



## Laboratorio 2

Redes de Computadores  
Profesora: Erika Rosas Olivos  
Joaquín Castillo 201773520-1  
María Paz Morales 201773505-8

18 de junio de 2020

### 1. Definición de Subredes y Direcciones IP

A partir de las reglas para definir las conexiones dentro de cada red, se obtuvieron los siguientes resultados con el rol del primer estudiante 201773520-1 y el rol del segundo estudiante 201773505-8 (se asume, para todas las asignaciones de IP, que la IP más grande posible, es decir, todos los bits restantes llenos de 1, y la IP más pequeña posible, es decir, todos los bits restantes llenos de 0, no se pueden asignar porque están reservados):

#### 1. Red 0:

Se divide la red 10.0.0.0/8 en  $2(1 + 1) = 4$  (con dígito verificador del primer estudiante 1) subredes. Por lo tanto, se utilizan 2 bits de control.

La máscara sería:  $11111111_2.11000000_2.0.0 = 255.192.0.0$

Las 4 subredes se definen entonces de la siguiente manera:

- Subred 1:  $10.00000000_2.0.0/10$
- Subred 2:  $10.01000000_2.0.0/10$
- Subred 3:  $10.10000000_2.0.0/10 = 10.128.0.0/10$
- Subred 4:  $10.11000000_2.0.0/10 = 10.192.0.0/10$

Se elige entonces la subred con el nombre más grande para asignarla a la red 0, es decir, la subred 4 10.192.0.0/10. Y se asignan las direcciones IP de la red 0 de la siguiente manera (todos tienen la misma máscara 255.192.0.0):

- Router 0:  $10.11111111_2.11111111_2.11111110_2 = 10.255.255.254$
- PC 0: 10.192.0.1
- PC 1: 10.192.0.2

#### 2. Red 1:

Se divide la red 172.16.0.0/16 en 16 subredes (porque el último dígito del primer rol es 0, que se transforma en 10, y se redondea en 16 para que calcen los bits). Por lo tanto, se utilizan 4 bits de control que se suman a los 16 de la red para generar la máscara.

La máscara sería entonces:  $11111111_2.11111111_2.11110000_2.0 = 255.255.240.0$



Ya que se debe buscar la tercera subred con el nombre más pequeño, se van a mostrar sólo las primeras 3 subredes:

- Subred 1:  $172.16.00000000_2.0/20$
- Subred 2:  $172.16.00010000_2.0/20$
- Subred 3:  $172.16.00100000_2.0/20 = 172.16.32.0/20$

Se elige entonces la subred 3  $172.16.32.0/20$  para asignarla a la red 1. Y se asignan las direcciones IP de la red 0 de la siguiente manera (todos tienen la misma máscara  $255.255.240.0$ ):

- Router 1:  $172.16.00101111_2.11111110_2 = 172.16.47.254$
- PC 4:  $172.16.32.1$
- PC 5:  $172.16.32.2$

### 3. Red 2:

De las subredes no usadas en el ítem 1, se divide la tercera red con el nombre más pequeño, es decir, la tercera subred  $10.128.0.0/10$ , en 8 subredes (porque el dígito verificador del rol del segundo miembro es 8). Por lo tanto, se utilizan 3 bits de control, que se suman a los 10 de la red para generar la máscara.

La máscara sería entonces:  $11111111_2.11111000_2.0.0 = 255.248.0.0$

Ya que se debe buscar la segunda subred con el nombre más pequeño, se van a mostrar sólo las primeras dos subredes:

- Subred 1:  $10.10000000_2.0.0/13$
- Subred 2:  $10.10001000_2.0.0/13 = 10.136.0.0/13$

Se elige entonces la subred 2  $10.136.0.0/13$  para asignar a la red 2. Y se asignan las direcciones IP de la red 2 de la siguiente manera (todos tienen la misma máscara  $255.248.0.0$ ):

- Router 2:  $10.10001111_2.11111111_2.11111110_2 = 10.143.255.254$
- Server 0:  $10.136.0.1$

### 4. Red 3:

Se divide la red  $192.168.0.0/24$  en 16 subredes, ya que se utilizarán 4 bits de control (como el último dígito del segundo rol es 5, entonces se utilizan  $(5/2) + 1 \approx 3 + 1 = 4$ ). Por lo tanto, se utilizan 4 bits de control, que se suman a los 24 de la red para generar la máscara.

