

ACTIVIDAD 10: MPLS



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

KEVIN NICOLÁS SIERRA GONZÁLEZ 20182020151

LUIS MIGUEL POLO 20182020158

YEISON ALEXANDER FARFAN PERALTA 20201020138

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

INGENIERÍA DE SISTEMAS

TELEINFORMATICA I

ANDRES ALEXANDER RODRIGUEZ FONSECA

2024-III

Objetivo

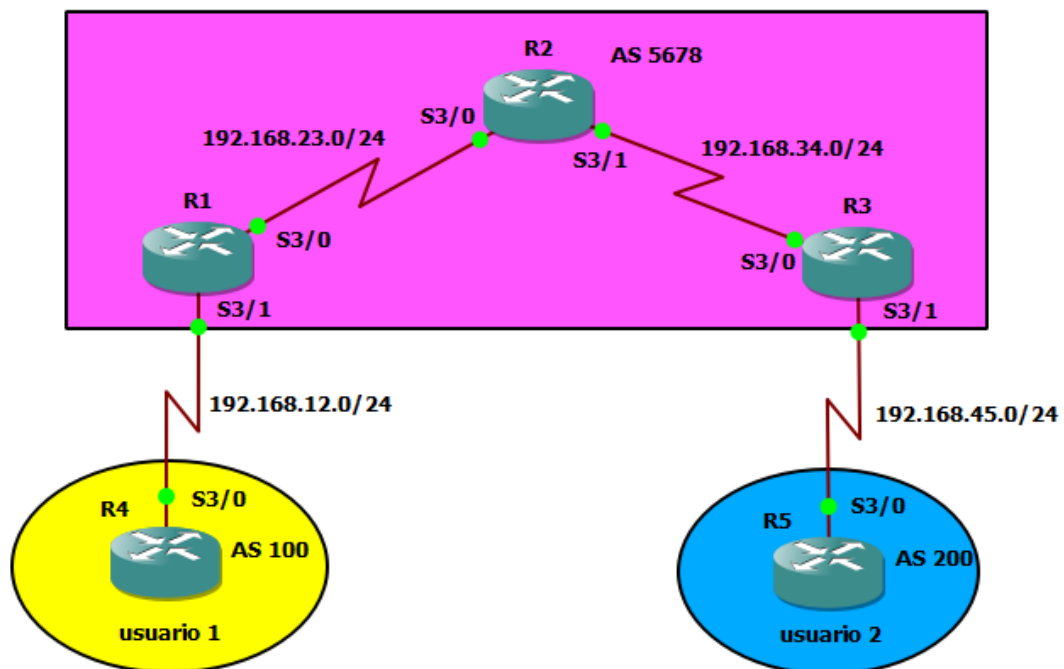
- Implementar los mecanismos de enrutamiento OSPF Y BGP en la topología asignada
- Realizar pruebas de conectividad y analizar el tráfico entre enlaces

Materiales

- Computador personal con acceso a Internet
- GNS3 usando el servidor GNSVM, router cisco IOS c7200

Procedimiento

Se monta la siguiente topología en GNS3, donde se establece tres sistemas autónomos: AS 5678, AS 100 y AS 200. AS 5678 (que está en recuadro fucsia) representa una compañía de telecomunicaciones, y tanto AS 100 como AS 200 (qué están en ovalos de color amarillo y azul, respectivamente) representan usuarios o redes de otro operador conectados a este servicio.



Se utiliza los mecanismos de direccionamiento estático y mecanismos de enrutamiento como OSPF y BGP para enrutar los mensajes

Para el protocolo OSPF, se establece un identificador para el enrutamiento, en este caso 1, y area 0.

Para el protocolo BGP, sólo se establece en los routers 1 y 3, es decir R1 y R3, ya que son routers de borde que comunican el Sistema Autónomo 5678 con el Sistema Autónomo 100 en el caso de R1 y con el Sistema Autónomo 200 en el caso de R3

Se implementa el protocolo MPLS para R1, R2 y R3

Configuración para el Router 1 (R1): Direccionamiento y enrutamiento OSPF

Se configura direccionamiento estático para las interfaces seriales que están directamente conectadas: serial 3/0 y serial 3/1; y una interfaz de loopback: Loopback0. Para la interfaz serial 3/0 se establece la dirección 192.168.12.2 que está en la red 192.168.12.0/24, para la interfaz serial 3/1 se establece la dirección 192.168.23.2 que está en la red 192.168.23.0/24 y la interfaz Loopback0 se establece la dirección 2.2.2.2 con máscara de red 255.255.255.255

