

# Sistemas Telemáticos

## Práctica 3: Protocolos de Encaminamiento: BGP

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones y  
Sistemas Telemáticos y Computación  
(GSyC)

Marzo de 2018

### 1. Escenario de red utilizando OSPF y BGP

En el fichero `lab-BGP.tgz` se encuentran los ficheros de configuración para crear un escenario de red como el que se muestra en la figura 1. En esta figura hay tres AS (Sistemas Autónomos): AS10, AS20 y AS30. Se ha configurado OSPF dentro de AS20 y AS30 y se desea configurar BGP para conectar los 3 sistemas autónomos. En AS10 no se utilizará ningún protocolo de encaminamiento interior ya que sólo hay una red interna.

Se realizará la configuración por pasos. Supondremos para la configuración de BGP que AS10 y AS20 mantienen una relación de tránsito y que AS10 y AS30 mantienen una relación de tránsito, siendo en ambos casos AS10 el proveedor.

#### 1.1. Configuración de los pcs y *routers* de AS20

1. Descomprime el fichero de configuración del escenario `lab-BGP.tgz`. Al arrancar NetGUI debes abrir el escenario definido en el directorio `lab-BGP`.
2. Arranca de una en una sólo las máquinas de AS20.
3. Las máquinas tienen configurada una dirección IP en cada una de sus interfaces de red. Los pcs además tienen configurada una ruta por defecto al único *router* al que están directamente conectados.
4. Los *routers* de AS20 (`as20-r1`, `as20-r2` y `as20-r3`) tienen configurado el protocolo OSPF para que intercambien información de encaminamiento dentro de AS20 (consulta los ficheros `daemons` y `ospfd.conf` de estos *routers*). Arranca `quagga` en todos los *routers* de AS20.
5. Consulta las tablas de encaminamiento utilizando la interfaz VTY con los procesos `ospfd` de cada *router* y mediante el comando `route`.
6. Comprueba utilizando `ping` que todos los pcs y *routers* tienen conectividad dentro de AS20.
7. Modifica la configuración de `quagga` en `as20-r1` para que utilice además de OSPF el protocolo BGP. Define como vecino suyo a `as10-r1`. Utiliza la redistribución de las subredes directamente conectadas (`redistribute connected`). No uses aún la redistribución de rutas entre OSPF y BGP. Reinicia `quagga` en `as20-r1`.

8. ¿Debería haber aprendido alguna ruta `as20-r1` por BGP? Compruébalo consultando la tabla de encaminamiento mediante el mandato `route` y conectándote a la interfaz VTY del proceso `bgpd`.
9. ¿Deberían haber aprendido alguna ruta `as20-r2` y `as20-r3`?

## 1.2. Configuración del `pc` y *router* de AS10

1. Arranca `as10-pc1` y `as10-r1`. La máquina `as10-pc1` tiene configurada una dirección IP y una ruta por defecto al *router* al que está directamente conectado. El *router* `as10-r1` tiene configuradas direcciones IP, una en cada interfaz, pero no tiene configurada ninguna ruta adicional a las de las subredes a las que está directamente conectado.
2. Configura `quagga` en `as10-r1` para que utilice el protocolo BGP. Define como vecinos suyos a `as20-r1` y a `as30-r1`.
3. Captura el tráfico con `tcpdump` en `as20-r1(eth0)`, con la opción `-s` para capturar paquetes enteros y `-w` para guardar la captura en un fichero.
4. Arranca `quagga` en `as10-r1`. Espera un minuto e interrumpe la captura.
5. Analiza la captura realizada:

- Observa que el tráfico de BGP va dentro de una conexión TCP.
- Localiza los mensajes `OPEN` que intercambian los *routers* vecinos. Observa en ambos mensajes `OPEN` los siguientes campos:
  - My AS
  - Identificador del *router* BGP
  - Hold time
  - En los parámetros opcionales, el campo `Capability` que contiene la información del número de sistema autónomo usando 4 bytes (32 bits).
- Localiza los mensajes `KEEPALIVE` que intercambian los *routers*. Además de la cabecera obligatoria de BGP (`Marker`, `Length` y `Type`) ¿qué otra información viaja en este tipo de mensajes?
- Localiza los mensajes `UPDATE` que intercambian los *routers*. Observa en ambos mensajes `UPDATE` los siguientes campos:
  - Rutas eliminadas
  - Rutas anunciadas
  - Atributos, en particular el valor de `NEXT_HOP` y `AS_PATH`.
  - El atributo `ORIGIN` tiene como valor `INCOMPLETE` porque esas subredes se anuncian debido a la redistribución de subredes y no a través de líneas `network`. Elimina en el fichero `bgpd.conf` de `as10-r1` la línea:

```
redistribute connected
```

y añade las siguientes líneas:

```
network 11.1.0.0/16
network 20.1.0.0/16
network 20.2.0.0/16
```

Interrumpe `quagga` en `as10-r1`, inicia una captura de tráfico en `as20-r1(eth0)` y arranca `quagga` en `as10-r1` de nuevo. Pasado 2 minutos aproximadamente, fíjate en el valor del atributo `ORIGIN` en el mensaje `UPDATE` que genera `as10-r1` para dichas subredes. Puedes observar como el valor de este atributo (`i=IGP`, `e=EGP`, `?=incomplete`) también se observa en la tabla BGP, en la columna `Path`, junto al ASN que originó el anuncio.

6. Consulta la tabla de encaminamiento utilizando la interfaz VTY con el proceso `bgpd` y con el comando `route` en los *routers* `as10-r1` y `as20-r1`. Observa las diferencias.
7. Prueba a hacer un `ping` desde `as10-pc1` hacia `as20-pc2` y comprueba que no funciona. ¿Por qué? (Explica la tabla de encaminamiento que tiene `as10-r1`).
8. Modifica la configuración del fichero `bgpd.conf` de `as20-r1` para que se redistribuyan las rutas aprendidas por OSPF de AS20 a otros ASs utilizando BGP. Reinicia `quagga` en `as20-r1`. Comprueba que ahora `as10-r1` tiene rutas a todas las redes de AS20. En la tabla BGP de `as10-r1` fíjate en el atributo `ORIGIN` para las subredes de AS20.
9. Prueba a hacer un `ping` desde `as10-pc1` hacia `as20-pc2` y comprueba que todavía no funciona. ¿Por qué? (Explica la tabla de encaminamiento que tiene `as20-r2`).
10. Modifica la configuración del fichero `ospfd.conf` de `as20-r1` para que se redistribuyan las rutas aprendidas por BGP a los *routers* de AS20 mediante OSPF. Reinicia `quagga` en `as20-r1`. Comprueba que `as20-r2` tiene ruta a la red de AS10.
11. Comprueba que ahora sí funciona el `ping` entre `as10-pc1` y `as20-pc2`.

### 1.3. Configuración de los pcs y *routers* de AS30

1. Arranca todas las máquinas de AS30 de una en una. Los *routers* tienen configurada una dirección IP por cada una de sus interfaces. Los pcs tienen configurada una dirección IP y una ruta por defecto al *router* al que están directamente conectados.
2. Los *routers* de AS30 (`as30-r1`, `as30-r2` y `as30-r3`) tienen configurado el protocolo OSPF para que intercambien información de encaminamiento dentro de AS30 (consulta los ficheros `daemons` y `ospfd.conf` de estos *routers*). Arranca `quagga` en todos los *routers* de AS30.
3. Consulta las tablas de encaminamiento utilizando la interfaz VTY con los procesos `ospfd` de cada *router* y mediante el comando `route`.
4. Comprueba utilizando `ping` que todos los pcs y *routers* tienen conectividad dentro de AS30.
5. Modifica la configuración de `quagga` en `as30-r1` para que utilice además el protocolo BGP. Define como vecino suyo a `as10-r1`. No uses aún la redistribución de rutas entre OSPF y BGP.
6. Captura el tráfico con `tcpdump` en `as10-r1(eth2)`, con la opción `-s` para capturar paquetes enteros y `-w` para guardar la captura en un fichero.
7. Reinicia `quagga` en `as30-r1`. Espera un minuto e interrumpe la captura.
8. Analiza la captura realizada:
  - Observa que el tráfico de BGP va dentro de una conexión TCP.

