

Redes de Computadoras
Examen – 25 de febrero 2016
(ref: serc20160225.odt)

Instrucciones

- Indique su nombre completo y número de cédula en cada hoja.
- Numere todas las hojas e indique la cantidad total de hojas que entrega en la primera.
- Escriba las hojas de un solo lado y utilice una caligrafía claramente legible.
- Comience cada pregunta teórica y cada ejercicio en una hoja nueva.
- Sólo se responderán dudas de letra. No se responderán dudas de ningún tipo los últimos 30 minutos del examen.
- El examen es individual y sin material. Apague su teléfono celular mientras esté en el salón del examen.
- Es obligatorio responder correctamente al menos 15 puntos en las preguntas teóricas y 20 de los problemas prácticos. Los puntos ganados en el curso se suman a los puntos de teórico.
- El puntaje mínimo de aprobación es de 60 puntos.
- Para todos los ejercicios, si es necesario, puede suponer que dispone de los tipos de datos básicos (p.ej. lista, cola, archivo, string, etc.) y sus funciones asociadas (ej: tail(lista), crear(archivo), concatenar(string, string)).
- Justifique todas sus respuestas.
- Duración: 3 horas. Culminadas las 3 horas el alumno no podrá modificar las hojas a entregar de ninguna forma.

Preguntas Teóricas

Pregunta 1 (8 puntos)

- a) ¿Con que notación se representan las direcciones de capa 2 (MAC) y las de la capa 3 (IP)?
- b) ¿Qué instituciones asignan los valores de las direcciones en ambos casos.?
- c) ¿Porqué se dice que las direcciones de capa 3 son jerárquicas?

Solución

a) Las direcciones MAC son de tamaño 48 bits, y se representan en una secuencia de 6 pares de números hexadecimales separados por dos puntos (:). Un ejemplo es 1A:2F:BB:76:09:AD

Las IP son en caso de IPv4 32 bits y se representan con cuatro cifras entre 0 y 255 (representación de un byte), separados por punto (.). Un ejemplo es 200.36.12.25

Por último IPv6 son direcciones con tamaño de 128 bits. Se representan en hexadecimal, agrupado de a 4 dígitos y separados por :. Un ejemplo es 2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

b) La asignación de direcciones MAC es administrada por IEEE. Por lo tanto, los fabricantes compran porciones del espacio de direcciones MAC (asegurando su unicidad). La dirección se compone de dos elementos, OUI (Organizationally Unique Identifier), que son los tres primeros octetos (company_id) y los restantes 3 octetos administrados por la compañía.

Las direcciones IP para dispositivos conectados a Internet tiene la exigencia que ésta dirección IP debe ser única para toda la Red.

Las direcciones son entregadas por bloques a los IPS que distribuyen entre sus clientes. Los bloques son administrados por ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, que tiene entre otras exigencias reparto de direcciones, manejo del DNS y asignación de nombres de dominios. Además se encarga de resolver disputas.

Asimismo hay organismos que se encargan de gestionar dichas asignaciones regionalmente. Estas organizaciones son Arin, Ripe, Apnic, Lacnic y Afrinic.

c) Las direcciones de capa 3 se denominan jerárquicas, por tener en la dirección una componente que representa la subred a la que pertenece y otra que identifica el host dentro de la subred. Los primeros bits indican la subred y los últimos indican el elemento en la subred.

El direccionamiento jerárquico permite ser más eficiente en la publicación de la información de ruteo, dado que permite agregar las redes y publicar menos información.

Pregunta 2 (6 puntos)

¿Indique las características del grafo generado por el protocolo de Spanning Tree (STP) explicado en el curso y que función cumple?

Solución

Considerando el grafo de la red física, Protocolo Spanning-Tree (STP) construirá un grafo sin loops, por lo que en cada instante existirá un solo camino activo entre dos nodos, permitiendo que existan loops físicos pero no lógicos.

De ésta forma se logra que entre dos nodos exista solamente un camino habilitado.

Para ésto se define un árbol a través del cual se alcanza a todos los nodos, y el árbol se “poda” de tal forma que algunos puertos quedan bloqueados a la espera de algún cambio topológico y los restantes puertos están en estado forwarding.

Pregunta 3 (8 puntos)

a) Calcule el tiempo para distribuir un archivo de tamaño L Bytes a N peers en una red cliente-servidor, asumiendo que el servidor tiene un ancho de banda de subida u_s , y el cliente i tiene ancho de banda de subida u_i y bajada d_i .
b) Repita lo anterior para una red P2P.

Solución

Sean:

u_s : ancho de banda de subida del servidor

u_i : ancho de banda de subida del cliente i

d_i : ancho de banda de bajada del cliente i

a) El servidor transmite N copias de L bytes, lo que tarda NL/u_s segundos. Cada cliente tarda L/d_i segundos en descargar. Por lo tanto, el tiempo de realizar las N transmisiones es:

$$\max\{NL/u_s, L/\min(d_i)\}$$

b) El servidor transmite al menos una copia completa, en L/u_s segundos. El cliente i tarda L/d_i segundos en descargar. En total, se deben descargar NL bytes, siendo la subida más rápida $u_s + \sum u_i$. Por lo tanto, el tiempo total es:

$$\max\{L/u_s, L/\min(d_i), NL/(u_s + \sum u_i)\}$$

Pregunta 4 (8 puntos)

Describe el proceso de envío y recepción del correo electrónico, mencionando los protocolos que participan y dando sus características principales.

