

# Redes de Computadoras 2021

## TP 3: Ruteo externo dinámico

### BGP

---

Docentes:

- Facundo N. Oliva Cúneo ([facundo.olivacuneo@unc.edu.ar](mailto:facundo.olivacuneo@unc.edu.ar))

Grupo: 5

Integrantes:

- Nehemias Mercau Nievas ([nehemias.mercau@mi.unc.edu.ar](mailto:nehemias.mercau@mi.unc.edu.ar))
- Tomás Martín ([tomas.martin@mi.unc.edu.ar](mailto:tomas.martin@mi.unc.edu.ar))

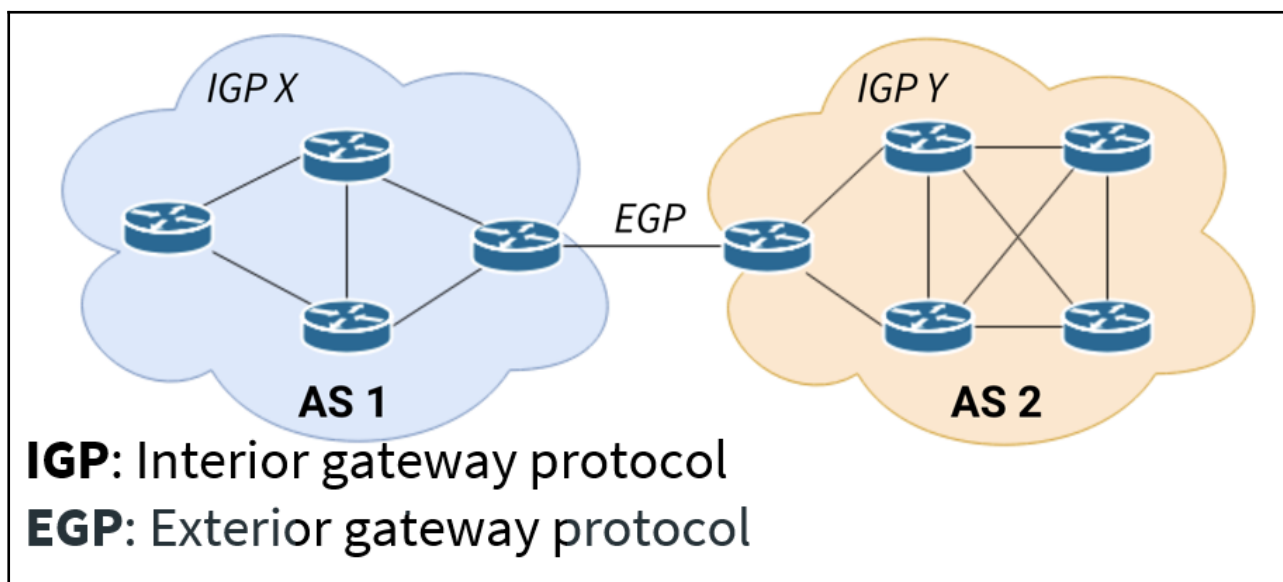
## Objetivos

Comprender en la práctica los conceptos de sistemas autónomos y ruteo BGP, mediante la implementación de escenarios BGP (en simulador/emulador a elección del alumno).

## Introducción: Marco Conceptual

Un AS es un conjunto de routers bajo una sola administración técnica (es decir, poseen una política de rutas propia e independiente). Los routers de un AS pueden utilizar varios protocolos "Interior Gateway Protocol" (IGP) para intercambiar información de ruteo dentro del AS. Los routers pueden utilizar un protocolo de gateway exterior para rutear paquetes fuera del AS.

La figura siguiente ilustra el concepto.



La definición dada hace referencia a la característica fundamental de un Sistema Autónomo: Realiza su propia gestión del tráfico que fluye entre él y los restantes Sistemas Autónomos que forman Internet.

Los Sistemas Autónomos se comunican entre sí mediante routers, que intercambian información para tener actualizadas sus tablas de ruteo mediante el protocolo BGP e intercambian el tráfico de Internet que va de una red a la otra. A su vez cada Sistema Autónomo es como una Internet en pequeño, administrado por una sola entidad, típicamente un Proveedor de Servicio de Internet (ISP).

Un número de AS o ASN se asigna a cada AS, el que lo identifica de manera única a sus redes dentro de Internet.

Hasta el año 2007 los números de sistemas autónomos estaban definidos por un número entero de **16 bits** lo que permitía un número máximo de 65536 asignaciones de sistemas autónomos.

Debido a la demanda, se hizo necesario aumentar la posibilidad La RFC 4893 introduce los sistemas autónomos de **32-bits**, que IANA ha comenzado a asignar. Estos números de 32 bits se escriben como un par de enteros en el formato x.y, donde x e y son números de 16 bits. La representación textual de Números de sistemas autónomos está definido en la RFC 5396.

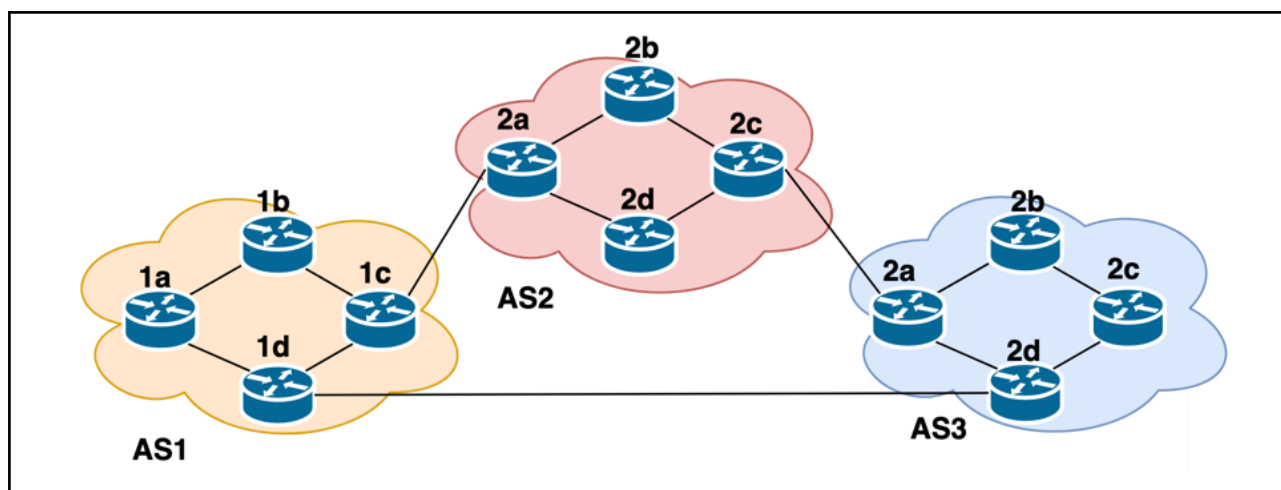
Por lo general, los ISP, así como las grandes empresas internacionales y algunas universidades tienen sus propios números AS.

La siguiente tabla, muestra los ASN públicos, privados y reservados tanto para 16-bit como para 32-bit.

Número ASN	Bits	Descripción	Referencia
0	16	Reservado	[RFC1930]
1 - 23455	16	<b>ASNs público</b>	
23456	16	Reservado para transición de pool AS	[RFC6793]
23457 - 64534	16	<b>ASNs público</b>	
64000 - 64495	16	Reservado por IANA	
64496 - 64511	16	Reservado para uso en documentación y código de ejemplo	[RFC5398]
64512 - 65534	16	<b>ASN para uso privado</b>	
65535	16	Reservado	
65536 - 65551	32	Reservado para uso en documentación y código de ejemplo	[RFC4893][RFC5398]
65552 - 131071	32	Reservado	
131072 - 4199999999	32	<b>ASNs públicos de 32-bit</b>	
4200000000 - 4294967294	32	<b>ASN para uso privado</b>	[RFC6996]
4294967295	32	Reservado	

**Nota:** ¿Cuál es el nombre de tu sistema autónomo? Averígalo ejecutando <https://bgp.he.net/>

**El protocolo BGP (Border Gateway Protocol) (RFC 1771):** Permite crear ruteo de interdominios libre de loops entre sistemas autónomos (AS).



