

# 1. Guión OSPF

**Alumnos:** Luis Blazquez Miñambres 70910465Q

**Samuel Gómez Sánchez 45136357F**

**Nombre de la práctica:** OSPF

**Asignatura:** Redes de Computadores II

**Fecha:** 26 – 04 - 2019

**Duración estimada de la práctica:** 2 sesiones de 2h.

## 1.1. Cómo realizar un buen informe

- Al ir realizando todas las actividades que se proponen se han de documentar todos los pasos, adjuntando las órdenes (comandos o actividades) realizadas junto con las capturas de pantalla de su ejecución, explicando siempre la salida obtenida. No es suficiente con una captura de pantalla sin texto que acompañe a la imagen y lo contrario tampoco; es decir, adjuntar la orden (o comando) sin aportar prueba alguna de que se ejecutó realmente y sin una interpretación de la salida o resultado obtenido.
- En el informe se ha demostrar que se han realizado y entendido todas las actividades propuestas.
- En la entrega de la práctica se han de adjuntar todos los ficheros auxiliares que hayan sido utilizados y que no se incluyan en el informe. Por ejemplo: el escenario final

obtenido, los ficheros de capturas del tráfico de red, scripts realizados para automatizar tareas, etc.

- **Contestar en color verde para diferenciar claramente las respuestas del enunciado.**

## 1.2.

## 1.3. Introducción

En el fichero *RIPOSPF.rar* está definida una red como la que se muestra en la Figura 1. Descomprime el fichero de configuración del escenario *RIPOSPF.rar* en la carpeta correspondiente de GNS3.

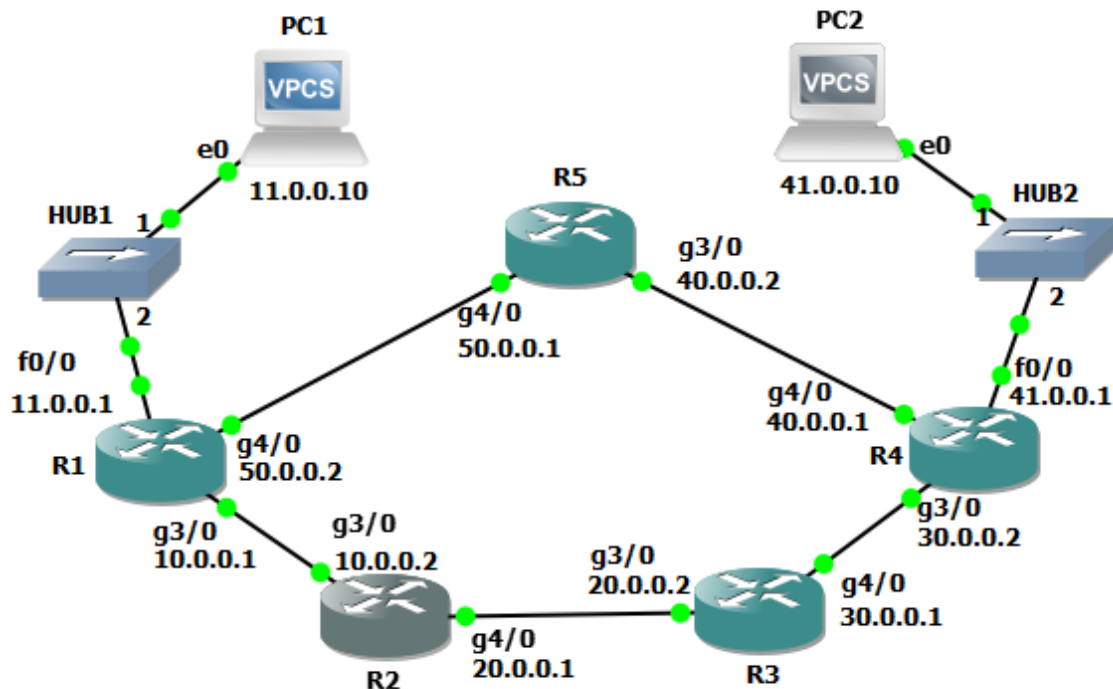



Figura 1: Escenario RIP y OSPF

Arranca todas las máquinas  y abre una consola con cada una de ellas (orden `consolas`). Los equipos PC1 y PC2 tienen rutas por defecto a R1 y R4 respectivamente. Los *routers* no tienen configurada ninguna ruta, salvo la de las subredes a las que están directamente conectados.

En los siguientes apartados se configurará OSPF en cada *router* para que las tablas de encaminamiento permitan alcanzar cualquier punto de la red. Todos ellos estarán dentro de la misma área, luego los configuraremos con identificador de área igual a 1.

## 1.4. Activación de R1

1. Para observar los mensajes que envíe R1 cuando se active RIP, arranca *wireshark* en todos los enlaces de R1. A continuación, configura OSPF en el encaminador R1 para que su identificador de *router* sea la mayor de sus direcciones IP y exporte las rutas hacia las tres redes a las que está conectado.

```
config t
router ospf 1
network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 1
network 11.0.0.0 255.0.0.0 area 1
network 50.0.0.0 255.0.0.0 area 1
router-id 50.0.0.2
NOTA añadir: auto-cost reference-bandwidth 1000
exit
exit
wr
```

Activa la depuración de los mensajes ospf: `debug ip ospf events`

Espera un minuto aproximadamente e interrumpe las capturas.

Interrompe también los mensajes de depuración: `no debug ip ospf events`

2. Analiza el comportamiento de R1 estudiando las capturas del tráfico y los mensajes de depuración para responder a las siguientes preguntas:

**El router intenta descubrir routers OSPF vecinos enviando un mensaje HELLO cada 10s.**

19	161.429605	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
21	171.434869	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
23	181.440132	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
25	191.433426	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
27	201.426722	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
30	211.442954	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
32	221.424281	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
34	231.418573	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
36	241.434806	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
38	251.440067	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
40	261.443337	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
43	271.425660	11.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet

*Imagen 1.4\_2.1: Captura de mensajes de Wireshark en la interfaz eth0 de R1*

- ▼ Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.1, Dst: 224.0.0.5
  - 0100 .... = Version: 4
  - .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  - > Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
  - Total Length: 76
  - Identification: 0x0002 (2)
  - > Flags: 0x0000
  - Time to live: 1
  - Protocol: OSPF IGP (89)
  - Header checksum: 0xcd91 [validation disabled]
  - [Header checksum status: Unverified]
  - Source: 11.0.0.1
  - Destination: 224.0.0.5
- ▼ Open Shortest Path First
  - ▼ OSPF Header
    - Version: 2
    - Message Type: Hello Packet (1)
    - Packet Length: 44
    - Source OSPF Router: 50.0.0.2
    - Area ID: 0.0.0.1
    - Checksum: 0xba9b [correct]
    - Auth Type: Null (0)
    - Auth Data (none): 0000000000000000
  - ▼ OSPF Hello Packet
    - Network Mask: 255.0.0.0
    - Hello Interval [sec]: 10
    - > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    - Router Priority: 1
    - Router Dead Interval [sec]: 40
    - Designated Router: 0.0.0.0
    - Backup Designated Router: 0.0.0.0
  - ▼ OSPF LLS Data Block
    - Checksum: 0xffff6
    - LLS Data Length: 12 bytes
    - ▼ Extended options TLV
      - TLV Type: 1
      - TLV Length: 4
      - > Options: 0x00000001, (LR) LSDB Resynchronization

Imagen 1.4\_2.2: Contenido de los mensajes de Wireshark en la interfaz eth0 de R1

24	123.099038	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
26	133.103305	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
28	143.097597	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
31	153.091890	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
34	163.107123	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
37	173.111388	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
40	183.083743	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
43	193.088007	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
45	203.092270	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
47	213.086563	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
50	223.080855	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
52	233.085121	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
56	243.078415	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
58	253.071708	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet

Imagen 1.4\_2.3: Captura de mensajes de Wireshark en la interfaz eth3 de R1

24	123.099038	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
26	133.103305	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
28	143.097597	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
31	153.091890	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
34	163.107123	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
37	173.111388	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
40	183.083743	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
43	193.088007	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
45	203.092270	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
47	213.086563	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
50	223.080855	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
52	233.085121	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
56	243.078415	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet
58	253.071708	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90	Hello Packet

*Imagen 1.4\_2.4: Captura de mensajes de Wireshark en la interfaz eth4 de R1*

**R1#debug ip ospf events**

R1#

\*Mar 30 13:20:18.455: OSPF: end of Wait on interface GigabitEthernet4/0

\*Mar 30 13:20:18.455: OSPF: DR/BDR election on GigabitEthernet4/0

\*Mar 30 13:20:18.455: OSPF: Elect BDR 50.0.0.2

\*Mar 30 13:20:18.455: OSPF: Elect DR 50.0.0.2

\*Mar 30 13:20:18.455: OSPF: **Elect BDR 0.0.0.0**

\*Mar 30 13:20:18.459: OSPF: **Elect DR 50.0.0.2**

\*Mar 30 13:20:18.459: **DR: 50.0.0.2 (Id) BDR: none**

\*Mar 30 13:20:18.459: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 50.0.0.2

R1#

\*Mar 30 13:20:21.379: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.1

R1#

\*Mar 30 13:20:24.423: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on FastEthernet0/0 from 11.0.0.1

R1#

\*Mar 30 13:20:28.459: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 50.0.0.2

R1#

\*Mar 30 13:20:31.379: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.1

```
R1#
*Mar 30 13:20:34.423: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on FastEthernet0/0 from 11.0.0.1
R1#
*Mar 30 13:20:38.459: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 50.0.0.2
R1#
*Mar 30 13:20:41.379: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.1
R1#
*Mar 30 13:20:44.423: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on FastEthernet0/0 from 11.0.0.1
R1#
*Mar 30 13:20:48.459: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 50.0.0.2
R1#
*Mar 30 13:20:51.379: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.1
R1#
*Mar 30 13:20:54.423: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on FastEthernet0/0 from 11.0.0.1
R1#
*Mar 30 13:20:58.459: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 50.0.0.2
R1#
*Mar 30 13:21:01.379: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.1
R1#
*Mar 30 13:21:04.423: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on FastEthernet0/0 from 11.0.0.1
```

3. Observa los mensajes *HELLO* que se envían al arrancar OSPF en R1 y analízalos utilizando *wireshark*.
  - a. ¿Cada cuánto tiempo se envían dichos mensajes? Observa si coincide con el valor del campo *HELLO Interval* de los mensajes.

**RESPUESTA:** se envían cada 10s y en efecto ese es el tiempo que aparece indicado en la cabecera de los paquetes de OSPF.

- b. Comprueba que el campo *Area ID* se corresponde con el identificador de área que has configurado.

**RESPUESTA:** así es. El área configurada es el área 1 y en la cabecera aparece así indicado como '0.0.0.1'.

- c. Comprueba que el identificador del *router* se corresponde con el que has configurado mirando el campo *Source OSPF Router* de la cabecera obligatoria de OSPF en los mensajes *HELLO*. Comprueba que este identificador es el mismo para los mensajes enviados por cualquiera de las interfaces de R1, aunque los mensajes se envíen con dirección IP origen diferente (cada mensaje llevará como dirección IP origen la de la interfaz de red de R1 por la que se envíe).

**RESPUESTA:** el identificador de router, 50.0.0.2, es correctamente el que aparece en la cabecera de los mensajes *HELLO*; este identificador aparece en efecto en cualquier interfaz de modo análogo a como aparece en la *Imagen 2.2* de la interfaz *eth0*.

- d. Observa el valor de los campos *DR* y *BDR* en los primeros mensajes *HELLO*. ¿Qué ocurre con dichos campos transcurridos 40 segundos después del primer mensaje *HELLO*? ¿Por qué?

**RESPUESTA:** los campos *Designated Router* ('Router designado') y *Backup Designated Router* ('Router designado de respaldo') indican qué router se ha seleccionado para salir del área. Esos campos están a 0 al principio, dado que aún no se ha seleccionado un router designado. Transcurridos 40 segundos, se selecciona el router designado de la subred. Dado que en este caso, el único router OSPF de la red es el router configurado R1, necesariamente se selecciona a R1 como router designado. En caso de que hubiera otros routers, el estándar indica que se debe seleccionar el que tenga mayor prioridad (campo *Router priority* de la cabecera de los mensajes *HELLO*) y en caso de empate, mayor identificador.

4. ¿Se observan en las capturas mensajes *DB Description* o *LS Update*? ¿Por qué?

**RESPUESTA:** no se observan, como es de esperar. Los mensajes *DB Description* son mensajes iniciales unicast que intercambian dos routers para dar a conocer los LSA almacenados en sus bases de datos. Dado que hay un único router OSPF en la red, no tiene con quién intercambiar información.

Por su parte, excepto cambios en la topología, los routers OSPF únicamente envían mensajes HELLO. Dado que no hay cambios en la subred, ningún mensaje *LS Update* es generado.

5. ¿Debería haber aprendido alguna ruta R1? Compruébalo consultando la tabla de encaminamiento mediante la orden `show ip route`. Incluye aquí la salida.

**RESPUESTA:** por el mismo razonamiento que en la pregunta anterior, dado que R1 es el único router OSPF en la red, no recibe información de ningún otro router para construir su LSDB, de modo que no aprende ninguna ruta.

```
Gateway of last resort is not set

C    50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
C    10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
C    11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
R1#
```

*Imagen 1.4\_5: Tabla de rutas del router R1 con la orden 'show ip route'*

6. Consulta la información de los vecinos que ha conocido R1 a través de los mensajes *HELLO* recibidos mediante: `show ip ospf neighbor`. Incluye y comenta la salida obtenida.

**RESPUESTA:** la salida es nula, debido a lo ya explicado en las preguntas 4 y 5.

```
R1#show ip ospf neighbor
R1#
```

*Imagen 1.4\_6: Salida de la orden 'show ip ospf neighbor'*

7. Consulta la información de la base de datos de *Router Link States* de R1 con: `show ip ospf database router`. Incluye y comenta la salida obtenida.

