

Arquitectura

de

Redes

Manuel Fresneda Llamas
Francisco Antonio Fernandez Coloma

48655144R
48738175W

Grupo 3

28/11/2021

Profesor: Pedro Javier Fernández Ruiz



Índice

1. Introducción	2
3. Encaminamiento intra-dominio IPv4	5
3.1. Organización A – RIP	5
3.2. Organización B – OSPF	12
4. Interconexión y redistribución de rutas	22
5. Conclusión	30

1. Introducción

Nos encontramos con dos organizaciones que han decidido colaborar para la gestión y configuración de sus redes de forma conjunta. En cada una de ellas se cuenta con una red, en la que deberemos interconectar los routers, asignar el direccionamiento y finalmente interconectarlas.

La realización de esta práctica tiene como objetivo familiarizarnos con el simulador de Cisco, Packet Tracer, al mismo tiempo que repasar conceptos dados en la teoría de la asignatura como son el direccionamiento de todas las redes de área local (LAN) y punto a punto (P2P), el protocolo de enrutamiento RIP y el protocolo, también de enrutamiento, OSPF.

Tal y como se establece en el documento de especificación de la práctica de la asignatura “Arquitectura de Redes” a continuación se presenta la documentación final de la práctica realizada por los dos alumnos, Francisco Fernández Coloma y Manuel Fresneda Llamas durante el año 2021-2022.

La información desarrollada en este documento cumple y trata las guías establecidas en el enunciado de la práctica incluyendo así las decisiones de implementación de la práctica, así como las cuestiones a resolver.

A la hora de plasmar los distintos apartados hemos querido plasmar toda la información con todo lujo de detalles y desde un punto de vista útil, sobre todo valorando el carácter educativo y pedagógico que pueda tener de cara a un futuro, cuando necesitemos algunos de los recursos y las tecnologías de este proyecto en futuros.

2. Direccionamiento

El rango de direcciones IP que nos encontramos en nuestra organizaciones son:

- Organización A: 171.45.0.0/22
- Organización B: 171.45.8.0/22

a) Organización A

Para la asignación de direcciones IP en esta organización aplicaremos el mismo criterio que aprendimos en la asignatura de Redes de Comunicación del 2º curso del grado: “Primero asignar a la subred con mayor cantidad de host”.

Siguiendo este criterio tenemos:

Subnet Id	Host	Dirección IP	Mask	Máscara Direcciones	Rango IP	Broadcast
Lan 1.0	509	173.45.0.0	/23	255.255.254.0	173.45.0.1 hasta 173.45.1.254	173.45.1.255
Lan 1.1	55	173.45.3.128	/26	255.255.255.192	173.45.3.129 hasta 173.45.3.190	173.45.3.191
Lan 1.2	250	173.45.2.0	/24	255.255.255.0	173.45.2.1 hasta 173.45.2.254	173.45.2.255
Lan 1.3	125	173.45.3.0	/25	255.255.255.128	173.45.3.1 hasta 173.45.3.126	173.45.3.127
P2P 1.0	2	173.45.3.212	/30	255.255.255.252	173.45.3.213 hasta 173.45.3.214	173.45.3.215
P2P 1.1	2	173.45.3.208	/30	255.255.255.252	173.45.3.213 hasta 173.45.3.214	173.45.3.215
P2P 1.2	2	173.45.3.192	/30	255.255.255.252	173.45.3.193 hasta 173.45.3.194	173.45.3.195
P2P 1.3	2	173.45.3.196	/30	255.255.255.252	173.45.3.197 hasta 173.45.3.198	173.45.3.199
P2P 1.4	2	173.45.3.200	/30	255.255.255.252	173.45.3.201 hasta 173.45.3.202	173.45.3.203

P2P 1.5	2	173.45.3.204	/30	255.255.255.252	173.45.3.205 hasta 173.45.3.206	173.45.3.207
P2P 1.6	2	173.45.3.216	/30	255.255.255.252	173.45.3.217 hasta 173.45.3.218	173.45.3.219

b) Organización B

Aplicando el mismo criterio, obtenemos la siguiente distribución:

Subnet Id	Host	Dirección IP	Mask	Máscara Direcciones	Rango IP	Broadcast
LAN 2.0	225	173.45.8.0	/24	255.255.255.0	173.45.8.1 hasta 173.45.8.254	173.45.8.255
LAN 2.1	125	173.45.9.0	/25	255.255.255.128	173.45.9.1 hasta 173.45.9.126	173.45.9.127
LAN 2.2	115	173.45.10.0	/25	255.255.255.128	173.45.10.1 hasta 173.45.10.126	173.45.10.127
LAN 2.3	15	173.45.10.192	/27	255.255.255.224	173.45.10.193 hasta 173.45.10.222	173.45.10.223
LAN 2.4	120	173.45.9.128	/25	255.255.255.128	173.45.9.129 hasta 173.45.9.254	173.45.9.255
LAN 2.5	60	173.45.10.128	/26	255.255.255.192	173.45.10.129 hasta 173.45.10.190	173.45.10.191
P2P 2.0	2	173.45.10.224	/30	255.255.255.252	173.45.10.225 hasta 173.45.10.226	173.45.10.227
P2P 2.1	2	173.45.10.228	/30	255.255.255.252	173.45.10.229 hasta 173.45.10.230	173.45.10.231
P2P 2.2	2	173.45.10.232	/30	255.255.255.252	173.45.10.233 hasta 173.45.10.234	173.45.10.235
P2P 2.3	2	173.45.10.236	/30	255.255.255.252	173.45.3.237 hasta 173.45.3.238	173.45.10.239

P2P 2.4	2	173.45.10.240	/30	255.255.255.252	173.45.3.241 hasta 173.45.3.242	173.45.10.243
---------	---	---------------	-----	-----------------	---------------------------------------	---------------

3. Encaminamiento intra-dominio IPv4

En esta sección se configuran los protocolos de encaminamiento de las organizaciones involucradas.

La organización A utiliza el protocolo Routing Information Protocol (RIP) basado en el algoritmo de vector de distancias que utiliza como métrica de encaminamiento el número de saltos.

La organización B utiliza el protocolo Open Short Path First (OSPF) basado en el algoritmo estado de enlace.

3.1. Organización A – RIP

RIP es un protocolo de enrutamiento que utiliza el algoritmo de vector de distancia, algoritmo que consiste en que periódicamente cada nodo recibe de sus vecinos la información de su coste para llegar a cada uno de los nodos de la red, construyendo su propia tabla de rutas y vector de distancias que vuelve a mandar a sus vecinos.