**¿Cómo Funciona el BGP?** BGP supone tres procedimientos funcionales, que son:

- Adquisición de vecino.
- Detección de vecino alcanzable.
- Detección de red alcanzable.

El BGP utiliza **TCP** como protocolo de transporte, en el **puerto 179**. Dos routers BGP forman una conexión TCP entre ellos. Estos routers son routers de peer. Los routers de peer intercambian mensajes para abrir y confirmar los parámetros de conexión.

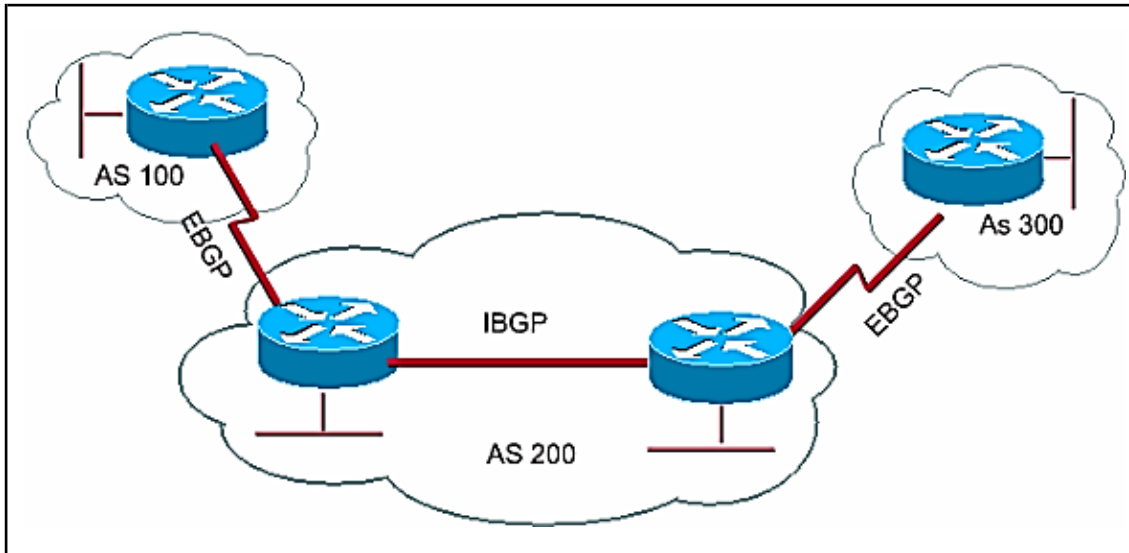
Los routers BGP intercambian información sobre la posibilidad de alcance de la red. Esta información es principalmente una indicación de las trayectorias completas que una ruta debe tomar para llegar a la red de destino. Las trayectorias son números de AS BGP. Esta información ayuda con la construcción de un gráfico de los AS que son libres de loops.

Type	Code	Message Type	Description
	1	OPEN	Initialize communication
	2	UPDATE	Advertise or withdraw routes
	3	NOTIFICATION	Response to an incorrect message
	4	KEEPALIVE	Actively test peer connectivity
	5	REFRESH	Request readvertisement from peer

Figura: Tipos de Mensajes BGP

Los dos routers que forman una conexión TCP para intercambiar información de ruteo BGP son "peers" o "vecinos". Los peers BGP intercambian inicialmente las tablas de ruteo BGP completas. Después de este intercambio, los peers envían actualizaciones graduales como los cambios de tabla de ruteo. El BGP guarda un número de versión de la tabla de BGP. El número de versión es el mismo para todos los peers BGP. El número de versión cambia cada vez que BGP actualiza la tabla con cambios de información de ruteo. El envío de paquetes keepalive garantiza que se mantenga activa la conexión entre los peers BGP. Los paquetes de notificación se envían en respuesta a errores o condiciones especiales.

**iBGP (BGP Interno) y eBGP (BGP Externo):** Si un AS tiene varios BGP, el AS puede funcionar como servicio de tránsito para otros AS. Como se muestra en el diagrama de esta sección, el AS200 es un AS de tránsito para AS100 y AS300.



Para enviar la información a AS externos, se debe garantizar la posibilidad de alcance de la red. Para garantizar la posibilidad de alcance de la red, se llevan a cabo estos procesos:

- Peering de iBGP entre los routers dentro de un AS.
- Redistribución de la información sobre BGP a los IGP que se ejecutan en el AS.

Cuando el BGP se ejecuta entre routers que pertenecen a dos AS diferentes, esto se llama BGP externo (eBGP). Cuando el BGP se ejecuta entre routers en el mismo AS, esto se llama BGP interno (iBGP).

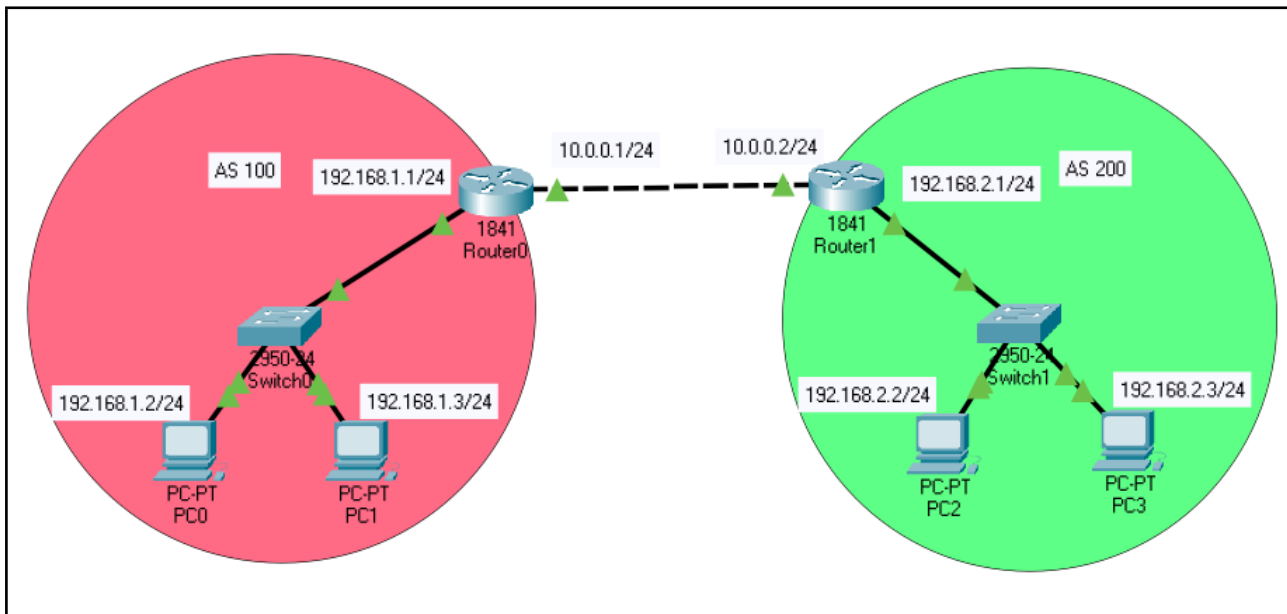
### Práctica de Laboratorio

Para comprender mejor BGP, se realizará un par de ejemplos de configuración de BGP. La propuesta está basada en Packet Tracer (el alumno podrá elegir otro simulador/emulador si así lo desea).