**RESPUESTA:** la única información que encontramos en este momento en la base de datos del router es información sobre la 'edad' del router R1 (que se reactivará si no se actualiza tras 60 min), identificador del estado de enlace, el número de secuencia del último LSU, etc., además de los enlaces de que dispone el router, en los cuales no aparece más información que su dirección IP y su máscara.



```

R1#show ip ospf database router

      OSPF Router with ID (50.0.0.2) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 1)

LS age: 1788
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 50.0.0.2
Advertising Router: 50.0.0.2
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x3A24
Length: 60
Number of Links: 3

  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 50.0.0.0
    (Link Data) Network Mask: 255.0.0.0
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 11.0.0.0
    (Link Data) Network Mask: 255.0.0.0
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 10.0.0.0
    (Link Data) Network Mask: 255.0.0.0
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

```

Imagen 1.4\_7: Información de la base de datos del router OSPF con la orden 'show ip ospf database router'

8. Consulta la información de la base de datos de *Network Link States* de R1 con: `show ip ospf database network`. Incluye y comenta la salida obtenida.

**RESPUESTA:** dado que no hay otros routers OSPF en la misma subred, como ya se ha señalado, no hay información sobre la topología de esta, de modo que la salida es nula.

```

R1#show ip ospf database network

      OSPF Router with ID (50.0.0.2) (Process ID 1)

```

Imagen 1.4\_6: Salida de la orden 'show ip ospf neighbor'

## 1.5. Activación de R2

Para observar los mensajes que envíe R2 cuando se active OSPF, y los que envíe R1 a consecuencia de la activación de R2, arranca *wireshark* en los enlaces de R2 con R1 y R3 y en el enlace de R1 con R5.

A continuación, configura OSPF en el encaminador R2 para que su identificador de *router* sea la mayor de sus direcciones IP y para que exporte las rutas hacia las dos redes a las que está conectado. Incluye aquí las órdenes:

### RESPUESTA:

```
R2#enable
```

```
R2#config t
```

```
R2(config)#router ospf 1
```

```
R2(config-router)#network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 1
```

```
R2(config-router)#network 20.0.0.0 255.0.0.0 area 1
```

```
R2(config-router)#router-id 20.0.0.1
```

**R2(config-router)# AÑADIDO POSTERIORMENTE: auto-cost reference-bandwidth 1000**

```
R2(config-router)#exit
```

```
R2(config)#exit
```

```
R2#wr
```

Activa los mensajes de depuración. Incluye aquí la orden

**RESPUESTA: la orden utilizada es *'debug ip ospf events'* como se puede observar en la siguiente imagen:**

```
R2#debug ip ospf events
```

```
OSPF events debugging is on
```

```
R2#
```

```
*Apr 2 11:56:45.447: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1
```

```
*Apr 2 11:56:45.447: OSPF: End of hello processing
```

```
R2#
```

```
*Apr 2 11:56:48.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2
```

```
R2#
```

```
*Apr 2 11:56:49.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1
```

```
R2#
```

```
*Apr 2 11:56:55.443: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1
```

```
*Apr 2 11:56:55.443: OSPF: End of hello processing
```

```
R2#
```

```
*Apr 2 11:56:58.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2
```

R2#

\*Apr 2 11:56:59.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1

R2#

\*Apr 2 11:57:05.411: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:57:05.411: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:57:08.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2

R2#

\*Apr 2 11:57:09.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1

R2#

\*Apr 2 11:57:15.459: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:57:15.459: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:57:18.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2

R2#

\*Apr 2 11:57:19.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1

R2#

\*Apr 2 11:57:25.467: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:57:25.467: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:57:28.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2

R2#

\*Apr 2 11:57:29.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1

R2#

\*Apr 2 11:57:35.427: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:57:35.427: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:57:38.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2  
R2#

\*Apr 2 11:57:39.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1  
R2#

\*Apr 2 11:57:45.475: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:57:45.475: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:57:48.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2  
R2#

\*Apr 2 11:57:49.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1  
R2#

\*Apr 2 11:57:55.443: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:57:55.443: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:57:58.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2  
R2#

\*Apr 2 11:57:59.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1  
R2#

\*Apr 2 11:58:05.443: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:58:05.443: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:58:08.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2  
R2#

\*Apr 2 11:58:09.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1  
R2#

\*Apr 2 11:58:15.419: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:58:15.419: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:58:18.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2

R2#

\*Apr 2 11:58:19.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1

R2#

\*Apr 2 11:58:25.443: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:58:25.443: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:58:28.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2

R2#

\*Apr 2 11:58:29.299: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet4/0 from 20.0.0.1

R2#

\*Apr 2 11:58:35.435: OSPF: Rcv hello from 50.0.0.2 area 1 from GigabitEthernet3/0 10.0.0.1

\*Apr 2 11:58:35.435: OSPF: End of hello processing

R2#

\*Apr 2 11:58:38.155: OSPF: Send hello to 224.0.0.5 area 1 on GigabitEthernet3/0 from 10.0.0.2

Espera dos minutos aproximadamente e interrumpe las capturas.

Analiza el comportamiento de R1 y R2 estudiando las capturas de tráfico, los mensajes de depuración, consultando el estado de OSPF y de la orden `show ip route ospf` en cada encaminador:

1. Observa la captura realizada entre R1 y R2 y responde a las siguientes cuestiones:
  - a. ¿Qué tipo de mensajes aparecen cuando R1 detecta la presencia de R2 y viceversa? ¿Cuál es su propósito? ¿Qué IP de destino llevan esos mensajes?

**RESPUESTA:** tras el envío de mensajes HELLO, cuando los routers detectan su presencia mutuamente, primero generan una serie de mensaje *DB Description (DBD)*. Tras eso, cada uno genera un *LS Request (LSR)*. A continuación se generan varios *LS Update (LSU)* y, finalmente, *LS Acknowledge (LSAck)*.

Los mensajes *DBD* contienen descripciones de la topología del área o sistema autónomo. Son una expresión de la LSDB del área que los routers

intercambian de modo individual (unicast). Dado que la LSDB puede ser grande, comunicar sus contenidos puede requerir de varios mensajes.

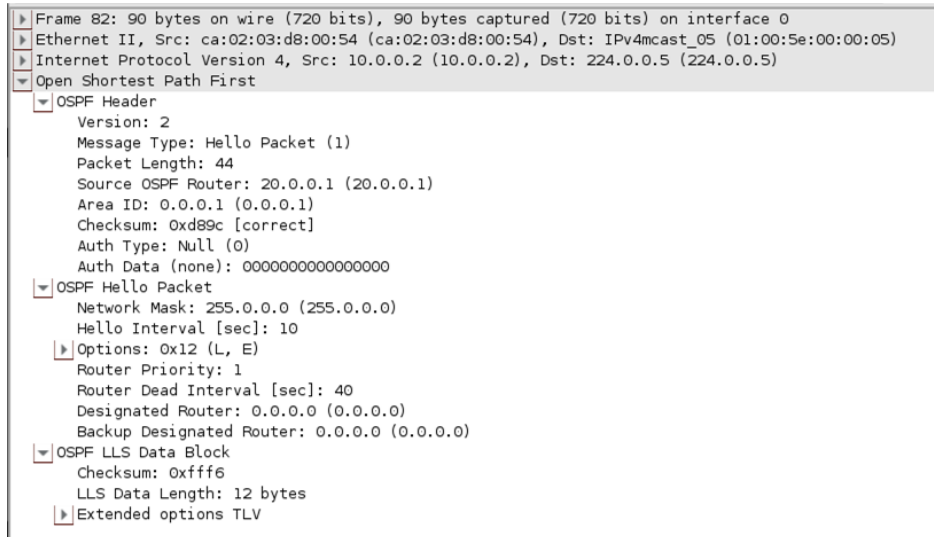
Los mensajes *LSR* se envían desde un router para solicitar información actualizada de una porción de la LSDB de otro router. En ellos se especifica los enlaces sobre los cuales se solicita información. También son mensajes unicast.

Los *LSU* contienen información actualizada sobre ciertos enlaces en la LSDB. Los *LSU* son respuestas a los *LSR*, aunque también se envían de modo habitual en modo broadcast cuando hay algún cambio en la red (entendiendo aquí por broadcast a «todos los routers OSPF», esto es, a la dirección 224.0.0.5).

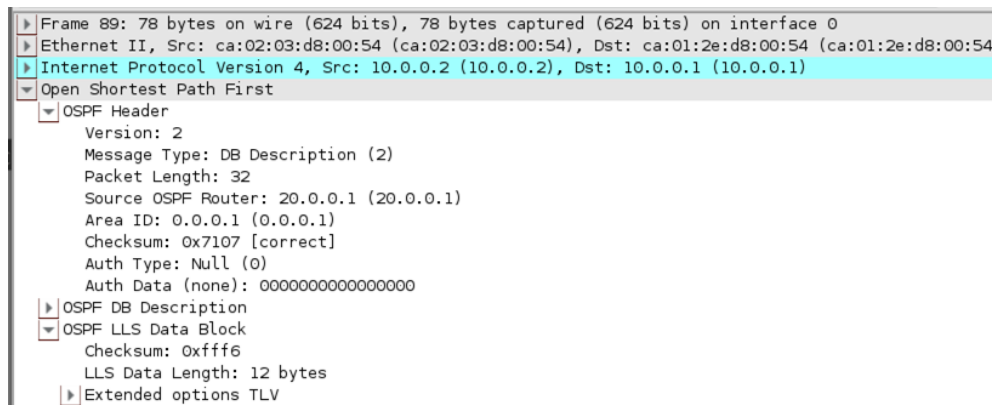
Por último, los mensajes *LSAck* son la porción de fiabilidad del protocolo de estado de enlace. Se envían en respuesta a cada *LSU*. Si un *LSU* no recibe respuesta tras cinco segundos desde algún router, se le reenvía de modo unicast la *LSU* correspondiente.

75	224.8832840( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
78	234.9103840( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
81	244.9101290( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
82	247.6117620( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	90 Hello Packet
88	254.9054420( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
89	254.9094090( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 DB Description
90	254.9094220( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	94 Hello Packet
91	254.9155200( 10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	78 DB Description
92	254.9194680( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	98 DB Description
93	254.9256020( 10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	98 DB Description
94	254.9295620( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 DB Description
95	254.9356780( 10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	78 DB Description
96	254.9357050( 10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	70 LS Request
97	254.9396170( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	70 LS Request
98	254.9396950( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 DB Description
99	254.9397010( 10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	98 LS Update
100	254.9457780( 10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	122 LS Update
101	255.3926280( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	98 LS Update
102	255.4289790( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
103	255.4692370( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
104	257.4620900( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge
105	257.4656530( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	118 LS Acknowledge
106	257.6267280( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
109	264.9027450( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
110	267.6298420( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
111	269.2394560( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
114	271.7426180( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	78 LS Acknowledge
116	274.9137410( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
117	277.6226260( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
120	284.8862160( 10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
121	287.6345740( 10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet

Imagen 1.5\_1.1: Captura de wireshark sobre la interfaz eth3 entre R1 y R2



*Imagen 1.5\_1.2: Contenido del mensaje nº 82 (HELLO emitido por R2 al activar OSPF)*



*Imagen 1.5\_1.3: Contenido del mensaje nº 89 (DB Description mandado de R2 a R1)*

- b. Observa los mensajes *LS Request* que envían R1 y R2. ¿Qué LSA pide cada uno al otro? ¿Qué IP de destino llevan estos mensajes?

**RESPUESTA:** piden información de la interfaz por la que no están conectados. Esto es, R1 pide información a R2 sobre la interfaz 20.0.0.1 y R2 pide información a R1 sobre la interfaz 50.0.0.2, que son las que registradas para OSPF de las que no disponen información.

```

> Frame 35: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:01:2e:d8:00:54 (ca:01:2e:d8:00:54), Dst: ca:02:03:d8:00:54 (ca:02:03:d8:00:54)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Request (3)
    Packet Length: 36
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xa3d2 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 20.0.0.1
    Advertising Router: 20.0.0.1

```

*Imagen 1.5\_1.4: Contenido del mensaje nº97 (LS REQUEST emitido por R1)*

```

> Frame 36: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:02:03:d8:00:54 (ca:02:03:d8:00:54), Dst: ca:01:2e:d8:00:54 (ca:01:2e:d8:00:54)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.2, Dst: 10.0.0.1
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Request (3)
    Packet Length: 36
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x85d1 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 50.0.0.2
    Advertising Router: 50.0.0.2

```

*Imagen 1.5\_1.5: Contenido del mensaje nº96 (REQUEST emitido por R2)*

- c. Observa el primer mensaje *LS Update* que envía R1. Comprueba que se corresponde con el *LS Request* enviado por R2. Comprueba cómo se corresponde su contenido con lo almacenado en la base de datos de R1 analizada en el apartado anterior. Observa sus campos para ver si este mensaje incluye la información de que R1 ha descubierto a R2 como vecino. ¿Crees que la información contenida en este mensaje deberá cambiar próximamente? ¿Por qué? Observa el campo *LS Age* del anuncio que viaja en el mensaje, y explica su valor.

**RESPUESTA:** en efecto, el primer mensaje *LSU Router LSA* que envía R1 responde a el *LSR* que envía R2 en relación a la interfaz 50.0.0.2, que es la interfaz que R2 no conoce y no tiene apuntada en su base de datos y por tanto lo solicita porque le falta. El mensaje (enviado a través de unicast de un router a otro) **no** incluye la información de que R1 haya descubierto a R2, tal y como resaltamos en el mensaje donde ,dentro de la información de las interfaces que conoce R1, por



la red de la interfaz 10.0.0.0 que conecta R1 y R2 el campo *Link-Type* indica conexión a *Stub*, lo que quiere decir que R1 no ha reconocido ningún router OSPF por esa interfaz. Otros campos determinados por el tipo *Stub* son el campo *Link ID* que contiene la red a la que está conectado el router (10.0.0.0) y el campo *Link Data* que contiene la máscara de la subred.

En cuanto al contenido de dicho mensaje debería cambiar próximamente, a través de otro mensaje *LS-Update* donde el router R1 indique a través de los campos anteriores que hay otros routers por esa interfaz y él los conoce a través del tipo *Transit* en el campo *Link-Type*, así como cambios en los campos mencionados anteriormente.