La máscara sería entonces:  $11111111_2.11111111_2.11111111_2.11110000_2 = 255.255.255.240$

Ya que se debe buscar la segunda subred con el nombre más grande, se van a mostrar sólo las últimas dos subredes:

- Subred 16:  $192.168.0.11110000_2/28$
- Subred 15:  $192.168.0.11100000_2/28 = 192.168.0.224/28$

Se elige entonces la subred 15  $192.168.0.224/28$  para asignar a la red 3. Y se asignan las direcciones IP de la red 3 de la siguiente manera (todos tienen la misma máscara  $255.255.255.240$ ):

- Router 3:  $192.168.0.11101110_2 = 192.168.0.238$
- PC 2:  $192.168.0.225$
- PC 3:  $192.168.0.226$

## 2. Preguntas y Análisis

1. Para verificar que todos los host sean capaces de comunicarse entre sí, lo que se hace es enviar PDU entre todo par de host. Cuando se envía un PDU entre un par de host, se verifica bidireccionalmente la conexión, es decir, se confirma que el host 1 puede enviar al host 2, y que el host 2 puede enviar al host 1.

A continuación se muestran 21 figuras, cada una correspondiente a una captura de pantalla del programa *Packet Tracer* cuando se envía un mensaje PDU entre dos host (los nombres de los host involucrados se muestran en la descripción de cada imagen). En cada una de las 21 figuras se muestra la ruta que hizo el mensaje desde el emisor al receptor, y luego cómo el receptor envía un mensaje al emisor, cambiando los roles.

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	PC1	ICMP
	0.003	PC1	Switch0	ICMP
	0.004	Switch0	PC0	ICMP

Figura 1: Mensaje PDU entre el PC0 y PC1

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC2	ICMP
	0.007	PC2	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router0	ICMP
	0.011	Router0	Switch0	ICMP
	0.012	Switch0	PC0	ICMP

Figura 2: Mensaje PDU entre el PC0 y PC2

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC3	ICMP
	0.007	PC3	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router0	ICMP
	0.011	Router0	Switch0	ICMP
	0.012	Switch0	PC0	ICMP

Figura 3: Mensaje PDU entre el PC0 y PC3

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router1	ICMP
	0.004	Router1	Switch1	ICMP
	0.005	Switch1	PC4	ICMP
	0.006	PC4	Switch1	ICMP
	0.007	Switch1	Router1	ICMP
	0.008	Router1	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC0	ICMP

Figura 4: Mensaje PDU entre el PC0 y PC4



Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router1	ICMP
	0.004	Router1	Switch1	ICMP
	0.005	Switch1	PC5	ICMP
	0.006	PC5	Switch1	ICMP
	0.007	Switch1	Router1	ICMP
	0.008	Router1	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC0	ICMP

Figura 5: Mensaje PDU entre el PC0 y PC5

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router2	ICMP
	0.005	Router2	Server0	ICMP
	0.006	Server0	Router2	ICMP
	0.007	Router2	Router4	ICMP
	0.008	Router4	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC0	ICMP

Figura 6: Mensaje PDU entre el PC0 y Server0

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC1	ICMP
	0.001	PC1	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC2	ICMP
	0.007	PC2	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router0	ICMP
	0.011	Router0	Switch0	ICMP
	0.012	Switch0	PC1	ICMP

Figura 7: Mensaje PDU entre el PC1 y PC2

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC1	ICMP
	0.001	PC1	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC3	ICMP
	0.007	PC3	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router0	ICMP
	0.011	Router0	Switch0	ICMP
	0.012	Switch0	PC1	ICMP

Figura 8: Mensaje PDU entre el PC1 y PC3

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC1	ICMP
	0.001	PC1	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router1	ICMP
	0.004	Router1	Switch1	ICMP
	0.005	Switch1	PC4	ICMP
	0.006	PC4	Switch1	ICMP
	0.007	Switch1	Router1	ICMP
	0.008	Router1	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC1	ICMP

Figura 9: Mensaje PDU entre el PC1 y PC4

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC1	ICMP
	0.001	PC1	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router1	ICMP
	0.004	Router1	Switch1	ICMP
	0.005	Switch1	PC5	ICMP
	0.006	PC5	Switch1	ICMP
	0.007	Switch1	Router1	ICMP
	0.008	Router1	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC1	ICMP

Figura 10: Mensaje PDU entre el PC1 y PC5



Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC1	ICMP
	0.001	PC1	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router2	ICMP
	0.005	Router2	Server0	ICMP
	0.006	Server0	Router2	ICMP
	0.007	Router2	Router4	ICMP
	0.008	Router4	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC1	ICMP

Figura 11: Mensaje PDU entre el PC1 y Server0

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC2	ICMP
	0.001	PC2	Switch2	ICMP
	0.002	Switch2	PC3	ICMP
	0.003	PC3	Switch2	ICMP
	0.004	Switch2	PC2	ICMP