## BGP Externo (eBGP)

### Diagrama de red

Se trabajará sobre el siguiente escenario.



### Consignas

1. Dado el archivo `bgp.pkt` del escenario de la figura, revisar la configuración BGP mediante los comando correspondientes. ¿Qué fragmento de la salida da evidencia de que BGP está efectivamente corriendo (y a que comando corresponde)? Explicar las tablas de ruteo.

### Router0

```
Router>enable
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

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
B    192.168.2.0/24 [20/0] via 10.0.0.2, 00:00:00
```

En Router0 podemos ver que la ruta a la red "192.168.2.0/24" via la interfaz 10.0.0.2 del Router1, fue aprendida por medio del protocolo BGP, y las otras rutas están directamente conectadas al Router0

```

Router#show ip bgp
BGP table version is 3, local router ID is 192.168.1.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 192.168.1.0/24  0.0.0.0            0   0 32768 i
*> 192.168.2.0/24 10.0.0.2           0   0   0 200 i

```

## Router0 (show ip bgp)

Muestra el contenido de la tabla de ruteo.

- ❑ Versión de la tabla bgp del router. Este número de versión es el mismo para todos los routers dentro del sistema autónomo. Cuando cambia una ruta (bestpath) de un router dentro del sistema, se incrementa la versión en ese router y se informa a sus vecinos (UPDATE) del cambio para que ellos también actualicen la versión de la tabla.
- ❑ Local router ID: La dirección IP del router.
- ❑ Status Codes: Estados de las entradas de la tabla. Dentro de las que se ve, \*> corresponde a, (\*) la entrada es válida, y (>) la entrada es la mejor ruta para llegar a esa red.
- ❑ Origin codes: El origen de la entrada de la tabla. Se ubica al final de cada fila de la misma. Se puede ver que ambas entradas son (i), lo que significa que esas entradas fueron originadas con un IGP (interior Gateway Protocol).
- ❑ Network: Dirección IP de la red destino.
- ❑ Next Hop: Dirección IP del próximo salto para llegar a la red destino. Una entrada de 0.0.0.0 indica que el router tiene una ruta no BGP para la red destino (puede estar directamente conectada).
- ❑ Metric: Es el valor de la métrica del sistema autónomo.
- ❑ LocPrf: Valor de preferencia local según lo configurado con el comando de configuración **set local-preference** route-map.
- ❑ Weight: Peso de la ruta. Es un número entre 0 y 65535, mientras más grande sea mayor es la preferencia por esa ruta. Cuando la red es generada localmente, el peso es igual a 32768 y por defecto es igual a cero. Este parámetro no se pasa a otros AS, se usa solo en el router cuando obtengo la misma red de diferentes AS y quiero asignar preferencia de una sobre otra.
- ❑ Path: Rutas del sistema autónomo a la red de destino. Vemos que el valor mostrado es 200, ya que es el valor del sistema autónomo de destino.

```

Router#show ip bgp neighbor
BGP neighbor is 10.0.0.2, remote AS 200, external link
BGP version 4, remote router ID 192.168.2.1
BGP state = Established, up for 01:18:08
Last read 01:18:08, last write 01:18:08, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(new)
  Address family IPv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
  InQ depth is 0
  OutQ depth is 0

      Sent      Rcvd
Opens:         1         1
Notifications: 0         0
Updates:        1         1
Keepalives:    79        79
Route Refresh:  0         0
Total:         81        81
Default minimum time between advertisements runs is 30 seconds

```

### Router0 (show ip bgp neighbors)

Muestra la información acerca de las conexiones BGP y TCP, a routers vecinos.

- ☐ IP de la interfaz del router vecino donde se realiza la conexión.
- ☐ remote AS: Indica que número de sistema autónomo (AS) tiene el vecino
- ☐ Se muestra que es un "external link" lo que nos dice que es un vecino detectado por eBGP.
- ☐ La versión del Protocolo BGP utilizado.
- ☐ Remote Router Id: El Router Id del vecino.
- ☐ BGP state: El estado de la conexión.
- ☐ up for: Tiempo desde que se inició la conexión TCP.
- ☐ Last read: Tiempo desde que el protocolo BGP envió un mensaje a su vecino.
- ☐ Hold Time: Tiempo en segundos, que BGP mantendrá la sesión con su vecino sin recibir mensajes.
- ☐ keepalive interval: Tiempo en segundos, en el cual los mensajes keepalive son transmitidos a su vecino.
- ☐ Neighbor capabilities: Capacidad de BGP de anunciarse y recibir con el vecino. Se muestra "advertised and received" cuando una capacidad se intercambia con éxito entre 2 routers.
  - ☐ Router Refresh: Estado de la capacidad del router de actualizarse
  - ☐ Address family IPv4 Unicast: Propiedades específicas IPv4 unicast, del vecino.
- ☐ Message statistics: Estadísticas organizadas por tipo de mensaje.
  - ☐ Número de mensajes en la cola de entradas
  - ☐ Número de mensajes en la cola de salida
- ☐ Sent: Total de mensajes transmitidos
- ☐ Received: Total de mensajes recibidos
- ☐ Opens: Número de mensajes abiertos, enviados y recibidos.
- ☐ notifications: Número de mensajes de notificación (error) enviados y recibidos.
- ☐ Updates: Número de mensajes update enviados y recibidos.
- ☐ Keepalives: Número de mensajes keepalive enviados y recibidos.



- ❑ Route Refresh: Número de mensajes router refresh request enviados y recibidos.
- ❑ Total: Total de mensajes enviados y recibidos.
- ❑ Default minimum time: Tiempo en segundos, entre transmisiones de avisos.

De la misma manera se pueden analizar las tablas del Router 1.

## Router1

```
Router>enable
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

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
B    192.168.1.0/24 [20/0] via 10.0.0.1, 00:00:00
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

```
Router#show ip bgp
BGP table version is 3, local router ID is 192.168.2.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 192.168.1.0/24  10.0.0.1           0   0   0 100 i
*> 192.168.2.0/24  0.0.0.0            0   0 32768 i
```

```
Router#show ip bgp neighbor
BGP neighbor is 10.0.0.1, remote AS 100, external link
BGP version 4, remote router ID 192.168.1.1
BGP state = Established, up for 01:22:09
Last read 01:22:09, last write 01:22:09, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(new)
  Address family IPv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
  InQ depth is 0
  OutQ depth is 0

           Sent      Rcvd
Opens:           1         1
Notifications:   0         0
Updates:          1         1
Keepalives:      83        83
Route Refresh:    0         0
Total:           85        85
Default minimum time between advertisements runs is 30 seconds
```

## 2. Listar los comandos necesarios para la configuración dada.

1. Comandos para configurar BGP en Router0
  - 1.1. Router>**enable**
  - 1.2. Router#**config t**
  - 1.3. Router(config)#**router bgp 100**
  - 1.4. Router(config-router)#**network 10.0.0.0 mask 255.255.255.0**
  - 1.5. Router(config-router)#**network 192.168.1.0 mask 255.255.255.0**
  - 1.6. Router(config-router)#**neighbor 10.0.0.2 remote-as 200**
2. Comandos para configurar BGP en Router1
  - 2.1. Router>**enable**
  - 2.2. Router#**config t**
  - 2.3. Router(config)#**router bgp 200**
  - 2.4. Router(config-router)#**network 10.0.0.0 mask 255.255.255.0**
  - 2.5. Router(config-router)#**network 192.168.2.0 mask 255.255.255.0**
  - 2.6. Router(config-router)#**neighbor 10.0.0.1 remote-as 100**

### 3. Comprobar la conectividad entre los hosts de ambos sistemas autónomos.

Ping entre PC0 y el resto de los Hosts

```
PC0
Physical Config Desktop Programming Attribute
Command Prompt

C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=3ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=12ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=45ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=11ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 45ms, Average = 17ms