El *LS Age* indica el tiempo pasado desde la generación del anuncio o *LSA* (en segundos) que mandó el router R2 en la imagen siguiente para informar de las interfaces que tiene configuradas al resto de routers vecinos. Este valor aumenta un segundo cada vez que un router reenvía un anuncio generado por otro router.

```
> Frame 36: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:02:03:d8:00:54 (ca:02:03:d8:00:54), Dst: ca:01:2e:d8:00:54 (ca:01:2e:d8:00:54)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.2, Dst: 10.0.0.1
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Request (3)
    Packet Length: 36
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x85d1 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 50.0.0.2
    Advertising Router: 50.0.0.2
```

*Imagen: LS REQUEST de R2*

```

  Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 88
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x3bfe [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
      .000 0100 0010 1101 = LS Age (seconds): 1069
      0... .. = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    > LS Type: Router-LSA (1)
    > Link State ID: 50.0.0.2
    > Advertising Router: 50.0.0.2
    > Sequence Number: 0x80000004
    > Checksum: 0x3825
    > Length: 60
    > Flags: 0x00
    > Number of Links: 3
    > Type: Stub ID: 50.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
      > Link ID: 50.0.0.0 - IP network/subnet number
      > Link Data: 255.0.0.0
      > Link Type: 3 - Connection to a stub network
      > Number of Metrics: 0 - TOS
      > 0 Metric: 1
    > Type: Stub ID: 11.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
      > Link ID: 11.0.0.0 - IP network/subnet number
      > Link Data: 255.0.0.0
      > Link Type: 3 - Connection to a stub network
      > Number of Metrics: 0 - TOS
      > 0 Metric: 1
    > Type: Stub ID: 10.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
      > Link ID: 10.0.0.0 - IP network/subnet number
      > Link Data: 255.0.0.0
      > Link Type: 3 - Connection to a stub network
      > Number of Metrics: 0 - TOS
      > 0 Metric: 1

```

Imagen 1.5\_1.6: Contenido del mensaje nº 100 (LS Update emitido por R1)

- d. Observa el primer mensaje *LS Update* que envía R2. Comprueba que se corresponde con el *LS Request* enviado por R1. Observa sus campos para ver si este mensaje incluye la información de que R2 ha descubierto a R1 como vecino. ¿Crees que la información contenida en este mensaje deberá cambiar próximamente? ¿Por qué? Observa el campo *LS Age* del anuncio que viaja en el mensaje, y explica su valor.

**RESPUESTA:** en este caso R1 emite un *LS-Request* preguntando a su router vecino R2 por la información de una de su interfaz 20.0.0.1. Y de manera similar a como ocurrió en el apartado anterior, R2 no reconoce a R1 como vecino porque aún no lo ha descubierto tal y como resaltamos en el contenido del mensaje *LS-Update Router LSA* que le manda a R1, donde el campo *Link-Type* indica que la conexión se ha realizado a una red *Stub*, tal y como explicamos anteriormente.

La información de este mensaje cambiará próximamente, a través de otro mensaje *LS-Update*, tal y como mencionamos anteriormente.

En cuanto al campo *LS-Age*, su valor es significativamente menor que el anterior indicando que el mensaje LS-Update se mandó 7 segundos después de haberse generado el LSA correspondiente. En este punto un mensaje LSU caduca cuando su *LS-Age* llega a una hora (3600 segundos) y habrá que eliminarlo de la base de datos recalculando de nuevo Dijkstra, por ello los routers OSPF deben refrescar cada media hora (1800 segundos) los mensajes LSU que han generado.

```
> Frame 35: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:01:2e:d8:00:54 (ca:01:2e:d8:00:54), Dst: ca:02:03:d8:00:54 (ca:02:03:d8:00:54)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Request (3)
    Packet Length: 36
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xa3d2 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 20.0.0.1
    Advertising Router: 20.0.0.1
```

*Imagen: LS REQUEST de R1*

```
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 64
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x9bff [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    ▼ LSA-type 1 (Router-LSA), len 36
      .000 0000 0000 0111 = LS Age (seconds): 7
      0... .... .... .... = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 20.0.0.1
      Advertising Router: 20.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0x7786
      Length: 36
    > Flags: 0x00
      Number of Links: 1
    ▼ Type: Stub ID: 10.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
      Link ID: 10.0.0.0 - IP network/subnet number
      Link Data: 255.0.0.0
      Link Type: 3 - Connection to a stub network
      Number of Metrics: 0 - TOS
      0 Metric: 1
```

*Imagen 1.5\_1.7: Contenido del mensaje nº 99 (LS UPDATE emitido por R2)*

- e. Observa el segundo y tercer mensajes *LS Update* que envía R1. ¿Responden a algún *LS Request* previo? ¿Por qué se envían? ¿Qué información contienen? Observa el campo *LS Age* de los anuncios que viajan en los mensajes, y explica su valor.

**RESPUESTA:** Este mensaje es de tipo LSU-Router LSA y se envía para informar de las interfaces que tiene configuradas el router, en este caso R1 a R2. Pero esta vez no lo hace por medio de unicast sino que emite ambos mensajes a la dirección multicast 224.0.0.5 de manera que serán recibidos por el resto de routers OSPF que estén directamente conectados a él (en nuestro caso solo R2) donde , en el mensaje de la *imagen 1.5\_1.8*, enviará información acerca de las interfaces a las que está directamente conectado.

En particular, en este mensaje la entrada de la dirección 10.0.0.0 ha cambiado, ya que ahora el campo *Link-Type* está en modo *Transit*, lo que significa que R1 anuncia información al resto de routers OSPF que por la interfaz 10.0.0.1 hay otro router OSPF al que está directamente conectado. Por lo que no responde a ningún LS Request previo, sino que únicamente se envía como indicación de que el estado del enlace ha cambiado y se ha reconocido otro router OSPF a través de esa interfaz.

Otros campos como el *Link ID* contiene la IP del DR de esa subred (que es el él mismo , R1) y el campo *Link Data* que contiene la IP del router en esa subred (10.0.0.1).

En este caso, el campo LS-Age es 1 dado que solo ha pasado un segundo desde que se generó el anuncio y se actualizó con la nueva información de la red 10.0.0.0

```

  Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 88
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xb7b2 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
      .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
      0... .... = Do Not Age Flag: 0
      Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 50.0.0.2
      Advertising Router: 50.0.0.2
      Sequence Number: 0x80000005
      Checksum: 0xb69a
      Length: 60
      Flags: 0x00
      Number of Links: 3
      Type: Stub ID: 50.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
        Link ID: 50.0.0.0 - IP network/subnet number
        Link Data: 255.0.0.0
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1
      Type: Stub ID: 11.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
        Link ID: 11.0.0.0 - IP network/subnet number
        Link Data: 255.0.0.0
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1
      Type: Transit ID: 10.0.0.1 Data: 10.0.0.1 Metric: 1
        Link ID: 10.0.0.1 - IP address of Designated Router
        Link Data: 10.0.0.1
        Link Type: 2 - Connection to a transit network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1

```

**Imagen 1.5\_1.8: Contenido del mensaje nº 102 (LS UPDATE emitido por R1)**

Por otra parte, este mensaje es de tipo LSU-Network LSA y es enviado por el router designado de una subred (DR), que será R1, para informar de los routers que se encuentran conectados a dicha subred. Como R2 ya tiene activado el protocolo OSPF, solo lo recibirá él. En caso contrario, si solo estuviera R1 dentro de la subred como único router OSPF, este mensaje no se generaría.

En particular, en este mensaje se indican los IDs de los routers conectados a esa subred (10.0.0.0), es decir, R1 con su ID 50.0.0.2 y R2 con su ID 20.0.0.1

Al igual que el mensaje anterior, el campo LS-Age es 1 por la misma explicación que dimos antes.

```

  Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 60
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x077f [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
      .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
      0... .... .... .... = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Network-LSA (2)
      Link State ID: 10.0.0.1
      Advertising Router: 50.0.0.2
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0xa110
      Length: 32
      Netmask: 255.0.0.0
      Attached Router: 50.0.0.2
      Attached Router: 20.0.0.1

```

*Imagen 1.5\_1.9: Contenido del mensaje nº 103 (LS UPDATE emitido por R1)*

- f. Observa el segundo mensaje *LS Update* que envía R2. ¿Responde a algún *LS Request* previo? ¿Por qué se envía? ¿Qué información contiene? Observa el campo *LS Age* del anuncio que viaja en el mensaje, y explica su valor.

**RESPUESTA:** en este caso, este mensaje *LS-Update Router LSA* enviado por R2 contiene información sobre las interfaces a las que está conectada y tiene registradas en su base de datos. Por tanto se envía con el fin de indicar que solo tiene configurado la interfaz 10.0.0.2, ya que la interfaz 20.0.0.0 que le pedían anteriormente en el *LS-Request* por parte de R1 no está disponible porque R3 no tiene activado el protocolo OSPF.

En cuanto al campo *LS-Age*, este tiene un valor de 1, tal y como se aprecia en los mensajes de los anteriores apartados.

```

▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 64
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x0e93 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    ▼ LSA-type 1 (Router-LSA), len 36
      .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
      0... .... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 20.0.0.1
      Advertising Router: 20.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000002
      Checksum: 0xfaf5
      Length: 36
      > Flags: 0x00
      Number of Links: 1
      ▼ Type: Transit ID: 10.0.0.1 Data: 10.0.0.2 Metric: 1
        Link ID: 10.0.0.1 - IP address of Designated Router
        Link Data: 10.0.0.2
        Link Type: 2 - Connection to a transit network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1

```

*Imagen 1.5\_1.10: Contenido del mensaje nº 103 (LS UPDATE emitido por R1)*

- g. ¿Por qué razón R2 no envía ningún mensaje *Network-LSA*?

**RESPUESTA:** porque solo el router designado (DR) de la subred puede mandar este tipo de mensajes, en nuestro caso solo R1 enviará un LSU de este tipo.

- h. Observa los mensajes *LS Acknowledge*. Mira su contenido para comprobar a qué LSAs asienten.

**RESPUESTA:** en primer lugar debemos fijarnos en el campo *LS Seq-Number* para saber a que LSAs están asintiendo, ya que un router cuando genera un LSA le asigna un numero de secuencia para saber si un mensaje es más antiguo que otro a la hora de compararlos. Y que los mensajes *LS Acknowledge* se envían para asentir LSA contenidos en mensajes LSU y pueden asentir varios LSA en un solo mensaje de asentimiento. En caso de que un LSA no sea asentido en 5 segundos, se reenviará dicho LSA en un nuevo LSU de forma unicast a la máquina que no ha asentido el LSA previo.

En este caso, podemos observar que el mensaje *LS-Acknowledge* que manda R1 en la *imagen 1.5\_1.9* es para asentir los mensajes *LS-Update* que R2 mandó, lo cual tiene sentido porque R1 era el receptor de esos mensajes y por tanto el que debía confirmar su recepción y porque el contenido del campo

*Advertising Router* es el ID del router que generó el anuncio, que no es otro que R2 (ID = 20.0.0.1) .

Por otro lado, a través de la imagen 1.5\_1.8, de manera análoga al mensaje anterior, R2 asiente los mensajes LS-Update recibidos desde R1 ya que el contenido de los asentimientos tiene como identificador en el campo *Advertising Router* es ID de R1 (50.0.0.2).

```

  Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Acknowledge (5)
    Packet Length: 84
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x6af1 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
    .000 0100 0010 1101 = LS Age (seconds): 1069
    0... .. = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 50.0.0.2
    Advertising Router: 50.0.0.2
    Sequence Number: 0x80000004
    Checksum: 0x3825
    Length: 60
  LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
    .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
    0... .. = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 50.0.0.2
    Advertising Router: 50.0.0.2
    Sequence Number: 0x80000005
    Checksum: 0xb69a
    Length: 60
  LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
    .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
    0... .. = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    LS Type: Network-LSA (2)
    Link State ID: 10.0.0.1
    Advertising Router: 50.0.0.2
    Sequence Number: 0x80000001
    Checksum: 0xa110
    Length: 32

```

*Imagen 1.5\_1.9: Contenido del mensaje nº 104 (LS ACKNOWLEDGE emitido por R2)*



```

  Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Acknowledge (5)
    Packet Length: 64
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xc4e0 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  LSA-type 1 (Router-LSA), len 36
    .000 0000 0000 0111 = LS Age (seconds): 7
    0... .... .... = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 20.0.0.1
    Advertising Router: 20.0.0.1
    Sequence Number: 0x80000001
    Checksum: 0x7786
    Length: 36
  LSA-type 1 (Router-LSA), len 36
    .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
    0... .... .... = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 20.0.0.1
    Advertising Router: 20.0.0.1
    Sequence Number: 0x80000002
    Checksum: 0xfaf5
    Length: 36

```

*Imagen 1.5\_1.9: Contenido del mensaje nº 105 (LS ACKNOWLEDGE emitido por R1)*

- i. Pasados 40 segundos del arranque de R2, ¿qué ocurre con los campos *DR* y *BDR* de los mensajes *HELLO* que intercambian?

**RESPUESTA:** como se puede observar en la comparativa de las imágenes del antes y el después del contenido de los mensajes *HELLO* emitidos por R2, el contenido de los campos *DR* y *BDR* han cambiado ya que R2 ya conoce a su router vecino R1 y sabe que es el router designado (*DR*) por lo que apunta la interfaz por la que está conectado a él en el campo *DR* (10.0.0.1) y ha sido asignado como como router designado de respaldo ya que la dirección de su interfaz (10.0.0.2) está indicada en el campo *BDR*.

Esto se debe a que el router designado elige al *BDR* a través de mensajes *HELLO* siendo el siguiente router que cumpla los criterios de elección de *DR*. Y, dado que R2 fue el siguiente router en activar el protocolo OSPF, después de R1 como router designado, éste es elegido por R1 como nuevo router designado de respaldo.

Imagen 1.5\_1.10: Contenido del primer mensaje HELLO del router R2

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 44
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xd89c [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.0.0.0
    Hello Interval [sec]: 10
    > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval [sec]: 40
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
  OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
  Extended options TLV
    TLV Type: 1
    TLV Length: 4
    > Options: 0x00000001, (LR) LSDB Resynchronization
```

Imagen 1.5\_1.11: Contenido del mensaje HELLO del router R2 pasados 40 segundos

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x9293 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.0.0.0
    Hello Interval [sec]: 10
    > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval [sec]: 40
    Designated Router: 10.0.0.1
    Backup Designated Router: 10.0.0.2
    Active Neighbor: 50.0.0.2
  OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
  Extended options TLV
    TLV Type: 1
    TLV Length: 4
    > Options: 0x00000001, (LR) LSDB Resynchronization
```

## 2. Observa la captura realizada en R5:

- Explica por qué no aparecen los mensajes *LS Update* que crea R1 y envía a R2.