Para las configuraciones de los Routers RIP en la Organización se ha procedido a realizar los siguientes comandos en la terminal:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#version 2
Router(config-router)#network 173.45.3.204
```

Comentar que por aquellas interfaces que se encuentran conectadas directamente a los hosts es recomendable evitar la transmisión de los paquetes RIP. Por lo que usando el comando “passive-interface <Interfaz>” podemos conseguir que por dichas interfaces no se manden los paquetes RIP.

```
Router(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 0/0
```

Finalmente mencionar que la métrica que va a utilizar el Protocolo RIP aquí va a ser el número de saltos que haya hacia el destino (Hops).

- Muestre las tablas de rutas de RouterA3 y comente los aspectos más relevantes. ¿Cuál es el camino óptimo para alcanzar la interfaz de RouterA2 que conecta con la Organización B? ¿Por qué? ¿Cuántas alternativas hay para alcanzarlo según la tabla de rutas?

```
Router>enable
Router#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 27 subnets, 7 masks
R    173.45.0.0/23 [120/1] via 173.45.3.193, 00:00:05, Serial0/3/1
R    173.45.2.0/24 [120/1] via 173.45.3.205, 00:00:03, GigabitEthernet0/1
C    173.45.3.0/25 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    173.45.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R    173.45.3.128/26 [120/1] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
      [120/1] via 173.45.3.193, 00:00:05, Serial0/3/1
C    173.45.3.192/30 is directly connected, Serial0/3/1
L    173.45.3.194/32 is directly connected, Serial0/3/1
C    173.45.3.196/30 is directly connected, Serial0/3/0
L    173.45.3.198/32 is directly connected, Serial0/3/0
C    173.45.3.200/30 is directly connected, Serial0/2/0
L    173.45.3.201/32 is directly connected, Serial0/2/0
C    173.45.3.204/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    173.45.3.206/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
R    173.45.3.208/30 [120/1] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
      [120/1] via 173.45.3.197, 00:00:05, Serial0/3/0
R    173.45.3.212/30 [120/1] via 173.45.3.197, 00:00:05, Serial0/3/0
      [120/1] via 173.45.3.193, 00:00:05, Serial0/3/1
R    173.45.3.216/30 [120/1] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.8.0/24 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.9.0/25 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.9.128/25 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.0/25 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.128/26 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.192/27 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.224/30 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.228/30 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.232/30 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.236/30 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
R    173.45.10.240/30 [120/2] via 173.45.3.202, 00:00:07, Serial0/2/0
```

Figura 1 .Tabla de rutas de RouterA3

Podemos ver que el RouterA3 ha aprendido un total de 27 direcciones, de una de estas direcciones podemos observar una letra que significa de dónde proviene esa red, la dirección de la red junto con la distancia administrativa y su métrica (número de saltos) en caso de ser aprendida por RIP, el Router el cual sería el siguiente salto y por última la interfaz por la cual hay que salir para llegar al siguiente salto o al mismo destino. A continuación, describimos las letras que aparecen en la captura:

- C – conectada directamente.
- L – Local, la propia dirección.
- R – Aprendidas mediante el protocolo RIP.

La dirección IP de la interfaz que conecta a RouterA2 con la Organización B tiene la dirección IP 173.45.3.217 y pertenece a la subred 171.45.3.216/30. Si observamos la tabla de rutas podemos ver que para ir a dicha subred encontramos el mejor camino, a través de la subred P2P 1.4, el cuál es el más corto. Al usar el protocolo RIP para encaminamiento, se guarda el mejor camino para un destino, y, al no haber empate con ningún otro camino, se guarda el más corto en la tabla de rutas.

Por otro lado, seguido de las subredes, encontramos en cada entrada de la tabla de rutas la distancia administrativa, definida en la asignatura como:

La AD mide la confianza que tenemos en un determinado mecanismo de enrutamiento por medio de un entero entre 0-255. De esta forma, dadas múltiples fuentes de información de encaminamiento, se seleccionará aquella con menor AD. En caso de empate, se usará entonces la ruta con menor coste (menor hop count, mayor bandwidth, etc.) de entre todas las disponibles.

Fuente	AD por defecto
Directamente conectado	0
Ruta estática	1
eBGP	20
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
RIP	120
iBGP	200
Desconocida	255 (no se usará nunca)

Acto seguido encontramos el coste de llegar a la subred, que en este caso, al usarse RIP como protocolo de encaminamiento, corresponde al número de saltos.

Finalmente encontramos la dirección IP de la interfaz de salida de la subred hacia la subred destino y la interfaz del RouterA3 por la que salir.

- Utilizando información de las tablas de rutas y capturas del tráfico RIP en la red (Packet Tracer y/o salida de debug de los routers Cisco), explique el funcionamiento de split horizon sobre algún enlace de la red.

Split Horizon es una técnica que se emplea en el mecanismo RIP para evitar el problema de la cuenta a infinito, problema que conlleva un aumento del coste de un destino de manera incremental llegando así a infinito. La solución para este problema consiste en no permitir anunciar un coste hacia un determinado nodo destino por la interfaz que corresponde con su mejor camino hacia ese mismo destino. Para poder ver Split Horizon en nuestra práctica el cual viene activado por defecto, hace falta ver el debug de RIP en cualquier Router.

En nuestro caso hemos escogido el RouterA3 y vamos utilizar como ejemplo de uso la información recibida por el RouterA4:

```
RIP: received v2 update from 173.45.3.205 on GigabitEthernet0/1
      173.45.2.0/24 via 0.0.0.0 in 1 hops
```

En la imagen anterior se puede apreciar cómo recibe únicamente del RouterA4 la información correspondiente a la subred LAN1.2, sin enviar información de la P2P 1.5, el cuál, es su mejor camino al RouterA3.

- Empleando el comando *tracert*, muestre la ruta que sigue el tráfico desde el HostA2 hasta la interfaz de RouterA2 que conecta con la Organización B. ¿Qué pasa si lo hacemos a la interfaz del RouterB0 en la red P2P 1.6?

Con la simulación en marcha, desactive en RouterA3 la interfaz de salida hacia RouterA2. Utilizando información de las tablas de rutas y capturas del tráfico RIP en la red (Packet Tracer y/o salida de debug de los routers Cisco), explique en detalle cómo RIP converge a una nueva solución para alcanzar RouterA2. Céntrese únicamente en los routers RouterA3 y RouterA2. Indique, en caso de que aplique, el funcionamiento sobre este escenario y el uso de las técnicas triggered updates y poison reverse.

Tras ejecutar el comando *tracert* obtenemos lo siguiente:

```
C:\>tracert 173.45.3.217

Tracing route to 173.45.3.217 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    3 ms    173.45.2.1
  2  0 ms    0 ms    0 ms    173.45.3.206
  3  0 ms    3 ms    0 ms    173.45.3.217