- Localiza los mensajes **OPEN** que intercambian los *routers* vecinos. Observa en ambos mensajes **OPEN** los siguientes campos:
    - **My AS**
    - Identificador del *router* BGP
    - **Hold time**
    - En los parámetros opcionales, el campo **Capability** que contiene la información del número de sistema autónomo usando 4 bytes (32 bits).
  - Localiza los mensajes **KEEPALIVE** que intercambian los *routers*. Comprueba que son similares a los que ya observaste en el apartado anterior
  - Trata de suponer qué rutas le anunciará **as10-r1** a **as30-r1** en sus mensajes **UPDATE**. ¿Qué **AS\_PATH** crees que traerán esas rutas? Como los atributos de un mensaje **UPDATE** son comunes a todas las rutas anunciadas, ¿podrá anunciar **as10-r1** todas las subredes que conoce en un solo mensaje **UPDATE**?
  - Trata de suponer qué rutas le anunciará **as30-r1** a **as10-r1** en sus mensajes **UPDATE**.
  - Localiza en la captura los mensajes **UPDATE** que intercambian los *routers* y confirma si tus suposiciones son ciertas. Observa el valor de los atributos **NEXT\_HOP** y **AS\_PATH**.
9. ¿Debería haber aprendido alguna ruta **as30-r1**? Compruébalo consultando la tabla de encaminamiento mediante el mandato **route**.
  10. El resto de *routers* de AS30 ¿deberían haber aprendido alguna otra ruta? Compruébalo.
  11. Prueba a hacer un **ping** desde **as10-pc1** hacia **as30-pc3** y comprueba que no funciona. ¿Por qué? (Explica la tabla de encaminamiento de **as10-r1**).
  12. Modifica la configuración del fichero **bgpd.conf** de **as30-r1** para que se redistribuyan las rutas aprendidas por OSPF de AS30 a otros ASs utilizando BGP. Reinicia **quagga** en **as30-r1**. Comprueba que ahora **as10-r1** tiene rutas a todas las redes de AS30. En la tabla BGP de **as10-r1** fíjate en el atributo **ORIGIN** para las subredes de AS30.
  13. Prueba a hacer un **ping** desde **as10-pc1** hacia **as30-pc3** y comprueba que todavía no funciona. ¿Por qué? (Explica la tabla de encaminamiento de **as30-r3**).
  14. Modifica la configuración del fichero **ospfd.conf** de **as30-r1** para que se redistribuyan las rutas aprendidas por BGP a los *routers* de AS30 mediante OSPF. Reinicia **quagga** en **as30-r1**. Comprueba que ahora **as30-r3** tiene ruta a la red de AS10.
  15. Comprueba que ahora sí funciona el **ping** entre **as10-pc1** y **as30-pc3**.
  16. Comprueba que hay conectividad entre todos los pcs de la figura.

## 2. Agregación de rutas

La configuración de BGP realizada en el apartado anterior provoca que las subredes del sistema autónomo AS20 se almacenen de forma independiente, ocupando cada una de ellas una entrada diferente en las tablas de encaminamiento de los *routers* de AS10 y AS30. De forma equivalente, cada una de las subredes de AS30 ocupan entradas diferentes en las tablas de encaminamiento de los *routers* de AS10 y AS20.

Utilizando CIDR pueden agruparse estas entradas para que los anuncios por BGP que emiten AS20 y AS30 optimicen el número de entradas en las tablas de encaminamiento en los *routers* externos a dichos sistemas autónomos.