**RESPUESTA:** porque estos mensajes LSU se envían anunciando el estado del enlace que por el que se pregunta. Por lo que cualquiera de los dos tipos de mensajes, ya sea *Router-LSA* o *Network-LSA* son emitidos por las interfaces por donde se sabe que hay otros routers OSPF vecinos. En este caso, R5 al no tener activado OSPF por ninguna de sus interfaces (no está suscrito al grupo multicast 224.0.0.5), no puede enviar ni recibir ningún mensaje relacionado con este protocolo de otros routers. Es por ello por lo que R1 no tiene información que enviar a R2 concerniente a R5 a través de ningún LSU.

- Explica por qué no aparecen los mensajes *LS Update* que crea R2 y envía a R1, y R1 debería propagar por inundación.

**RESPUESTA:** por la misma razón que he explicado anteriormente. Al arrancar R2 y siendo R1 el router designado, solo pueden comunicarse ellos dos a través del protocolo OSPF. En el caso de R1, por la interfaz 11.0.0.1 se encuentra el equipo PC1 que no implementa este protocolo y por la interfaz 50.0.0.2 el router R5 que aún no ha activado el protocolo por sus interfaces. Lo mismo pasa para el router R2 con R3, por lo que no se producirá inundación alguna de mensajes OSPF más

que entre R1 y R2 que se mantendrán mandándose HELLOs de manera continua una vez hayan aprendido las rutas a través de los mensajes LSU ya mencionados en apartados anteriores.

3. Observa la captura realizada en R3:

- a. Explica por qué no aparecen los mensajes *LS Update* que crea R2 y envía a R1.

**RESPUESTA:** de manera análoga al apartado 2, R2 no tiene información que mandarle a R1 acerca de la interfaz de R3 ya que éste aún no ha activado el protocolo OSPF por sus interfaces.

- b. Explica por qué no aparecen los mensajes *LS Update* que crea R1 y envía a R2, y R2 debería propagar por inundación.

**RESPUESTA:** de manera análoga a lo explicado en el apartado 2, R2 no puede propagar el mensaje de R1 por inundación porque aún no puede comunicarse con R3.

4. ¿Deberían haber aprendido alguna ruta R2 y R1? Compruébalo consultando la tabla de encaminamiento en ambos encaminadores mediante la orden *show ip route ospf*. Incluye aquí la salida. Comprueba la métrica de cada ruta y a través de qué *router* se alcanza.

**RESPUESTA:** Si, ambos encaminadores han aprendido rutas nuevas. En el caso de R1, ha aprendido información acerca de la red 20.0.0.0 que conecta R2, por una de sus interfaces, con R3 con métrica 2. Esta ruta la ha aprendido a través del propio router R2 que se la ha enviado en uno de los LSU Router-LSA. Y por otro lado R2 ha aprendido todas las rutas a las que está directamente conectado R1 (es decir 11.0.0.0 con valor de métrica 11 y 50.0.0.0 con valor de métrica 2) a través de este. Ambos aprenden de nuevas redes excepto la red 10.0.0.0 ya que ambos la conocen, ya que es la red por la que están directamente conectados a través de sus interfaces y ya la conocen.

```
R1#show ip route ospf
0    20.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.2, 00:00:55, GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.5\_4.1: Tabla de encaminamiento del router R1

```
R2#show ip route ospf
0    50.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.1, 00:01:07, GigabitEthernet3/0
0    11.0.0.0/8 [110/11] via 10.0.0.1, 00:01:07, GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.5\_4.2: Tabla de encaminamiento del router R2

5. Consulta la información de los vecinos que ha conocido cada encaminador a través de los mensajes *HELLO* mediante: `show ip ospf neighbor`. Incluye la salida.

**RESPUESTA:** cómo se puede observar tanto R1 conoce la ruta hacia R2 como R2 hacia R1 a través de la dirección IP y por qué interfaz se encuentra cada uno. Además de información acerca del identificador de sus routers vecinos o la indicación de la prioridad de cada router a la hora de enviar mensajes de HELLO para la elección del DR o el BDR (en este caso 1 para ambos). Este valor es importante ya que, si se conecta un router OSPF nuevo a esa subred, no se modifican los valores de DR y BDR incluso aunque tengan mayor prioridad o mayor identificador.

Además, contiene información relevante acerca del estado de los routers tal que R1 sabe que R2 es su router designado de respaldo y R2 sabe que R1 es el router designado de la subred. Por otra parte la columna *Dead Time* indica el periodo en segundos en el que se considera a un vecino OSPF desaparecido si no se recibe de él un nuevo HELLO (40 segundos).

```
R1#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
20.0.0.1	1	FULL/BDR	00:00:39	10.0.0.2	GigabitEthernet3/0

Imagen 1.5\_5.1: Información sobre los vecinos del router OSPF R1

```
R2#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
50.0.0.2	1	FULL/DR	00:00:34	10.0.0.1	GigabitEthernet3/0

Imagen 1.5\_5.1: Información sobre los vecinos del router OSPF R2

6. Consulta en cada encaminador la información de las bases de datos de *Router Link States* y de *Network Link States* mediante: `show ip ospf database router` y `show ip ospf database network` respectivamente. Comprueba que la información mostrada coincide con el contenido de los últimos *LS Update* enviados por los encaminadores.

**RESPUESTA:** tal y como se observa en las *imágenes 6.1* y las que están debajo de ellas correspondientes a los mensajes LSU de R1 y R2, la información coincide dado que son los últimos mensajes que envían por esas interfaces ya que las tablas contienen una entrada por cada último mensaje de tipo *Router-LSA* enviado por cada router OSPF.

### Router Link States (Area 1)

LS age: 1346  
Options: (No TOS-capability, DC)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 20.0.0.1  
Advertising Router: 20.0.0.1  
LS Seq Number: 80000003  
Checksum: 0x1CAE  
Length: 48  
Number of Links: 2

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 20.0.0.0  
(Link Data) Network Mask: 255.0.0.0  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 10.0.0.1  
(Link Data) Router Interface address: 10.0.0.2  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 1

LS age: 1360  
Options: (No TOS-capability, DC)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 50.0.0.2  
Advertising Router: 50.0.0.2  
LS Seq Number: 80000003  
Checksum: 0xC980  
Length: 60  
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 50.0.0.0  
(Link Data) Network Mask: 255.0.0.0  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 11.0.0.0  
(Link Data) Network Mask: 255.0.0.0  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 10.0.0.1  
(Link Data) Router Interface address: 10.0.0.1  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 1

Imagen 1.5\_6.1: Contenido de la base de datos Router Link State OSPF de R1 y R2 (en R2 es la misma)

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 76
    Source OSPF Router: 20.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xd6be [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LSA-type 1 (Router-LSA), len 48
      .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
      0... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 20.0.0.1
      Advertising Router: 20.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000003
      Checksum: 0x1cae
      Length: 48
      > Flags: 0x00
      Number of Links: 2
      > Type: Stub ID: 20.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
        Link ID: 20.0.0.0 - IP network/subnet number
        Link Data: 255.0.0.0
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1
      > Type: Transit ID: 10.0.0.1 Data: 10.0.0.2 Metric: 1
        Link ID: 10.0.0.1 - IP address of Designated Router
        Link Data: 10.0.0.2
        Link Type: 2 - Connection to a transit network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1
```

Contenido del último LSU enviado por R2

```
OSPF Header
  Version: 2
  Message Type: LS Update (4)
  Packet Length: 88
  Source OSPF Router: 50.0.0.2
  Area ID: 0.0.0.1
  Checksum: 0xb7b2 [correct]
  Auth Type: Null (0)
  Auth Data (none): 0000000000000000
LS Update Packet
  Number of LSAs: 1
  LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
    .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
    0... .... = Do Not Age Flag: 0
    > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 50.0.0.2
    Advertising Router: 50.0.0.2
    Sequence Number: 0x80000005
    Checksum: 0xb69a
    Length: 60
    > Flags: 0x00
    Number of Links: 3
    > Type: Stub ID: 50.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
      Link ID: 50.0.0.0 - IP network/subnet number
      Link Data: 255.0.0.0
      Link Type: 3 - Connection to a stub network
      Number of Metrics: 0 - TOS
      0 Metric: 1
    > Type: Stub ID: 11.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
      Link ID: 11.0.0.0 - IP network/subnet number
      Link Data: 255.0.0.0
      Link Type: 3 - Connection to a stub network
      Number of Metrics: 0 - TOS
      0 Metric: 1
    > Type: Transit ID: 10.0.0.1 Data: 10.0.0.1 Metric: 1
      Link ID: 10.0.0.1 - IP address of Designated Router
      Link Data: 10.0.0.1
      Link Type: 2 - Connection to a transit network
      Number of Metrics: 0 - TOS
      0 Metric: 1
```

Contenido del penúltimo LSU enviado por R1

En el caso de R1, el último mensaje LSU que envía no es de tipo *Router-LSA* sino de tipo *Network-LSA* dado que es el router designado y , como ya mencionamos anteriormente , una vez ha mandado la información acerca de las rutas OSPF encontradas por cada uno de los routers OSPF en los últimos mensajes LSU de tipo *Router-LSA*, envía este tipo de mensaje indicando cada una de las subredes en las que hay más de un router OSPF conectado (como se puede ver en la imagen 6.3), que es el que se corresponde con la tabla Network Link State de la *imagen 6.2*.

```

Net Link States (Area 1)

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 1855
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 10.0.0.1 (address of Designated Router)
Advertising Router: 50.0.0.2
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x9F11
Length: 32
Network Mask: /8
    Attached Router: 50.0.0.2
    Attached Router: 20.0.0.1

```

*Imagen 1.5\_6.2: Contenido de la base de datos Network Link State de OSPF de R1 y R2 (en R2 es la misma)*

```

v Open Shortest Path First
  v OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 60
    Source OSPF Router: 50.0.0.2
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x077f [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  v LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    v LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
      .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds): 1
      0... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Network-LSA (2)
      Link State ID: 10.0.0.1
      Advertising Router: 50.0.0.2
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0xa110
      Length: 32
      Netmask: 255.0.0.0
      Attached Router: 50.0.0.2
      Attached Router: 20.0.0.1

```

*Imagen 1.5\_6.3: Contenido del último mensaje LSU emitido por R1*

7. Consulta un resumen de las bases de datos en cada encaminador con: `show ip ospf database`. Incluye y comenta la salida obtenida.

**RESPUESTA:** cómo se puede observar en la *imagen 7.1*, con esta orden podemos ver de manera más detallada y simplificada las bases de datos de ambos encaminadores R1 y R2. En ellas, la base de datos *Router Link State* muestra, como ya dije anteriormente, una entrada por cada router OSPF de la red, cada uno con su edad o número de segundos desde que se mandó se creó el LSA que lo contenía. De manera que el router R2 con ID 20.0.0.1 y el router R1 con ID 50.0.0.2, ambos fueron generados al mismo tiempo como se puede ver en el número de secuencia (que corresponden con los mensajes LS-Update penúltimo de R1 y último de R2 respectivamente), pero fueron anunciados en mensajes distintos (indicado a través de su checksum) donde el router R2 conecta 2 interfaces y R1 3 interfaces.

Por otro lado, en la base de datos *Network Link State* muestra una entrada con el identificador de la dirección de la interfaz por la que el router designado R1 con ID 50.0.0.2 mandó un mensaje de tipo *Network-LSA* indicando que por esa misma interfaz hay otro router OSPF. Como R2 es el único router OSPF vecino de R1, solo tendrá una entrada, que es la que se ve en la imagen.

Router Link States (Area 1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
20.0.0.1	20.0.0.1	1270	0x80000004	0x001AAF	2
50.0.0.2	50.0.0.2	1286	0x80000004	0x00C781	3
Net Link States (Area 1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
10.0.0.1	50.0.0.2	1286	0x80000003	0x009D12	

*Imagen 1.5\_7.1: Resumen de las bases de datos almacenadas en R1 y R2 (ambas son análogas)*

## 1.6. Activación de R3 y R4

Para observar los mensajes que envíen R3 y R4 cuando activen OSPF, y los que envíe R2 a consecuencia de la activación de R3 y R4, arranca *wireshark* en los enlaces entre R1 y R2, entre R2 y R3 y R3 con R4.

Configura OSPF en R3 y en R4. Para tratar de arrancarlos a la vez prepara las ordenes necesarias en un fichero de texto para copiar y pegar en cada uno de los encaminadores. Escribe aquí las órdenes necesarias.

**RESPUESTA:**

```
R3#enable
R3#config t
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 20.0.0.0 255.0.0.0 area 1
R3(config-router)#network 30.0.0.0 255.0.0.0 area 1
R3(config-router)#router-id 30.0.0.1
R3(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R3(config-router)#exit
R3(config)#exit
R3#wr
```

```
R4#enable
R4#config t
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#network 30.0.0.0 255.0.0.0 area 1
R4(config-router)#network 40.0.0.0 255.0.0.0 area 1
R4(config-router)#network 41.0.0.0 255.0.0.0 area 1
R4(config-router)#router-id 41.0.0.1
R4(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R4(config-router)#exit
R4(config)#exit
R4#wr
```

Analiza el comportamiento de los encaminadores estudiando las capturas con *wireshark*, los mensajes de depuración, consultando el estado de OSPF y de la orden `show ip route ospf` en cada encaminador:

1. Trata de suponer los valores de *DR* y *BDR* en las subredes 20.0.0.0/8 y 30.0.0.0/8. Comprueba si tus suposiciones son ciertas. Comprueba en los mensajes *HELLO* de la captura en R3 cómo se ha producido la elección de *DR* y *BDR* al arrancar R3 y R4 a la vez.



**RESPUESTA:** a partir de las reglas del protocolo HELLO, si arrancamos OSPF en ambos routers R3 y R4 a la vez, siguiendo los criterios del protocolo se asignará como DR al router que envíe en el primer mensaje de HELLO un mayor número de prioridad en el campo *Router Priority* y, en caso de empatar en relación con este campo se designaría a aquel router que tenga mayor ID. Por lo tanto, suponemos que estando en igualdad de condiciones en cuanto a la prioridad que tienen, en la subred 20.0.0.0, R3 sería el DR y R2 sería el BDR de esa subred ya que R3 tiene un identificador más alto (20.0.0.2) y en la subred 30.0.0.0 ocurriría de manera análoga siendo R4 asignado como DR y R3 como BDR de esa subred.

Y tal y como explicábamos, nuestras suposiciones eran ciertas. Ambos routers tenían el mismo valor de prioridad, por lo que se asignó al DR y BDR atendiendo al segundo criterio mencionado donde se escoge en función del ID del router OSPF. En ambas subredes no se habían asignado aún al DR por lo que al arrancar ambos routers, estos enviarían mensajes HELLO con el campo DR vacío (0.0.0.0) y, transcurridos 40 segundos, elegirían el DR de esa subred tomando los criterios que mencioné anteriormente. En caso de haber habido un DR asignado antes de que R3 y R4 se encendieran, este mandaría un mensaje de HELLO con la dirección IP del DR para poder aprenderla y mandarla en otros mensajes HELLO.