Se configura enrutamiento con el protocolo OSPF, para esto se anuncian las redes anteriormente establecidas: La red 2.2.2.2 con wildcard 0.0.0.0 y la red 192.168.23.0 con wildcard 0.0.0.255. Todas estas redes son configuradas dentro del area 0

```
R1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
R1(config-if)#!
R1(config-if)#interface se3/1
R1(config-if)#ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
R1(config-if)#no sh
R1(config-if)#interface se3/0
R1(config-if)#ip address 192.168.23.2 255.255.255.0
R1(config-if)#no sh
R1(config-if)#!
R1(config-if)#exit
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
*Oct 20 11:31:21.603: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0,
changed state to up
R1(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
*Oct 20 11:31:22.787: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial3/1, changed state to up
*Oct 20 11:31:22.927: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial3/0, changed state to up
```

Configuración para el Router 2 (R2): Direccionamiento y enrutamiento OSPF

Se configura direccionamiento estático para las interfaces seriales que están directamente conectadas: serial 3/0 y serial 3/1; y una interfaz de loopback: Loopback0. Para la interfaz serial 3/0 se establece la dirección 192.168.23.3 que está en la red 192.168.23.0/24, para la interfaz serial 3/1 se establece la dirección 192.168.34.3 que está en la red 192.168.34.0/24 y la interfaz Loopback0 se establece la dirección 3.3.3.3 con máscara de red 255.255.255.255

Se configura enrutamiento con el protocolo OSPF, para esto se anuncian las redes anteriormente establecidas: La red 3.3.3.3 con wildcard 0.0.0.0; la red 192.168.23.0 con wildcard 0.0.0.255 y la red 192.168.34.0 con wildcard 0.0.0.255. Todas estas redes son configuradas dentro del area 0

```
R2#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R2(config)#interface Loopback0
R2(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
R2(config-if)#!
R2(config-if)#interface se3/1
R2(config-if)#ip address 192.168.34.3 255.255.255.0
R2(config-if)#no sh
R2(config-if)#interface se3/0
R2(config-if)#ip address 192.168.23.3 255.255.255.0
R2(config-if)#no sh
R2(config-if)#!
R2(config-if)#router ospf 1
R2(config-router)#network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#!
R2(config-router)#end
*Oct 20 11:31:38.423: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0
changed state to up
R2(config-router)#end
R2#
*Oct 20 11:31:40.375: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial3/1, changed state to up
*Oct 20 11:31:40.555: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Configuración para el Router 3 (R3): D irecccionamiento y enrutamiento OSPF

Se configura direccionamiento estático para las interfaces seriales que están directamente conectadas: serial 3/0 y serial 3/1; y una interfaz de loopback: Loopback0. Para la interfaz serial 3/0 se establece la dirección 192.168.34.4 que está en la red 192.168.34.0/24, para la interfaz serial 3/1 se establece la dirección 192.168.45.4 que está en la red 192.168.45.0/24 y la interfaz Loopback0 se establece la dirección 4.4.4.4 con máscara de red 255.255.255.255

Se configura enrutamiento con el protocolo OSPF, para esto se anuncian las redes anteriormente establecidas: La red 4.4.4.4 con wildcard 0.0.0.0 y la red 192.168.34.0 con wildcard 0.0.0.255. Todas estas redes son configuradas dentro del area 0

```

R3#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#interface Loopback0
R3(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
R3(config-if)#!
R3(config-if)#interface se3/1
R3(config-if)#ip address 192.168.45.4 255.255.255.0
R3(config-if)#no sh
R3(config-if)#interface se3/0
R3(config-if)#ip address 192.168.34.4 255.255.255.0
R3(config-if)#no sh
R3(config-if)#!
R3(config-if)#router ospf 1
R3(config-router)#network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 0
R3(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#
*Oct 20 11:33:46.335: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0,
changed state to up
R3(config-router)#
*Oct 20 11:33:47.727: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial3/1, changed state to up
*Oct 20 11:33:47.771: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial3/0, changed state to up

```

Configuración para el Router 1 (R1): sesión IBGP entre R1 y R3

Debido a que R1 es un router de borde también se configura enrutamiento por medio del protocolo BGP: se establece el identificador del Sistema Autónomo (AS) para el enrutamiento por BGP el cual es 5678, se configura con el comando log-neighbor-changes para mantener registros o logs que se van generando, para que el router se pueda comunicar con sus vecinos BGP dentro del mismo Sistema Autónomo se utiliza el comando neighbor 4.4.4.4 remote-as 5678, para que realice actualizaciones por medio de la interfaz de Loopback0 se configura con el comando neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0, se configura el siguiente salto al anunciarse a otros routers con BGP (como en este caso R3) pero con la dirección Loopback del router R3 para que otros routers con BGP puedan enrutar, esto se hace con el comando neighbor 4.4.4.4 next-hop-self