C:\>ping 192.168.2.3

Pinging 192.168.2.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=12ms TTL=126
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=3ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.2.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 6ms

C:\>ping 192.168.1.3

Pinging 192.168.1.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Ping entre PC2 y el resto de los Hosts

```
PC2
Physical Config Desktop Programming Attribute
Command Prompt

C:\>ping 192.168.1.2

Pinging 192.168.1.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=10ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=12ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=12ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 8ms

C:\>ping 192.168.1.3

Pinging 192.168.1.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=10ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=23ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 23ms, Average = 11ms

C:\>ping 192.168.2.3

Pinging 192.168.2.3 with 32 bytes of data:

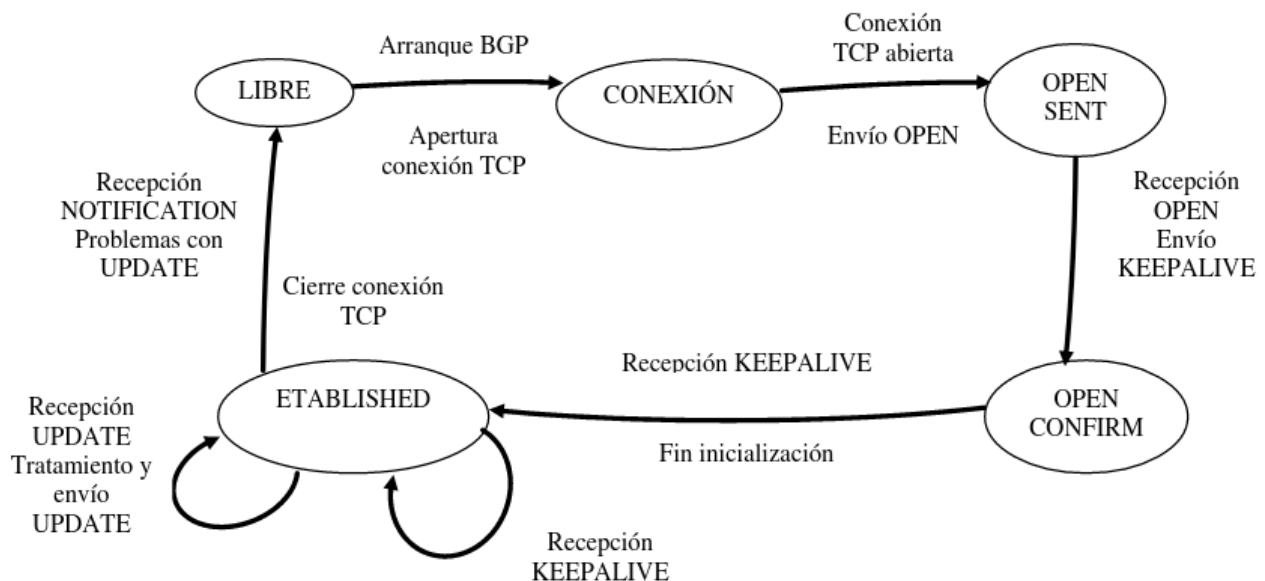
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=11ms TTL=128
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=11ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.2.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 5ms
```

Podemos observar que los pings se realizaron de manera exitosa, por lo tanto hay conexión entre los Sistemas Autónomos.

#### 4. Analizar tráfico (modo simulación). Para ver los paquetes BGP, apagar y encender alguno de los routers. Explicar el tráfico visualizado.

El proceso BGP consiste en un autómata de 6 estados con 13 eventos posibles. La interacción con otros procesos BGP se lleva a cabo intercambiando mensajes. Los mensajes intercambiados en una sesión BGP sirven para informar sobre el conocimiento de nuevas rutas activas, para suprimir rutas que ya no están activas, para indicar la viabilidad actual de la conexión o para informar sobre la existencia de condiciones inusuales en la conexión TCP. El siguiente esquema muestra los estados y los mensajes del proceso BGP:



Para poder detectar los paquetes BGP y verificar que se cumple el proceso BGP, lo primero que hacemos es apagar el Router0 y lo volvemos a prender.

**Comenzamos a capturar el tráfico y vemos que el primer paquete capturado es un BGP OPEN**, con origen en Router0 y destino Router1 (10.0.0.2). Este mensaje establece una adyacencia BGP con el router de destino. Ambos routers negocian información de sesión antes de establecer un emparejamiento.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.402	--	Router0	BGP
10.403	--	Router0	BGP
10.403	--	Router1	BGP
10.404	Router0	Router1	BGP
10.404	Router1	Router0	BGP
10.404	--	Router1	BGP
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP

At Device: Router0  
Source: Router0  
Destination: 10.0.0.2

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
- Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
- Layer 1: Port(s):

1. The BGP process is sending an OPEN message to the neighbor 10.0.0.2.

Dentro de los detalles de la PDU, se ven los siguientes atributos:

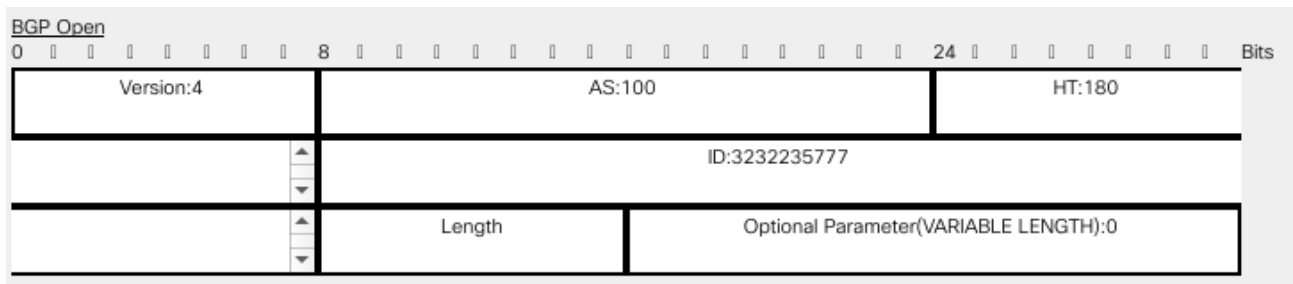
- ❑ AS: Indica el número de AS al que pertenece el Router.
- ❑ HT (Hold Time): Setea el tiempo de espera en segundos, para cada vecino BGP. Cuando se reciba un mensaje UPDATE o KEEPALIVE, el tiempo de espera se resetea al valor inicial. Si el

tiempo de espera llega a cero, la sesión BGP es dada de baja, las rutas de ese vecino son eliminadas y se envían mensajes UPDATE a otros vecinos para que actualicen sus tablas.

Para routers Cisco, el tiempo de espera por defecto es 180 segundos.

Si se indica el valor 0 significa que la sesión no va a tener límite de duración.

- ❑ BGP Identifier (BGP Router-ID -RID-): es un número único de 32 bits que identifica el router BGP.



Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.402	--	Router0	BGP
10.403	--	Router0	BGP
10.403	--	Router1	BGP
10.404	Router0	Router1	BGP
10.404	Router1	Router0	BGP
10.404	--	Router1	BGP
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP

At Device: Router0  
Source: Router0  
Destination: 10.0.0.2

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0

1. The device takes out this frame from the buffer and sends it.  
2. FastEthernet0/0 sends out the frame.

A continuación se puede ver que el Router1 también le envía un mensaje BGP Open al Router0 (10.0.0.1).