```
▼ Open Shortest Path First
  > OSPF Header
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.0.0.0
    Hello Interval [sec]: 10
    > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval [sec]: 40
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 20.0.0.1
  ▼ OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
    > Extended options TLV
```

*Imagen 1.6\_1.1: Contenido del primer mensaje de HELLO que R3 envía por la subred 20.0.0.0*

```

v Open Shortest Path First
  > OSPF Header
  v OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.0.0.0
    Hello Interval [sec]: 10
    > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval [sec]: 40
    Designated Router: 20.0.0.2
    Backup Designated Router: 20.0.0.1
    Active Neighbor: 20.0.0.1
  v OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
    > Extended options TLV

```

Imagen 1.6\_1.2: Contenido del mensaje de HELLO que R3 envía después del intercambio de LSU con R2 por la subred 20.0.0.0

```

v Open Shortest Path First
  v OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 30.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xa597 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  v OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.0.0.0
    Hello Interval [sec]: 10
    > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval [sec]: 40
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 41.0.0.1
  v OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
    > Extended options TLV

```

Imagen 1.6\_1.3: Contenido del primer mensaje de HELLO que R3 envía por la subred 30.0.0.0

```

v Open Shortest Path First
  v OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 30.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x6994 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  v OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.0.0.0
    Hello Interval [sec]: 10
    > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval [sec]: 40
    Designated Router: 30.0.0.2
    Backup Designated Router: 30.0.0.1
    Active Neighbor: 41.0.0.1
  v OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
    > Extended options TLV

```

Imagen 1.6\_1.4: Contenido del mensaje de HELLO que R3 envía después del intercambio de LSU con R4 por la subred 30.0.0.0

2. En la captura del enlace R3-R4 observa el intercambio de mensajes *LS Update* que se produce mientras arrancan R3 y R4.

**RESPUESTA:** en la subred entre R3 y R4 se observa que los primeros mensajes LSU que se envían entre ellos con la información de las interfaces a las que están conectados por *unicast* no contienen información aun conocida. Es por ello por lo que R3 manda LSU con información de las interfaces 30.0.0.2 y 20.0.0.0 cuando aún no han detectado o reconocido que haya otros routers OSPF por esas interfaces. Esto se debe a lo que explicamos anteriormente en el punto 1.5 anterior, donde los LSA cuyo campo *LS-Type* es *Stub* indican que no hay otros routers OSPF por esa interfaz así como otros campos como *Data* que contienen la máscara de la subred.

```
▼ Type: Stub ID: 30.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
  Link ID: 30.0.0.0 - IP network/subnet number
  Link Data: 255.0.0.0
  Link Type: 3 - Connection to a stub network
  Number of Metrics: 0 - TOS
  0 Metric: 1
▼ Type: Stub ID: 20.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
  Link ID: 20.0.0.0 - IP network/subnet number
  Link Data: 255.0.0.0
  Link Type: 3 - Connection to a stub network
  Number of Metrics: 0 - TOS
  0 Metric: 1
```

*Imagen 1.6\_2.1: Contenido del primer mensaje LSU enviado de R3 a R4 con información de sus interfaces*

```
▼ Type: Stub ID: 41.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 10
  Link ID: 41.0.0.0 - IP network/subnet number
  Link Data: 255.0.0.0
  Link Type: 3 - Connection to a stub network
  Number of Metrics: 0 - TOS
  0 Metric: 10
▼ Type: Stub ID: 40.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
  Link ID: 40.0.0.0 - IP network/subnet number
  Link Data: 255.0.0.0
  Link Type: 3 - Connection to a stub network
  Number of Metrics: 0 - TOS
  0 Metric: 1
▼ Type: Stub ID: 30.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
  Link ID: 30.0.0.0 - IP network/subnet number
  Link Data: 255.0.0.0
  Link Type: 3 - Connection to a stub network
  Number of Metrics: 0 - TOS
  0 Metric: 1
```

*Imagen 1.6\_2.2: Contenido del primer mensaje LSU enviado de R4 a R3 con información de sus interfaces*

Unos segundos después, cuando R3 envía un LS-Acknowledge hacia R4 confirmando la información sobre las redes de su otra interfaz (20.0.0.2 y 30.0.0.1), este último ahora conoce a su router OSPF vecino R3 por lo que manda en su LSU información acerca de la interfaz 30.0.0.1 ya que en el campo *LS-Type* esta vez es de tipo *Transit* indican que conocen que hay otros router OSPF por esa interfaz así como otros campos como *Data*

que en vez de la máscara de la subred contiene la IP del router de la subred que anuncia el mensaje . Lo mismo ocurre cuando R3 y R4 confirman otras direcciones.

```

  Type: Transit ID: 30.0.0.2 Data: 30.0.0.1 Metric: 1
    Link ID: 30.0.0.2 - IP address of Designated Router
    Link Data: 30.0.0.1
    Link Type: 2 - Connection to a transit network
    Number of Metrics: 0 - TOS
    0 Metric: 1
  Type: Transit ID: 20.0.0.2 Data: 20.0.0.2 Metric: 1
    Link ID: 20.0.0.2 - IP address of Designated Router
    Link Data: 20.0.0.2
    Link Type: 2 - Connection to a transit network
    Number of Metrics: 0 - TOS
    0 Metric: 1
```

*Imagen 1.6\_2.3: Contenido del mensaje LSU que manda R3 a R4 después del mensaje de confirmación*

```

  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
      .000 0000 0000 0010 = LS Age (seconds): 2
      0... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Network-LSA (2)
      Link State ID: 20.0.0.2
      Advertising Router: 30.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0x3997
      Length: 32
      Netmask: 255.0.0.0
      Attached Router: 30.0.0.1
      Attached Router: 20.0.0.1
```

*Imagen 1.6\_2.4: Contenido del mensaje LSU que manda R4 como router designado*

```

  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
      .000 0000 0000 0011 = LS Age (seconds): 3
      0... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Network-LSA (2)
      Link State ID: 10.0.0.1
      Advertising Router: 50.0.0.2
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0xa110
      Length: 32
      Netmask: 255.0.0.0
      Attached Router: 50.0.0.2
      Attached Router: 20.0.0.1
```

*Imagen 1.6\_2.5: Contenido del mensaje LSU que manda R3 como router designado*

Además, después de que R1, R3, y R4 como DR de cada una de sus respectivas subredes envíen un mensaje *LSU* de tipo *Network-LSA* indiciando los routers OSPF a los que están conectado por cada una de sus interfaces, los siguientes mensajes LSU de tipo *Router-LSA* serán de inundación por la subred que estamos analizando, pues R3 y R4

almacenarán las rutas que no conozcan en sus bases de datos y las reenviarán por las interfaces donde hay otros routers OSPF vecinos salvo por donde lo han recibido. En este caso, R3 como no tenía apuntadas la información de los LSA concernientes a las rutas 10.0.0.2 y 20.0.0.1 las reenvía por el resto de interfaces, llegándole a R4, quien las apunta en su base de datos pero no la reenvía a nadie más pues no puede reenviarla por la interfaz por la que le llegó, que es la que conecta con R3 y el resto de sus interfaces que conectan con R5, que aún no ha sido activado , y PC2 no implementan el protocolo OSPF.

3. En la captura del enlace R2-R3 observa el intercambio de mensajes *LS Update* que se produce mientras arrancan R3 y R4. Observa también en dicha captura los mensajes *LS Update* que R3 envía por inundación de los recibidos por el de R4. Indica cómo puedes saber si un *LS Update* lo ha originado el encaminador que lo envía o está siendo propagado por inundación.

**RESPUESTA:** Como se puede observar en las *imágenes 3.1 y 3.2* correspondientes a un mensaje LSU de tipo *Network-LSA* , el router R3 recibe un LSA con TTL=1 y compara los campos *LS-Type*, *Advertising Router*, *LS Seq-Number* del LSA que ha recibido y del que ya tenía en su base de datos para saber si tiene que reenviar el mensaje pues el LSA que ha recibido contiene información que desconocía o todo lo contrario y esa información no hace falta reenviarla pues es la misma que la que está almacenada en su base de datos. Como el mensaje es de tipo *Network-LSA* y solo es enviado por el router designado de cada subred para informar de los routers que se encuentran conectados a las subredes 30.0.0.0 y 20.0.0.0, al comparar ambos mensajes observa que no tenía almacenada toda la información relativa a la subred que conecta R3-R4 , en concreto, la información sobre el router R4 que se encontraba por la interfaz 30.0.0.1. Por lo que almacena la nueva información y reenvía por inundación este mensaje por las interfaces donde hay otros routers OSPF vecinos (20.0.0.2 hacia R2) excepto por las que llegó (30.0.0.1 desde R4)

Por otra parte, para saber si un LSU se ha originado o no por inundación se observa un campo de la cabecera de OSPF en los paquetes LSU indica el router que inició el anuncio, a saber, el campo *Advertising Router*. Si este campo coincide con la fuente, es el router inicial; en otro caso, lo ha reenviado por inundación.

Source	Destination	Protocol	Length	Info
20.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122	LS Update
20.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94	LS Update
20.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110	LS Update
20.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122	LS Update

*Imagen 1.6\_3.1: Mensaje NS-Network enviado por R3 por la interfaz 20.0.0.2 por inundación*

```

▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 60
    Source OSPF Router: 30.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0xa0fa [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    ▼ LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
      .000 0000 0000 0001 = LS Age (seconds)
      0... .. = Do Not Age Flag
      ▶ Options: 0x22, (DC) Demand Circuit
      LS Type: Network-LSA (2)
      Link State ID: 20.0.0.2
      Advertising Router: 30.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0x3997

```

*Imagen 1.6\_3.2: Contenido del mensaje de tipo NS-Network*

4. Antes de examinar la captura en el enlace de R1-R2 trata de suponer qué tipos de mensaje aparecerán en ella. Comprueba tus suposiciones.

**RESPUESTA:** es de esperar que únicamente aparezcan los mensajes propios en el intercambio entre dos routers cuando se produce un cambio en la topología de la red o, en este caso, que estos routers han activado OSPF por sus interfaces y se presentan a R1 y R2 como nuevos routers OSPF vecinos. Por un lado, los mensajes DB-Description que R2 envía a R1 únicamente indicando los LSA con la nueva información que ha recibido de R3 y R4, así como los mensajes de inundación que reenvía, ambos sin enviar el contenido.

```

v OSPF DB Description
  Interface MTU: 1500
  > Options: 0x52, 0, (L) LLS Data block, (E) External Routing
  > DB Description: 0x02, (M) More
  DD Sequence: 1719
v LSA-type 1 (Router-LSA), len 48
  .000 0000 0010 1011 = LS Age (seconds): 43
  0... .... = Do Not Age Flag: 0
  > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
  LS Type: Router-LSA (1)
  Link State ID: 20.0.0.1
  Advertising Router: 20.0.0.1
  Sequence Number: 0x80000001
  Checksum: 0x0ace
  Length: 48
v LSA-type 1 (Router-LSA), len 48
  .000 0000 0000 0100 = LS Age (seconds): 4
  0... .... = Do Not Age Flag: 0
  > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
  LS Type: Router-LSA (1)
  Link State ID: 30.0.0.1
  Advertising Router: 30.0.0.1
  Sequence Number: 0x80000002
  Checksum: 0x8e01
  Length: 48
v LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
  .000 0000 0000 0101 = LS Age (seconds): 5
  0... .... = Do Not Age Flag: 0
  > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
  LS Type: Router-LSA (1)
  Link State ID: 41.0.0.1
  Advertising Router: 41.0.0.1
  Sequence Number: 0x80000002
  Checksum: 0x958b
  Length: 60
v LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
  .000 0000 0000 0101 = LS Age (seconds): 5
  0... .... = Do Not Age Flag: 0
  > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
  LS Type: Network-LSA (2)
  Link State ID: 30.0.0.2
  Advertising Router: 41.0.0.1
  Sequence Number: 0x80000001
  Checksum: 0x0f97
  Length: 32
v OSPF LLS Data Block
  Checksum: 0xffff6
  LLS Data Length: 12 bytes
  > Extended options TLV

```

*Imagen 1.6\_4.1: Contenido del mensaje DB-Description de R2 a R1*

Después R1 envía los sucesivos mensajes LS-Request pidiendo el contenido de estos nuevos LSA a R2, quien le envía la información correspondiente a través de los mensajes LSU, que serán asentidos a través de los LS-Acknowledge por R1, debido al cambio en la topología detectado por R2 en la interfaz 20.0.0.1. Por lo que R1 ahora tendrá apuntadas en sus bases de datos la información acerca de la ruta hasta las subredes 30.0.0.0, 40.0.0.0 y 41.0.0.0, así como llegar hasta los routers OSPF R3 y R4

```

  ▾ LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    ▾ LSA-type 1 (Router-LSA), len 60
      .000 0000 0000 0011 = LS Age (seconds): 3
      0... .... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 41.0.0.1
      Advertising Router: 41.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000002
      Checksum: 0x958b
      Length: 60
      > Flags: 0x00
      Number of Links: 3
      ▾ Type: Stub ID: 41.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 10
        Link ID: 41.0.0.0 - IP network/subnet number
        Link Data: 255.0.0.0
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 10
      ▾ Type: Stub ID: 40.0.0.0 Data: 255.0.0.0 Metric: 1
        Link ID: 40.0.0.0 - IP network/subnet number
        Link Data: 255.0.0.0
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1
      ▾ Type: Transit ID: 30.0.0.2 Data: 30.0.0.2 Metric: 1
        Link ID: 30.0.0.2 - IP address of Designated Router
        Link Data: 30.0.0.2
        Link Type: 2 - Connection to a transit network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1

```

*Imagen 1.6\_4.2: Contenido de uno de los mensajes LSU que R2 envía a R1*

5. Trata de suponer qué modificaciones se habrán realizado en las tablas de encaminamiento de cada *router*. Observa las tablas de encaminamiento para verificar tus suposiciones.

**RESPUESTA:** es de suponer que se habrán registrado las rutas a través de a las redes que componen la topología, aparte de sus conexiones directas. Es decir (la máscara es /8 en todos los casos):

- Para R1:
  - 20.0.0.0, 30.0.0.0, 40.0.0.0, 41.0.0.0 → R2 (10.0.0.2)
- Para R2:
  - 11.0.0.0, 50.0.0.0 → R1 (10.0.0.1)
  - 30.0.0.0, 40.0.0.0, 41.0.0.0 → R3 (20.0.0.2)
- Para R3:
  - 11.0.0.0, 50.0.0.0, 10.0.0.0 → R2 (20.0.0.1)
  - 40.0.0.0, 41.0.0.0 → R4 (30.0.0.2)



- Para R4:
  - 11.0.0.0, 50.0.0.0, 10.0.0.0, 20.0.0.0 → R3 (30.0.0.1)

Si observamos las tablas de rutas, tenemos que:

- Para R1 se confirma.