Trace complete.
```

Figura 2 .Tracert desde HostA2 a RouterA2

	0.000	--	RouterA3		RIPv2
	0.000	--	RouterA3		RIPv2
	0.000	--	RouterA3		RIPv2
	0.000	--	RouterA3		RIPv2
	0.000	--	RouterA2		RIPv2
	0.000	--	RouterA2		RIPv2
	0.000	--	RouterA2		RIPv2

Figura 5. Mensajes enviados en vista de simulación

Como podemos apreciar en ambas imágenes tras anular el camino, tanto el RouterA2 y como el RouterA3 envían un mensaje *RIP Response* puesto que ha cambiado la métrica de una de sus entradas de la *routing database* sin necesidad de esperar al siguiente envío periódico que se hace cada 30 segundos. Esto nos muestra la característica denominada *Triggered Updates*.

Tras enviar estos mensajes, los router vecinos que los reciben envían su vector de distancias y, por tanto, el RouterA3 verá modificada su tabla de rutas, como puede observarse a continuación:

```
Router#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 25 subnets, 7 masks
R    173.45.0.0/23 [120/1] via 173.45.3.193, 00:00:23, Serial0/3/1
R    173.45.2.0/24 [120/1] via 173.45.3.205, 00:00:11, GigabitEthernet0/1
C    173.45.3.0/25 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    173.45.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R    173.45.3.128/26 [120/2] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
C    173.45.3.192/30 is directly connected, Serial0/3/1
L    173.45.3.194/32 is directly connected, Serial0/3/1
C    173.45.3.196/30 is directly connected, Serial0/3/0
L    173.45.3.198/32 is directly connected, Serial0/3/0
C    173.45.3.204/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    173.45.3.206/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
R    173.45.3.208/30 [120/1] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.3.212/30 [120/1] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
        [120/1] via 173.45.3.193, 00:00:23, Serial0/3/1
R    173.45.3.216/30 [120/2] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.8.0/24 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.9.0/25 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.9.128/25 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.0/25 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.128/26 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.192/27 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.224/30 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.228/30 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.232/30 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.236/30 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
R    173.45.10.240/30 [120/3] via 173.45.3.197, 00:00:00, Serial0/3/0
```

Figura 6. Tabla de rutas de RouterA3

Como cabía esperar, podemos ver que para alcanzar la subred P2P 1.6 con dirección IP 173.45.3.216/30 ahora tiene un coste de 2 saltos (anteriormente 1), ya que ahora tendrá que desviarse a través del RouterA1 para alcanzar dicho destino.

Por otro lado, para demostrar la existencia de la característica *Poisson Reverse*, podemos observar un paquete que envía el RouterA3 a RouterA1 donde podemos apreciar que la subred de la interfaz apagada (dirección IP 173.45.3.200) se detalla con un coste de 16 (campo *Metric*).

Rip Route Packet																									
0														16	METRIC:16									Bits	
ADDRESS FAMILY:2										ROUTE TAG:0															
NETWORK ADDRESS:173.45.3.200																									
SUBNET MASK :255.255.255.252																									
NEXT HOP:0.0.0.0																									
METRIC:16																									

Figura 7 .RIP Route Packet (métrica 16) con *Poisson Reverse*

3.2. Organización B – OSPF

OSPF es un protocolo de enrutamiento que se basa en el algoritmo de estado de enlace. Algoritmo que consiste en que cada router inunda en toda la red el estado y coste de sus propios enlaces. Los vecinos al recibir esta información construyen la topología de la red y asignan las distintas rutas a las distintas subredes.

Para las configuraciones de los Routers OSPF en la Organización se ha procedido a realizar los siguientes comandos en la terminal:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 100
Router(config-router)#network 173.45.10.236 255.255.255.252 area 2
```

Comentar que por aquellas interfaces que se encuentran conectadas directamente a los hosts es recomendable evitar la transmisión de los paquetes OSPF. Por lo que usando el comando “passive-interface <Interfaz>” podemos conseguir que por dichas interfaces no se manden los paquetes OSPF.

```
Router(config-router)#passive-interface FastEthernet 1/0
```

Finalmente mencionar que la métrica que va a utilizar el Protocolo OSPF es el ancho de banda de la interfaz.

• Realice la configuración necesaria para que RouterB3 se convierta en Designated Router (DR) de la LAN 2.2.

La manera más fácil de establecer al RB3 como Designated Router es, establecer una prioridad mayor que el resto de Routers OSPF. En caso de empate se escoge siempre la IP que es mayor, pero esto a la larga en términos de escalabilidad puede ser problemático. Por lo que procedemos a establecer la prioridad de RB3 a través de los siguientes comandos:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface fas
Router(config)#interface fastEthernet 0/0
Router(config-if)#ip ospf prio
Router(config-if)#ip ospf priority 100
```

Podemos comprobar si los cambios se han realizado correctamente con el siguiente comando:

```

Router#show ip ospf int fastEthernet 0/0

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
Internet address is 173.45.10.1/25, Area 1
Process ID 100, Router ID 173.45.10.193, Network Type BROADCAST, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 100
Designated Router (ID) 173.45.10.233, Interface address 173.45.10.2
Backup Designated Router (ID) 173.45.10.193, Interface address 173.45.10.1
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 00:00:08
Index 1/1, flood queue length 0
Next 0x0(0)/0x0(0)
Last flood scan length is 1, maximum is 1
Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
  Adjacent with neighbor 173.45.10.233 (Designated Router)
Suppress hello for 0 neighbor(s)

```

Figura 8. Configuración OSPF del RouterB3

- Muestre las tablas de rutas de RouterB3 y comente los aspectos más relevantes. ¿Cuál es el camino óptimo para alcanzar RouterB4?

