

# Enero 2023

APELLIDOS: **Solución**

NOMBRE:

DNI:

Duración 30 min. Las fechas de publicación de las calificaciones y de revisión se han notificado a través de Moodle.

**EJERCICIO 1. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 4 minutos**

Explique en qué consiste el modo de distribución de etiquetas bajo demanda y el modo de distribución de etiquetas no solicitado.

**EJERCICIO 2. Puntuación: 1 punto. Tiempo estimado: 2 minutos**

Indique qué operaciones con etiquetas puede realizar un LSR.

**EJERCICIO 3. Puntuación: 1 punto. Tiempo estimado: 4 minutos**

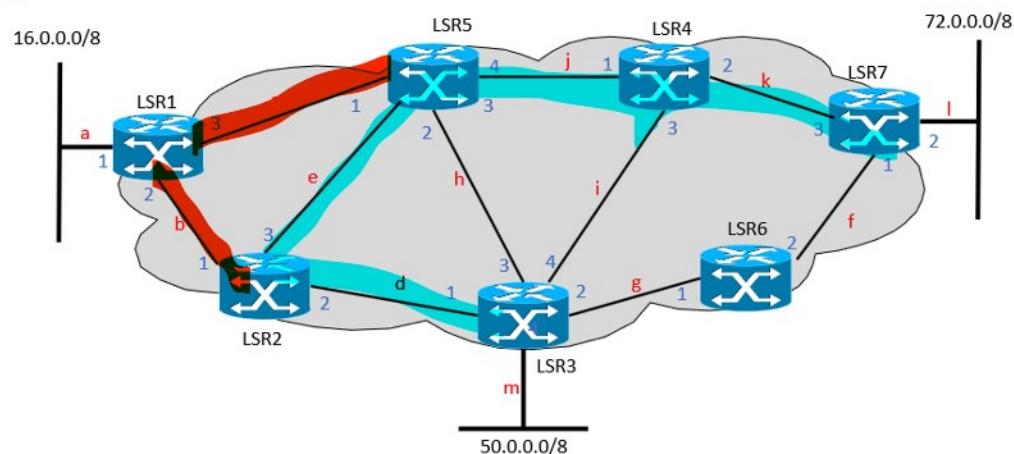
Defina los mensajes que utilizan los pares LDP relacionados con la solicitud, anuncio y liberación de etiquetas.

#### EJERCICIO 4. Puntuación: 1 punto. Tiempo estimado: 5 minutos

Describa brevemente los pasos relacionados con la asignación y la distribución de etiquetas MPLS mediante señalización.

#### EJERCICIO 5. Puntuación: 3 puntos. Tiempo estimado: 11 minutos

La siguiente figura representa una red MPLS – IP con los comutadores LSR siguientes: LSR1, LSR2, LSR3, LSR4, LSR5, LSR6 y LSR7. Considere en todo el ejercicio que los paquetes que atraviesan la red en ambos sentidos corresponden a las subredes 16.0.0.0/8, 50.0.0.0/8 y 72.0.0.0/8.



Los LSR están configurados para asignar etiquetas en los rangos que se muestran en la siguiente tabla. Si necesita asignar etiquetas en los LSR en alguno de los ejercicios propuestos, deberán corresponder a etiquetas libres dentro del rango correspondiente a cada LSR. **No se aplica PHP.**

LSR	Etiquetas
1	100-199
2	200-299
3	300-399
4	400-499
5	500-599
6	600-699
7	700-799

 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA Y ELECTRÓNICA ETSIS TELECOMUNICACIÓN UPM	<b>SEÑALIZACIÓN Y CONMUTACIÓN</b> Examen de Evaluación Progresiva EPG2 – Tema 3. MPLS – 18 de enero de 2023	
	APELLIDOS:	
	NOMBRE:	DNI:

Los paquetes con entrada a la red MPLS en LSR7 que pertenecen a la FEC 50.0.0.0/8 siguen el LSP formado por los conmutadores LSR7, LSR4, LSR5, LSR2 y LSR3.