```

R1(config-router)#router bgp 5678
R1(config-router)#bgp log-neighbor-changes
R1(config-router)#neighbor 4.4.4.4 remote-as 5678
R1(config-router)#neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
R1(config-router)#neighbor 4.4.4.4 next-hop-self
R1(config-router)#
*Oct 20 11:36:47.739: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 4.4.4.4 Up

```

Configuración para el Router 3 (R3): sesión IBGP entre R3 y R1

Debido a que R3 es un router de borde también se configura enrutamiento por medio del protocolo BGP: se establece el identificador del Sistema Autónomo (AS) para el enrutamiento por BGP el cual es 5678, se configura con el comando log-neighbor-changes para mantener registros o logs que se van generando, para que el router se pueda comunicar con sus vecinos BGP dentro del mismo Sistema Autónomo se utiliza el comando neighbor 2.2.2.2 remote-as 5678, para que realice actualizaciones por medio de la interfaz de Loopback0 se configura con el comando neighbor 2.2.2.2

update-source Loopback0, se configura el siguiente salto al anunciarse a otros routers con BGP (como en este caso R1) pero con la dirección Loopback del router R1 para que otros routers con BGP puedan enrutar, esto se hace con el comando neighbor 2.2.2.2 next-hop-self

```
R3(config-router)#router bgp 5678
R3(config-router)#bgp log-neighbor-changes
R3(config-router)#neighbor 2.2.2.2 remote-as 5678
R3(config-router)#neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
R3(config-router)#neighbor 2.2.2.2 next-hop-self
R3(config-router)#
*Oct 20 11:34:47.627: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 2.2.2.2 Up
```

Configuración de MPLS en R1

Se implementa el multiprotocolo MPLS dentro de la interfaz serial 3/0 de R1 es decir la que comunica al Sistema Autónomo de telecomunicaciones con el siguiente comando:

R1(config-if)#mpls ip

```
R1(config-router)#interface se3/0
R1(config-if)#mpls ip
R1(config-if)#
*Oct 20 11:37:58.271: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 3.3.3.3:0 (1) is UP
```

Configuración de MPLS en R2

Se implementa el multiprotocolo MPLS dentro de la interfaz serial 3/0 de R2 y la interfaz serial 3/1; es decir, las que comunican al Sistema Autónomo de telecomunicaciones con los siguientes comandos:

Para la interfaz serial 3/0

R2(config-if)#mpls ip

Para la interfaz serial 3/1

R2(config-if)#mpls ip

```
R2(config)#interface se3/0
R2(config-if)#mpls ip
R2(config-if)#interface se3/1
R2(config-if)#mpls ip
R2(config-if)#
*Oct 20 11:37:18.471: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 2.2.2.2:0 (1) is UP
R2(config-if)#
*Oct 20 11:37:44.055: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 4.4.4.4:0 (2) is UP
```

Configuración de MPLS en R3

Se implementa el multiprotocolo MPLS dentro de la interfaz serial 3/0 de R3; es decir, la que comunica al Sistema Autónomo de telecomunicaciones con el siguiente comando:

R3(config-if)#mpls ip

```
R3(config)#interface se3/0
R3(config-if)#mpls ip
R3(config-if)#
*Oct 20 11:36:23.743: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 3.3.3.3:0 (1) is UP
```

Anuncio de la red por el protocolo BGP en R1

Para anunciar los usuarios del Sistema Autónomo 100 al router R1 (que es un router de borde) al Sistema Autónomo de telecomunicaciones se utiliza los siguientes comandos:

```
R1(config)#router bgp 5678
R1(config-router)#neighbor 192.168.12.1 remote-as 100
R1(config-router)#
*Oct 21 13:37:24.427: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial3/1, changed state to up
R1(config-router)#
*Oct 21 13:37:25.839: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 192.168.12.1 Up
```

Anuncio de la red por el protocolo BGP en R3

Para anunciar los usuarios del Sistema Autónomo 100 al router R1 (que es un router de borde) al Sistema Autónomo de telecomunicaciones se utiliza los siguientes comandos:

```
R3(config)#router bgp 5678
R3(config-router)#neighbor 192.168.45.5 remote-as 200
R3(config-router)#
*Oct 21 13:37:14.239: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial3/1, changed state to up
R3(config-router)#
*Oct 21 13:37:17.907: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 192.168.45.5 Up
```

Configuración para el Router 4 (R4): Direccionamiento y Enrutamiento por BGP

Se configura direccionamiento estático para la interfaz serial que está directamente conectadas: serial 3/0; y una interfaz de loopback: Loopback0. Para la interfaz serial 3/0 se establece la dirección 192.168.12.1 que está en la red 192.168.12.0/24, y la interfaz Loopback0 se establece la dirección 1.1.1.1 con máscara de red 255.255.255.255

Se configura enrutamiento con el protocolo BGP, con los siguientes comandos se establece el Sistema Autónomo 100, los registros o logs de la red y se anuncia esta red hacia afuera, es decir, hacia el Sistema Autónomo de telecomunicaciones 5678

```
R4#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
R4(config-if)#!
R4(config-if)#interface se3/0
R4(config-if)#ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
R4(config-if)#no sh
R4(config-if)#!
R4(config-if)#router bgp 100
R4(config-router)#bgp log-neighbor
*Oct 20 11:36:05.459: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0,
changed state to up-r-changes
R4(config-router)#network 1.1.1.1 mask 255.255.255.255
R4(config-router)#neighbor 192.168.12.2 remote-as 5678
R4(config-router)#!
R4(config-router)#end
R4#
*Oct 20 11:36:07.519: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial3/0, changed state to up
```

Configuración para el Router 5 (R5): Direccionamiento y Enrutamiento por BGP

Se configura direccionamiento estático para la interfaz serial que está directamente conectadas: serial 3/0; y una interfaz de loopback: Loopback0. Para la interfaz serial 3/0 se establece la dirección 192.168.45.5 que está en la red 192.168.45.0/24, y la interfaz Loopback0 se establece la dirección 5.5.5.5 con máscara de red 255.255.255.255

Se configura enrutamiento con el protocolo BGP, con los siguientes comandos se establece el Sistema Autónomo 200, los registros o logs de la red y se anuncia esta red hacia afuera, es decir, hacia el Sistema Autónomo de telecomunicaciones 5678

```
R5#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R5(config)#interface Loopback0
R5(config-if)#ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
R5(config-if)#!
R5(config-if)#interface se3/0
R5(config-if)#ip address 192.168.45.5 255.255.255.0
R5(config-if)#no sh
R5(config-if)#!
R5(config-if)#router bgp 200
R5(config-router)#bgp log-neighbor-changes
R5(config-router)#network 5.5.5.5 mask 255.255.255.255
R5(config-router)#neighbor 192.168.45.4 remote-as 5678
R5(config-router)#!
R5(config-router)#end
```

Prueba de conectividad de la red: usuarios R4 y R5

Con el comando ping del protocolo ICMP se hace una prueba de conectividad entre el usuario R4 del Sistema Autónomo 100 y R5 del Sistema Autónomo 200, el comando utilizado es:

R4#ping 5.5.5.5 source lo 0