```

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 21 subnets, 6 masks
O E2 173.45.0.0/23 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.2.0/24 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.0/25 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.128/26 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.192/30 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.196/30 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.204/30 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.208/30 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.212/30 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O E2 173.45.3.216/30 [110/200] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.8.0/24 [110/66] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.9.0/25 [110/66] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.9.128/25 [110/194] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
C 173.45.10.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 173.45.10.128/26 [110/130] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
C 173.45.10.192/27 is directly connected, FastEthernet1/0
O IA 173.45.10.224/30 [110/129] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.10.228/30 [110/65] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.10.232/30 [110/65] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.10.236/30 [110/129] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0
O IA 173.45.10.240/30 [110/193] via 173.45.10.2, 00:02:05, FastEthernet0/0

```

Figura 9. Tabla de rutas del RouterB3

De cada ruta podemos observar unas letras al inicio que significan de donde se ha adquirido esa red, la dirección de la red junto con su distancia administrativa y métrica (en OSPF viene determinada por el ancho de banda de los enlaces), y finalmente la interfaz de salida y dirección IP de salida de la subred a un destino.

A continuación, describimos las letras que aparecen en la captura.

- C – conectada directamente.
- L – Local, la propia dirección.
- O – Aprendidas mediante el protocolo OSPF.
 - o E2 – Dirección fuera del dominio (Inter-dominio)
 - o IA - Dirección Intra-dominio

Como se ha comentado anteriormente, el coste en OSPF viene dado por el ancho de banda de los enlaces de la siguiente forma:

$$C(i) = \frac{10^8}{BW_i}$$

Por ejemplo, mirando en la tabla de rutas el coste de las subredes 173.45.10.228 y 173.45.10.236 vemos que tenemos respectivamente un coste de 65 y 129.

El coste 65 viene de sumar el coste del enlace serial (con un valor de 64) y el enlace fastEthernet (con un valor de 1). Se calcula de la misma manera para el coste 129.

En la siguiente tabla se puede ver la relación enlace-coste:

Tipo de interfaz	BW de referencia	BW predeterminado	Coste
10 Gigabit Ethernet (10Gb/s)	100.000.000	10.000.000.000	1
1 Gigabit Ethernet (1Gb/s)	100.000.000	1.000.000.000	1
Fast Ethernet (100 Mb/s)	100.000.000	100.000.000	1
Ethernet (10 Mb/s)	100.000.000	10.000.000	10
Serial (1,544 Mb/s)	100.000.000	1.554.000	64
Serial (128 Kb/s)	100.000.000	128.000	781

Teniendo en cuenta que el RouterB4 tiene una interfaz conectada a la subred 173.45.10.236, podemos observar que el primer paso del camino óptimo es atravesar el RouterB1. Si realizamos un *traceroute* desde el RouterB3 a la dirección IP 173.45.10.238 podremos observar el camino óptimo.

```
Router#traceroute 173.45.10.238
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 173.45.10.238

 1  173.45.10.2      0 msec    0 msec    7 msec
 2  173.45.10.234    0 msec    0 msec    3 msec
 3  173.45.10.238    14 msec   21 msec    2 msec
```


Finalmente podemos comprobar que el mejor camino para alcanzar el RouterB4 es:

RB3-RB1-RB2-RB4

Teniendo conocimiento de la topología se podría deducir observando en la tabla de rutas el coste, y de ahí saber el camino que ha seguido comparándolo con los enlaces.

El coste 200 para las rutas de la organización A es debido a la configuración en la redistribución de rutas de RIP al protocolo OSPF realizada en el RouterB0.

- **Realice la configuración necesaria para que el área 1 sea una totally stub area. Analizando las tablas de rutas que considere relevantes, demuestre que se trata de una totally stub área. ¿Qué diferencias observa con respecto a la configuración anterior? ¿Por qué?**

Para configurar un área como totally stub area tenemos que realizar los siguientes comandos en todos los Routers que pertenecen al área 1 (RB3 y RB1)

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 100
Router(config-router)#area 1 stub no
Router(config-router)#area 1 stub no-summary
```

A continuación, consideramos que con el RouterB3 ya se puede demostrar la configuración de la *totally stub area*. Por tanto, analicemos su tabla de rutas:

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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 173.45.10.2 to network 0.0.0.0

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       173.45.10.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0
C       173.45.10.192/27 is directly connected, FastEthernet1/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/2] via 173.45.10.2, 00:09:08, FastEthernet0/0
```

Figura 10 .Tabla de rutas del RouterB3 al configurar *totally stub area*

Como sabemos de la teoría, el ABR de la *totally stub area* filtra los LSA de tipo 3,4 y 5, sustituyéndolos por un LSA de tipo 3 anunciando una ruta por defecto (173.45.0.0/16). Por tanto, en su tabla de rutas solo aparecerán las subredes internas del propio área y una ruta por defecto para el resto de destinos. Esto se puede corroborar en la imagen de arriba.

• **Muestre las tablas de rutas de RouterB4 y comente los aspectos más relevantes.**

A continuación, se adjunta la tabla de rutas del RouterB4

```
show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

    173.45.0.0/16 is variably subnetted, 21 subnets, 6 masks
O E2   173.45.0.0/23 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.2.0/24 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.0/25 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.128/26 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.192/30 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.196/30 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.204/30 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.208/30 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.212/30 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O E2   173.45.3.216/30 [110/200] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O IA   173.45.8.0/24 [110/129] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O IA   173.45.9.0/25 [110/65] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O      173.45.9.128/25 [110/65] via 173.45.10.241, 00:40:44, Serial3/0
O IA   173.45.10.0/25 [110/129] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
C      173.45.10.128/26 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   173.45.10.192/27 [110/130] via 173.45.10.237, 00:14:35, Serial2/0
O IA   173.45.10.224/30 [110/128] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O IA   173.45.10.228/30 [110/192] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
O IA   173.45.10.232/30 [110/128] via 173.45.10.237, 00:40:34, Serial2/0
C      173.45.10.236/30 is directly connected, Serial2/0
C      173.45.10.240/30 is directly connected, Serial3/0
```

Figura 11 .Tabla de rutas del RouterB4

Podemos observar exactamente de manera similar a la tabla de rutas del RouterB3 (antes de ser configurada la *totally stub area*), el mismo contenido cambiando obviamente los costes e interfaces de salida y rutas. Los aspectos más relevantes han quedado comentados anteriormente.

- Realice la configuración necesaria para que el camino óptimo entre RouterB3 y RouterB4 pase a través de RouterB0.

Para conseguir que el camino óptimo entre los Routers RouterB3 y RouterB4 del área de la organización B pase por el RouterB0 tendremos que hacer que esta nueva ruta tenga un coste menor que la ruta entre RouterB1 y RouterB2. Para ello vamos a aumentar el coste del enlace del RouterB1 con el RouterB2 a través de los siguientes comandos:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface serial
Router(config)#interface serial 3/0
Router(config-if)#ip ospf cost 999
```

Para corroborar que se ha aumentado el coste con éxito y cambiado la ruta, fijémonos en la tabla de rutas del RouterB1, la salida que utiliza para alcanzar la subred P2P 2.3 (con dirección IP 173.45.10.236/30)