Figura 12: Mensaje PDU entre el PC2 y PC3

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC4	ICMP
	0.001	PC4	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC2	ICMP
	0.007	PC2	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Switch1	ICMP
	0.012	Switch1	PC4	ICMP

Figura 13: Mensaje PDU entre el PC2 y PC4

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC5	ICMP
	0.001	PC5	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC2	ICMP
	0.007	PC2	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Switch1	ICMP
	0.012	Switch1	PC5	ICMP

Figura 14: Mensaje PDU entre el PC2 y PC5

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC2	ICMP
	0.001	PC2	Switch2	ICMP
	0.002	Switch2	Router3	ICMP
	0.003	Router3	Router2	ICMP
	0.004	Router2	Server0	ICMP
	0.005	Server0	Router2	ICMP
	0.006	Router2	Router3	ICMP
	0.007	Router3	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	PC2	ICMP

Figura 15: Mensaje PDU entre el PC2 y Server0

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC4	ICMP
	0.001	PC4	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC3	ICMP
	0.007	PC3	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Switch1	ICMP
	0.012	Switch1	PC4	ICMP

Figura 16: Mensaje PDU entre el PC3 y PC4



Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC5	ICMP
	0.001	PC5	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router3	ICMP
	0.005	Router3	Switch2	ICMP
	0.006	Switch2	PC3	ICMP
	0.007	PC3	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	Router3	ICMP
	0.009	Router3	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Switch1	ICMP
	0.012	Switch1	PC5	ICMP

Figura 17: Mensaje PDU entre el PC3 y PC5

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC3	ICMP
	0.001	PC3	Switch2	ICMP
	0.002	Switch2	Router3	ICMP
	0.003	Router3	Router2	ICMP
	0.004	Router2	Server0	ICMP
	0.005	Server0	Router2	ICMP
	0.006	Router2	Router3	ICMP
	0.007	Router3	Switch2	ICMP
	0.008	Switch2	PC3	ICMP

Figura 18: Mensaje PDU entre el PC3 y Server0

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC4	ICMP
	0.001	PC4	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	PC5	ICMP
	0.003	PC5	Switch1	ICMP
	0.004	Switch1	PC4	ICMP

Figura 19: Mensaje PDU entre el PC4 y PC5

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC4	ICMP
	0.001	PC4	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router2	ICMP
	0.005	Router2	Server0	ICMP
	0.006	Server0	Router2	ICMP
	0.007	Router2	Router4	ICMP
	0.008	Router4	Router1	ICMP
	0.009	Router1	Switch1	ICMP
	0.010	Switch1	PC4	ICMP

Figura 20: Mensaje PDU entre el PC4 y Server0

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC5	ICMP
	0.001	PC5	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router2	ICMP
	0.005	Router2	Server0	ICMP
	0.006	Server0	Router2	ICMP
	0.007	Router2	Router4	ICMP
	0.008	Router4	Router1	ICMP
	0.009	Router1	Switch1	ICMP
	0.010	Switch1	PC5	ICMP

Figura 21: Mensaje PDU entre el PC5 y Server0

2. Se envía un mensaje PDU desde el PC5 (de la red 1) al PC0 y PC1 (ambos de la red 0). En la figura 5 se puede ver que la ruta que se sigue desde el PC5 al PC1 es:

PC5 - Switch1 - Router1 - Router0 - Switch0 - PC0

Así mismo, en la figura 10 se puede ver que la ruta que se sigue desde el PC5 al PC1 es:

PC5 - Switch1 - Router1 - Router0 - Switch0 - PC1

En la figura 22 se ven ambas rutas; en verde se ve la ruta desde el PC5 al PC0, y en azul se ve la ruta desde el PC5 al PC1. Se puede apreciar que desde el PC5 elige el camino más corto hacia cualquiera de los otros PC's (PC0 o PC1), considerando que todas las conexiones del AS1 entre routers (en la que se encuentra la red 0 y la red 1, participantes del intercambio de mensajes) tienen el mismo ancho de banda. Ya que utiliza en AS1 el protocolo OSPF, que utiliza el algoritmo Dijkstra que calcula las rutas menos costosas entre routers, tiene sentido que los mensajes intercambiados entre el PC5 y el PC0, y PC5 y PC1, hayan seguido las rutas más cortas entre el router 1 y el router 0, tal como se puede observar en la figura 22.