Las tablas de los conmutadores tienen entre otros los siguientes contenidos:

LSR1	LSR2	LSR3
101 → b, swap(202)	201 -> d, swap(301) 202 → d, pop	301 → m, pop
LSR4	LSR5	LSR6
401 → j, swap(501)	501 → e, swap(201) Si e caido: 501 → c, swap(201) & push(101)	
<b>LSR7</b>		
FEC 50.0.0.0/8 -> k, push(401)		

Basado en la información anterior, responda a las siguientes preguntas.

- a) Rellene las tablas de los conmutadores con las operaciones necesarias, en cada LSR, para el flujo de datos de la FEC 50.0.0.0/8. (1 punto)

**Contestar en las tablas de los conmutadores, ayudándose de la información del anexo “Significado de las expresiones para cada operación en las tablas de conmutadores”.**

- b) Para la FEC 50.0.0.0/8, el conmutador LSR5 tiene configurado una protección de enlace, con un túnel definido por LSR5, LSR1, LSR2. Indique qué modificaciones habría que hacer en las tablas de los LSR implicados para incluir dicha protección. Se pone como condición adicional que el LSR de salida no puede hacer dos pop seguidos sobre el mismo paquete MPLS. Elija las etiquetas que considere oportunas en cada LSR, siguiendo las indicaciones del enunciado. Ponga especial atención a la elección de la etiqueta más interna con la que viajarán los paquetes por el túnel, de forma que no haya que modificar el contenido de la tabla del nodo de salida que se proporciona y que se use la misma regla de la tabla del nodo de salida utilizada por el LSP que atraviesa el enlace sin proteger. (1 punto)

**Contestar en las tablas de los conmutadores, ayudándose de la información del anexo “Significado de las expresiones para cada operación en las tablas de conmutadores”.**

- c) Para la FEC 50.0.0.0/8 con la protección de enlace del apartado anterior, y considerando el túnel LSR5, LSR1, LSR2, indique los valores de TTL de la cabecera IP y MPLS y del campo stack de las etiquetas del paquete MPLS en los enlaces **c**, **b** y **d** teniendo en cuenta que el paquete IP en el enlace **c** tiene un valor de TTL = 8. Indique con una X los valores del campo Stack y de TTL cuando la etiqueta MPLS correspondiente no esté presente en el paquete. (1 punto)

2 6 5 4 3 2 2

	I (enlace de entrada en la red)	c	b	d
<b>MPLS</b>	TTL= X, S=X	TTL= <u>X</u> , S= <u>X</u>	TTL= <u>X</u> , S= <u>X</u>	TTL= <u>X</u> , S= <u>X</u>
<b>MPLS</b>	TTL= X, S=X	TTL= <u>5</u> , S= <u>0</u>	TTL= <u>5</u> , S= <u>0</u>	TTL= <u>X</u> , S= <u>X</u>
<b>MPLS</b>	TTL= X, S=X	TTL <u>5</u> , S= <u>1</u>	TTL <u>4</u> , S= <u>1</u>	TTL= <u>3</u> , S= <u>1</u>
<b>IP</b>	TTL= 8	TTL= <u>2</u>	TTL= <u>2</u>	TTL= <u>2</u>

ANEXO. Significado de las expresiones para cada operación en las tablas de conmutadores

Operación	Descripción
FEC → enlace, push(xx)	Al recibir paquete que pertenece a la "FEC", realizar la operación push con el valor "xx" y reenviar por "enlace"
valor → enlace, swap(xx)	Al recibir paquete con "valor" de etiqueta, realizar la operación swap con el valor "xx" y reenviar por "enlace".
valor → enlace, swap(xx) & push(yy)	Al recibir paquete con "valor" de etiqueta, realizar la operación swap con el valor "xx" y la operación push con el valor "yy", luego reenviar por "enlace".
→ enlace	Al recibir un paquete sin etiqueta, se reenvia por "enlace".
Si <condición>: <expresión>	Si y sólo si se da la <condición> se ejecuta la <expresión>, donde <expresión> puede ser cualquiera de las reglas anteriores
valor → enlace, pop	Al recibir un paquete con "valor" de etiqueta, quitar la etiqueta y reenviar por "enlace"

#### EJERCICIO 6. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 4 minutos

Indique y explique brevemente la funcionalidad del mensaje de LDP "notification".

