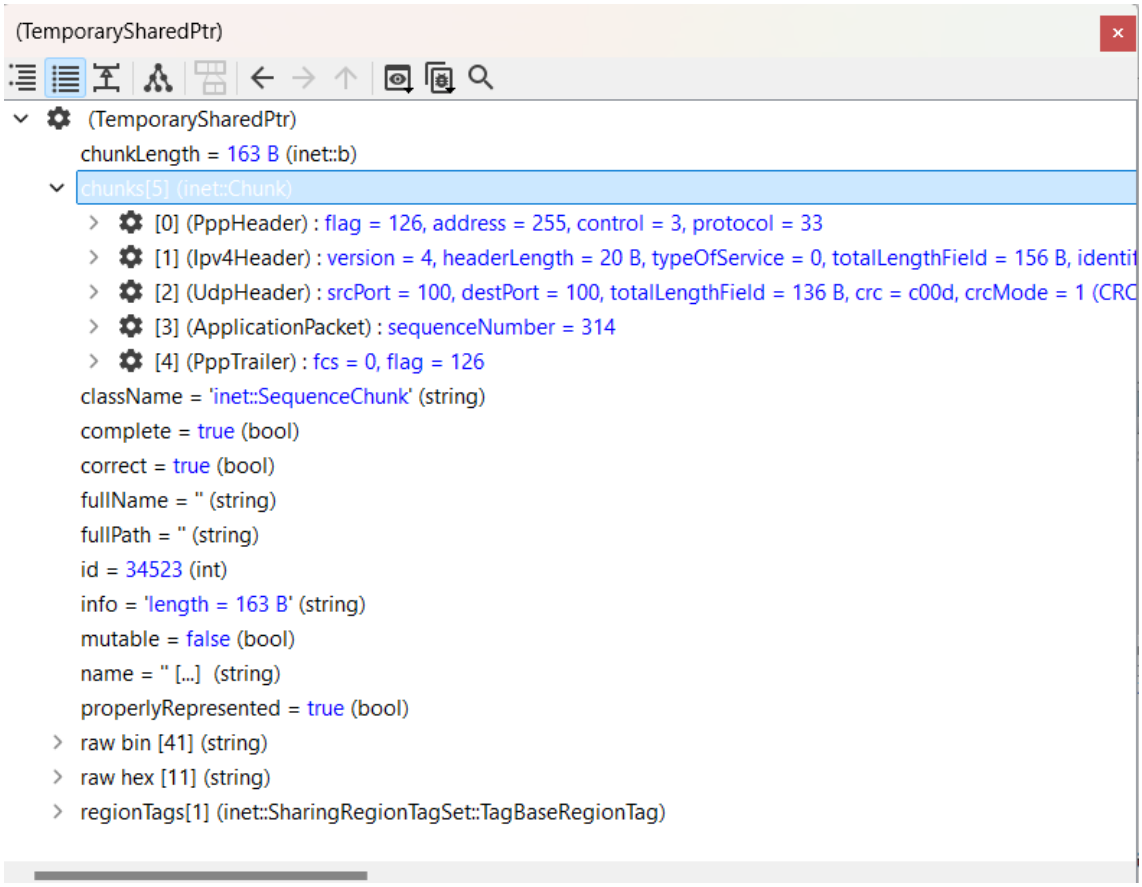


Ilustración 12: del router 5 hasta el host 3

Como vemos en la ilustración 12 no hay etiqueta porque la ha quitado el router .

En conclusión a este apartado, las capturas de las cabeceras MPLS de diferentes paquetes, observamos que algunos paquetes han perdidos su etiqueta MPLS antes de llegar a su destino .Esto se debe a que el último router en la ruta elimina la etiqueta antes de llegar a su destino en este caso el host3 . Esto es una característica de MPLS.

b) Finaliza la simulación del apartado anterior empleando el modo *express* (sin animaciones) para que sea más rápido. Cree un archivo de análisis de resultados llamado *GeneralSaturado* dentro de la carpeta *results*. Cambia los nombres de los archivos de resultados a *GeneralSaturado.** Analice los mismos histogramas que en el ejercicio anterior y explica las diferencias que observas entre los dos escenarios.