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

    173.45.0.0/16 is variably subnetted, 21 subnets, 6 masks
O E2   173.45.0.0/23 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.2.0/24 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.0/25 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.128/26 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.192/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.196/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.204/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.208/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.212/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O E2   173.45.3.216/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O      173.45.8.0/24 [110/65] via 173.45.10.229, 00:49:39, Serial2/0
O      173.45.9.0/25 [110/129] via 173.45.10.229, 00:00:27, Serial2/0
O IA   173.45.9.128/25 [110/257] via 173.45.10.229, 00:00:27, Serial2/0
C      173.45.10.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   173.45.10.128/26 [110/193] via 173.45.10.229, 00:00:27, Serial2/0
O      173.45.10.192/27 [110/2] via 173.45.10.1, 00:23:43, FastEthernet0/0
O      173.45.10.224/30 [110/128] via 173.45.10.229, 00:00:27, Serial2/0
C      173.45.10.228/30 is directly connected, Serial2/0
C      173.45.10.232/30 is directly connected, Serial3/0
O IA   173.45.10.236/30 [110/192] via 173.45.10.229, 00:00:27, Serial2/0
O IA   173.45.10.240/30 [110/256] via 173.45.10.229, 00:00:27, Serial2/0
```

Figura 12 .Tabla de rutas del RouterB1

Como se puede apreciar el coste se ha incrementado en 64, debido a que ahora, atraviesa un enlace serial más, a través de la subred P2P 2.1 atravesando el RouterB0. Para corroborar esto, podemos realizar un *traceroute* desde RouterB3:

```

Router#traceroute 173.45.10.238
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 173.45.10.238

 1  173.45.10.2      0 msec    1 msec    0 msec
 2  173.45.10.229   1 msec    7 msec    0 msec
 3  173.45.10.234   0 msec    15 msec   0 msec
 4  173.45.10.238   19 msec   10 msec   4 msec

```

Figura 13 .Traceroute desde RouterB3 a RouterB4

Vemos que efectivamente ha seguido la ruta comentada anteriormente.

- Realice la configuración necesaria para que el área 2 sea una stub area. Analizando las tablas de rutas que considere relevantes, ¿qué diferencias observa con respecto a la configuración anterior? ¿Por qué?

Para configurar un área como *stub area* tenemos que realizar los siguientes comandos en todos los Routers que pertenecen al área 2 (RouterB2, RouterB4 y RouterB5):

```

Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 100
Router(config-router)#area 2 stub

```

Para este apartado, consideramos relevantes tanto la tabla de rutas de RouterB4 como de RouterB5, veamos primero el RouterB5:

```

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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 173.45.10.242 to network 0.0.0.0

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 11 subnets, 5 masks
O IA   173.45.8.0/24 [110/193] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
O IA   173.45.9.0/25 [110/129] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
C       173.45.9.128/25 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   173.45.10.0/25 [110/193] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
O       173.45.10.128/26 [110/65] via 173.45.10.242, 00:13:54, Serial2/0
O IA   173.45.10.192/27 [110/194] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
O IA   173.45.10.224/30 [110/192] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
O IA   173.45.10.228/30 [110/256] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
O IA   173.45.10.232/30 [110/192] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0
O       173.45.10.236/30 [110/128] via 173.45.10.242, 00:13:54, Serial2/0
C       173.45.10.240/30 is directly connected, Serial2/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/129] via 173.45.10.242, 00:13:20, Serial2/0

```

Figura 14 .Tabla de rutas del RouterB5 con *stub area*

En una *Stub area* se filtran los LSA de tipo 4 y 5, y se genera un LSA de tipo 3 anunciando una ruta por defecto 0.0.0.0 para al resto de redes externas de otra organización. Entonces, el router tendrá en su tabla de rutas entradas para llegar a redes de su propia área, entradas para llegar a redes de las otras áreas y una ruta por defecto para llegar al resto de redes externas.

Podemos ver que sucede lo mismo con el RouterB4:

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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 173.45.10.237 to network 0.0.0.0

    173.45.0.0/16 is variably subnetted, 11 subnets, 5 masks
O IA   173.45.8.0/24 [110/129] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
O IA   173.45.9.0/25 [110/65] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
O      173.45.9.128/25 [110/65] via 173.45.10.241, 01:50:19, Serial3/0
O IA   173.45.10.0/25 [110/129] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
C      173.45.10.128/26 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   173.45.10.192/27 [110/130] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
O IA   173.45.10.224/30 [110/128] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
O IA   173.45.10.228/30 [110/192] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
O IA   173.45.10.232/30 [110/128] via 173.45.10.237, 00:15:44, Serial2/0
C      173.45.10.236/30 is directly connected, Serial2/0
C      173.45.10.240/30 is directly connected, Serial3/0
```

Figura 15 .Tabla de rutas del RouterB4 con *stub area*

• Deshabilite la interfaz del router RouterB0 que conecta con el RouterB2. Espere a que la red converja de nuevo. A continuación, realiza el *traceroute* de nuevo entre RouterB0 y HostB1 y justifica el camino que ahora siguen los paquetes.

Tras deshabilitar la interfaz, damos un tiempo prudencial para que la red converja nuevamente y mostramos el *traceroute* correspondiente:

```
Router#traceroute 173.45.9.2
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 173.45.9.2

 1  173.45.10.230    13 msec    4 msec    8 msec
 2  173.45.10.234    11 msec    14 msec   10 msec
 3  173.45.9.2       4 msec     18 msec   13 msec
```

Figura 16 .Traceroute desde RouterB0 hasta HostB1

Como cabría esperar, ha seguido la ruta a través de las subredes P2P 2.1 y P2P 2.2 para llegar a la LAN 2.1 donde se encuentra el HostB1. Pese a tener un coste enorme el enlace P2P 2.2, al ser el único camino, va a seguir dicho camino.

- **Utilizando la herramienta Packet Tracer capture tráfico OSPF para mostrar al menos dos tipos de LSA diferentes que se intercambian los routers del escenario e indique su propósito.**

Esperamos ejecutando la simulación a que se lancen varios *Link State Update* (LSU) que siguen el siguiente formato en la simulación:

0.002 -- RouterB1 ■ OSPF

Podemos apreciar que hemos conseguido un LSA de tipo 1 que Contienen el router-ID de cada router y sus correspondientes enlaces incluyendo para cada uno su máscara de red, dirección de red IP y coste. Cada router OSPF construye un LSA de tipo 1 con su información, y lo inunda dentro del área al que pertenece. Un router envía un LSA tipo 1 por cada área a la que está conectado. Si un router tiene conectividad externa a otras redes (es un ASBR) lo marca activando un bit dentro del mensaje router LSA. Este mensaje se inunda por todo el área, y nunca sale del área.