1. Interrumpe la ejecución de `quagga` en `as20-r1` y `as30-r1`.
2. Configura BGP en AS20 para que se optimice el número de entradas en las tablas de encaminamiento de los *routers* de AS10 y AS30. Ten en cuenta que al realizar la agregación de rutas, dicha agregación sólo puede referirse a subredes que pertenezcan a AS20.
3. Configura BGP en AS30 para que se optimice el número de entradas en las tablas de encaminamiento de los *routers* de AS10 y AS20. Ten en cuenta que al realizar la agregación de rutas, dicha agregación sólo puede referirse a subredes que pertenezcan a AS30.
4. Captura el tráfico con `tcpdump` en `as10-r1(eth2)`, con la opción `-s` para capturar paquetes enteros y `-w` para guardar la captura en un fichero.
5. Inicia `quagga` en `as20-r1` y `as30-r1`.
6. Analiza la captura realizada:
  - Trata de suponer cómo serán los nuevos mensajes `UPDATE` que intercambien los *routers* anunciando las redes de AS20 y AS30. Localízalos en la captura y confirma si tus suposiciones son ciertas.
  - Fíjate en el atributo `ORIGIN` para estas subredes en los mensajes `UPDATE` y en la tabla BGP de `as10-r1`, su valor es diferente después de realizar la agregación.
7. Consulta las tablas de encaminamiento de los *routers* de AS20 y AS30 mediante el comando `route`, para ver cómo se han agregado las rutas hacia el sistema autónomo externo.
8. Consulta la tabla BGP en `as20-r1`, observarás como las subredes de AS20 con el prefijo agregado aparecen como ruta preferida y serán las que se anuncian a otros vecinos BGP. Además, las subredes que se anunciaban previamente de forma independiente y ahora se anuncian dentro del prefijo agregado también aparecen pero marcadas con una `s` que indica que se suprimen. Consulta esta misma información en la tabla BGP de `as30-r1` para las subredes de AS30 que agrega este router.

### 3. Modificación del escenario: Políticas de exportación de rutas

AS20 y AS30 se dan cuenta de que intercambian mucho tráfico entre ellos y deciden conectar directamente `as20-r1` y `as30-r1` definiendo una relación entre iguales entre los mismos.

1. Interrumpe *quagga* en `as20-r1` y `as30-r1`.
2. Interrumpe la ejecución de los *routers* `as20-r1` y `as30-r1`, apagando cada uno de ellos desde la interfaz gráfica de NetGUI. Dibuja un enlace directo entre ambos *routers* y arráncalos de nuevo, uno después de otro.
3. Asigna la dirección 20.3.0.20 a la nueva interfaz de `as20-r1` y la dirección 20.3.0.30 a la nueva interfaz de `as30-r1`, ambas direcciones de la red 20.3.0.0/16.
4. No apliques por ahora ninguna política de exportación de rutas. Modifica la configuración de BGP de `as20-r1` y `as30-r1` para añadir en cada uno al otro como nuevo vecino. Por defecto si no se configuran políticas de exportación, se anuncian todas las rutas seleccionadas como preferidas.
5. Arranca *quagga* en `as20-r1` y `as30-r1`.
6. Comprueba mediante `route` en `as20-r1` la ruta hacia las redes de AS30, y en `as30-r1` la ruta hacia las redes de AS20. Utilizando la interfaz VTY en ambos *routers* observa cómo cada uno tiene dos rutas alternativas para el sistema autónomo vecino, y ha elegido una de ellas. ¿Cuál? ¿Por qué? Ten en cuenta que `LOCAL_PREF` no se ha modificado y por tanto valdrá para todas las interfaces su valor por defecto, 100.
7. Observa la tabla BGP de `as20-r1` e indica cuántas rutas alternativas existen para las subredes 20.1.0.0/16, 20.2.0.0/16 y 20.3.0.0/16. Indica cómo `as20-r1` ha aprendido estas rutas alternativas y cuál se ha seleccionado como preferida.
8. ¿Qué ruta crees que seguirán los paquetes intercambiados entre `as20-pc3` y `as30-pc2`? Compruébalo.
9. ¿Qué ruta crees que seguirán los paquetes enviados desde `as30-pc3` con destino `as10-pc1`? Compruébalo utilizando `traceroute`. Utilizando la interfaz VTY en `as30-r1` comprueba cómo tiene dos rutas alternativas para la red 11.1.0.0/16. Observa cuál es la elegida y por qué.
10. Apaga la interfaz `eth0` de `as30-r1` con `ifconfig eth0 down`. Espera unos 3 minutos. ¿Qué habrá pasado ahora con la ruta que seguirán los paquetes enviados desde `as30-pc3` con destino `as10-pc1`? Compruébalo utilizando `traceroute`. Utilizando la interfaz VTY en `as30-r1` comprueba que ahora sólo tiene una ruta para la red 11.1.0.0/16. Dada las relaciones entre AS10, AS20 y AS30 indica si esta situación perjudica a alguno de los AS y por qué.
11. Teniendo en cuenta las relaciones entre AS10, AS20 y AS30:
  - a) ¿Qué rutas debería exportar AS20 a AS30, y qué rutas no debería exportarle?
  - b) ¿Qué rutas debería exportar AS30 a AS20, y qué rutas no debería exportarle?
12. Teniendo en cuenta las rutas que deben exportarse y las que no, vuelve a configurar BGP en `as20-r1` y `as30-r1` para que se anuncien y se exporten sólo las rutas que a cada AS le interesa.