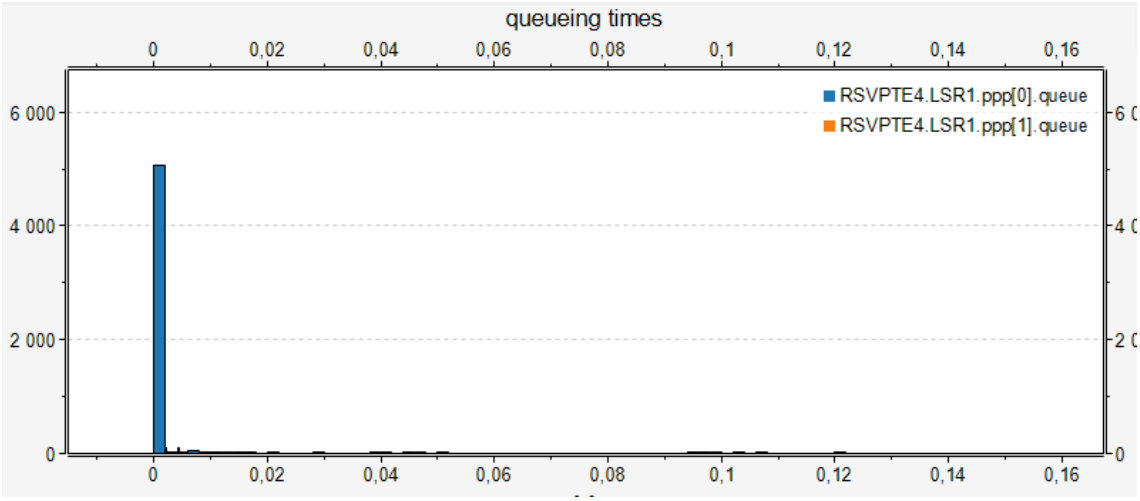


Ilustración 13: tiempos de cola del router 1 , puerto 0 y 1

Como vemos no nos sale ningún tiempo de cola para el puerto 1

Esta grafica nos muestra los tiempos de las colas

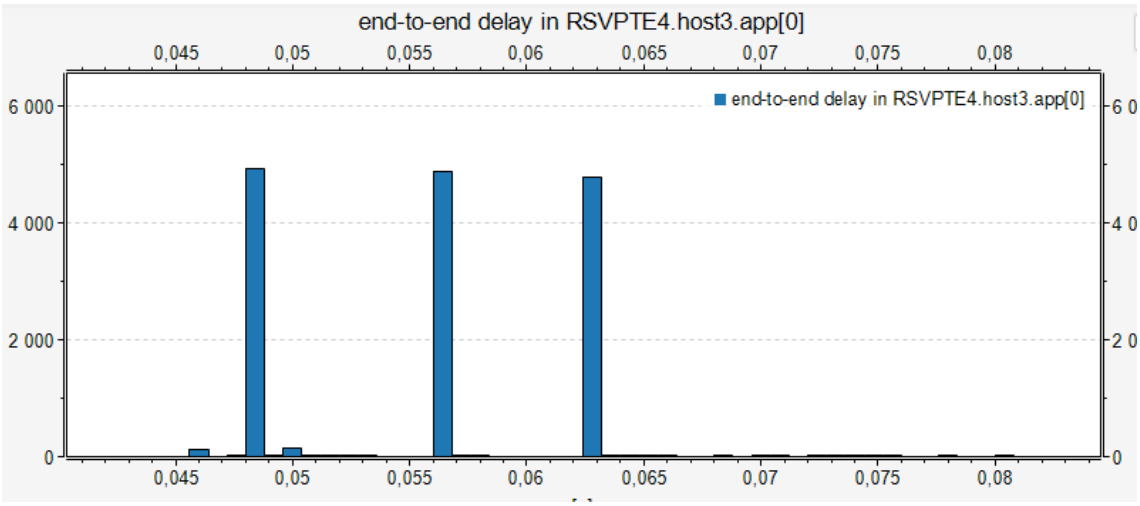


Ilustración 14: historiograma end-to-end para el host 3

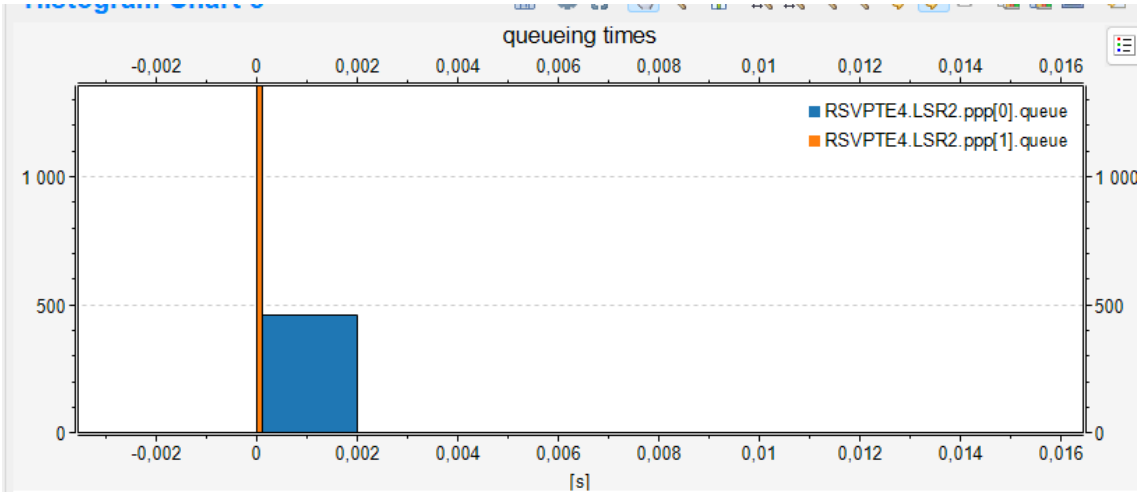


Ilustración 15: router 2 paquetes en cola puerto 0 y 1

En el router 2 encontramos esto que l alinea naranja llega hasta 10000 paquetes en el tiempo de espera.

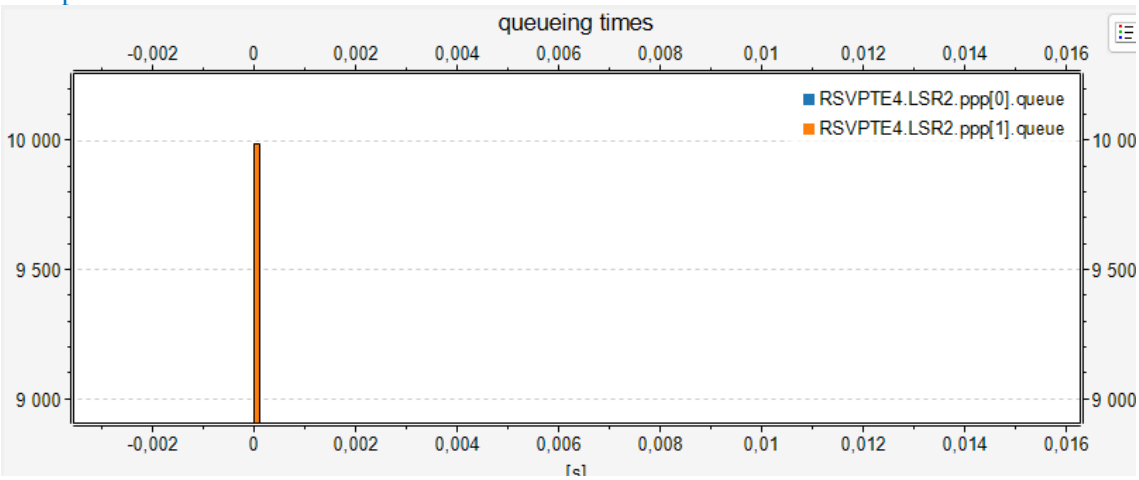


Ilustración 16router 2 paquetes en cola puerto 2

He observado que lo que hemos conectado a os routers son los puertos 0 del LSR1 al puerto 0 del LSR2 como vemos el puerto 0 es el que esta saturado , no hay mucha saturación.

En la gráfica de “queueing time ” observamos que el puerto 0 del LSR2 está altamente saturado , ya que la línea naranja representa un gran volumen de paquetes en cola, alcanzando unos 10000 paquetes. Por otro lado, el puerto 1 prácticamente no muestra tiempo en cola lo que nos hace pensar que el trafico se maneja en el puerto 0 . Esto nos puede llegara a la conclusión de que la reducción del ancho de banda a 150Kbps ha provocado una congestón en ña transmisión .

En el histograma “end to end ” para host3.app[0], se identifican tres picos principales de retraso en la entrega de paquetes con una altura de 5000 paquetes . Esto nos dice que hay cierto retardos debido a la saturación de la red, el tráfico sigue siendo entregado en diferentes momentos con variaciones “jitter”.

Ejercicio 4: reserva de alta capacidad

Vuelve a la configuración balanceada restaurando el *datarate* del enlace entre LSR1 y LSR2 a 600kbps. Aumente la reserva del LDP ID 1 hasta los 600.000 bps. Avanza en modo *express* hasta el instante de simulación 1s. A partir de ahí, avanza la simulación con la animación completa observando en una nueva ventana el log relativo a LSR1. Para ello, haz clic con el botón derecho sobre LSR1 y selecciona *open component log*. Mientras las reservas no se hayan establecido, observarás en el log mensajes “*WARN: no mapping exists for this packet*” para los 3 flujos de forma consecutiva. Analiza a partir de ese momento qué ha ocurrido en el escenario. Busque mensajes o palabras clave en el log, como RESV_MESSAGE o *lspid*.

Como podemos observar la reserva ya se ha establecido, en un momento determinado hay varios flujos.