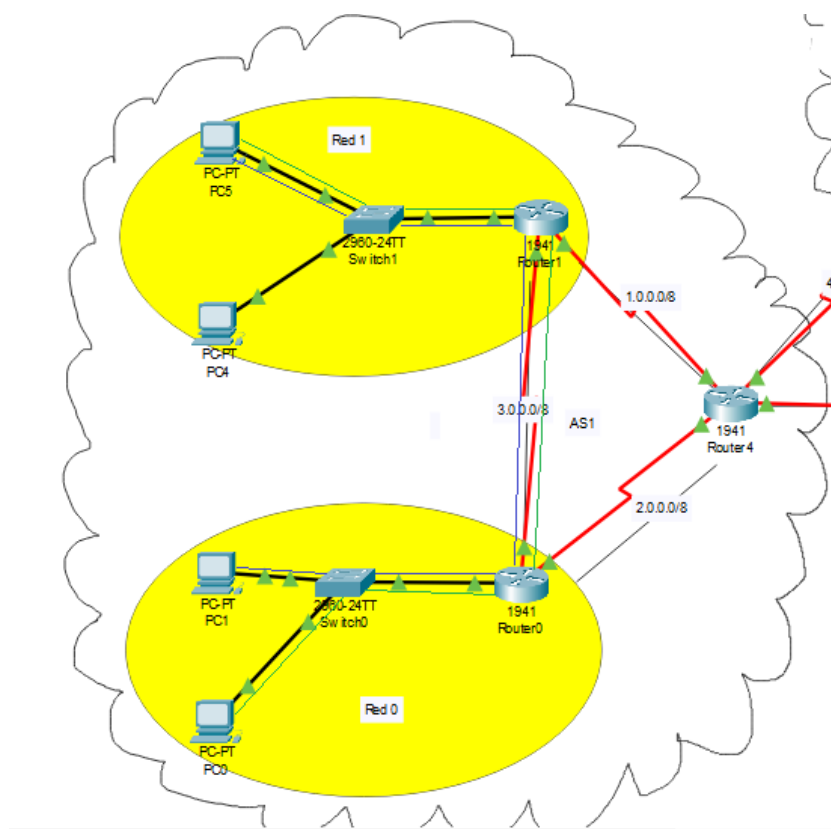


Figura 22: Rutas desde PC5 a PC0 (verde) y desde PC5 a PC1 (azul)

3. Cuando se construye y se configura la red, la red 1 aprende dos formas de llegar a la red 0. La primera es una ruta directa desde el router 1 al router 0, y la segunda es a través del router 4. Como se evidenció anteriormente, se escoge la ruta menos costosa, que en este caso es la ruta directa. Por lo tanto, cuando se elimina una de las rutas no se pierde la conexión entre las redes, sino que simplemente se usará otra ruta alternativa para llegar a la red 0.

Cuando efectivamente se elimina la conexión entre el router 1 y el router 0, y se envía un mensaje PDU entre el PC5 hacia el PC0 (Figura 23) y un mensaje PDU entre el PC5 y el PC1 (Figura

24), ambos mensajes pasan por la conexión router 1 - router 4 - router 0. Esto se evidencia en la Figura 25. Es decir, se siguen pudiendo comunicar, pero por el otro camino que queda que era más costoso que el eliminado.

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
0.000	--	PC5		ICMP
0.001	PC5	Switch1		ICMP
0.002	Switch1	Router1		ICMP
0.003	Router1	Router4		ICMP
0.004	Router4	Router0		ICMP
0.005	Router0	Switch0		ICMP
0.006	Switch0	PC0		ICMP
0.007	PC0	Switch0		ICMP
0.008	Switch0	Router0		ICMP
0.009	Router0	Router4		ICMP
0.010	Router4	Router1		ICMP
0.011	Router1	Switch1		ICMP
0.012	Switch1	PC5		ICMP

Figura 23: Mensaje PDU entre el PC5 y PC0

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
0.000	--	PC5		ICMP
0.001	PC5	Switch1		ICMP
0.002	Switch1	Router1		ICMP
0.003	Router1	Router4		ICMP
0.004	Router4	Router0		ICMP
0.005	Router0	Switch0		ICMP
0.006	Switch0	PC1		ICMP
0.007	PC1	Switch0		ICMP
0.008	Switch0	Router0		ICMP
0.009	Router0	Router4		ICMP
0.010	Router4	Router1		ICMP
0.011	Router1	Switch1		ICMP
0.012	Switch1	PC5		ICMP