13. Vuelve a levantar la interfaz `eth0` de `as30-r1` con `ifconfig eth0 up`. Reinicia `quagga` en los 3 *routers* BGP: `as10-r1`, `as20-r1` y `as30-r1`.
14. Comprueba ahora las tablas de encaminamiento en `as20-r1` y `as30-r1`, tanto con `route` como con la interfaz VTY.
15. ¿Qué ruta crees que seguirán ahora los paquetes intercambiados entre `as20-pc3` y `as30-pc2`? Compruébalo.
16. ¿Qué ruta crees que seguirán ahora los paquetes enviados desde `as30-pc3` con destino `as10-pc1`? Compruébalo utilizando `traceroute`. Utilizando la interfaz VTY en `as30-r1` comprueba qué rutas tiene disponibles hacia la red `11.1.0.0/16`.
17. Apaga la interfaz `eth0` de `as30-r1` con `ifconfig eth0 down`. ¿Qué habrá pasado ahora con la ruta que seguirán los paquetes enviados desde `as30-pc3` con destino `as10-pc1`? Compruébalo utilizando `traceroute`. Utilizando la interfaz VTY en `as30-r1` comprueba qué rutas hay ahora para la red `11.1.0.0/16`.

## 4. Políticas de exportación y orden de preferencia en la selección de rutas

En el fichero `lab-BGP2.tgz` se encuentran los ficheros de configuración para crear un escenario de red como el que se muestra en la figura 2. En esta figura hay 6 AS (Sistemas Autónomos): AS10, AS20, AS30, AS40, AS50 y AS60. Se ha configurado OSPF dentro de AS20, OSPF dentro de AS30 y BGP en todos ellos para intercambiar la información de encaminamiento. Se desea que:

- AS30 y AS10 tengan una relación de tránsito, donde AS30 sea el proveedor y AS10 el cliente.
- AS30 y AS40 tengan una relación de tránsito, donde AS30 sea el proveedor y AS40 el cliente.
- AS40 y AS50 tengan una relación de tránsito, donde AS40 sea el proveedor y AS50 el cliente.
- AS40 y AS60 tengan una relación de tránsito, donde AS40 sea el proveedor y AS60 el cliente.
- AS10 y AS20 tengan una relación de tránsito, donde AS10 sea el proveedor y AS20 el cliente.
- AS20 y AS60 tengan una relación de tránsito, donde AS20 sea el proveedor y AS60 el cliente.
- AS10 y AS40 tengan una relación entre iguales.
- AS20 y AS50 tengan una relación entre iguales.

Arranca todas las máquinas de una en una. Por defecto, al arrancar las máquinas se arranca `quagga`. En el escenario se ha configurado OSPF y BGP. Sin embargo, no se han configurado las políticas de exportación ni el atributo LOCAL PREF de BGP.

1. Piensa en qué *routers* debería existir una lista de exportación de rutas e indica qué rutas deberían estar en dicha lista y a qué *router/s* se le exportaría. Interrumpe `quagga` en los *routers* en los que necesites cambiar la configuración y realiza dicha configuración. Inicia nuevamente `quagga` en dichos *routers*.