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.402	--	Router0	BGP
10.403	--	Router0	BGP
10.403	--	Router1	BGP
10.404	Router0	Router1	BGP
10.404	Router1	Router0	BGP
10.404	--	Router1	BGP
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP

At Device: Router1  
Source: Router1  
Destination: 10.0.0.1

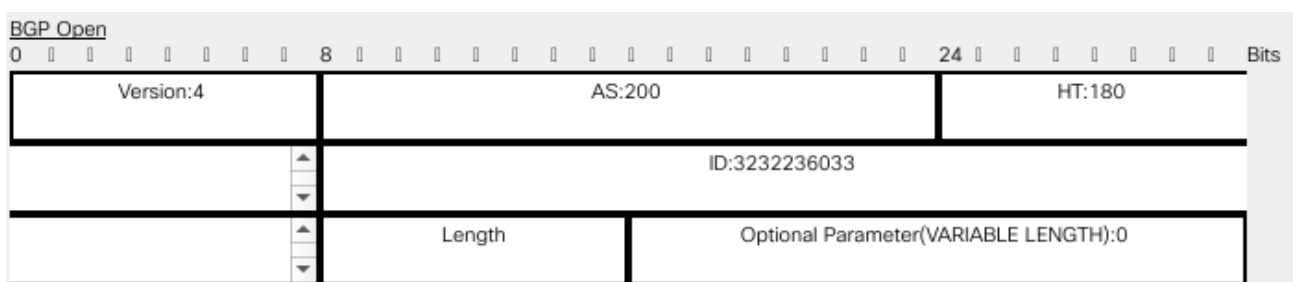
**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer 5:
- Layer 4: TCP Src Port: 179, Dst Port: 1029
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.2, Dest. IP: 10.0.0.1
- Layer 2: Ethernet II Header 0002.16EB.6E01 >> 000A.F3C3.4101
- Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0

1. The BGP process is sending an OPEN message to the neighbor 10.0.0.1.



Luego cada Router recibe el BGP Open que le envió el otro.

The first screenshot shows a BGP Open message from Router0 to Router1. The packet list on the left shows a series of BGP messages. The packet details pane on the right shows the message structure: Layer 1: Port FastEthernet0/0, Layer 2: Ethernet II Header, Layer 3: IP Header, Layer 4: TCP Header, Layer 5: BGP Header, Layer 6: BGP Message, Layer 7: BGP Open.

The second screenshot shows a BGP Open message from Router1 to Router0. The packet list on the left shows a series of BGP messages. The packet details pane on the right shows the message structure: Layer 1: Port FastEthernet0/0, Layer 2: Ethernet II Header, Layer 3: IP Header, Layer 4: TCP Header, Layer 5: BGP Header, Layer 6: BGP Message, Layer 7: BGP Open.

Luego del Intercambio de BGP Open el proceso BGP queda a la espera de un KEEPALIVE.

**En las próximas capturas se pueden ver los mensajes BGP KEEPALIVE que se envían los routers.**

Estos mensajes son intercambiados entre los peers, asegurando que los vecinos BGP están todavía vivos y la conexión todavía establecida. Los mensajes se envían cada un tercio del tiempo de espera (Hold Timer) establecido entre los routers, es decir cada 60 segundos. Si este tiempo es establecido en cero, o llega a ese valor, no se envían más mensajes KEEPALIVE.

En estos mensajes sólo se envía el encabezado del paquete.

El primer KEEPALIVE que intercambian después del BGP Open tiene como finalidad confirmar el BGP Open y establecer la conexión.

En la imagen siguiente, el Router 1 le manda un KEEPALIVE a el Router 2.

The screenshot shows a BGP Keepalive message from Router1 to Router0. The packet list on the left shows a series of BGP messages. The packet details pane on the right shows the message structure: Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0, Layer 2: Ethernet II Header, Layer 3: IP Header, Layer 4: TCP Header, Layer 5: BGP Header, Layer 6: BGP Message, Layer 7: BGP Keepalive.

Luego el Router 0 le manda al Router 1 un KEEPALIVE.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.402	--	Router0	BGP
10.403	--	Router0	BGP
10.403	--	Router1	BGP
10.404	Router0	Router1	BGP
10.404	Router1	Router0	BGP
10.404	--	Router1	BGP
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP

At Device: Router0  
Source: Router0  
Destination: 10.0.0.2

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer 5:
- Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
- Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
- Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0

1. The BGP process is sending a KEEPALIVE message to the neighbor 10.0.0.2.

Cada Router recibe el KEEPALIVE del otro.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.402	--	Router0	BGP
10.403	--	Router0	BGP
10.403	--	Router1	BGP
10.404	Router0	Router1	BGP
10.404	Router1	Router0	BGP
10.404	--	Router1	BGP
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP

At Device: Router0  
Source: Router1  
Destination: 10.0.0.1

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer 5:
- Layer 4: TCP Src Port: 179, Dst Port: 1029
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.2, Dest. IP: 10.0.0.1
- Layer 2: Ethernet II Header 0002.16EB.6E01 >> 000A.F3C3.4101
- Layer 1: Port FastEthernet0/0

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

1. FastEthernet0/0 receives the frame.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.402	--	Router0	BGP
10.403	--	Router0	BGP
10.403	--	Router1	BGP
10.404	Router0	Router1	BGP
10.404	Router1	Router0	BGP
10.404	--	Router1	BGP
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP

At Device: Router1  
Source: Router0  
Destination: 10.0.0.2

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer 5:
- Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
- Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
- Layer 1: Port FastEthernet0/0

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

1. FastEthernet0/0 receives the frame.

De esta forma termina la iniciación y la sesión BGP se considera activa.

### Otro tipo de mensajes del protocolo BGP es el UPDATE:

Este mensaje avisa acerca de las rutas factibles, retira rutas que fueron anunciadas previamente, o puede realizar ambas acciones al mismo tiempo. Lleva información de ruteo entre BGP peers con el siguiente detalle:

- ☐ Visión general de las relaciones de varios sistemas autónomos.
- ☐ Son utilizados para anuncios, actualizaciones, o eliminación de rutas entre BGP peers.
- ☐ Detecta loops y los remueve.
- ☐ Siempre incluye el tamaño fijo del encabezado BGP.

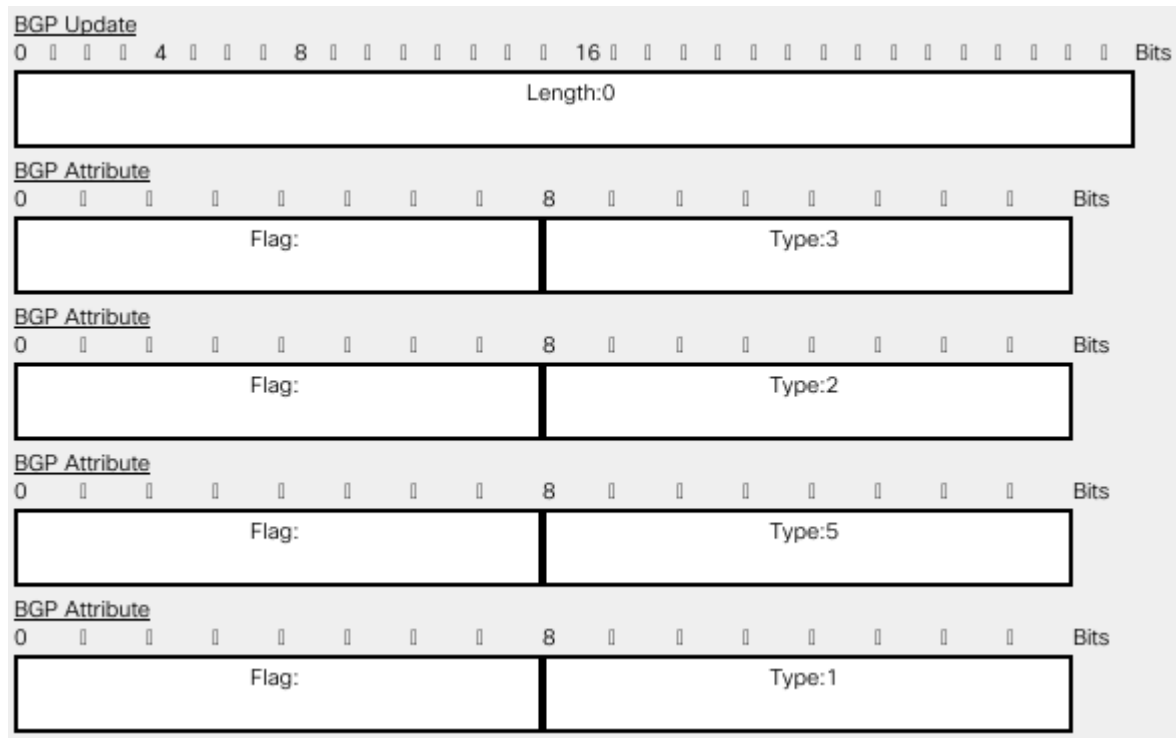
Un mensaje UPDATE puede actuar de mensaje KEEPALIVE para reducir tráfico innecesario.