```
R1#show ip route
[...]
C 50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 20.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.2, 00:05:55, GigabitEthernet3/0
O 40.0.0.0/8 [110/4] via 10.0.0.2, 00:05:55, GigabitEthernet3/0
C 10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O 41.0.0.0/8 [110/13] via 10.0.0.2, 00:05:55, GigabitEthernet3/0
C 11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O 30.0.0.0/8 [110/3] via 10.0.0.2, 00:05:55, GigabitEthernet3/0
```

- Para R2 se confirma.

```
R2#show ip route
[...]
O 50.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.1, 00:10:17, GigabitEthernet3/0
C 20.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 40.0.0.0/8 [110/3] via 20.0.0.2, 00:10:17, GigabitEthernet4/0
C 10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O 41.0.0.0/8 [110/12] via 20.0.0.2, 00:10:17, GigabitEthernet4/0
O 11.0.0.0/8 [110/11] via 10.0.0.1, 00:10:17, GigabitEthernet3/0
O 30.0.0.0/8 [110/2] via 20.0.0.2, 00:10:17, GigabitEthernet4/0
```

- Para R3 se confirma.

```
R3#show ip route
[...]
O 50.0.0.0/8 [110/3] via 20.0.0.1, 00:11:32, GigabitEthernet3/0
C 20.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O 40.0.0.0/8 [110/2] via 30.0.0.2, 00:11:32, GigabitEthernet4/0
O 10.0.0.0/8 [110/2] via 20.0.0.1, 00:11:32, GigabitEthernet3/0
```

```
O 41.0.0.0/8 [110/11] via 30.0.0.2, 00:11:32, GigabitEthernet4/0
O 11.0.0.0/8 [110/12] via 20.0.0.1, 00:11:32, GigabitEthernet3/0
C 30.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
```

- Para R4 se confirma.

```
R4#show ip route
[...]
O 50.0.0.0/8 [110/4] via 30.0.0.1, 00:12:31, GigabitEthernet3/0
O 20.0.0.0/8 [110/2] via 30.0.0.1, 00:12:31, GigabitEthernet3/0
C 40.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 10.0.0.0/8 [110/3] via 30.0.0.1, 00:12:31, GigabitEthernet3/0
C 41.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O 11.0.0.0/8 [110/13] via 30.0.0.1, 00:12:31, GigabitEthernet3/0
C 30.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
```

1. Consulta la información de los vecinos que ha conocido cada encaminador a través de los mensajes *HELLO*.

**RESPUESTA:** empecemos por el router R1, éste tiene como vecino a R2 (con ID 20.0.0.1) quien es el BDR de su subred y puede alcanzarlo por la interfaz 10.0.0.2. Por otro lado, con el router R2, éste tiene como vecinos a R1 (con ID 50.0.0.2) que es su DB en la subred 10.0.0.0 y R3 (con ID 30.0.0.1) que es su BDR en la subred 20.0.0.0 siendo él el DB de esta misma subred. En cuanto a R3, este tiene como vecinos a R2 (ID 20.0.0.1) y R4 (ID 40.0.0.1). Y por último R4 solo tiene como vecino a R3, siendo este el BDR de la subred 30.0.0.0 y R4 el DR.

```
R1#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
20.0.0.1         1     FULL/BDR        00:00:30   10.0.0.2    GigabitEthernet3/0
```

*Imagen 1.6\_6.1: Salida de la orden que muestra los vecinos de R1*

```
R2#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
30.0.0.1         1     FULL/DR         00:00:30   20.0.0.2    GigabitEthernet4/0
50.0.0.2         1     FULL/DR         00:00:31   10.0.0.1    GigabitEthernet3/0
```

*Imagen 1.6\_6.2: Salida de la orden que muestra los vecinos de R2*

```
R3#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
41.0.0.1         1     FULL/DR         00:00:31   30.0.0.2    GigabitEthernet4/0
20.0.0.1         1     FULL/BDR        00:00:32   20.0.0.1    GigabitEthernet3/0
```

*Imagen 1.6\_6.3: Salida de la orden que muestra los vecinos de R3*

```
R4#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
30.0.0.1	1	FULL/BDR	00:00:33	30.0.0.1	GigabitEthernet3/0

Imagen 1.6\_6.4: Salida de la orden que muestra los vecinos de R4

2. Consulta en cada encaminador la información de las bases de datos de *Router Link States* y de *Network Link States*. Comprueba que la información mostrada coincide con el contenido de los últimos *LS Update* enviados por los encaminadores.

**RESPUESTA:** sí coinciden, además todos contienen la misma información en sus bases de datos ya que cada encaminador manda a través de un LSU la información de sus interfaces a sus otros routers OSPF vecinos, por lo que cuando el vecino recibe este mensaje, como ya explicamos anteriormente, compara el LSA del mensaje recibido con los LSA de su base de datos. Y, en caso de tener él un mensaje a enviar más antiguo que el que ha recibido con información actualizada o información que no tenía en la base de datos, almacenará la información en sus bases de datos y sustituirá el mensaje antiguo con el nuevo mensaje y lo reenviará por inundación por el resto de sus interfaces OSPF excepto por la que recibió el mensaje.

- Para R1 los últimos LSU enviados son:
  - Router LSA: indica que tenemos tres enlaces
    - Stub: 50.0.0.0 y 11.0.0.0
    - Transit: 20.0.0.0
  - Network LSA: indica que hay dos routers enlazados, 50.0.0.2 y 20.0.0.1

Hemos colocado una captura de la salida de la base de datos únicamente de R1, así como de la captura en wireShark del último LSU que mandó ya que es la misma salida en el resto de routers OSPF ya que, una vez intercambiados los mensajes ya descritos en apartados anteriores cuando se activan los dos nuevos routers OSPF R3 y R4, lo que se aprecia es que el único campo que cambia es el campo *LS-Age* que indica que el tiempo de vida (en segundos) de cada router desde que se crearon los LSA, ya que difiere según lo recibió cada router.

```
R1#show ip ospf database
```

OSPF Router with ID (50.0.0.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
20.0.0.1	20.0.0.1	29	0x80000003	0x000CA8	2
30.0.0.1	30.0.0.1	29	0x80000004	0x009DD8	2
41.0.0.1	41.0.0.1	17	0x80000003	0x00938C	3
50.0.0.2	50.0.0.2	50	0x80000003	0x00C980	3

Net Link States (Area 1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
10.0.0.1	50.0.0.2	50	0x80000002	0x009F11	
20.0.0.2	30.0.0.1	29	0x80000002	0x003798	
30.0.0.2	41.0.0.1	17	0x80000002	0x000D98	

1. Consulta el resumen de las bases de datos en cada encaminador.

**RESPUESTA:** es la misma salida en cada encaminador, ya que todos contienen la misma información en sus bases de datos como ya mencionamos en el apartado anterior. Donde R1 y R2 son los que ahora contienen la nueva información en sus bases de datos acerca de como encontrar a los routers OSPF R3 y R4 y cuantas interfaces tienen cada uno, como se puede ver en la base de datos Router Link States.

```
R1#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (50.0.0.2) (Process ID 1)

        Router Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#          Checksum Link count
20.0.0.1       20.0.0.1      1839     0x80000004   0x000AA9  2
30.0.0.1       30.0.0.1      1854     0x80000005   0x009BD9  2
41.0.0.1       41.0.0.1      1902     0x80000004   0x00918D  3
50.0.0.2       50.0.0.2      1920     0x80000004   0x00C781  3

        Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#          Checksum
10.0.0.1       50.0.0.2      1920     0x80000003   0x009D12
20.0.0.2       30.0.0.1      1854     0x80000003   0x003599
30.0.0.2       41.0.0.1      1902     0x80000003   0x000B99
```

Imagen 1.6\_8.1: Resumen de las bases de datos almacenadas en R1, R2, R3 y R4 (ambas son análogas)

2. Tras haber arrancado OSPF en los encaminadores R1, R2, R3 y R4, PC1 y PC2 deberían tener conectividad IP. Compruébalo con las órdenes *ping* y *trace* (incluye aquí su salida).

**RESPUESTA:** si, vuelve a haber conectividad, ya que el ping que PC1 envía a través de un mensaje ICMP hasta PC2 es encaminado por R1 , a partir de la información que conoce de sus routers OSPF vecinos, por la ruta de R2-R3-R4-PC2. De manera análoga sucede para el ping de PC2 a PC1

```
PC1> ping 41.0.0.10
41.0.0.10 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=2 ttl=60 time=103.725 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=3 ttl=60 time=127.659 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=4 ttl=60 time=106.713 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=5 ttl=60 time=105.717 ms
```

*Imagen 1.6\_9.1: Salida del ping desde PC1 a PC2*

```
PC1> trace 41.0.0.10
trace to 41.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  11.0.0.1    11.970 ms  41.887 ms  8.973 ms
 2  10.0.0.2    64.827 ms  31.916 ms  31.914 ms
 3  20.0.0.2    107.714 ms 85.770 ms  52.860 ms
 4  30.0.0.2    129.654 ms 107.712 ms 97.738 ms
 5  *41.0.0.10  140.622 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

*Imagen 1.6\_9.2: Salida de la orden 'trace' de PC1 a PC2*

```
PC2> ping 11.0.0.10
84 bytes from 11.0.0.10 icmp_seq=1 ttl=60 time=126.663 ms
84 bytes from 11.0.0.10 icmp_seq=2 ttl=60 time=105.716 ms
84 bytes from 11.0.0.10 icmp_seq=3 ttl=60 time=105.716 ms
84 bytes from 11.0.0.10 icmp_seq=4 ttl=60 time=116.690 ms
84 bytes from 11.0.0.10 icmp_seq=5 ttl=60 time=106.713 ms
```

*Imagen 1.6\_9.3: Salida del ping desde PC1 a PC2*

```
PC2> trace 11.0.0.10
trace to 11.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  41.0.0.1    8.976 ms  42.886 ms  31.918 ms
 2  30.0.0.1    30.919 ms  64.827 ms  64.826 ms
 3  20.0.0.1    86.766 ms 107.713 ms 107.710 ms
 4  10.0.0.1    74.800 ms 119.679 ms 96.744 ms
 5  *11.0.0.10  108.709 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

*Imagen 1.6\_9.4: Salida de la orden 'trace' de PC1 a PC2*

## 1.7. Reconfiguración de rutas: activación y desactivación de R5

1. Deja lanzado el *ping* de PC1 a PC2 (`ping 41.0.0.10 -t`), y reinicia OSPF en R1 (`clear ip ospf 1 process`). ¿Se ha producido pérdida de paquetes? ¿Por qué? Comprueba lo que ha sucedido con las capturas de tráfico necesarias. Compara lo sucedido para esta misma situación en la práctica de RIP.

**RESPUESTA:** no hay pérdida de paquetes. Al desactivar OSPF, aproximadamente durante el tiempo en que se envían unos cuatro paquetes R1 no conoce la topología de la red por lo que desconoce quiénes son el DR y BDR de la subred en la que se encuentra por lo que lleva los campos vacíos correspondientes a DB y BDR en los mensajes de HELLO que manda a R2. Tras detectar que R1 ha sido reiniciado, R1 y R2 llevan a cabo el intercambio de mensajes inicial para conocerse como routers vecinos OSPF e intercambiarse la información que necesiten.

R2 le manda un DB Description con los LSA que tiene almacenados en su base de datos indicando el tipo de LSA, el identificador del router que lo envió y el número de secuencia, pero no el contenido de estos. Por lo que R1 envía un LS-Request pidiendo la información de estos LSAs y R2 le envía los LS-Update con la información que estaba pidiendo, que son confirmados a través de los correspondientes LS-Acknowledge. Es por esto por lo que este intercambio de mensajes se realiza rápidamente para que el algoritmo converja rápidamente y se puedan enviar los siguientes mensajes ICMP de nuevo.