2. Comprueba en tu nueva configuración las siguientes reglas consultando cada una de las tablas BGP de los routers de la figura:
  - Un AS no anuncia a su proveedor las subredes aprendidas de otro AS proveedor o de un AS con relación entre iguales.
  - Un AS no anuncia a un AS con relación entre iguales las subredes aprendidas de un AS proveedor o de otro AS con relación entre iguales.
3. Fíjate en la tabla BGP de **as50-r1**. ¿Cuántas rutas hay en la tabla BGP para alcanzar AS60?
4. Interrumpe **quagga** en **as20-r1**. Fíjate en la tabla BGP de **as50-r1**. ¿Cuántas rutas hay en la tabla BGP para alcanzar AS60?
5. ¿Cuál es la ruta que aparece en la tabla de encaminamiento de **as50-r1** para alcanzar AS60?
6. Inicia **quagga** en **as20-r1**. Espera 2 minutos aproximadamente para que **as50-r1** y **as20-r1** hayan intercambiado la información de encaminamiento BGP. ¿Cuántas rutas hay en la tabla BGP para alcanzar AS60?
7. ¿Cuál es la ruta que aparece en la tabla de encaminamiento de **as50-r1** para alcanzar AS60?
8. ¿Es consistente esta ruta con las relaciones entre ASs definidas previamente?
9. Piensa en los atributos LOCAL\_PREF que configurarías en **as50-r1** y realiza dicha configuración en el escenario. Reinicia **quagga** en **as50-r1**.
10. Interrumpe **quagga** nuevamente en **as20-r1**. Fíjate en la tabla BGP de **as50-r1**. ¿Cuántas rutas hay en la tabla BGP para alcanzar AS60?
11. Inicia **quagga** en **as20-r1**. Espera 2 minutos aproximadamente para que **as50-r1** y **as20-r1** hayan intercambiado la información de encaminamiento BGP. ¿Cuántas rutas hay en la tabla BGP para alcanzar AS60?
12. ¿Cuál es la ruta que aparece en la tabla de encaminamiento de **as50-r1** para alcanzar AS60? Ahora debería ser consistente con las relaciones entre ASs definidas previamente.
13. Modifica la configuración de **as10-r1** para definir el parámetro **LOCAL\_PREF** acorde a las relaciones que tiene con sus ASs vecinos.
14. Comprueba que después de realizar la configuración, **as10-r1** tiene como ruta preferida para alcanzar las subredes internas de AS60 a través de **as20-r1** (sin la configuración de **LOCAL\_PREF**, en este caso la selección de ruta dependería del orden de arranque de los routers).

## 5. Rutas eliminadas

Con todas las máquinas arrancadas, después de realizar la configuración del apartado anterior, piensa qué anuncios BGP con las subredes internas de AS60 se enviarían si apagaras **as60-r1** y responde a las siguientes preguntas:

1. ¿A qué otros routers enviaría **as20-r1** un mensaje BGP con rutas eliminadas? ¿Por qué? Compruébalo realizando capturas de tráfico.
2. ¿A qué otros routers enviaría **as40-r1** un mensaje BGP con rutas eliminadas? ¿Por qué? Compruébalo realizando capturas de tráfico.



3. ¿A qué otros routers enviaría **as10-r1** un mensaje BGP con rutas eliminadas? ¿Por qué? Compruébalo realizando capturas de tráfico.
4. ¿A qué otros routers enviaría **as50-r1** un mensaje BGP con rutas eliminadas? ¿Por qué? Compruébalo realizando capturas de tráfico.

## 6. Ruta por defecto

1. Cambia la configuración de **as40-r1** de forma que AS40 anuncie a AS50 una ruta por defecto. No elimines aún los anuncios de las subredes individuales.
2. Reinicia **quagga** en **as40-r1** y observa la tabla de encaminamiento y la tabla BGP de **as50-r1**. Comprueba que en ambas tablas hay una ruta por defecto, pero siguen estando las rutas individuales. Las rutas a las subredes individuales, al ser más específicas serán las utilizadas, sin llegar a usarse nunca la ruta por defecto.
3. Cambia la configuración en **as40-r1** para evitar que siga anunciando a AS50 las subredes individuales.
4. Reinicia **quagga** en **as40-r1** y comprueba que la tabla de encaminamiento y la tabla BGP de **as50-r1** ahora sólo tienen la ruta por defecto.