Siguiendo los paquetes, el Router0 le envía un mensaje UPDATE al Router1 (10.0.0.2)

```
At Device: Router0
Source: Router0
Destination: 10.0.0.2
```

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer3
Layer2
Layer1

Layer7
Layer6
Layer 5:
Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0



El cual Router1 recibe.

```
At Device: Router1
Source: Router0
Destination: 10.0.0.2
```

Layer7
Layer6
Layer 5:
Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
Layer 1: Port FastEthernet0/0

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer3
Layer2
Layer1

En la siguiente captura, el Router1 le envía un mensaje UPDATE al Router0 (10.0.0.1)



Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP
10.508	--	Router1	BGP
10.509	Router1	Router0	BGP
70.405	--	Router0	BGP
70.406	Router0	Router1	BGP
70.408	--	Router1	BGP
70.409	Router1	Router0	BGP

At Device: Router1  
Source: Router1  
Destination: 10.0.0.1

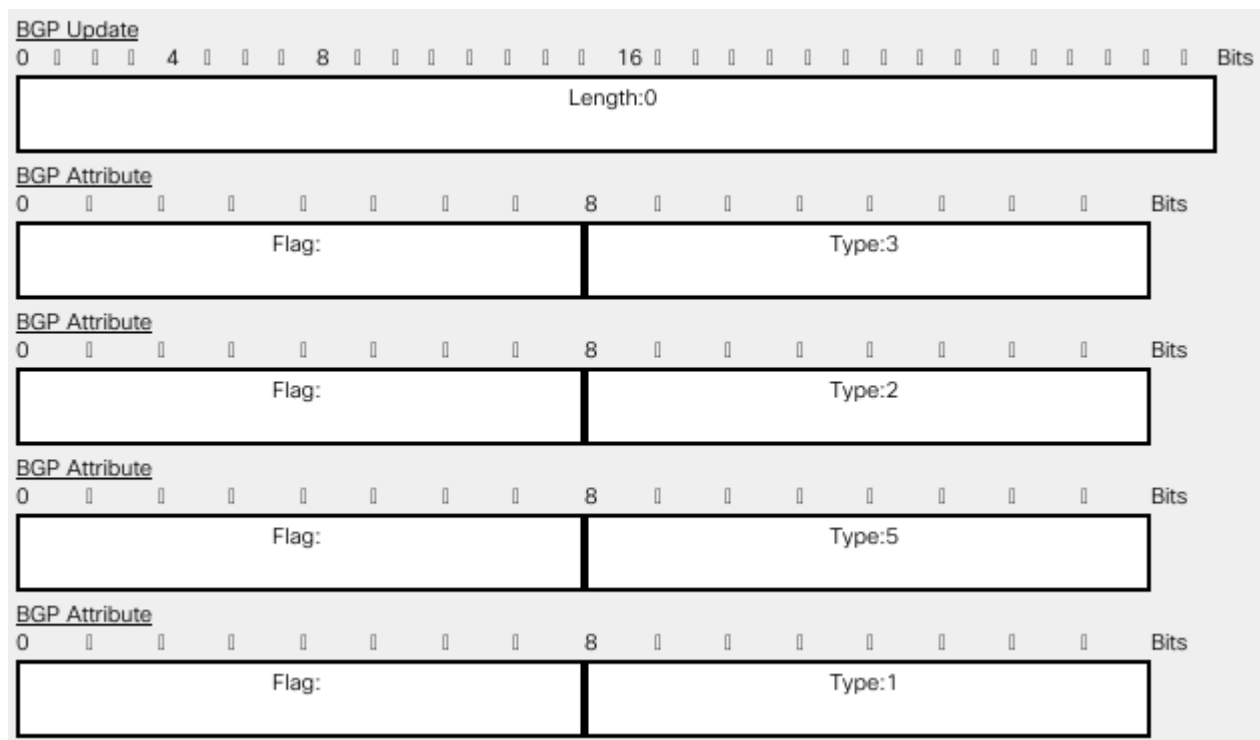
**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer 5:
- Layer 4: TCP Src Port: 179, Dst Port: 1029
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.2, Dest. IP: 10.0.0.1
- Layer 2: Ethernet II Header 0002.16EB.6E01 >> 000A.F3C3.4101
- Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0

1. The BGP process is sending an UPDATE message to the neighbor 10.0.0.1.



Time(sec)	Last Device	At Device	Type
10.404	--	Router0	BGP
10.405	Router1	Router0	BGP
10.405	Router0	Router1	BGP
10.505	--	Router0	BGP
10.506	Router0	Router1	BGP
10.508	--	Router1	BGP
10.509	Router1	Router0	BGP
70.405	--	Router0	BGP
70.406	Router0	Router1	BGP
70.408	--	Router1	BGP
70.409	Router1	Router0	BGP

At Device: Router0  
Source: Router1  
Destination: 10.0.0.1

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer 5:
- Layer 4: TCP Src Port: 179, Dst Port: 1029
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.2, Dest. IP: 10.0.0.1
- Layer 2: Ethernet II Header 0002.16EB.6E01 >> 000A.F3C3.4101
- Layer 1: Port FastEthernet0/0

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

1. FastEthernet0/0 receives the frame.

Los mensajes KEEPALIVE se siguen enviando con un periodo de tiempo que es de un tercio del Hold Time del mensaje OPEN.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
70.405	--	Router0	BGP
70.406	Router0	Router1	BGP
70.408	--	Router1	BGP
70.409	Router1	Router0	BGP
130.407	--	Router0	BGP
130.408	Router0	Router1	BGP
130.409	--	Router1	BGP
130.410	Router1	Router0	BGP
190.410	--	Router0	BGP
190.411	Router0	Router1	BGP
190.413	--	Router1	BGP

At Device: Router0  
Source: Router0  
Destination: 10.0.0.2

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
- Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
- Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0

1. The BGP process is sending a KEEPALIVE message to the neighbor 10.0.0.2.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
70.405	--	Router0	BGP
70.406	Router0	Router1	BGP
70.408	--	Router1	BGP
70.409	Router1	Router0	BGP
130.407	--	Router0	BGP
130.408	Router0	Router1	BGP
130.409	--	Router1	BGP
130.410	Router1	Router0	BGP
190.410	--	Router0	BGP
190.411	Router0	Router1	BGP
190.413	--	Router1	BGP

At Device: Router1  
Source: Router0  
Destination: 10.0.0.2

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer 4: TCP Src Port: 1029, Dst Port: 179
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.1, Dest. IP: 10.0.0.2
- Layer 2: Ethernet II Header 000A.F3C3.4101 >> 0002.16EB.6E01
- Layer 1: Port FastEthernet0/0

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

1. FastEthernet0/0 receives the frame.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
70.405	--	Router0	BGP
70.406	Router0	Router1	BGP
70.408	--	Router1	BGP
70.409	Router1	Router0	BGP
130.407	--	Router0	BGP
130.408	Router0	Router1	BGP
130.409	--	Router1	BGP
130.410	Router1	Router0	BGP
190.410	--	Router0	BGP
190.411	Router0	Router1	BGP
190.413	--	Router1	BGP