A continuación vemos el formato del mensaje:

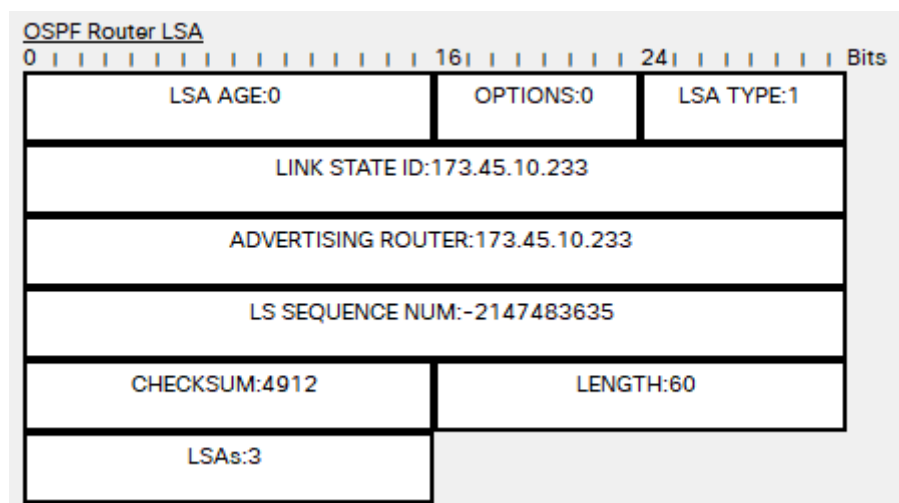


Figura 17. LSA tipo 1

Por otro lado, queríamos conseguir un LSA de tipo 3 que se generará en el área 2 y lo mostramos a continuación.

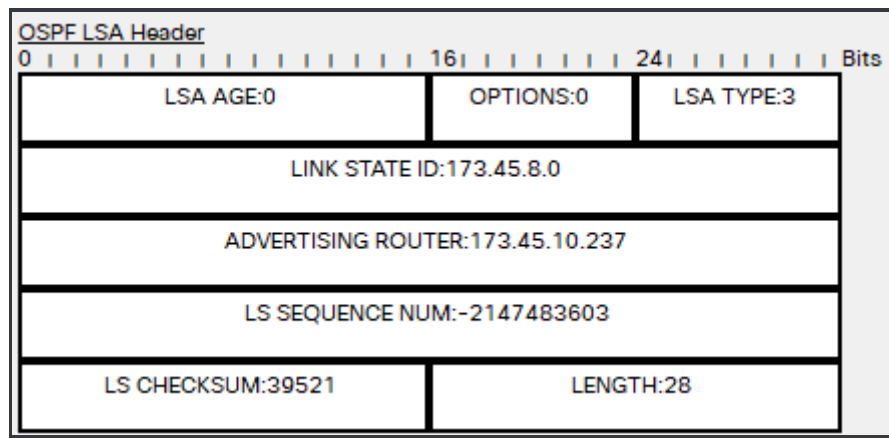


Figura 18. LSA tipo 3

El ABR genera un LSA de tipo 3 para cada una de las redes que existen dentro de un área y las envía a sus vecinos de otras áreas para que en la otra área sepan que dichas redes existen y están alcanzables a través del ABR. Podemos ver como se anuncia la subred 173.45.8.0, anunciada por el RouterB2 con dirección IP 173.45.10.237.

4. Interconexión y redistribución de rutas

Finalmente llega la parte de unir las dos organizaciones, para ello vamos a configurar el Router 7 como Router intermedio, el cual hará de traductor entre los dos protocolos. Para ello seguimos los siguientes pasos:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#network 173.45.0.0
Router(config-router)#redistribute ospf metric 1
                                     ^
% Invalid input detected at '^' marker.

Router(config-router)#redistribute ospf 100 metric 1
Router(config-router)#s
Router(config-router)#pa
Router(config-router)#passive-interface Se
Router(config-router)#passive-interface Serial 9/0
Router(config-router)#passive-interface Serial 3/0
Router(config-router)#passive-interface fa
Router(config-router)#passive-interface fastEthernet 0/0

Router(config)#router ospf 100
Router(config-router)#network 173.45.8.0 255.255.252.0 area 0
Router(config-router)#redistribute rip metric 200 subnets
Router(config-router)#pass
Router(config-router)#passive-interface Se
Router(config-router)#passive-interface Serial 2/0
```


- Muestre las tablas de rutas de los routers RouterA2 y RouterB0 y coméntelas en detalle.

Para el RouterA2, obtenemos lo siguiente:

```
Router#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
        i - IS-IS, 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

    173.45.0.0/16 is variably subnetted, 26 subnets, 7 masks
R       173.45.0.0/23 [120/1] via 173.45.3.129, 00:00:19, GigabitEthernet0/0
R       173.45.2.0/24 [120/2] via 173.45.3.201, 00:00:22, Serial0/3/1
R       173.45.3.0/25 [120/1] via 173.45.3.201, 00:00:22, Serial0/3/1
C       173.45.3.128/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       173.45.3.130/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R       173.45.3.192/30 [120/1] via 173.45.3.129, 00:00:19, GigabitEthernet0/0
           [120/1] via 173.45.3.201, 00:00:22, Serial0/3/1
R       173.45.3.196/30 [120/1] via 173.45.3.209, 00:00:02, Serial0/3/0
           [120/1] via 173.45.3.201, 00:00:22, Serial0/3/1
C       173.45.3.200/30 is directly connected, Serial0/3/1
L       173.45.3.202/32 is directly connected, Serial0/3/1
R       173.45.3.204/30 [120/1] via 173.45.3.201, 00:00:22, Serial0/3/1
C       173.45.3.208/30 is directly connected, Serial0/3/0
L       173.45.3.210/32 is directly connected, Serial0/3/0
R       173.45.3.212/30 [120/1] via 173.45.3.209, 00:00:02, Serial0/3/0
           [120/1] via 173.45.3.129, 00:00:19, GigabitEthernet0/0
C       173.45.3.216/30 is directly connected, Serial0/2/0
L       173.45.3.217/32 is directly connected, Serial0/2/0
R       173.45.8.0/24 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.9.0/25 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.9.128/25 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.0/25 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.128/26 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.192/27 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.224/30 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.228/30 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.232/30 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.236/30 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
R       173.45.10.240/30 [120/1] via 173.45.3.218, 00:00:19, Serial0/2/0
```

Figura 19 .Tabla de rutas del RouterA2

Tal como configuramos los routers, RouterA2 actúa como un router RIP convencional, es por ello que en la tabla de rutas, vemos que todas las entradas son RIP, incluidas las de la organización B, puesto que el RouterB0 se encargará de transformar los mensajes de ruta OSPF a RIP. Cabe destacar que las rutas correspondientes a la organización B con protocolo OSPF, muestran un coste de 1, tal y como definimos en la redistribución de RIP a OSPF en el RouterB0. Los demás aspectos de la tabla ya han sido comentados en apartados anteriores.

En cuanto a la tabla del RouterB0, tenemos:


```

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

    173.45.0.0/16 is variably subnetted, 22 subnets, 6 masks
R       173.45.0.0/23 [120/2] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.2.0/24 [120/3] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.0/25 [120/2] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.128/26 [120/1] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.192/30 [120/2] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.196/30 [120/2] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.200/30 [120/1] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.204/30 [120/2] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.208/30 [120/1] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
R       173.45.3.212/30 [120/2] via 173.45.3.217, 00:00:14, Serial2/0
C       173.45.3.216/30 is directly connected, Serial2/0
C       173.45.8.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O       173.45.9.0/25 [110/65] via 173.45.10.226, 00:09:47, Serial3/0
O IA    173.45.9.128/25 [110/193] via 173.45.10.226, 00:09:47, Serial3/0
O IA    173.45.10.0/25 [110/65] via 173.45.10.230, 00:10:07, Serial9/0
O IA    173.45.10.128/26 [110/129] via 173.45.10.226, 00:09:47, Serial3/0
O IA    173.45.10.192/27 [110/66] via 173.45.10.230, 00:10:07, Serial9/0
C       173.45.10.224/30 is directly connected, Serial3/0
C       173.45.10.228/30 is directly connected, Serial9/0
O       173.45.10.232/30 [110/1063] via 173.45.10.230, 00:10:07, Serial9/0
O IA    173.45.10.236/30 [110/128] via 173.45.10.226, 00:09:47, Serial3/0
O IA    173.45.10.240/30 [110/192] via 173.45.10.226, 00:09:47, Serial3/0

```

Figura 20 .Tabla de rutas del RouterB0

Podemos ver una diferencia bastante notoria respecto a RouterA2. La principal es que podemos ver que ha aprendido rutas tanto del protocolo OSPF como del protocolo RIP. Cabe destacar nuevamente que los costes en esta tabla de rutas son los reales para llegar a cualquier subred, puesto que no realiza conversión para sí mismo. Así pues, podemos encontrar un coste de valor 1063 correspondiente al enlace P2P 2.2, modificado en un apartado anterior para que tuviera coste 999.

Recordemos, para RIP la métrica o coste es el número de saltos y para OSPF depende del tipo de enlaces a atravesar. Nuevamente, los aspectos generales de la tabla ya han sido comentados en apartados anteriores.

- Realice un traceroute del host HostA2 al HostB4. Explica y justifica el camino que se sigue. Indica cómo es posible que el RouterA1 que utiliza un protocolo de enrutamiento intra-dominio, puede obtener información de otro SA distinto que utiliza otro protocolo de enrutamiento intra-dominio distinto.

Realizando el traceroute desde el HostA2 al HostB4 obtenemos:

```
C:\>tracert 173.45.10.130

Tracing route to 173.45.10.130 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms    0 ms    0 ms    173.45.2.1
  1  0 ms    0 ms    0 ms    173.45.3.206
  2  9 ms    3 ms    8 ms    173.45.3.202
  3  17 ms   1 ms    1 ms    173.45.3.218
  4  2 ms    10 ms   22 ms   173.45.10.226
  5  19 ms   10 ms    2 ms    173.45.10.238
  6  7 ms    11 ms    9 ms    173.45.10.130

Trace complete.
```

Figura 21. Tracert desde HostA2 a HostB4

Podemos ver, que el camino que sigue es:

RouterA4-RouterA3-RouterA2-RouterB0-RouterB2-RouterB4

El camino seguido se selecciona en los routers en función del coste. En aquellas interfaces en las que el coste es igual en varios caminos, se seleccionará uno u otro en función de otros parámetros como pueden ser la velocidad del enlace, la congestión del mismo etc. En el ejemplo, se usa redistribución de rutas entre OSPF y RIP, es decir, el RouterB0 encargado de la redistribución, informará a RouterA2 las redes que puede alcanzar con un determinado coste correspondientes a la organización B. A través de esta redistribución de rutas, RouterA2 sabe qué redes hay disponibles en el otro SA, y utilizando RIP, cumpliendo el protocolo informa a sus vecinos que puede alcanzar las redes informadas por RouterB0. Los vecinos de RouterA2 a su vez actualizan sus tablas de rutas incluyendo las nuevas rutas del otro SA, y así sucesivamente, se inunda por toda la organización A. Es así como RouterA4 consigue saber qué redes existen en la organización B y su coste hacia ellas.

- Tras la redistribución consulte las tablas de rutas de los routers del Área 1 para demostrar que se trata de una *totally stub* área. ¿Qué sucede con la tabla de rutas? ¿Por qué?

Mostremos nuevamente la tabla de rutas del RouterB3 ya que es el único que no es ABR:

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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 173.45.10.2 to network 0.0.0.0

    173.45.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       173.45.10.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0
C       173.45.10.192/27 is directly connected, FastEthernet1/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/2] via 173.45.10.2, 00:09:08, FastEthernet0/0
```

Figura 22 .Tabla de rutas del RouterB3

Lo que sucede con la tabla de rutas del RouterB3 es que al ser un *totally stub area* todo el tráfico ajeno a la red interna va a estar recogida por la entrada *default* (0.0.0.0), ya que los LSA de tipo 3,4 y 5 son filtrados por el ABR, incluyendo aquellos que han sido provocados por el RouterB0, por lo que en la tabla de rutas las rutas internas del área 1.

Sin embargo, si nos fijamos en el RouterB1 (el ARB del área 1), al pertenecer a varias áreas a la vez, podemos observar cómo en su tabla de rutas si aparecen las rutas externas que han sido aprendidas por la redistribución de RIP a OSPF, que corresponden con direcciones dentro de la Organización A.

```

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 22 subnets, 6 masks
O E2   173.45.0.0/23 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.2.0/24 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.0/25 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.128/26 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.192/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.196/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.200/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:24:45, Serial2/0
O E2   173.45.3.204/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.208/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.212/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O E2   173.45.3.216/30 [110/200] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O      173.45.8.0/24 [110/65] via 173.45.10.229, 00:25:30, Serial2/0
O      173.45.9.0/25 [110/129] via 173.45.10.229, 00:25:10, Serial2/0
O IA   173.45.9.128/25 [110/257] via 173.45.10.229, 00:25:10, Serial2/0
C      173.45.10.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   173.45.10.128/26 [110/193] via 173.45.10.229, 00:25:10, Serial2/0
O      173.45.10.192/27 [110/2] via 173.45.10.1, 02:23:10, FastEthernet0/0
O      173.45.10.224/30 [110/128] via 173.45.10.229, 00:25:20, Serial2/0
C      173.45.10.228/30 is directly connected, Serial2/0
C      173.45.10.232/30 is directly connected, Serial3/0
O IA   173.45.10.236/30 [110/192] via 173.45.10.229, 00:25:10, Serial2/0
O IA   173.45.10.240/30 [110/256] via 173.45.10.229, 00:25:10, Serial2/0

```

Figura 23 .Tabla de rutas del RouterB1

- Consulte también las tablas de rutas de los routers del Área 2 y explique por qué se trata de un área stub. ¿Qué ocurriría en el caso de que no fuera stub? ¿Por qué?