Figura 24: Mensaje PDU entre el PC5 y PC1

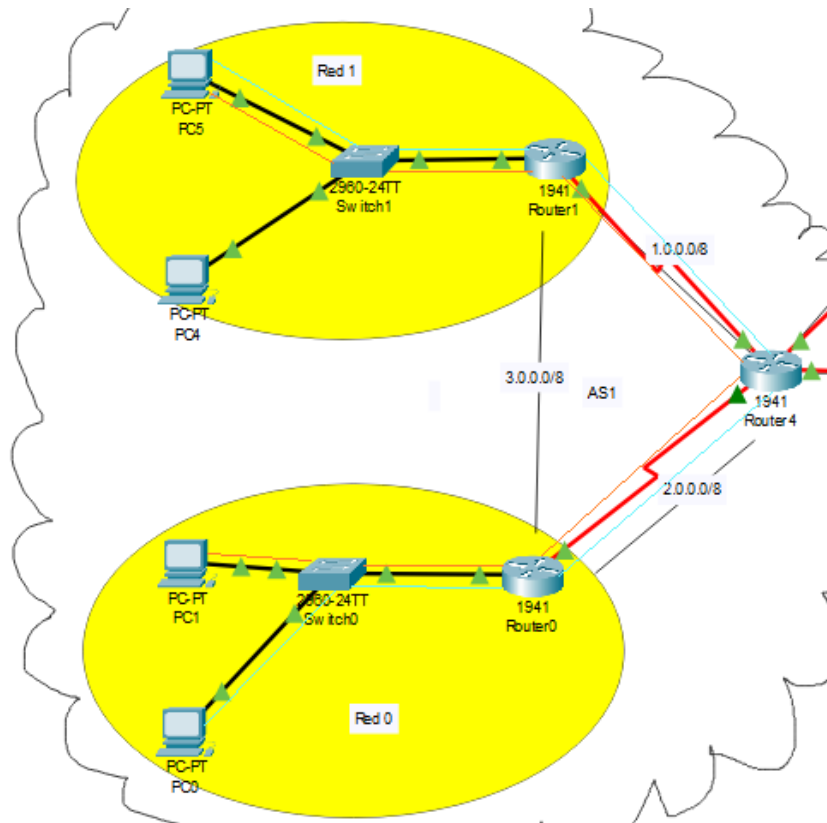


Figura 25: Rutas desde PC5 a PC0 (celestes) y desde PC5 a PC1 (naranja)



4. Cuando se cambia el ancho de banda de la conexión entre el router 0 y el router 1 de 1544kbps a 100kbps, significa que a ese camino se le agrega más costo en el algoritmo Dijkstra, por lo que se espera que se cambie la ruta de los mensajes desde el PC5 al PC0 y del PC5 al PC1, ya que en un principio (figura 22) ambas rutas pasaban por la conexión router 0 - router 1.

Al aplicar el cambio en el ancho de banda, se puede ver en las figuras 26 y 27 que efectivamente cambió la ruta con respecto a la ruta observada antes de hacer el cambio. Ahora, como se había supuesto, los mensajes desde el PC5 al PC0 y desde el PC5 al PC1 pasan por la conexión router 1 - router 4 - router 0. Esto se puede ver en la figura 28.

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC5	ICMP
	0.001	PC5	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router0	ICMP
	0.005	Router0	Switch0	ICMP
	0.006	Switch0	PC0	ICMP
	0.007	PC0	Switch0	ICMP
	0.008	Switch0	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Switch1	ICMP
	0.012	Switch1	PC5	ICMP

Figura 26: Mensaje entre el PC5 y PC0 (100kbps)

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC5	ICMP
	0.001	PC5	Switch1	ICMP
	0.002	Switch1	Router1	ICMP
	0.003	Router1	Router4	ICMP
	0.004	Router4	Router0	ICMP
	0.005	Router0	Switch0	ICMP
	0.006	Switch0	PC1	ICMP
	0.007	PC1	Switch0	ICMP
	0.008	Switch0	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Router4	ICMP
	0.010	Router4	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Switch1	ICMP
	0.012	Switch1	PC5	ICMP

Figura 27: Mensaje entre el PC5 y PC1 (100kbps)