```
R4#ping 5.5.5.5 source lo 0
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 5.5.5.5, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 1.1.1.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 108/116/132 ms
R4#
```

Capturas

Entre el Router R4 y Router R1: Protocolo BGP

En la captura se destacan diferentes tipos de protocolos. El TCP es utilizado para establecer conexiones confiables entre la fuente y el destino, permitiendo la transferencia de datos con confirmaciones (ACK). También se observan mensajes del protocolo BGP (Border Gateway Protocol), que se utiliza en redes grandes como internet para intercambiar rutas entre routers. Los paquetes resaltados como "KEEPALIVE" son usados para mantener una sesión activa entre routers BGP, asegurando que las rutas sigan siendo válidas.

En la sección inferior, se muestran los detalles del paquete seleccionado (número 9), que es un mensaje BGP KEEPALIVE entre dos direcciones IP (192.168.12.1 y 192.168.12.2). Este mensaje es esencial para mantener viva la sesión BGP entre routers, y su longitud es de 63 bytes. El mensaje incluye un marcador especial que es parte del estándar BGP para garantizar la continuidad de la sesión. Además, el paquete se desglosa en formato hexadecimal y ASCII, lo que permite ver los detalles de la estructura del paquete a nivel de bits.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
2	2.609061	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
3	9.999054	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
4	12.609...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
5	19.984...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
6	22.604...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
7	23.541...	N/A	N/A	CDP	321	Device ID: R1 Port ID: Serial3
8	26.536...	N/A	N/A	CDP	321	Device ID: R4 Port ID: Serial3
9	27.604...	192.168.12.1	192.168.12.2	BGP	63	KEEPALIVE Message
10	27.791...	192.168.12.2	192.168.12.1	TCP	44	179 → 62413 [ACK] Seq=1 Ack=20
11	29.698...	192.168.12.2	192.168.12.1	BGP	63	KEEPALIVE Message
12	29.932...	192.168.12.1	192.168.12.2	TCP	44	62413 → 179 [ACK] Seq=20 Ack=20
13	29.995...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
14	32.609...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequen
15	33.531...	1.1.1.1	5.5.5.5	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x000a,
16	33.625...	5.5.5.5	1.1.1.1	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x000a,
17	33.640...	1.1.1.1	5.5.5.5	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x000a,
18	33.758...	5.5.5.5	1.1.1.1	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x000a,
19	33.765...	1.1.1.1	5.5.5.5	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x000a,

> Frame 9: 63 bytes on wire (504 bits), 63 bytes captured (504 bits) on interface -, id 0

> Cisco HDLC

> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.12.1, Dst: 192.168.12.2

> Transmission Control Protocol, Src Port: 62413, Dst Port: 179, Seq: 1, Ack: 1, Len: 19

▼ Border Gateway Protocol - KEEPALIVE Message

Marker: #

Length: 19

Type: KEEPALIVE Message (4)

0000 0f 00 00 00 45 c0 00 3b c1 1a 40 00 01 06 1e 8fE.;.0....

0010 c0 a8 0c 01 c0 a8 0c 02 f3 cd 00 b3 73 ca e1 805.....

0020 b0 0d 38 f4 50 18 3e b3 a0 d1 00 00 1a 1a 1a 1a8.P.;.....

0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0000 13 04

Entre el Router R4 y Router R1: Protocolo ICMP

El paquete número 15 tiene como dirección de origen la IP 1.1.1.1 y como destino la IP 5.5.5.5, utilizando el protocolo ICMP con un tamaño total de 104 bytes. Esta solicitud de "ping" está destinada a verificar si el host en la dirección 5.5.5.5 está activo y disponible para recibir y responder paquetes.

En la parte intermedia, se detallan las propiedades específicas del paquete ICMP. Se especifica que el tipo del paquete es 8, lo que corresponde a un Echo Request, una solicitud de eco para el ping. El Checksum del paquete está marcado como correcto, lo que significa que la integridad del paquete fue verificada. También se incluye un Identificador (ID) de 2560 y un Número de secuencia igual a 0. Estos valores permiten asociar las respuestas con las solicitudes correspondientes, ayudando a rastrear el estado de la solicitud de ping.

En la parte inferior, se muestra el contenido del paquete en formato hexadecimal y ASCII. Aquí se puede ver el cuerpo del mensaje, que en este caso incluye una secuencia de datos repetitiva (abcdabcdabcd...). Estos datos son enviados en el paquete ICMP y no

[illegible]

Se destaca el paquete número 11, que es el foco del análisis. Este paquete tiene una dirección de origen 192.168.23.3 y una dirección de destino 224.0.0.2, un grupo de multidifusión. El protocolo utilizado es LDP y la longitud del paquete es de 66 bytes. El mensaje es un Hello Message, que forma parte del proceso de descubrimiento entre routers para establecer una sesión LDP.

El Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP), en su versión 1, tiene un PDU (Protocol Data Unit) de 30 bytes. El mensaje que se intercambia es un Hello Message, que es el primer paso en la configuración de una sesión LDP entre routers. Este mensaje tiene una longitud de 20 bytes e incluye varios parámetros importantes, como la IPv4 Transport Address, que ayuda a establecer la conexión entre los dispositivos de la red. El identificador de router, 3.3.3.3, y el Label Space ID se utilizan para identificar de manera única al router en la red.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7	5.23...	4.4.4.4	2.2.2.2	BGP	63	KEEPALIVE Message
8	5.42...	2.2.2.2	4.4.4.4	TCP	48	179 → 52240 [ACK] Seq=
9	7.82...	192.168.23.2	224.0.0.5	OSPF	84	Hello Packet
10	8.11...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoi
11	9.25...	192.168.23.3	224.0.0.2	LDP	66	Hello Message
12	9.53...	192.168.23.2	224.0.0.2	LDP	66	Hello Message
13	11.4...	3.3.3.3	2.2.2.2	LDP	62	Keep Alive Message

> Frame 11: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits) on interface -, id 0

> Cisco HDLC

> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.23.3, Dst: 224.0.0.2

▼ User Datagram Protocol, Src Port: 646, Dst Port: 646

Source Port: 646

Destination Port: 646

Length: 42

Checksum: 0x2d89 [unverified]

[Checksum Status: Unverified]

[Stream index: 1]

> [Timestamps]

UDP payload (34 bytes)

▼ Label Distribution Protocol

Version: 1

PDU Length: 30

LSR ID: 3.3.3.3

Label Space ID: 0

▼ Hello Message

0... = U bit: Unknown bit not set

Message Type: Hello Message (0x100)

Message Length: 20

Message ID: 0x00000000

> Common Hello Parameters

> IPv4 Transport Address

Entre el Router R2 y Router R3: Protocolo LDP

En la captura de red se selecciona un paquete que utiliza el protocolo LDP (Label Distribution Protocol), usado en redes MPLS para distribuir etiquetas entre routers. El paquete es un Hello Message enviado desde 192.168.34.3 a la dirección multicast 224.0.0.2, con un LSR ID de 3.3.3.3 y un tiempo de espera (Hold Time) de 15 segundos. No se requieren hellos periódicos, y el GTSM Flag no está activado.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.00...	192.168.34.3	224.0.0.2	LDP	66	Hello Message
2	0.83...	192.168.34.4	224.0.0.5	OSPF	84	Hello Packet
3	1.42...	192.168.34.4	224.0.0.2	LDP	66	Hello Message
4	3.32...	192.168.34.3	224.0.0.5	OSPF	84	Hello Packet
5	3.45...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 219, return sequence 220