**Enero 2021**

 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA Y ELECTRÓNICA ETSIS TELECOMUNICACIÓN UPM	<b>SEÑALIZACIÓN Y CONMUTACIÓN</b> Evaluación Continua – Tema 3. MPLS – 26 de enero de 2021	
APELLIDOS: <b>Solución</b>		MESA:
NOMBRE:		DNI:

Duración 30 min. Las fechas de publicación de las calificaciones y de revisión se han notificado a través de Moodle.

**Test.** Responda a las siguientes preguntas. Marque con un círculo la respuesta correcta. Puntuación: Correcta +0,375, Incorrecta: -0,1875, No contesta: 0,0).

**EJERCICIO 1. Puntuación: 3 puntos. Tiempo estimado: 11 minutos**

a) LSP (Label Switched Path) es:

- Conjunto de paquetes que entran en la red MPLS por la misma interfaz, que reciben la misma etiqueta y por tanto circulan por un mismo trayecto.
- Es la secuencia de LSRs que atraviesa un paquete etiquetado a través de una red MPLS.**
- Es un protocolo de capa de transporte diseñado para reservar recursos a través de una red utilizando el modelo de servicios integrados.

b) Es una característica del Backbone MPLS:

- Es multi-protocolo tanto hacia arriba (L3) como hacia abajo (Pseudowire - PWE3).**
- Esquema de QoS para aplicaciones basado en marcación de paquetes (DiffServ) o reserva de ancho de banda (RSVP).
- Elección de la mejor ruta según el protocolo de enrutamiento basado sólo en métricas fijas.

c) En los componentes lógicos de la arquitectura MPLS los protocolos de encaminamiento IGP:

- Forman parte del plano de control.**
- Forman parte del plano de envío de datos.
- No son parte de la arquitectura MPLS.

d) El plano de control de la arquitectura MPLS:

- Envía los paquetes según la tabla de etiquetas.
- Reenvía paquetes IP y MPLS.
- Genera y mantiene información de enrutamiento y etiquetado.**

e) En el encaminamiento salto a salto:

- Las FEC se corresponden con prefijos de las tablas de encaminamiento IP de los nodos (ej. aprendidos del protocolo de encaminamiento IP, por ejemplo: OSPF o IS-IS).**
- La ruta la calcula un nodo en el borde de la red (ej. el nodo Ingress del LSP) en función de criterios que dependen de la aplicación. Este nodo especifica todos los LSRs para un determinado FEC.
- El LSP para una FEC no sigue necesariamente el mismo camino que el marcado por el encaminamiento IP.

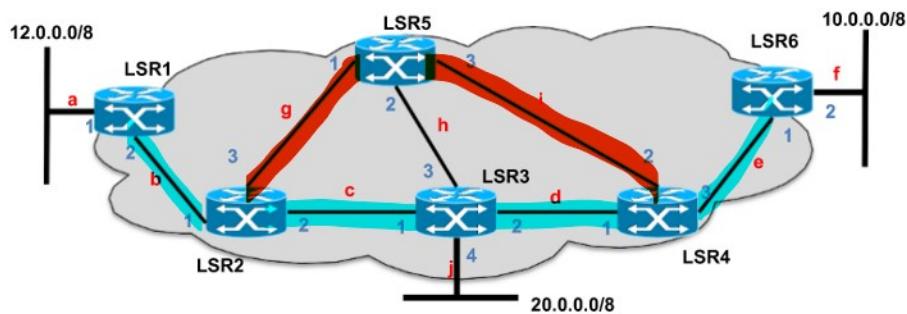
f) En un paquete MPLS con una pila de etiquetas:

- El encaminamiento depende de la etiqueta que está en la base de la pila.
- El encaminamiento depende de la etiqueta más externa de la pila.**
- El campo stack de la etiqueta más externa de la pila tiene el valor 1.