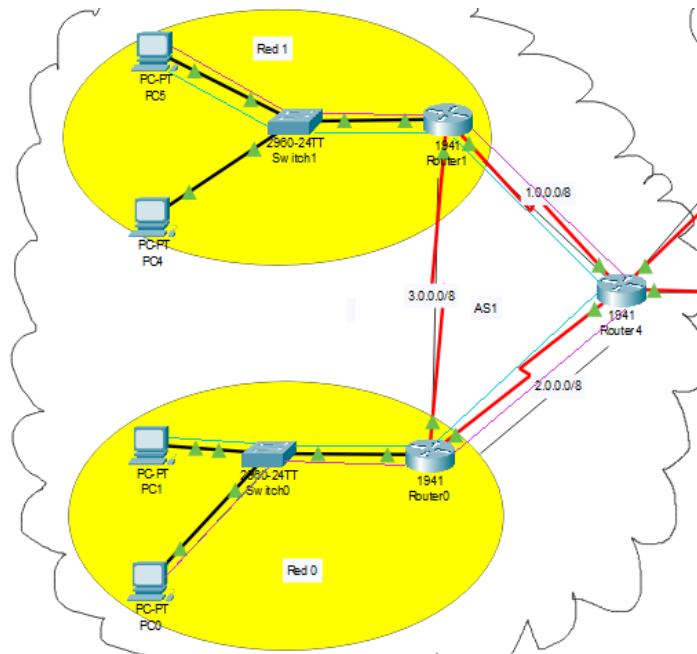


Figura 28: Rutas desde PC5 a PC0 (rosado) y desde PC5 a PC1 (celeste) con 100kbps

Ahora, al cambiar el ancho de banda de la conexión entre el router 0 y el router 1 de 1544kbps a 4000kbps, significa que a ese camino se le disminuye el costo. En este caso, ya que el costo es menor, el algoritmo de Dijkstra no cambiará la ruta que tenía antes (figura 22), ya que si bien disminuyó el costo, ese camino ya tenía el costo más pequeño.

Al efectivamente aplicar el cambio y aumentar el ancho de banda, se puede ver en las figuras 29 y 30 que efectivamente el camino no cambió respecto al camino que se seguía con el ancho de banda original de 1544kbps. Es decir, los mensajes desde el PC5 al PC0 y del PC5 al PC1 siguen la ruta original de reoter 1 - router 0. Esto se puede ver más gráficamente en la figura 31, que sigue la misma ruta que en la figura 22 con el ancho de banda original.

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
0.000	--	PC5		ICMP
0.001	PC5	Switch1		ICMP
0.002	Switch1	Router1		ICMP
0.003	Router1	Router0		ICMP
0.004	Router0	Switch0		ICMP
0.005	Switch0	PC0		ICMP
0.006	PC0	Switch0		ICMP
0.007	Switch0	Router0		ICMP
0.008	Router0	Router1		ICMP
0.009	Router1	Switch1		ICMP
0.010	Switch1	PC5		ICMP

Figura 29: Mensaje entre el PC5 y PC0  
(4000kbps)

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
0.000	--	PC5		ICMP
0.001	PC5	Switch1		ICMP
0.002	Switch1	Router1		ICMP
0.003	Router1	Router0		ICMP
0.004	Router0	Switch0		ICMP
0.005	Switch0	PC1		ICMP
0.006	PC1	Switch0		ICMP
0.007	Switch0	Router0		ICMP
0.008	Router0	Router1		ICMP
0.009	Router1	Switch1		ICMP
0.010	Switch1	PC5		ICMP

Figura 30: Mensaje entre el PC5 y PC1  
(4000kbps)

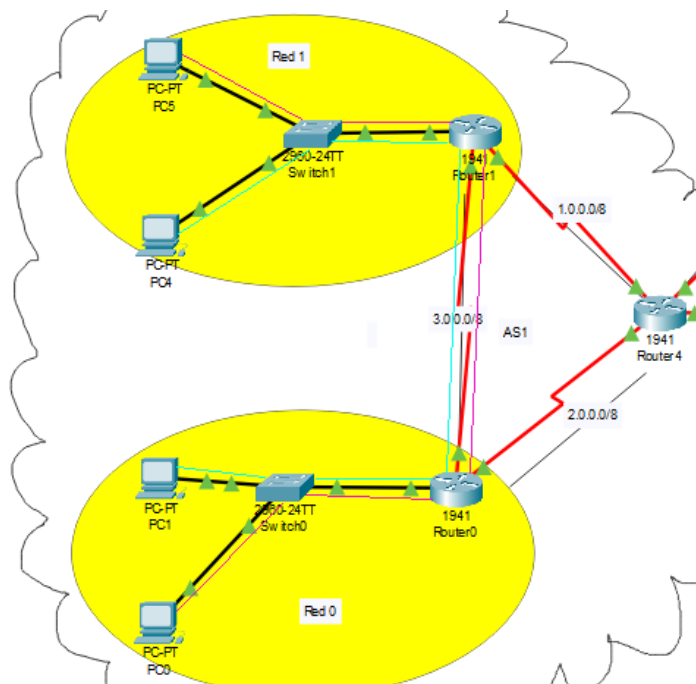


Figura 31: Rutas desde PC5 a PC0 (rosado) y desde PC5 a PC1 (celeste) con 4000kbps