```

> Frame 1: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits) on interface -, id 0
> Cisco HDLC
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.34.3, Dst: 224.0.0.2
> User Datagram Protocol, Src Port: 646, Dst Port: 646
▼ Label Distribution Protocol
  Version: 1
  PDU Length: 30
  LSR ID: 3.3.3.3
  Label Space ID: 0
  ▼ Hello Message
    0... .... = U bit: Unknown bit not set
    Message Type: Hello Message (0x100)
    Message Length: 20
    Message ID: 0x00000000
    ▼ Common Hello Parameters
      00.. .... = TLV Unknown bits: Known TLV, do not Forward (0x0)
      TLV Type: Common Hello Parameters (0x400)
      TLV Length: 4
      Hold Time: 15
      0... .... = Targeted Hello: Link Hello
      .0.. .... = Hello Requested: Source does not request periodic hellos
      > ..0. .... = GTSM Flag: Not set
      ...0 0000 0000 0000 = Reserved: 0x0000
    ▼ IPv4 Transport Address
      00.. .... = TLV Unknown bits: Known TLV, do not Forward (0x0)
      TLV Type: IPv4 Transport Address (0x401)
      TLV Length: 4
      IPv4 Transport Address: 3.3.3.3
  
```

Entre el Router R3 y Router R5: Protocolo BGP

La captura de red muestra un paquete BGP con un mensaje KEEPALIVE, utilizado para mantener activa la sesión BGP entre dos routers (192.168.45.4 y 192.168.45.5), encapsulado en TCP sobre el puerto 179, con números de secuencia y acuse de recibo en 1, y un tamaño de ventana de 15481 bytes.

El paquete KEEPALIVE confirma que la conexión está viva sin intercambiar rutas. Además, se observan paquetes de SLARP (Serial Line Address Resolution Protocol) que monitorizan la actividad de las conexiones seriales mediante mensajes de "line keepalive", y un paquete de CDP (Cisco Discovery Protocol) que comparte información de red, como el Device ID (R3) y el puerto serial involucrado (Serial13/1). Estos protocolos aseguran el correcto funcionamiento y monitoreo de la infraestructura de red.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.00...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 247, returned sequence 165
2	3.72...	N/A	N/A	CDP	321	Device ID: R3 Port ID: Serial3/1
3	10.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 248, returned sequence 165
4	11.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 166, returned sequence 248
5	20.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 249, returned sequence 166
6	23.1...	192.168.45.4	192.168.45.5	BGP	63	KEEPALIVE Message
7	23.3...	192.168.45.5	192.168.45.4	TCP	44	179 → 23167 [ACK] Seq=1 Ack=20 Win=15481 Len=0
8	25.1...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 167, returned sequence 249
9	30.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 250, returned sequence 167

> Frame 6: 63 bytes on wire (504 bits), 63 bytes captured (504 bits) on interface -, id 0
 > Cisco HDLC
 > Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.45.4, Dst: 192.168.45.5
 > Transmission Control Protocol, Src Port: 23167, Dst Port: 179, Seq: 1, Ack: 1, Len: 19
 ✓ Border Gateway Protocol - KEEPALIVE Message
 Marker: ffffffffffffffffffffffffffffffff
 Length: 19
 Type: KEEPALIVE Message (4)

Entre el Router R3 y Router R5: Protocolo ICMP

La captura de red muestra un paquete ICMP Echo Reply, que es una respuesta a una solicitud de ping, confirmando que el nodo de destino, con dirección 1.1.1.1, está activo y disponible. El paquete proviene de la dirección de origen 5.5.5.5 y tiene un tiempo de respuesta de 15.626 ms, lo que indica el tiempo que tardó en llegar el mensaje de ida y vuelta. El checksum (0x5393) ha sido verificado como correcto, asegurando la integridad del paquete. Los campos de identificador (12) y número de secuencia (0) permiten rastrear y emparejar este paquete de respuesta con la solicitud original. Además, el paquete contiene 72 bytes de datos, con un patrón repetitivo de caracteres, que es común en las pruebas de ping para garantizar que los datos se transmiten correctamente.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.00...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 247, returned