- g) Para el descubrimiento y mantenimiento de adyacencia en LDP:
- Se intercambian mensajes "Hello" periódicos, sobre Multicast 224.0.0.2 usando el protocolo TCP puerto 646.
  - Se intercambian mensajes "Keep Alive" periódicos, sobre Multicast 224.0.0.2 usando el protocolo UDP puerto 646.
  - Se intercambian mensajes "Hello" periódicos, sobre Multicast 224.0.0.2 usando el protocolo UDP puerto 646.
- h) El método de retención liberal de etiquetas permite:
- Ahorrar etiquetas en escenarios donde puedan ser escasas.
  - Encaminar el tráfico más rápidamente por un camino alternativo si el camino actual falla.
  - Uso más eficiente de la memoria disponible en los LSRs.

#### EJERCICIO 2. Puntuación: 5 puntos. Tiempo estimado: 15 minutos

La siguiente figura representa una red MPLS - IP, donde existen los comutadores LSR denominados: LSR1, LSR2, LSR3, LSR4, LSR5 y LSR6. Considere en todo el ejercicio que los paquetes que atraviesan la red en ambos sentidos, corresponden a las subredes 12.0.0.0/8, 20.0.0.0/8 y 10.0.0.0/8.



Los LSR están configurados para asignar etiquetas en los rangos que se muestran en la siguiente tabla. Si necesita asignar etiquetas en los LSR de alguno de los ejercicios propuestos, deberán corresponder a etiquetas libres dentro del rango correspondiente a cada LSR.

LSR	Etiquetas
1	100-199
2	200-299
3	300-399
4	400-499
5	500-599
6	600-699

APELLIDOS: Solución

MESA:

NOMBRE:

DNI:

Las tablas de los comutadores tienen entre otros los siguientes contenidos:

LSR1	LSR2	LSR3
FEC 10.0.0.0/8->b,push(201)  101→a, pop  101→b, pop	201->c, swap (305)  202→b, swap (101)  203→pop 80 b, swap (101)	305->d, swap (407)  301→c, swap (202)
LSR4	LSR5	LSR6
407->e, swap (618)  477→d, swap (301)  Si LSR3 caido  477→i, swap(202) 88push(501)	501→g, swap (203)	618-> f, pop  FEC 12.0.0.0/8->e,push(477)  FEC 12.0.0.0/8->e,push(477)

Basado en la información anterior, responda a las siguientes preguntas.

- a) Dado el contenido de las tablas anteriores, indique la secuencia de nodos que atraviesan los LSP existentes. ¿Cuáles son los LSRs “egress” e “ingress” de estos LSP?.(1 punto).

LSR1 → LSR2 → LSR3 → LSR4 → LSR6  
(ingress) (egress)

- b) Rellene las tablas de los comutadores con las operaciones necesarias, en cada LSR, para el flujo de datos de la FEC 12.0.0.0/8, suponiendo que comparten el mismo camino que la FEC 10.0.0.0/8 pero en sentido contrario. (1 punto).

Contestar en la tabla de los comutadores.

- c) Para la FEC 12.0.0.0/8, el enlace d tiene configurado una protección de nodo, con un túnel definido por LSR4, LSR5, LSR2. Indique qué modificaciones habría que hacer en las tablas de los LSR implicados para incluir dicha protección. Se pone como condición adicional que el LSR de salida no puede hacer dos pop seguidos sobre el mismo paquete MPLS. Elija las etiquetas que considere oportunas en cada LSR, siguiendo las indicaciones del enunciado. Ponga especial atención a la elección de la etiqueta más interna con la que viajarán los paquetes por el túnel, de forma que no haya que modificar el contenido de la tabla del nodo de salida que se proporciona y que se use la misma regla de la tabla del nodo de salida utilizada por el LSP que atraviesa el enlace sin proteger. (2 puntos).