6	8.684333	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
7	8.695303	10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	94 Hello Packet
8	9.029521	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
11	18.711459	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
12	19.039540	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
15	28.697610	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
16	29.026733	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
19	38.691901	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 DB Description
20	38.691901	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
21	39.021025	10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	78 DB Description
22	39.021025	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
23	39.031995	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	98 DB Description
24	39.042964	10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	98 DB Description
25	39.053935	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 DB Description
26	39.064906	10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	78 DB Description
27	39.064906	10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	70 LS Request
28	39.075876	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	70 LS Request
29	39.075876	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 DB Description
30	39.075876	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	110 LS Update
31	39.086847	10.0.0.1	10.0.0.2	OSPF	122 LS Update
32	39.086847	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
33	39.097818	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	78 LS Acknowledge
34	39.196554	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
35	39.207524	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
36	39.525676	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
37	39.558586	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
38	41.588165	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	138 LS Acknowledge
39	41.599135	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge
40	43.442210	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
41	43.453180	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
42	43.464149	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
43	43.497061	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
44	43.716477	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
45	43.749389	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
46	43.782299	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
47	43.815211	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
48	43.946861	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
49	43.957832	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
50	44.188216	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
51	44.199187	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
52	45.954496	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	158 LS Acknowledge
53	45.965467	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	158 LS Acknowledge
56	48.664255	10.0.0.2	10.0.0.1	OSPF	170 LS Update
57	48.675225	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
58	48.686198	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
59	48.730079	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
60	49.026287	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
61	51.165570	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge
62	51.176539	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge

Imagen 1.7\_1.1: Captura de WireShark de la interfaz que conecta R1 y R2

```
PC1> ping 41.0.0.10 -t
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=1 ttl=60 time=152.594 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=2 ttl=60 time=106.714 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=3 ttl=60 time=106.716 ms
41.0.0.10 icmp_seq=4 timeout
41.0.0.10 icmp_seq=5 timeout
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=6 ttl=60 time=153.590 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=7 ttl=60 time=106.713 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=8 ttl=60 time=106.715 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=9 ttl=60 time=149.600 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=10 ttl=60 time=105.716 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=11 ttl=60 time=105.717 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=12 ttl=60 time=106.714 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=13 ttl=60 time=106.715 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=14 ttl=60 time=105.718 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=15 ttl=60 time=105.717 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=16 ttl=60 time=106.716 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=17 ttl=60 time=106.718 ms
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=18 ttl=60 time=106.717 ms
```

Imagen 1.7\_1.2: Salida de la terminal de PC1 cuando se lanza el ping

Esta situación es análoga a la que sucede en la práctica de RIP, pues tampoco se pierden paquetes ya que R1 manda varios mensajes de REQUEST a la dirección multicast 224.0.0.9 hasta que R2 le conteste con un mensaje RESPONSE para rellenar su tabla de rutas lo más rápido posible de manera que no se pierdan paquetes, mientras este proceso tiene lugar almacena los mensajes de ICMP recibidos durante unos segundos hasta que pueda volver a encaminarlos.

2. Realiza los cambios necesarios para que la ruta seguida por los datagramas IP que envía PC1 a PC2 vayan por la ruta PC1 => R1 => R5 => R4 => PC2, y para que los que envía PC2 a PC1 vayan por la ruta PC2 => R4 => R5 => R1 => PC1. Para realizar este apartado no podrás añadir o eliminar manualmente rutas en las tablas de encaminamiento. Mirando la tabla de encaminamiento de R1, observa y apunta el número de segundos que aproximadamente tarda en aprender R1 la nueva ruta.

**RESPUESTA:** basta activar R5; dado que la ruta tiene menor número de saltos, y siendo todas las interfaces iguales (y por tanto el ancho de banda y la métrica utilizada por OSPF), el protocolo selecciona automáticamente esa ruta, que es de menor coste.

```
PC1> trace 41.0.0.10

trace to 41.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop

 1  11.0.0.1  6.801 ms  9.235 ms  40.018 ms
 2  50.0.0.1 30.286 ms 61.575 ms 29.438 ms
 3  40.0.0.1 69.963 ms 39.965 ms 42.537 ms
 4  **41.0.0.10 65.886 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

Comprueba que se está utilizando dicha ruta a través de la orden `trace`. Comprueba las rutas y sus métricas en las tablas de encaminamiento de cada encaminador. Compara este valor con el anotado para esta misma situación en la práctica de RIP.

**RESPUESTA:** como hemos dicho, todas las interfaces son de tipo Gigabit Ethernet, de modo que, dado que la métrica es 1 para este tipo de interfaz (según el manual de Cisco), el coste 11.0.0.0 → 41.0.0.0 es de 2 por la ruta R1 → R5 → R4 y de 3 por la ruta R1 → R2 → R3 → R4.

```
R1#show ip route

[...]

C 50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 20.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.2, 00:01:01, GigabitEthernet3/0
O 40.0.0.0/8 [110/2] via 50.0.0.1, 00:01:01, GigabitEthernet4/0
```



```
C 10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O 41.0.0.0/8 [110/12] via 50.0.0.1, 00:01:01, GigabitEthernet4/0
C 11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O 30.0.0.0/8 [110/3] via 50.0.0.1, 00:01:01, GigabitEthernet4/0
    [110/3] via 10.0.0.2, 00:01:01, GigabitEthernet3/0
```

```
R4#show ip route
```

```
[...]
O 50.0.0.0/8 [110/2] via 40.0.0.2, 00:05:29, GigabitEthernet4/0
O 20.0.0.0/8 [110/2] via 30.0.0.1, 00:05:29, GigabitEthernet3/0
C 40.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 10.0.0.0/8 [110/3] via 40.0.0.2, 00:05:29, GigabitEthernet4/0
    [110/3] via 30.0.0.1, 00:05:29, GigabitEthernet3/0
C 41.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O 11.0.0.0/8 [110/12] via 40.0.0.2, 00:05:29, GigabitEthernet4/0
C 30.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
```

```
PC1> trace 41.0.0.10
```

```
trace to 41.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
```

```
1 11.0.0.1 6.801 ms 9.235 ms 40.018 ms
2 50.0.0.1 30.286 ms 61.575 ms 29.438 ms
3 40.0.0.1 69.963 ms 39.965 ms 42.537 ms
4 **41.0.0.10 65.886 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

```
PC2> trace 11.0.0.10
```

```
trace to 11.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
```

```
1 41.0.0.1 5.364 ms 39.203 ms 10.004 ms
2 40.0.0.2 19.463 ms 19.898 ms 19.986 ms
3 50.0.0.2 59.486 ms 69.696 ms 70.162 ms
4 *11.0.0.10 82.091 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

3. Deja lanzado en PC1 un *ping* hacia PC2. Lanza las capturas de tráfico necesarias para explicar qué sucede cuando se interrumpe la ejecución de OSPF en el encaminador R5 (utiliza la orden *no router ospf <num>*). Podrás observar con la orden `show ip route` que ahora R5 no conoce rutas aprendidas por OSPF. Tampoco exporta información de vecinos hacia otros encaminadores.

**RESPUESTA:** cuando desactivamos el protocolo OSPF en R5, esta manda dos LSU (uno de tipo *Router-LSA* y otro de *Network-LSA*) por todas sus interfaces informando de que se ha producido un cambio en la topología de la red donde las interfaces por las que está conectado a R4 y R1 quedan deshabilitadas para la comunicación del protocolo OSPF. Posteriormente, tanto R1 como R4 contestan con un LSAck dando a entender que ambos saben que ya no pueden encaminar los mensajes por la ruta que pasa por R5.

Aunque no será hasta pasados 40 segundos sin recibir mensajes HELLO cuando ambos routers supondrán que el router vecino R5 está desconectado, ya que no reciben información del él. Es entonces cuando tanto R1 como R4, tal y como se puede ver en la *imagen 3.4* , pasados los 40 segundos envían por las interfaces por las que tienen activado OSPF un mensaje LSU por inundación a sus routers vecinos (R2 y R3 respectivamente para R1 y R4) informando de que el router R5 ha sido desactivado y que les envíen de nuevo la información de sus interfaces a través de otro mensaje LSU directamente por unicast a ellos para poder encaminar los mensajes pasando, de nuevo, a través de ellos (R2 y R3).

```
R5#show ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, \* - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0

C 40.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0

109	92.100876	11.0.0.10	41.0.0.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0x2d34, seq=35/8960, ttl=63 (reply in 110)
110	92.164706	41.0.0.10	11.0.0.10	ICMP	98 Echo (ping) reply	id=0x2d34, seq=35/8960, ttl=62 (request in 109)
111	92.921682	50.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update	
112	92.921682	50.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update	
113	93.121150	50.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet	
114	93.176002	11.0.0.10	41.0.0.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0x2e34, seq=36/9216, ttl=63 (no response found!)
115	95.172668	11.0.0.10	41.0.0.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0x3034, seq=37/9472, ttl=63 (no response found!)
116	95.414023	50.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge	
117	97.180303	11.0.0.10	41.0.0.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0x3234, seq=38/9728, ttl=63 (no response found!)
120	103.115442	50.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet	
125	113.109734	50.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet	
128	123.114997	50.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet	

*Imagen 1.7\_3.1: Captura de WireShark de la interfaz que conecta R1 y R5 (después de desconectar R5)*

```

v Open Shortest Path First
  v OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 76
    Source OSPF Router: 50.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x64f5 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  v LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    v LSA-type 1 (Router-LSA), len 48
      .000 1110 0001 0000 = LS Age (seconds): 3600
      0... .... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 50.0.0.1
      Advertising Router: 50.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000003
      Checksum: 0x9a64
      Length: 48
      > Flags: 0x00
      Number of Links: 2
      v Type: Transit ID: 50.0.0.2 Data: 50.0.0.1 Metric: 1
        Link ID: 50.0.0.2 - IP address of Designated Router
        Link Data: 50.0.0.1
        Link Type: 2 - Connection to a transit network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1
      v Type: Transit ID: 40.0.0.2 Data: 40.0.0.2 Metric: 1
        Link ID: 40.0.0.2 - IP address of Designated Router
        Link Data: 40.0.0.2
        Link Type: 2 - Connection to a transit network
        Number of Metrics: 0 - TOS
        0 Metric: 1

```

*Imagen 1.7\_3.2: Contenido del primer LSU enviado por R1 (nº 111)*

```

v Open Shortest Path First
  v OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 60
    Source OSPF Router: 50.0.0.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x73f6 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  v LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    v LSA-type 2 (Network-LSA), len 32
      .000 1110 0001 0000 = LS Age (seconds): 3600
      0... .... .... = Do Not Age Flag: 0
      > Options: 0x22, (DC) Demand Circuits, (E) External Routing
      LS Type: Network-LSA (2)
      Link State ID: 40.0.0.2
      Advertising Router: 50.0.0.1
      Sequence Number: 0x80000001
      Checksum: 0xf38b
      Length: 32
      Netmask: 255.0.0.0
      Attached Router: 50.0.0.1
      Attached Router: 41.0.0.1

```

44	100.141389	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	110 LS Update
45	100.174302	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
46	100.305950	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet
47	102.620763	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge

*Imagen 1.7\_3.3: Contenido del primer LSU enviado por R1 (nº 112)*

98	140.645152	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
99	140.656122	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
100	140.667092	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
101	143.157435	10.0.0.1	224.0.0.5	OSPF	78 LS Acknowledge
102	143.157435	10.0.0.2	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge

*Imagen 1.7\_3.4: Captura de wireshark de la interfaz entre R1 y R2 donde, pasados 40 segundos, R1 informa a través de un mensaje de inundación LSU a través de R2 que R5 está desconectado.*

4. ¿Deja de funcionar el *ping* de PC1 a PC2? ¿durante cuánto tiempo? (fíjate en el número de secuencia *icmp\_seq*, éste aumenta con cada paquete enviado cada segundo).

**RESPUESTA:** deja de funcionar únicamente entre 2 y 3 segundos que es el tiempo, como podemos observar en la *imagen 3.1* del apartado anterior, que tarda R1 en responder a R5 con un LSAck desde que este le manda los mensajes LSU para indicarle que ya sabe que no tiene que contestarle con más mensajes de HELLO cada 10 segundos y que pasará a encaminar los mensajes por otra ruta.

```
PC1> ping 41.0.0.10 -t

41.0.0.10 icmp_seq=1 timeout

41.0.0.10 icmp_seq=2 timeout

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=44.271 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=40.230 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=67.264 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=6 ttl=61 time=67.179 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=7 ttl=61 time=76.196 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=8 ttl=61 time=46.271 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=9 ttl=61 time=53.466 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=10 ttl=61 time=38.979 ms

41.0.0.10 icmp_seq=11 timeout

41.0.0.10 icmp_seq=12 timeout

41.0.0.10 icmp_seq=13 timeout

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=14 ttl=60 time=60.095 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=15 ttl=60 time=81.246 ms
```

```
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=16 ttl=60 time=58.008 ms
```

```
84 bytes from 41.0.0.10 icmp_seq=17 ttl=60 time=76.492 ms
```

5. Observa durante este periodo, en el que no está funcionando R5, la tabla de encaminamiento de R1 y R4 y su lista de vecinos. Describe lo que ocurre. Muestra aquí la evolución de estas tablas. ¿Cuánto tiempo tardan R1 y R4 en olvidar las rutas por R5 y aprender las nuevas? ¿por qué? ¿Cuánto tiempo tarda R5 en desaparecer de la lista de vecinos de R1 y R4? ¿por qué? Ayúdate de las capturas del tráfico para explicar lo sucedido y contestar adecuadamente a las preguntas anteriores. Compara lo sucedido para esta misma situación en la práctica de RIP.

**RESPUESTA:** el tiempo que tardan R1 y R4 en aprender las nuevas rutas es el mismo que el que mencionamos anteriormente: 40 segundos. Este es el tiempo 40 que un router puede esperar sin recibir mensajes HELLO de otro router OSPF vecino, una vez vencido este tiempo es entonces cuando ambos routers, tanto R1 como R4, envían por las interfaces por las que tienen activado OSPF un mensaje LSU por inundación a sus routers vecinos (R2 y R3 respectivamente para R1 y R4) informando de que el router R5 ha sido desactivado y que les envíen de nuevo la información de sus interfaces a través de otro mensaje LSU directamente por unicast a ellos para poder encaminar los mensajes pasando, de nuevo, a través de ellos (R2 y R3).

Explicaremos únicamente el caso de R1 ya que el proceso en R4 es análogo y se puede ver en las *imágenes 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12*. Como se puede ver en las *imágenes 5.1 y 5.2*, la ruta por la que R1 alcanza las redes 30.0.0.0, 40.0.0.0 y 41.0.0.0 pasa de ser 50.0.0.1 (la ruta que pasa por R5) a ser 10.0.0.2 (la ruta que pasa por R2 y R3). Por otro lado, en las *imágenes 5.5 y 5.6*, se puede observar que antes de que R5 se desactivase había dos entradas en la lista de vecino correspondiente a R5 y R2. Pero, una vez desactivado este, pasa a tener una sola entrada correspondiente a R2 y listándolo como el único router OSPF vecino al que está conectado.