At Device: Router1  
Source: Router1  
Destination: 10.0.0.1

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer 4: TCP Src Port: 179, Dst Port: 1029
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.2, Dest. IP: 10.0.0.1
- Layer 2: Ethernet II Header 0002.16EB.6E01 >> 000A.F3C3.4101
- Layer 1: Port(s): FastEthernet0/0

1. The BGP process is sending a KEEPALIVE message to the neighbor 10.0.0.1.

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
70.405	--	Router0	BGP
70.406	Router0	Router1	BGP
70.408	--	Router1	BGP
70.409	Router1	Router0	BGP
130.407	--	Router0	BGP
130.408	Router0	Router1	BGP
130.409	--	Router1	BGP
130.410	Router1	Router0	BGP
190.410	--	Router0	BGP
190.411	Router0	Router1	BGP
190.413	--	Router1	BGP

At Device: Router0  
Source: Router1  
Destination: 10.0.0.1

**In Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer 4: TCP Src Port: 179, Dst Port: 1029
- Layer 3: IP Header Src. IP: 10.0.0.2, Dest. IP: 10.0.0.1
- Layer 2: Ethernet II Header 0002.16EB.6E01 >> 000A.F3C3.4101
- Layer 1: Port FastEthernet0/0

**Out Layers**

- Layer7
- Layer6
- Layer5
- Layer4
- Layer3
- Layer2
- Layer1

1. FastEthernet0/0 receives the frame.

Se puede observar que cada 60 segundos intercambian mensajes KEEPALIVE.

**El mensaje NOTIFICATION** sirve para cerrar la sesión BGP, cerrando también la conexión TCP. Además, se envía un código para indicar si hubo errores, como por ejemplo la recepción de un mensaje incorrecto, un problema del proceso BGP o la ausencia de mensajes KEEPALIVE. La consecuencia del cierre de la sesión BGP es la anulación de todas las rutas aprendidas en dicha sesión.

## 5. Agregar las configuraciones para IPv6.

- Comandos para configurar BGP para IPv6 en el Router0.
  - Router>enable

- 1.2. Router#**config t**
- 1.3. Router(config)#**router bgp 100**
- 1.4. Router(config)#**bgp router-id 1.1.1.1**
- 1.5. Router(config-router)#**no bgp default ipv4-unicast**
- 1.6. Router(config-router)#**neighbor 2001:0:0:1::2 remote-as 200**
- 1.7. Router(config-router)#**address-family ipv6**
- 1.8. Router(config-router-af)#**neighbor 2001:0:0:1::2 activate**
- 1.9. Router(config-router-af)#**network 2001:AAAA::/64**
- 1.10. Router(config-router-af)#**exit-address-family**
- 1.11. Router(config-router)#**redistribute connected**
2. Comandos para configurar BGP para IPv6 en el Router1.
  - 2.1. Router>**enable**
  - 2.2. Router#**config t**
  - 2.3. Router(config)#**router bgp 200**
  - 2.4. Router(config)#**bgp router-id 2.2.2.2**
  - 2.5. Router(config-router)#**no bgp default ipv4-unicast**
  - 2.6. Router(config-router)#**neighbor 2001:0:0:1::1 remote-as 100**
  - 2.7. Router(config-router)#**address-family ipv6**
  - 2.8. Router(config-router-af)#**neighbor 2001:0:0:1::1 activate**
  - 2.9. Router(config-router-af)#**network 2001:BBBB::/64**
  - 2.10. Router(config-router-af)#**exit-address-family**
  - 2.11. Router(config-router)#**redistribute connected**

6. Comprobar la conectividad entre los hosts de ambos sistemas autónomos (IPv6).

Al no estar disponible la configuración de BGP para IPv6 en Cisco Packet Tracer no pudimos realizar la configuración anterior ni la prueba de conectividad.

7. Documentar el diseño de la red en una tabla que incluya las siguientes columnas (si considera agregar alguna otra, hágalo): Equipo / Interfaz / IP de red / IPv4 / Máscara / IPv6 / Comentario

	Equipo	Interfaz	IP de red	IP	
AS100	Router0	Fa0/0	10.0.0.0/24	10.0.0.1/24	IPv4
			2001:0:0:1::/64	2001:0:0:1::1/64	IPv6
		Fa0/1	192.168.1.0/24	192.168.1.1/24	IPv4
			2001:AAAA::/64	2001:AAAA::1/64	IPv6
AS200	Router1	Fa0/0	10.0.0.0/24	10.0.0.2/24	IPv4
			2001:0:0:1::/64	2001:0:0:1::2/64	IPv6
		Fa0/1	192.168.2.0/24	192.168.2.1/24	IPv4

			2001:BBBB::/64	2001:BBBB::1/64	IPv6
AS100	PC0	Fa0	192.168.1.0/24	192.168.1.2/24	IPv4
			2001:AAAA::/64	2001:AAAA::2/64	IPv6
AS100	PC1	Fa0	192.168.1.0/24	192.168.1.3/24	IPv4
			2001:AAAA::/64	2001:AAAA::3/64	IPv6
AS200	PC2	Fa0	192.168.2.0/24	192.168.2.2/24	IPv4
			2001:BBBB::/64	2001:BBBB::2/64	IPv6
AS200	PC3	Fa0	192.168.2.0/24	192.168.2.3/24	IPv4
			2001:BBBB::/64	2001:BBBB::3/64	IPv6

#### Links de ayuda

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4271>

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7606>

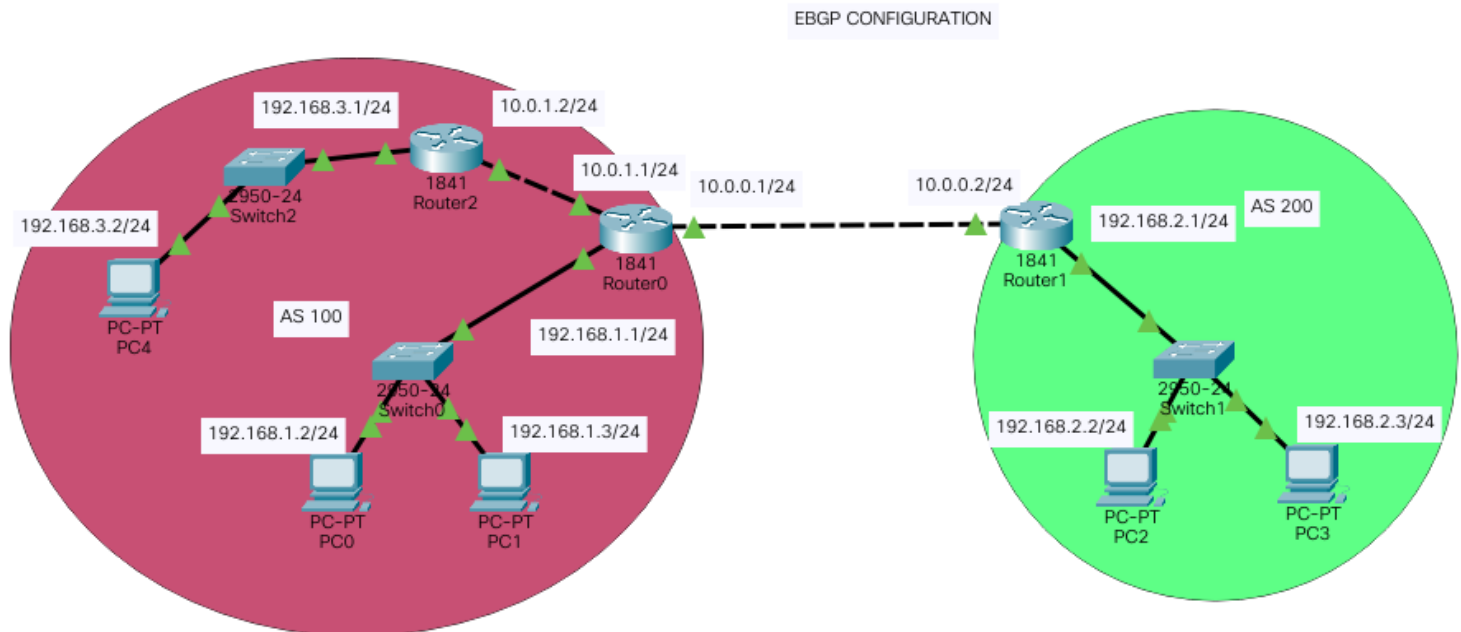
<https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2756480&seqNum=3>

<https://techmusa.com/bgp-message-type/>

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4271#section-4.3>

## BGP Interno (iBGP)

1. Modificar el escenario anterior, agregando un router (Router2) en el sistema autónomo AS100, un switch (Switch2) conectado a Router2, y un host (PC4) conectado a Switch2.