**Contestar en la tabla de los conmutadores.**

- d) Para la FEC 12.0.0.0/8 con la protección de enlace del apartado anterior, y considerando el túnel LSR4, LSR5, LSR2 para la protección del enlace, calcule los valores de TTL de la cabecera IP y MPLS en cada enlace teniendo en cuenta que el paquete IP en el enlace **f** tiene un valor de **TTL = 220**. Los valores de TTL que no estén definidos, márquelos con una X. (1 punto).

<b>f</b>	<b>e</b>	<b>i</b>	<b>g</b>	<b>b</b>	<b>a</b>
TTL= X					
TTL= X	TTL= X	TTL= 218	TTL= 217	TTL= X	TTL= X
TTL= X	TTL= 219	TTL= 218	TTL= 218	TTL= 216	TTL= X
TTL= 220	TTL= 219	TTL= 219	TTL= 219	TTL= 219	TTL= 215

ANEXO. Significado de las expresiones para cada operación en las tablas de conmutadores

<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>
FEC → enlace, push(xx)	Al recibir paquete que pertenece a la “FEC”, realizar la operación push con el valor “xx” y reenviar por “enlace”
valor → enlace, swap(xx)	Al recibir paquete con “valor” de etiqueta, realizar la operación swap con el valor “xx” y reenviar por “enlace”.
valor → enlace, swap(xx) & push(yy)	Al recibir paquete con “valor” de etiqueta, realizar la operación swap con el valor “xx” y la operación push con el valor “yy”, luego reenviar por “enlace”.
valor → pop	Al recibir un paquete con “valor” de etiqueta, quitar la etiqueta y reenviar por “enlace”.
Si <condición>: <expresión>	Si y sólo si se da la <condición> se ejecuta la <expresión>, donde <expresión> puede ser cualquiera de las reglas anteriores
valor → enlace, pop	Al recibir un paquete con “valor” de etiqueta, quitar la etiqueta y reenviar por “enlace”

**EJERCICIO 3. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 4 minutos**

Basado en la RFC en que se define RSVP-TE, explique brevemente el funcionamiento de los mensajes RSVP Path y RSVP Resv. (2 puntos).

**Julio 2022**

 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA Y ELECTRÓNICA ETSIS TELECOMUNICACIÓN UPM	<b>SEÑALIZACIÓN Y CONMUTACIÓN</b> Examen extraordinario – Tema 3. MPLS – 1 de julio de 2022	
APELLIDOS:		MESA:
NOMBRE:		DNI:

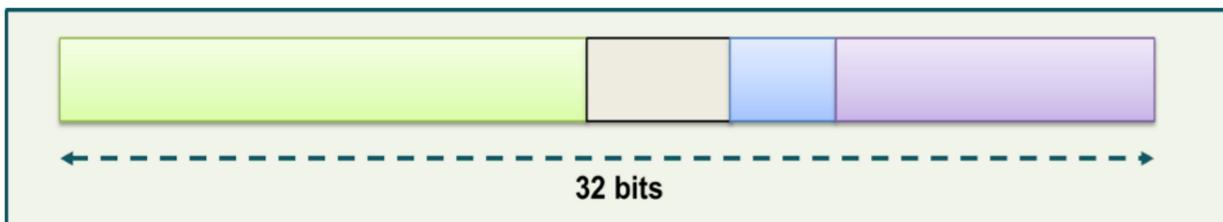
**Duración 30 min. Las fechas de publicación de las calificaciones y de revisión se han notificado a través de Moodle.**

**EJERCICIO 1. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 6 minutos**

Indique las principales diferencias (ventajas) del Backbone MPLS frente al Backbone IP.