5. Para realizar el mismo experimento de las preguntas anteriores, pero esta vez entre los routers 4 y 3, se seleccionaron los hosts PC0 y PC3 para ejemplificar lo sucedido (se probaron todas las combinaciones de host, y en todas ocurría el mismo fenómeno representado con los PC0 y PC3). La ruta con el ancho de banda original entre el router 3 y el PC0 y el PC3 (1544kbps), mostrada en la figura 3, es la siguiente:

PC0 - Switch0 - Router0 - Router4 - Router3 - Switch2 - PC3

Se espera que, al modificar el ancho de banda entre los routers 4 y 3 (ya sea disminuyéndolo a 100kbps o aumentándolo a 4000kbps), la ruta original anterior no cambie. Esto principalmente por la forma en que se escoge la ruta con el protocolo BGP: el algoritmo de enrutamiento utilizado en el protocolo BGP es un poco más complejo que el utilizado en el protocolo OSPF, y consta de 4 pasos:

- El paso 1 consiste en que cada router asigne una preferencia local a las rutas, que es una decisión política que se deja completamente en manos del administrador de red del sistema autónomo. Es decir, no cambia la preferencia local al cambiar el ancho de banda, o por lo menos no cambia hasta que el administrador lo decida. Y en este caso, las políticas no cambian.
- Para el segundo paso, para todas las rutas con la misma preferencia local se selecciona la ruta con la secuencia de sistemas autónomos (AS-PATH) más corta, es decir, la ruta que tenga el menor número de saltos entre sistemas autónomos. En este paso definitivamente no influye el ancho de banda de las conexiones entre routers, sino la cantidad de AS y conexiones entre AS que existan en la red. Es decir, al cambiar el ancho de banda entre dos routers de AS diferentes, no se cambia la elección de camino.
- En el tercer paso, para las restantes rutas (todas con el mismo valor de preferencia local y la misma longitud de AS-PATH), se utiliza el enrutamiento de la patata caliente, es decir, se selecciona la ruta con el router del siguiente salto (NEXT-HOP) con menor costo dentro del AS. Es decir, en este paso se ven las conexiones intra-dominio (en el mismo AS) y no inter-dominio (entre AS diferentes). Por lo tanto, al cambiar el ancho de banda de los routers 4 y 3 no cambian los valores inter-dominio, sino los intra-dominio. Entonces, en este caso el enrutamiento de la patata caliente no cambia la ruta.
- El último paso considera criterios adicionales que no aplican en el análisis de este ejercicio.

Entonces, ya que el cambio de ancho de banda entre los routers 4 y 3 no provoca cambios en ninguno de los pasos analizados, se espera que no hayan cambios en la ruta.

Al efectivamente aplicar los cambios en el ancho de banda de la conexión entre los routers 4 y 3 (tanto al disminuirla a 100kbps o aumentarla a 4000kbps), la ruta obtenida es la misma que la ruta con el ancho de banda original (1544kbps). Esta ruta entre el PC0 y PC3 se puede observar en la figura 32, que es igual a la ruta original de la figura 3. Se presenta en la figura 33 una imagen que contiene las tres rutas: la ruta original, la ruta con el cambio de ancho de banda a 100kbps y la ruta con el cambio de ancho de banda a 4000kbps, y las tres rutas son idénticas.

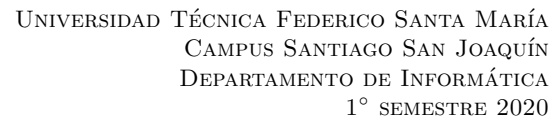
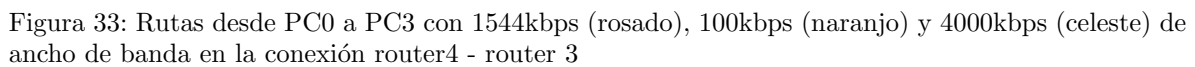


Figura 32: Mensaje entre el PC0 y PC3 con ambos ancho de banda (100kbps y 4000kbps)



1. Router 0: sólo presenta la tabla de OSPF, mostrada en la Figura 34 a continuación:

Figura 34: Tabla de rutas del router 0 para OSPF.



Se evidencia que tiene conocimiento de 4 redes y los caminos posibles hacia cada una de ellas. Notar en especial que para la red 1.0.0.0 los caminos posibles son a través de 3.0.0.2 y 2.0.0.1. Además se identifican las redes externas al sistema autónomo al que pertenece, la red 10.136.0.0 (red 2) y la red 192.168.0.224 (red 3), ambas con salida 2.0.0.1.