2	3.72...	N/A	N/A	CDP	321	Device ID: R3 Port ID: Serial3/1
3	10.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 248, returned
4	11.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 166, returned
5	20.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 249, returned
6	23.1...	192.168.45.4	192.168.45.5	BGP	63	KEEPALIVE Message
7	23.3...	192.168.45.5	192.168.45.4	TCP	44	179 → 23167 [ACK] Seq=1 Ack=20 Win=15481 Len=0
8	25.1...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 167, returned
9	30.0...	N/A	N/A	SLARP	24	Line keepalive, outgoing sequence 250, returned
10	33.5...	1.1.1.1	5.5.5.5	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x000c, seq=0/0, ttl=25
11	33.5...	5.5.5.5	1.1.1.1	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x000c, seq=0/0, ttl=25
12	33.6...	1.1.1.1	5.5.5.5	TCP	104	Echo (ping) request id=0x000c, seq=1/256, ttl=25

> Frame 11: 104 bytes on wire (832 bits), 104 bytes captured (832 bits) on interface -, id 0
 > Cisco HDLC
 > Internet Protocol Version 4, Src: 5.5.5.5, Dst: 1.1.1.1
 > Internet Control Message Protocol

Type: 0 (Echo (ping) reply)
 Code: 0
 Checksum: 0x5393 [correct]
 [Checksum Status: Good]
 Identifier (BE): 12 (0x000c)
 Identifier (LE): 3072 (0x0c00)
 Sequence Number (BE): 0 (0x0000)
 Sequence Number (LE): 0 (0x0000)
[\[Request frame: 10\]](#)
 [Response time: 15,626 ms]

 > Data (72 bytes)

Data: 0000000000273284abcdababcdababcdababcdababcdababcdababcdababcdababcd...
 [Length: 72]

Preguntas

¿Qué información lleva la capa MPLS?

La capa MPLS contiene una etiqueta que facilita el reenvío eficiente de los paquetes en la red sin necesidad de realizar una búsqueda de rutas tradicional en cada salto. Los principales elementos que se incluyen son:

- **Etiqueta (Label):** Un identificador único que determina el camino que seguirá el paquete.
- **Clase de Servicio (EXP):** Tres bits que permiten la priorización de paquetes, implementando QoS (Quality of Service).
- **Bit de Pila (S):** Indica si es la última etiqueta en la pila.
- **Tiempo de Vida (TTL):** Limita el número de saltos permitidos para el paquete, similar al TTL de IP.

La tecnología MPLS está situada entre la capa 2 (enlace de datos) y la capa 3 (red) del modelo OSI, y permite la conmutación basada en etiquetas para diferentes tipos de tráfico (IPv4, IPv6, etc.) sin la necesidad de análisis complejos de las tablas de enrutamiento [1].

Detalle los campos de la cabecera MPLS de tramas que hablan entre sí.

La cabecera MPLS está compuesta por cuatro campos principales:

- **Label (20 bits):** El campo más importante, utilizado para identificar el FEC (Forwarding Equivalence Class) al que pertenece el paquete. Determina qué ruta debe tomar el paquete en la red MPLS.
- **EXP (3 bits):** Se usa para la implementación de Calidad de Servicio (QoS). Los bits EXP son utilizados para asignar la prioridad en la red, lo que asegura que ciertos paquetes tengan preferencia sobre otros.
- **S (1 bit):** Este bit indica si la etiqueta actual es la última en la pila (End of Stack). Si este bit está activado, significa que no hay más etiquetas en el paquete y el siguiente encabezado a ser interpretado es IP.
- **TTL (8 bits):** Este campo define el tiempo de vida del paquete, disminuyendo en cada salto que toma. Si llega a cero, el paquete es descartado, evitando así bucles en la red [2].

Realice una traza desde el usuario 1 al 2 y describa la información recibida.

```
R4
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 112/120/124 ms
R4#tracert 5.5.5.5 source 10 0
    ^
% Invalid input detected at '^' marker.