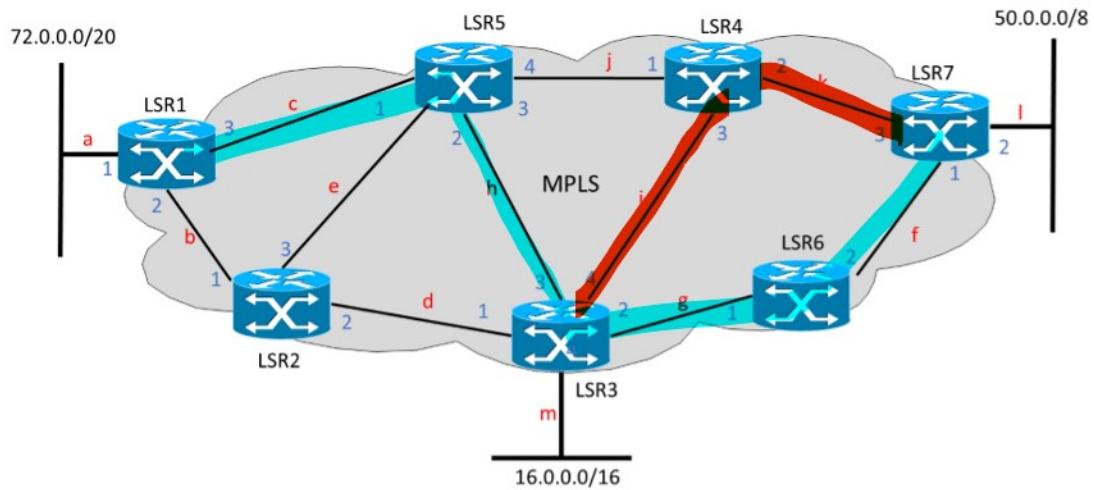
**EJERCICIO 2. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 6 minutos**

La siguiente figura representa un esquema de la arquitectura de una etiqueta MPLS o "Shim header". Indique el nombre, el tamaño en bits y una breve descripción de cada uno de los campos de la etiqueta.



**EJERCICIO 3. Puntuación: 4 puntos. Tiempo estimado: 14 minutos**

La siguiente figura representa una red MPLS - IP, donde existen los conmutadores LSR denominados: LSR1, LSR2, LSR3, LSR4, LSR5, LSR6 y LSR7. Consideré en todo el ejercicio que los paquetes que atraviesan la red en ambos sentidos, corresponden a las subredes 16.0.0.0/16, 50.0.0.0/8 y 72.0.0.0/20.



Los LSR están configurados para asignar etiquetas en los rangos que se muestran en la siguiente tabla. Si necesita asignar etiquetas en los LSR de alguno de los ejercicios propuestos, deberán corresponder a etiquetas libres dentro del rango correspondiente a cada LSR. **Se aplica PHP**.

LSR	Etiquetas
1	100-199
2	200-299
3	300-399
4	400-499
5	500-599
6	600-699
7	700-799

Los paquetes de la FEC 50.0.0.0/8 siguen el LSP formado por los conmutadores LSR1, LSR5, LSR3, LSR6 y LSR7.

APELLIDOS: **Solución**

MESA:

NOMBRE:

DNI:

Las tablas de los conmutadores tienen entre otros los siguientes contenidos:

LSR1	LSR2	LSR3
FEC 50.0.0.0/8-: C, push(501)		301 → g, swap(601) Si LSR5 caido: 301 → i, swap(701) & push(401)
LSR4	LSR5	LSR6
401 → K, pop	501 → h, swap(301)	601 → f, pop
LSR7	<b>NOTA</b>	
→ l  701 → i, pop		

Basado en la información anterior, responda a las siguientes preguntas.

- a) Rellene las tablas de los conmutadores con las operaciones necesarias, en cada LSR, para el flujo de datos de la FEC 50.0.0.0/8, suponiendo que el camino LSR1, LSR5, LSR3, LSR6 y LSR7. (1 punto).