Consultando la tabla de los RouterB4 y RouterB5, obtenemos:

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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 173.45.10.237 to network 0.0.0.0

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 11 subnets, 5 masks
O IA  173.45.8.0/24 [110/129] via 173.45.10.237, 00:26:46, Serial2/0
O IA  173.45.9.0/25 [110/65] via 173.45.10.237, 01:16:12, Serial2/0
O     173.45.9.128/25 [110/65] via 173.45.10.241, 02:50:47, Serial3/0
O IA  173.45.10.0/25 [110/129] via 173.45.10.237, 01:16:12, Serial2/0
C     173.45.10.128/26 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA  173.45.10.192/27 [110/130] via 173.45.10.237, 01:16:12, Serial2/0
O IA  173.45.10.224/30 [110/128] via 173.45.10.237, 00:26:46, Serial2/0
O IA  173.45.10.228/30 [110/192] via 173.45.10.237, 01:16:12, Serial2/0
O IA  173.45.10.232/30 [110/128] via 173.45.10.237, 01:16:12, Serial2/0
C     173.45.10.236/30 is directly connected, Serial2/0
C     173.45.10.240/30 is directly connected, Serial3/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/65] via 173.45.10.237, 01:16:12, Serial2/0
```

Figura 24. Tabla de rutas del RouterB4

Como podemos observar en la imagen superior, la cual pertenece a la ruta de tablas del RouterB4, al ser un *stub area* se filtran los mensajes LSA de tipo 4 y 5. Que corresponden con los mensajes de las redes externas al SA, es decir, los de la Organización A. Estos mensajes son reemplazados por un mensaje LSA de tipo 3, el cual inyecta una ruta *default* para todo el tráfico que pertenezca a un SA diferente, es decir, otra organización.

Este comportamiento también se puede apreciar en la tabla de rutas del RouterB5:

```

Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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 173.45.10.242 to network 0.0.0.0

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 11 subnets, 5 masks
O IA 173.45.8.0/24 [110/193] via 173.45.10.242, 00:29:54, Serial2/0
O IA 173.45.9.0/25 [110/129] via 173.45.10.242, 01:19:20, Serial2/0
C 173.45.9.128/25 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 173.45.10.0/25 [110/193] via 173.45.10.242, 01:19:20, Serial2/0
O 173.45.10.128/26 [110/65] via 173.45.10.242, 01:19:54, Serial2/0
O IA 173.45.10.192/27 [110/194] via 173.45.10.242, 01:19:20, Serial2/0
O IA 173.45.10.224/30 [110/192] via 173.45.10.242, 00:29:54, Serial2/0
O IA 173.45.10.228/30 [110/256] via 173.45.10.242, 01:19:20, Serial2/0
O IA 173.45.10.232/30 [110/192] via 173.45.10.242, 01:19:20, Serial2/0
O 173.45.10.236/30 [110/128] via 173.45.10.242, 01:19:54, Serial2/0
C 173.45.10.240/30 is directly connected, Serial2/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/129] via 173.45.10.242, 01:19:20, Serial2/0

```

Figura 25. Tabla de rutas del RouterB5

En cuanto al RouterB2, lo esperado es que contenga una tabla de rutas completa, como se puede ver a continuación:

```

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

173.45.0.0/16 is variably subnetted, 22 subnets, 6 masks
O E2 173.45.0.0/23 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.2.0/24 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.0/25 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.128/26 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.192/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.196/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.200/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:06, Serial2/0
O E2 173.45.3.204/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.208/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.212/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O E2 173.45.3.216/30 [110/200] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
O 173.45.8.0/24 [110/65] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
C 173.45.9.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0
O 173.45.9.128/25 [110/129] via 173.45.10.238, 01:39:52, Serial9/0
O IA 173.45.10.0/25 [110/65] via 173.45.10.233, 03:14:27, Serial3/0
O 173.45.10.128/26 [110/65] via 173.45.10.238, 01:39:52, Serial9/0
O IA 173.45.10.192/27 [110/66] via 173.45.10.233, 02:48:23, Serial3/0
C 173.45.10.224/30 is directly connected, Serial2/0
O 173.45.10.228/30 [110/128] via 173.45.10.233, 00:50:31, Serial3/0
O 173.45.10.228/30 [110/128] via 173.45.10.225, 00:50:31, Serial2/0
C 173.45.10.232/30 is directly connected, Serial3/0
C 173.45.10.236/30 is directly connected, Serial9/0
O 173.45.10.240/30 [110/128] via 173.45.10.238, 01:39:52, Serial9/0

```

Figura 26. Tabla de rutas del RouterB2

5. Conclusión

Para concluir, destacamos como la práctica da una visión de una arquitectura red a día de hoy, empezando por lo más básico como puede ser la distribución y asignación de IP's a los interfaces, hasta cómo funcionan y cómo se usan los protocolos de encaminamiento.

La práctica se desarrolla en torno a dos organizaciones distintas, (dos sistemas autónomos). La organización A, usando un algoritmo de vector distancias (routing intradominio), en concreto, el protocolo RIP, y una organización B, que usa un algoritmo de estado de enlace (routing intradominio), más concretamente OSPF.

Posteriormente en la práctica vemos cómo establecer el enrutamiento inter-dominio, entre ambas organizaciones, pudiendo así comunicarse totalmente entre ambas.

Tras el desarrollo del trabajo, se obtiene una visión completa de cómo funciona Internet, siendo de manera equivalente a la práctica en una escala mucho mayor, y con la ayuda de otros protocolos vistos en teoría.

Respecto a la herramienta utilizada, Packet Tracer, quedamos satisfechos con el entorno, siendo una herramienta, que a excepción de alguna ocasión que se pueda haber encontrado algún fallo de la aplicación que hiciera que tuviéramos que reiniciar, es una aplicación completa, con guías completas, y dando una visión totalmente real y específica de los productos de la empresa *Cisco*.

Respecto al número de horas que hemos dedicado externos al horario de prácticas, consideramos que debe rondar entre las 12 y 15 horas. Siendo una carga de trabajo viable, con unos boletines bien redactados y explicados, teniendo además el soporte de las grabaciones de los laboratorios que en algún momento ha sido indispensable para el correcto entendimiento del trabajo.