Comparando la situación en RIP, sucede un proceso similar siendo las tablas actualizadas pasados los 3 minutos, que es el tiempo que un router tardaba en deshabilitar una de sus interfaces que implementaba el protocolo RIP, por lo que, lógicamente se perdía mucho tiempo en este proceso comparado con los 40 segundos que tarda OSPF. En cuanto a las rutas, sucede exactamente lo mismo en ambos protocolos al desactivar el router R5, ya que en ambas situaciones se produce el mismo

algoritmo de encaminamiento de los mensajes desde R1 y R4 obteniendo de nuevo información para encaminar a través de R2 y R3 y eliminando R5 como ruta alternativa de sus tablas de rutas (como se puede ver en la imagen 5.2, donde para llegar hasta la red 30.0.0.0 solo se puede llegar a través de la interfaz 10.0.0.2).

```
Gateway of last resort is not set

C    50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 10.0.0.2, 00:00:26, GigabitEthernet3/0
O    40.0.0.0/8 [110/2] via 50.0.0.1, 00:00:26, GigabitEthernet4/0
C    10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O    41.0.0.0/8 [110/12] via 50.0.0.1, 00:00:26, GigabitEthernet4/0
C    11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    30.0.0.0/8 [110/65537] via 50.0.0.1, 00:00:26, GigabitEthernet4/0
    [110/65537] via 10.0.0.2, 00:00:26, GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.7\_5.1: Tabla de rutas de R1 (antes de desactivar R5)

```
C    50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 10.0.0.2, 00:04:12, GigabitEthernet3/0
O    40.0.0.0/8 [110/65538] via 10.0.0.2, 00:04:12, GigabitEthernet3/0
C    10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O    41.0.0.0/8 [110/65547] via 10.0.0.2, 00:04:12, GigabitEthernet3/0
C    11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    30.0.0.0/8 [110/65537] via 10.0.0.2, 00:04:12, GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.7\_5.2: Tabla de rutas de R1 (después de desactivar R5)

```
R1#show ip route ospf
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 10.0.0.2, 00:00:24, GigabitEthernet3/0
O    41.0.0.0/8 [110/65547] via 10.0.0.2, 00:00:24, GigabitEthernet3/0
O    30.0.0.0/8 [110/65537] via 10.0.0.2, 00:00:24, GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.7\_5.3: Tabla de rutas OSPF de R1 (antes de desactivar R5)

```
R1#show ip route ospf
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 10.0.0.2, 00:03:27, GigabitEthernet3/0
O    40.0.0.0/8 [110/65538] via 10.0.0.2, 00:03:27, GigabitEthernet3/0
O    41.0.0.0/8 [110/65547] via 10.0.0.2, 00:03:27, GigabitEthernet3/0
O    30.0.0.0/8 [110/65537] via 10.0.0.2, 00:03:27, GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.7\_5.4: Tabla de rutas OSPF de R1 (después de desactivar R5)

```
R1#show ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri   State           Dead Time   Address        Interface
50.0.0.1       1     FULL/BDR        00:00:38    50.0.0.1       GigabitEthernet4/0
20.0.0.1       1     FULL/BDR        00:00:39    10.0.0.2       GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.7\_5.5: Lista de vecinos de R1 (antes de desactivar R5)

```
R1#show ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri   State           Dead Time   Address        Interface
20.0.0.1       1     FULL/BDR        00:00:32    10.0.0.2       GigabitEthernet3/0
```

Imagen 1.7\_5.6: Lista de vecinos de R1 (después de desactivar R5)

```

O    50.0.0.0/8 [110/2] via 40.0.0.2, 00:00:46, GigabitEthernet4/0
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 30.0.0.1, 00:00:46, GigabitEthernet3/0
C    40.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O    10.0.0.0/8 [110/65537] via 40.0.0.2, 00:00:46, GigabitEthernet4/0
    [110/65537] via 30.0.0.1, 00:00:46, GigabitEthernet3/0
C    41.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    11.0.0.0/8 [110/12] via 40.0.0.2, 00:00:46, GigabitEthernet4/0
C    30.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0

```

Imagen 1.7\_5.7: Tabla de rutas de R4 (antes de desactivar R5)

```

Gateway of last resort is not set

O    50.0.0.0/8 [110/65538] via 30.0.0.1, 00:00:35, GigabitEthernet3/0
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 30.0.0.1, 00:00:35, GigabitEthernet3/0
C    40.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O    10.0.0.0/8 [110/65537] via 30.0.0.1, 00:00:35, GigabitEthernet3/0
C    41.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    11.0.0.0/8 [110/65547] via 30.0.0.1, 00:00:35, GigabitEthernet3/0
C    30.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0

```

Imagen 1.7\_5.8: Tabla de rutas de R4 (después de desactivar R5)

```

R4#show ip route ospf
O    50.0.0.0/8 [110/65538] via 30.0.0.1, 00:00:38, GigabitEthernet3/0
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 30.0.0.1, 00:00:38, GigabitEthernet3/0
O    10.0.0.0/8 [110/65537] via 30.0.0.1, 00:00:38, GigabitEthernet3/0
O    11.0.0.0/8 [110/65547] via 30.0.0.1, 00:00:38, GigabitEthernet3/0

```

Imagen 1.7\_5.9: Tabla de rutas OSPF de R4 (antes de desactivar R5)

```

R4#show ip route ospf
O    50.0.0.0/8 [110/2] via 40.0.0.2, 00:00:51, GigabitEthernet4/0
O    20.0.0.0/8 [110/65536] via 30.0.0.1, 00:00:51, GigabitEthernet3/0
O    10.0.0.0/8 [110/65537] via 40.0.0.2, 00:00:51, GigabitEthernet4/0
    [110/65537] via 30.0.0.1, 00:00:51, GigabitEthernet3/0
O    11.0.0.0/8 [110/12] via 40.0.0.2, 00:00:51, GigabitEthernet4/0

```

Imagen 1.7\_5.10: Tabla de rutas OSPF de R4 (después de desactivar R5)

```

R4#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface
30.0.0.1         1    FULL/BDR        00:00:39   30.0.0.1      GigabitEthernet3/0

```

Imagen 1.7\_5.12: Lista de vecinos de R4 (después de desactivar R5)



6. Interrumpe el *ping* y comprueba la ruta que están siguiendo los mensajes intercambiados entre PC1 y PC2 con *trace*. Incluye aquí la salida

**RESPUESTA:** como podemos apreciar en las siguientes salidas de la orden '*trace*' en ambos equipos la ruta que siguen los mensajes ICMP intercambiados es por la que solían R1 y R4 encaminar los paquetes, es decir, pasando por R2 (10.0.0.2 y 20.0.0.1) y R3 (20.0.0.2 y 30.0.0.1) ya que R5 está desactiva y no es posible encaminar los paquetes pasando por él.

```
PC1> trace 41.0.0.10
trace to 41.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1 11.0.0.1 42.889 ms 31.913 ms 9.975 ms
 2 10.0.0.2 30.915 ms 64.829 ms 63.827 ms
 3 20.0.0.2 85.771 ms 85.770 ms 75.795 ms
 4 30.0.0.2 107.712 ms 129.654 ms 96.742 ms
 5 * * *
 6 *41.0.0.10 99.732 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

```
PC2> trace 11.0.0.10
trace to 11.0.0.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1 41.0.0.1 8.975 ms 31.913 ms 8.977 ms
 2 30.0.0.1 31.915 ms 30.920 ms 64.829 ms
 3 20.0.0.1 108.707 ms 97.739 ms 74.800 ms
 4 10.0.0.1 96.743 ms 119.681 ms 97.742 ms
 5 *11.0.0.10 107.714 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

7. Por último, vuelve a configurar de nuevo *OSPF* en R5. Observa cómo cambian las tablas de encaminamiento en R1 y R4 y apenas se interrumpe el *ping*. Comprueba de nuevo cuál es ahora la ruta que están siguiendo los mensajes intercambiados entre PC1 y PC2 con *trace*. Observa y apunta el número de segundos que aproximadamente tarda en aprenderse de nuevo la ruta a través de R5, mirando continuamente la tabla de encaminamiento de R1. Mira también los números de secuencia de los *icmps* del *ping*, y fíjate si alguno se pierde mientras se cambia de la ruta antigua a la ruta nueva. Compara estos datos con los observados para esta misma situación en la práctica de RIP.

**RESPUESTA:** en efecto observamos que el cambio en las tablas de rutas (que es análogo en R4) apenas afecta al ping. La ruta que siguen los mensajes es la R1 → R5 → R4, que como ya se indicó, es la de menor coste. También como se dijo anteriormente, el tiempo de aprendizaje de la nueva ruta es de unos cuarenta segundos (cf. apartado 5). No hay pérdida de paquetes.

En comparación con RIP, la principal diferencia es la rapidez con que converge el algoritmo al eliminar rutas. En RIP eran necesarios hasta 3 minutos para reconfigurar la red en caso de eliminación, mientras que en OSPF el tiempo es el mismo para la adición y para la eliminación de encaminadores.

```
R1#show ip route

[...]

C 50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 20.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.2, 00:00:04, GigabitEthernet3/0
O 40.0.0.0/8 [110/4] via 10.0.0.2, 00:00:04, GigabitEthernet3/0
C 10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O 41.0.0.0/8 [110/13] via 10.0.0.2, 00:00:04, GigabitEthernet3/0
C 11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O 30.0.0.0/8 [110/3] via 10.0.0.2, 00:00:04, GigabitEthernet3/0

R1#

*Apr 7 21:17:47.691: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 50.0.0.1 on GigabitEthernet4/0 from LOADING to FULL,
Loading Done

R1#show ip route

[...]

C 50.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O 20.0.0.0/8 [110/2] via 10.0.0.2, 00:00:39, GigabitEthernet3/0
O 40.0.0.0/8 [110/2] via 50.0.0.1, 00:00:39, GigabitEthernet4/0
C 10.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O 41.0.0.0/8 [110/12] via 50.0.0.1, 00:00:39, GigabitEthernet4/0
C 11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O 30.0.0.0/8 [110/3] via 50.0.0.1, 00:00:39, GigabitEthernet4/0
    [110/3] via 10.0.0.2, 00:00:39, GigabitEthernet3/0
```

```
PC1> ping 41.0.0.10 -t
```

41.0.0.10 icmp\_seq=1 timeout

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=2 ttl=60 time=94.295 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=3 ttl=60 time=51.194 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=4 ttl=60 time=69.152 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=5 ttl=60 time=57.158 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=6 ttl=60 time=49.989 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=7 ttl=60 time=42.761 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=8 ttl=60 time=55.427 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=9 ttl=60 time=50.991 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=10 ttl=60 time=65.158 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=11 ttl=60 time=70.193 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=12 ttl=60 time=89.744 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=13 ttl=60 time=69.598 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=14 ttl=60 time=48.572 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=15 ttl=60 time=57.501 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=16 ttl=60 time=47.961 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=17 ttl=60 time=50.297 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=18 ttl=60 time=43.877 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=19 ttl=60 time=47.638 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=20 ttl=60 time=58.343 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=21 ttl=60 time=79.771 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=22 ttl=60 time=53.751 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=23 ttl=60 time=46.891 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=24 ttl=60 time=55.389 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=25 ttl=60 time=57.725 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=26 ttl=60 time=57.198 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=27 ttl=60 time=92.679 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=28 ttl=60 time=118.584 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=29 ttl=60 time=116.978 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=30 ttl=60 time=101.807 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=31 ttl=60 time=57.953 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=32 ttl=60 time=98.250 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=33 ttl=60 time=69.471 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=34 ttl=60 time=51.350 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=35 ttl=60 time=88.976 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=36 ttl=60 time=60.089 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=37 ttl=60 time=132.333 ms

84 bytes from 41.0.0.10 icmp\_seq=38 ttl=60 time=57.895 ms

## 2. Órdenes IOS

OSPF	
Permite configurar el protocolo de encaminamiento dinámico OSPF. Es necesario indicar las subredes por las que se propagarán las rutas y el área a la que pertenecen, opcionalmente el identificador del router, opcionalmente ajustar el coste y opcionalmente indicar si no se enviarán mensajes de saludo por alguna interfaz.	
<b>router ospf &lt;process_number&gt;</b>	Activa OSPF en nuestro router.
<b>no router ospf &lt;process_number&gt;</b>	Desactiva RIP (Si se desea volver a activar OSPF hay que establecer de nuevo todos los parámetros).
<b>network &lt;subred&gt; &lt;mask&gt; area &lt;num_area&gt;</b>	Indica la/s subred/es por las que se distribuirán las direcciones aprendidas.
<b>router-id &lt;ip_address&gt;</b>	Identificador del router. Si no se especifica se elige como identificador la IP mayor.
<b>auto-cost    reference-bandwidth &lt;bandwidth&gt;</b>	El coste de la interfaz se calcula:  Interface Cost= Reference bandwidth/interface bandwidth  El valor por defecto es 100Mbps
<b>passive-interface &lt;ifaz&gt;</b>	Indica las interfaces por las que NO se distribuirán rutas.

<b>clear ip ospf &lt;process_number&gt; process</b>	Reinicia el proceso de OSPF
---	-----------------------------

<b>Tabla de rutas</b>	
<b>show ip route</b>	Muestra la tabla de rutas
<b>show ip route ospf</b>	Muestra las entradas de la tabla de rutas aprendidas con OSPF.

<b>Monitorizando el funcionamiento de OSPF</b>	
<b>debug ip ospf events</b>	Habilita los mensajes de depuración.
<b>no debug ip ospf events</b>	Deshabilita los mensajes de depuración.
<b>show ip protocols</b>	Muestra detalles de los protocolos.
<b>show ip ospf &lt;process_number&gt;</b>	Muestra información del proceso de ospf
<b>show ip ospf database</b>	Muestra la BBDD de OSPF
<b>show ip ospf database network</b>	Muestra la BBDD de redes de OSPF
<b>show ip ospf database router</b>	Muestra la BBDD de routers de OSPF
<b>show ip ospf neighbor</b>	Muestra los vecinos
<b>show ip ospf interface brief</b>	Muestra la métrica de cada interfaz