Hemos cambiado la capacidad del enlace entre LSR1 y LSR2 a 600kbps y aumentado la reserva, lo que vemos en la simulación es que no hay una asignación de etiquetas para los paquetes por lo que nos salta el mensaje de advertencia. Esto nos indica que los paquetes están siendo enrutados a través de IP sin utilizar la conmutación de etiquetas. Sin embargo, conforme avanza la simulación y las reservas de recursos, el tráfico comienza a gestionarse a través de nuestra red MPLS lo gestiona RSVPTE lo que nos permite el etiquetado de los paquetes.

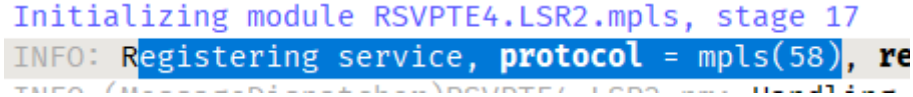
A medida que la simulación avanza vemos mensajes de que la transmisión se ha completado, este mensaje confirma que el tráfico esta yendo correctamente a través de la red.

Ejercicio 5: simulaciones adicionales (opcional)

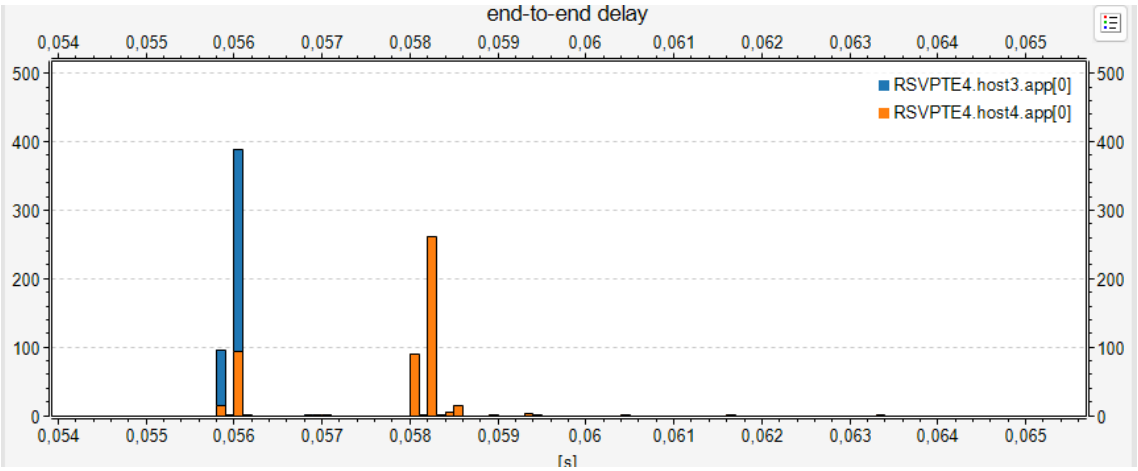
Estudia y simula uno de los otros ejemplos de mpls disponibles en INET (*ldp, net37, testte_failure, testte_failure2, testte_reroute* o *testte_tunnel*). Explica el escenario y analiza algunos resultados que observes.

testte_reroute

Ilustración 17:Escenario long. de testte_reroute del router 2



Aquí podemos observar el inicio de MPLS en LSR2 donde vemos los servicios y protocolos para el funcionamiento de la red. Vemos que MPLS esta identificado con un num de 58 y se conecta a otros módulos.
Podemos decir que el router 2 utiliza MPLS y el protocolo RSPE-TE , lo que garantiza el funcionamiento del protocolo de enrutamiento basado en etiquetas y la transmisión de los paquetes.



Cerca de 0,056 segundos, la barra elevada del host 3 con casi 4000 paquetes nos marca que aprox. ese num de paquetes tiene un tiempo de transmisión similar, lo cual nos marca que en ese instante nos encontramos en una congestión en el tráfico. Encontramos superpuesta una barra en el host 4 de 100 paquetes la cual nos marca los mismo.
Encontramos más barras que vienen del host 4. Esta acumulación en diferentes momentos indica que el tráfico no se distribuye de manera uniforme provocando retardo que varía “jitter”, esto puede ser debido al cuello de botella de la red.

Podemos decir que el entorno de enrutamiento, testte_routing , la pérdida de paquetes es menor en comparación de testte_routing.

Evaluación

Para la evaluación de la práctica, cada alumno/a deberá entregar este informe contestando a las cuestiones planteadas, y un enlace al repositorio GitHub en el que el profesor pueda descargar la carpeta *examples* de INET.

El ejercicio opcional podrá contar hasta un 30% del valor del resto de ejercicios de la práctica. La nota de la práctica será la suma de la nota del resto de ejercicios y la del ejercicio opcional.