2. Router 1: sólo presenta la tabla de OSPF, mostrada en la Figura 35 a continuación:

```
Router#show ip route ospf
O    2.0.0.0 [110/128] via 1.0.0.1, 00:06:12, Serial0/1/0
      [110/128] via 3.0.0.1, 00:06:12, Serial0/1/1
      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O E2   10.136.0.0 [110/20] via 1.0.0.1, 00:05:22, Serial0/1/0
O      10.192.0.0 [110/65] via 3.0.0.1, 00:06:12, Serial0/1/1
      192.168.0.0/28 is subnetted, 1 subnets
O E2   192.168.0.224 [110/20] via 1.0.0.1, 00:05:22, Serial0/1/0
```

Figura 35: Tabla de rutas del router 1 para OSPF.

Al igual que el caso anterior, el router 1 tiene conocimiento de 4 redes y sus respectivas salidas. Notar que la red 2.0.0.0 tiene dos posibles caminos, a través de 1.0.0.1 y a través de 3.0.0.1. Además, mediante la salida 1.0.0.1 es posible llegar a las redes externas al sistema autónomo, la red 10.136.0.0 (red 2) y la red 192.168.0.224 (red 3).

3. Router 2: sólo presenta la tabla BGP, mostrada en la Figura 36 a continuación:

```
Router#show ip route bgp
B    1.0.0.0/8 [20/20] via 4.0.0.1, 00:00:00
B    2.0.0.0/8 [20/20] via 4.0.0.1, 00:00:00
B    3.0.0.0/8 [20/128] via 4.0.0.1, 00:00:00
B    10.192.0.0/10 [20/0] via 4.0.0.1, 00:00:00
B    172.16.32.0 [20/0] via 4.0.0.1, 00:00:00
B    192.168.0.224 [20/0] via 6.0.0.2, 00:00:00
```

Figura 36: Tabla de rutas del router 2 para BGP.

Se observa que el router tiene conocimiento de 6 redes, 5 de ellas mediante la salida 4.0.0.1, que lo lleva hacia el sistema autónomo, 1 y sólo 1 a través de la salida 6.0.0.2, que lo conduce al sistema autónomo 3. Además se evidencia el conocimiento de todas las redes externas, la red 10.192.0.0 (red 0), la red 172.16.32.0 (red 1) y la red 192.168.0.224 (red 3).

4. Router 3: sólo presenta la tabla BGP, mostrada en la Figura 37 a continuación:

```
Router#show ip route bgp
B    1.0.0.0/8 [20/20] via 5.0.0.1, 00:00:00
B    2.0.0.0/8 [20/20] via 5.0.0.1, 00:00:00
B    3.0.0.0/8 [20/128] via 5.0.0.1, 00:00:00
B    10.136.0.0/13 [20/0] via 6.0.0.1, 00:00:00
B    10.192.0.0/10 [20/0] via 5.0.0.1, 00:00:00
B    172.16.32.0 [20/0] via 5.0.0.1, 00:00:00
```

Figura 37: Tabla de rutas del router 3 para BGP.



Al igual que el router anterior, se observa que el router 3 tiene conocimiento de 6 redes, 5 de ellas por la salida 5.0.0.1, que lo conduce al sistema autónomo 1, y sólo una red por la salida 6.0.0.1, que lo conduce al sistema autónomo 2. Además, se destaca que en la tabla están todas las redes externas, la red 10.136.0.0 (red 2), la red 10.192.0.0 (red 0) y la red 172.16.32.0 (red 1).

5. Router 4: presenta una tabla OSPF y una tabla BGP, mostradas en la Figura 38 y Figura 39 respectivamente.

```
Router#show ip route ospf
O    3.0.0.0 [110/128] via 1.0.0.2, 00:07:53, Serial0/0/0
      [110/128] via 2.0.0.2, 00:07:53, Serial0/0/1
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O    10.192.0.0 [110/65] via 2.0.0.2, 00:07:53, Serial0/0/1
    172.16.0.0/20 is subnetted, 1 subnets
O    172.16.32.0 [110/65] via 1.0.0.2, 00:07:53, Serial0/0/0
```

Figura 38: Tabla de rutas del router 4 para OSPF.

Se observa que mediante OSPF sólo se tiene conocimiento de 3 redes, todas pertenecientes a su mismo sistema autónomo. Se destacan la red 10.192.0.0 (red 0) por la salida 2.0.0.2 y la red 172.16.32.0 (red 1) por la salida 1.0.0.2.

```
Router#show ip route bgp
B    10.136.0.0/13 [20/0] via 4.0.0.2, 00:00:00
B    192.168.0.224 [20/0] via 5.0.0.2, 00:00:00
```

Figura 39: Tabla de rutas del router 4 para BGP.

Mediante BGP sólo tiene conocimiento de 2 redes, la red 10.136.0.0 (red 2) por la salida 4.0.0.2 y la red 192.168.0.224 por la salida 5.0.0.2.