R4#traceroute 5.5.5.5 source 10 0

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 5.5.5.5

 0  192.168.12.2  148 msec  88 msec  92 msec
 1  192.168.23.3  [MPLS: Label 17 Exp 0]  548 msec  104 msec  76 msec
 2  192.168.34.4  120 msec  48 msec  120 msec
 3  192.168.45.5  528 msec  156 msec  120 msec
R4#
```

Primero dirige los paquetes hacia R1 a su interfaz serial con dirección 192.168.12.2, luego los paquetes son encapsulados por medio del protocolo MPLS hacia R2 a su interfaz serial con dirección 192.168.23.3 marcándolo con un Label, luego estos paquetes son enviados a R3 a su interfaz serial con dirección 192.168.34.4 y finalmente llegan a su destino, es decir, a la interfaz serial de R5 cuya dirección es 192.168.45.5

Usando el comando (# show mpls forwarding-table) en R1 ¿Qué información recibe y cómo la interpreta?

```
R1#show mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop Label	3.3.3.3/32	0	Se3/0	point2point
17	17	4.4.4.4/32	0	Se3/0	point2point
18	Pop Label	192.168.34.0/24	0	Se3/0	point2point

El comando `show mpls forwarding-table` proporciona una tabla de reenvío de etiquetas MPLS (Label Forwarding Information Base - LFIB) en el router R1. Esta tabla muestra cómo se manejan los paquetes MPLS en el router, indicando qué etiquetas son asignadas a los paquetes entrantes y cómo deben ser reenviados.

- **Local Label:** Es la etiqueta MPLS que el router R1 espera en los paquetes entrantes.
- **Outgoing Label:** Es la etiqueta MPLS que R1 coloca en los paquetes antes de enviarlos.
- **Prefix or Tunnel Id:** Muestra la dirección de destino (prefijo) o el ID del túnel MPLS asociado.
- **Bytes Switched:** Indica la cantidad de bytes que han pasado a través de esta entrada.
- **Outgoing Interface:** Es la interfaz de salida por la cual el paquete será enviado.
- **Next Hop:** Muestra la siguiente dirección IP hacia donde el paquete será enviado.

Usando el comando (`# show ip cef`) en R1 ¿Qué información recibe y cómo la interpreta?

```
R1#show ip cef
```

Prefix	Next Hop	Interface
0.0.0.0/0	no route	
0.0.0.0/8	drop	
0.0.0.0/32	receive	
1.1.1.1/32	192.168.12.1	Serial3/1
2.2.2.2/32	receive	Loopback0
3.3.3.3/32	192.168.23.3	Serial3/0
4.4.4.4/32	192.168.23.3	Serial3/0
5.5.5.5/32	192.168.23.3	Serial3/0
127.0.0.0/8	drop	
192.168.12.0/24	attached	Serial3/1
192.168.12.0/32	receive	Serial3/1
192.168.12.2/32	receive	Serial3/1
192.168.12.255/32	receive	Serial3/1
192.168.23.0/24	attached	Serial3/0
192.168.23.0/32	receive	Serial3/0
192.168.23.2/32	receive	Serial3/0
192.168.23.255/32	receive	Serial3/0
192.168.34.0/24	192.168.23.3	Serial3/0
224.0.0.0/4	drop	
224.0.0.0/24	receive	
240.0.0.0/4	drop	
255.255.255.255/32	receive	

El comando `show ip cef` proporciona la tabla de reenvío de CEF (Cisco Express Forwarding) del router R1. Esta tabla muestra las rutas IP y cómo deben ser reenviadas a través del router.

- **Prefix:** Es la dirección IP de destino que está siendo encaminada.
- **Next Hop:** Es la dirección IP del siguiente salto hacia el destino.
- **Interface:** Es la interfaz de salida por la cual el paquete será enviado.

Usando el comando (# show ip cef 5.5.5.5) en R1 ¿Qué información recibe y cómo la interpreta?

```
R1#show ip cef 5.5.5.5
5.5.5.5/32
  nexthop 192.168.23.3 Serial3/0 label 17
```

El comando show ip cef 5.5.5.5 proporciona información específica de la ruta para la dirección IP 5.5.5.5 en la tabla de CEF de R1.

- **Prefix:** 5.5.5.5/32 es la dirección IP de destino específica que se está consultando.
- **Nexthop:** 192.168.34.5 es la dirección IP del siguiente salto hacia el destino 5.5.5.5.
- **Interface:** Se0/1/1 es la interfaz de salida por la cual el paquete será enviado.

Referencias

[1] E. Rosen, A. Viswanathan, y R. Callon, “Multiprotocol Label Switching Architecture,” *RFC 3031*, 2001. [En línea]. Disponible: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3031>.

[2] T. Li, “MPLS Label Stack Encoding,” *RFC 3032*, 2001. [En línea]. Disponible: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3032>.