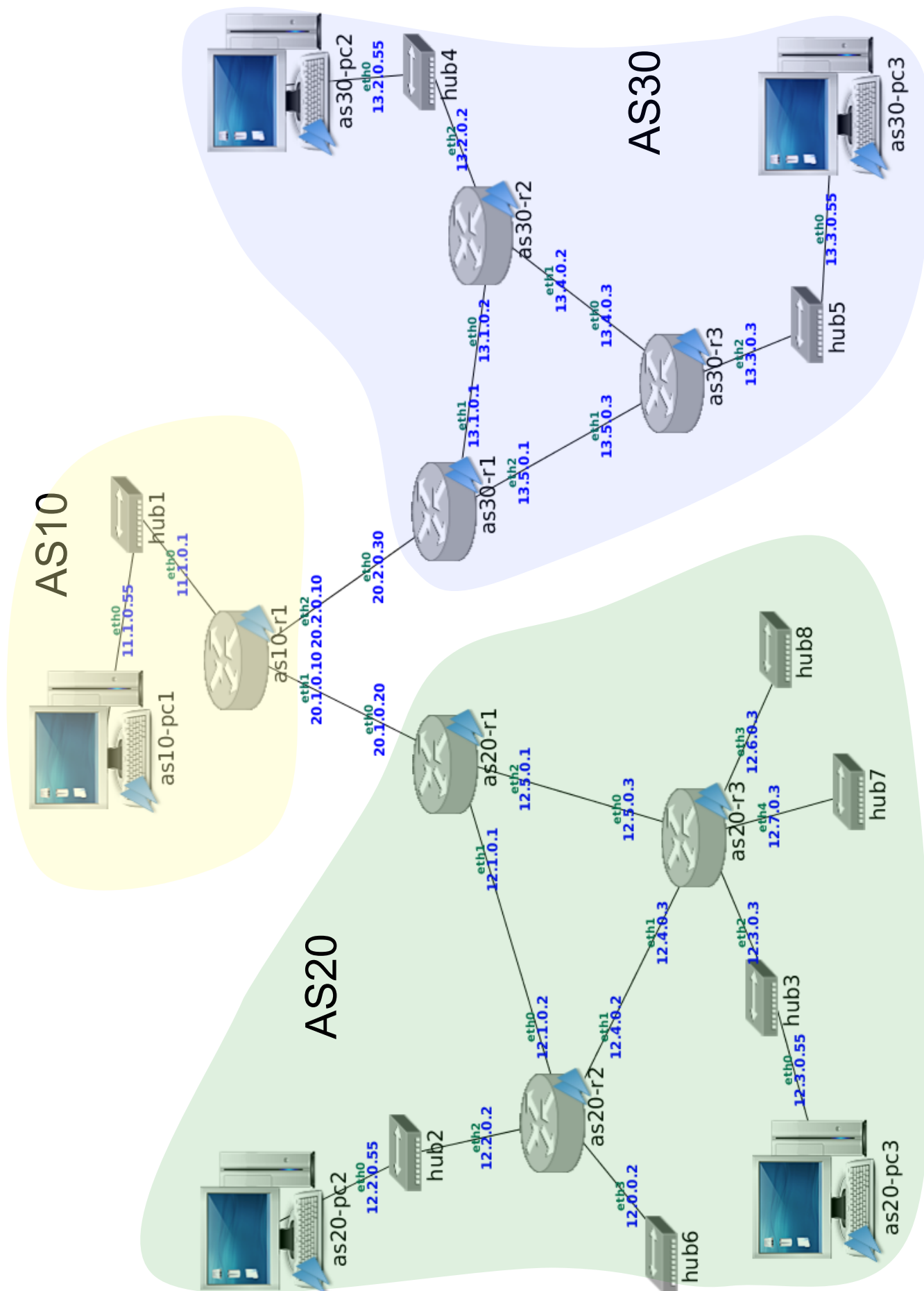


Figura 1: Escenario de red para los ejercicios de BGP