2. Configurar OSPF en AS100. Alternativamente, vale la configuración de rutas estáticas.

Configuramos OSPF en el Router0.

```
Router>enable
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#
Router(config-router)#network 10.0.1.0 255.255.255.0 area 0
Router(config-router)#network 192.168.1.0 255.255.255.0 area 0
Router(config-router)#exit
```

También lo configuramos en el Router2.

```
Router>enable
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.0.1.0 255.255.255.0 area 0
Router(config-router)#network 192.168.3.0 255.255.255.0 area 0
Router(config-router)#exit
Router(config)#|
```

De esta forma el Router0 va a aprender las rutas del Router2 y viceversa.

3. Redistribuir OSPF en BGP. Revisar y explicar la configuración BGP de todos los routers. Revisar y explicar las tablas de ruteo de los routers.

#### Tabla de ruteo del Router0

```
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

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    10.0.1.0 is directly connected, Ethernet0/0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
B    192.168.2.0/24 [20/0] via 10.0.0.2, 00:00:00
O    192.168.3.0/24 [110/11] via 10.0.1.2, 00:04:21, Ethernet0/0/0
```

Podemos observar que el Router0, tiene tres rutas directamente conectadas que son las que están conectadas a sus interfaces. También tiene una ruta aprendida por OSPF, la cual obtuvo de su adyacencia con el Router2, y una ruta aprendida por BGP, que obtuvo del Router1.

Ahora para que haya conectividad entre todas las PCs queremos que el Router1 conozca la ruta que obtuvo el Router0 por OSPF y que el Router2 conozca la ruta que obtuvo el Router0 por BGP.

Lo que debemos hacer es una redistribución de ruta. Esta se utiliza para propagar rutas aprendidas con el uso de un protocolo, en otro protocolo de enrutamiento.

Redistribuimos OSPF en BGP para que el Router1 obtenga la información que obtuvo el Router0 por OSPF.

```
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router bgp 100
Router(config-router)#redistribute ospf 1
Router(config-router)#bgp redistribute-internal
Router(config-router)#exit
```

La configuración anterior es realizada en el Router0.

El comando **bgp redistribute-internal** redistribuye las rutas OSPF (dentro y entre áreas) en BGP.

#### Tabla de ruteo del Router1

```
Router>enable
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

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
B    192.168.1.0/24 [20/0] via 10.0.0.1, 00:00:00
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

Antes de realizar la redistribución tiene solamente las rutas conectadas directamente y la que aprendió por BGP.

```
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

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
B    10.0.1.0 [20/20] via 10.0.0.1, 00:00:00
B    192.168.1.0/24 [20/0] via 10.0.0.1, 00:00:00
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
B    192.168.3.0/24 [20/11] via 10.0.0.1, 00:00:00
```

Luego de la redistribución se observa que tiene dos nuevas entradas en la tabla que equivalen a las rutas para llegar al Router2.

Por otro lado, también necesitábamos que el Router2 aprenda una ruta para llegar al Router1. Para este caso tenemos que redistribuir BGP en OSPF, realizando la siguiente configuración en el Router0:

```
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 1

Router(config-router)#redistribute bgp 100
% Only classful networks will be redistributed
Router(config-router)#
```

Tabla de ruteo del Router2

```
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

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O    192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.1.1, 00:04:18, FastEthernet0/0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

Antes de la redistribución vemos que solo tenemos las rutas conectadas directamente y la aprendida por OSPF.

```
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

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O    192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.1.1, 00:29:18, FastEthernet0/0
O E2 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.0.1.1, 00:00:39, FastEthernet0/0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

Luego de redistribuir BGP en OSPF, obtenemos una nueva ruta con la etiqueta con E2 indicando que es una ruta externa, esto se debe a que es una ruta OSPF obtenida por otro protocolo de ruteo, en este caso BGP.

4. Comprobar la conectividad entre los hosts de ambos sistemas autónomos (comprobar la conectividad entre PC0 y PC4 y entre PC4 y PC3).



Ping entre PC4 y PC0, y entre PC4 y PC1

```
PC4
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
C:\>ping 192.168.1.2

Pinging 192.168.1.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=13ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=11ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 13ms, Average = 9ms

C:\>ping 192.168.1.3

Pinging 192.168.1.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=45ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=12ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 45ms, Average = 17ms

C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=125
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=13ms TTL=125
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=11ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 13ms, Average = 9ms
```

Ping entre PC4 y PC2, y entre PC4 y PC3

```
PC4
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Pinging 192.168.1.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=45ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=12ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 45ms, Average = 17ms

C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=125
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=13ms TTL=125
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=11ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 13ms, Average = 9ms

C:\>ping 192.168.2.3

Pinging 192.168.2.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.2.3: bytes=32 time=28ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.2.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 28ms, Average = 13ms

C:\>|
```

Al poder realizar con éxito los pings, comprobamos que hay conexión entre todos los puntos de los sistemas autónomos.

5. Actualizar la tabla del diseño de la red.

	Equipo	Interfaz	IP de red	IP	
AS100	Router0	Fa0/0	10.0.0.0/24	10.0.0.1/24	IPv4
			2001:0:0:1::/64	2001:0:0:1::1/64	IPv6
		Fa0/1	192.168.1.0/24	192.168.1.1/24	IPv4
			2001:AAAA::/64	2001:AAAA::1/64	IPv6
		E 0/0/0	10.0.1.0/24	10.0.1.1/24	IPv4
AS200	Router1	Fa0/0	10.0.0.0/24	10.0.0.2/24	IPv4
			2001:0:0:1::/64	2001:0:0:1::2/64	IPv6
		Fa0/1	192.168.2.0/24	192.168.2.1/24	IPv4
			2001:BBBB::/64	2001:BBBB::1/64	IPv6
AS100	Router2	Fa0/0	10.0.1.0/24	10.0.1.2/24	IPv4
		Fa0/1	192.168.3.0/24	192.168.3.1/24	IPv4
AS100	PC0	Fa0	192.168.1.0/24	192.168.1.2/24	IPv4
			2001:AAAA::/64	2001:AAAA::2/64	IPv6
AS100	PC1	Fa0	192.168.1.0/24	192.168.1.3/24	IPv4
			2001:AAAA::/64	2001:AAAA::3/64	IPv6
AS200	PC2	Fa0	192.168.2.0/24	192.168.2.2/24	IPv4
			2001:BBBB::/64	2001:BBBB::2/64	IPv6
AS200	PC3	Fa0	192.168.2.0/24	192.168.2.3/24	IPv4
			2001:BBBB::/64	2001:BBBB::3/64	IPv6
AS100	PC4	Fa0	192.168.3.0/24	192.168.3.2/24	IPv4