**Contestar en la tabla de los conmutadores.**

- b) Para la FEC 50.0.0.0/8, el conmutador **LSR6** tiene configurado una protección de nodo, con un túnel definido por **LSR3, LSR4, LSR7**. Indique qué modificaciones habría que hacer en las tablas de los LSR implicados para incluir dicha protección. Se pone como condición adicional que el LSR de salida no puede hacer dos pop seguidos sobre el mismo paquete MPLS. Elija las etiquetas que considere oportunas en cada LSR, siguiendo las indicaciones del enunciado. Ponga especial atención a la elección de la etiqueta más interna con la que viajarán los paquetes por el túnel, de forma que no haya que modificar el contenido de la tabla del nodo de salida que se proporciona y que se use la misma regla de la tabla del nodo de salida utilizada por el LSP que atraviesa el enlace sin proteger. (2 puntos).

**Contestar en la tabla de los conmutadores.**

- c) Para la FEC 50.0.0.0/8 con la protección de nodo del apartado anterior, y considerando el túnel LSR3, LSR4, LSR7 para la protección del nodo, indique los valores de TTL de la cabecera IP y MPLS y del campo stack de las etiquetas del paquete MPLS en los enlaces *i*, *k* teniendo en cuenta que el paquete IP en el enlace *a* tiene un valor de TTL = 4. Marque con una X los valores de TTL que no estén definidos y explique el porqué. (1 punto).

	<b>a</b>	<b>i</b>	<b>k</b>
<b>MPLS</b>	TTL= X, S=X	TTL= <u>  </u> S= <u>  </u>	TTL= <u>X</u> S= <u>X</u>
<b>MPLS</b>	TTL= X, S=X	TTL= <u>1</u> S= <u>  </u>	TTL= <u>X</u> S= <u>X</u>
<b>MPLS</b>	TTL= X, S=X	TTL= <u>1</u> S= <u>  </u>	TTL= <u>X</u> S= <u>X</u>
<b>IP</b>	TTL= 4	TTL= <u>3</u>	TTL= <u>X</u> S= <u>X</u>

Se descartaría en LSR4 (TTL=0)

ANEXO. Significado de las expresiones para cada operación en las tablas de comutadores

Operación	Descripción
FEC → enlace, push(xx)	Al recibir paquete MPLS que pertenece a la "FEC", realizar la operación push con el valor "xx" y reenviar por "enlace"
valor → enlace, swap(xx)	Al recibir paquete MPLS con "valor" de etiqueta, realizar la operación swap con el valor "xx" y reenviar por "enlace".
valor → enlace, swap(xx) & push(yy)	Al recibir paquete MPLS con "valor" de etiqueta, realizar la operación swap con el valor "xx" y la operación push con el valor "yy", luego reenviar por "enlace".
→ enlace	Al recibir un paquete IP (sin de etiqueta), reenviar por "enlace".
Si <condición>: <expresión>	Si y sólo si se da la <condición> se ejecuta la <expresión>, donde <expresión> puede ser cualquiera de las reglas anteriores
valor → enlace, pop	Al recibir un paquete con "valor" de etiqueta, quitar la etiqueta y reenviar por "enlace"

#### EJERCICIO 4. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 4 minutos

Basado la norma que deja obsoleta a la RFC 3036 sobre LDP, indique y explique brevemente para que sirve el mensaje **LDP notification**, dé un ejemplo.



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
TELEMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
ETSIIS TELECOMUNICACIÓN  
UPM

**SEÑALIZACIÓN Y CONMUTACIÓN**  
Examen extraordinario – Tema 3. MPLS – 1 de julio de 2022

APELLIDOS:

MESA:

NOMBRE:

DNI:

**Diciembre 2019**

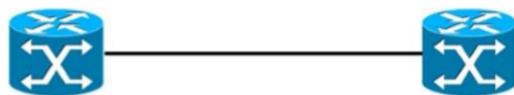
APELLIDOS: **Solución**

NOMBRE: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

**Duración 45 min. Las fechas de publicación de las calificaciones y de revisión se han notificado a través de Moodle.**

**EJERCICIO 1. Puntuación: 2 puntos. Tiempo estimado: 10 minutos**

- a) Describir las fases de adyacencia y mantenimiento de sesión del protocolo **LDP “Label Distribution Protocol”**. (1 punto)



- b) Explicar el “**Encaminamiento Explícito**” en MPLS (1 punto)