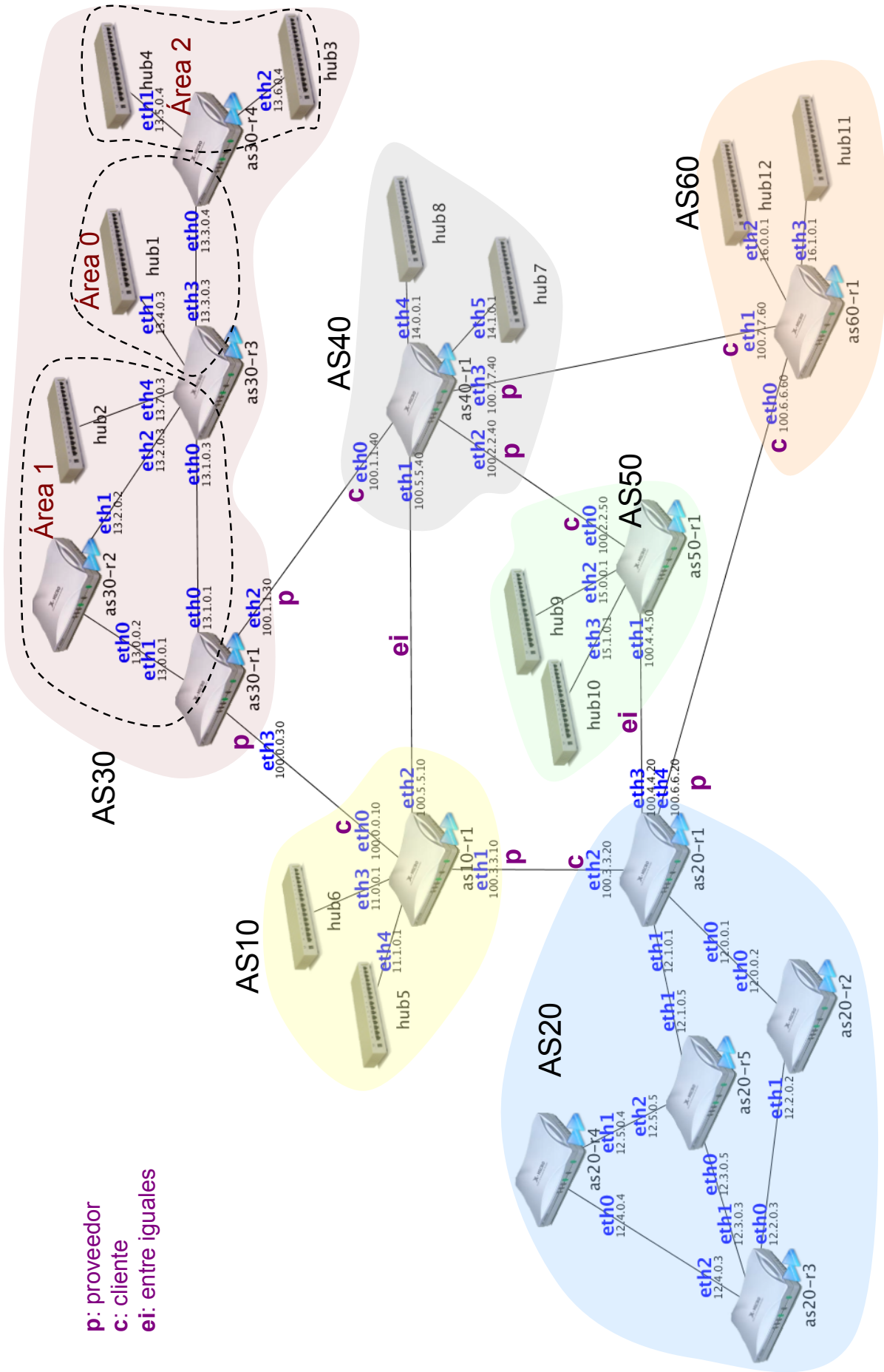


Figura 2: Escenario para listas de exportación y local pref en BGP