Solución

Los actores en un intercambio de correos son i) los mail user agents (MUA) y ii) mail servers. El usuario redacta el correo en su user agent, por ejemplo Eudora o Pine. Al seleccionar “Enviar”, el mensaje es entregado usando SMTP al servidor de correo configurado. Este servidor localizará al servidor destinatario del mensaje mediante consultas DNS (buscando el registro MX adecuado), y le entrega el mensaje usando SMTP. Este paso puede repetirse varias veces hasta llegar al servidor donde el usuario destino está registrado. El MUA destino accede a su servidor configurado y descarga de allí los mensajes que le son dirigidos. Esto se hace con un protocolo como POP3, IMAP o HTTP.

SMTP es un protocolo de capa de aplicación que usa TCP y que tiene asignado el puerto 25. Es un protocolo de texto que consisten en comandos originados en el emisor y dirigidos al receptor. Para transmitir datos binarios se codifican como texto usando MIME.

POP3 es un protocolo simple para descargar mails de un servidor. Usa TCP en el puerto 110. Una sesión dura lo que tarda en autenticarse y descargar los mails pendientes, de haberlos. Los mensajes usualmente se eliminan del servidor luego de descargados (al cerrarse la sesión).

IMAP cumple el mismo rol que POP3, pero permite manipular los mails directamente en el servidor (marcar como leídos, gestionar carpetas, buscar, etc.). Está implementado sobre TCP en el puerto 143. La sesión puede permanecer abierta mientras el MUA esté conectado, y se usa para transferir datos, manipularlos en el servidor, y para notificar de la llegada de mensajes nuevos.

Pregunta 5 (10 puntos)

- a) Describa las diferencias entre Control de flujo y Control de congestión.
- b) Describa el mecanismo que usa TCP para el control de flujo.

Solución

- a) El control de flujo persigue que el emisor no transmita datos a una tasa de transmisión más alta de la que el receptor puede procesar. El control de congestión, en cambio, se encarga de que el transmisor no lo haga a un tasa más alta que lo que los enrutadores intermedios puedan procesar.
- b) El lado receptor mantiene el parametro RcvWindow. Este parámetro es el espacio disponible en el buffer de recepción, y se calcula como $RcvBuffer - (LastByteRcvd - LastByteRead)$, o sea el tamaño del buffer de recepción menos el número de bytes recibidos aun no entregados a la capa de aplicación. Este dato es transmitido en el cabezal TCP, y al llegar al transmisor (por ejemplo en un mensaje ACK) este lo usará para regular el número de bytes sin ACK transmitidos. De esta forma se asegura que el receptor tiene suficientes recursos para procesar los datos pendientes.

Problemas Prácticos

Problema 1 (30 puntos)

En el protocolo "Selective Repeat" (SR) genérico que hemos estudiado en el curso, el emisor transmite un mensaje tan pronto como está disponible (si se encuentra dentro de la ventana) sin esperar a recibir un paquete de reconocimiento. Suponga ahora que deseamos disponer de un protocolo SR que envíe mensajes de dos en dos. Es decir, el emisor enviará una pareja de mensajes y enviará la siguiente pareja de mensajes solo cuando sepa que los dos mensajes de la primera pareja se han recibido correctamente.

Suponga que el canal puede perder mensajes pero no corromperlos ni tampoco reordenarlos.

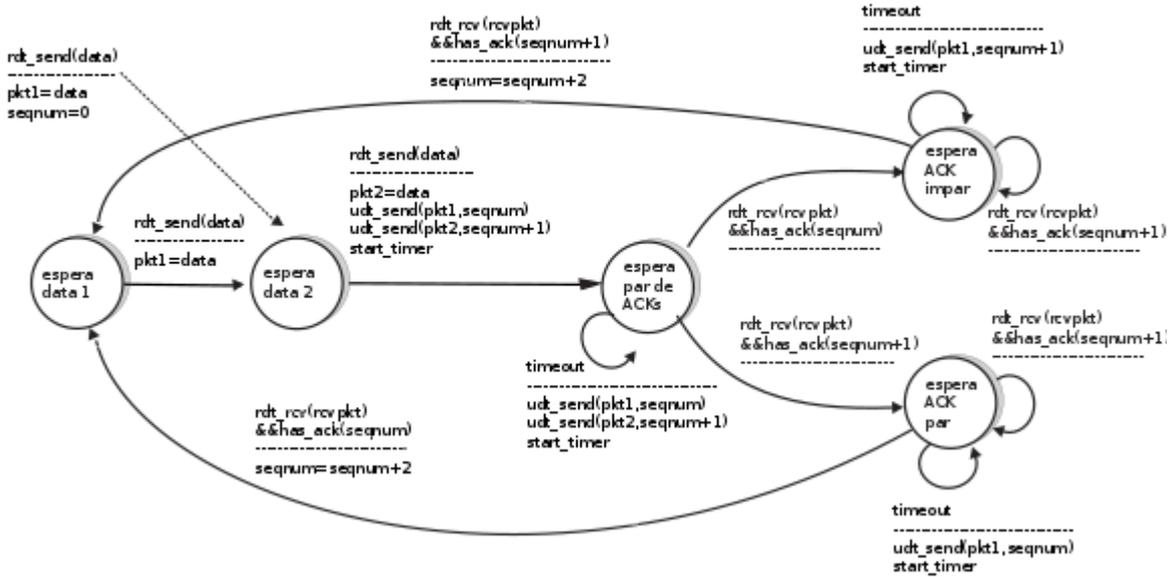
Diseñe un protocolo de control de errores para un servicio de transferencia de mensajes fiable y unidireccional. Proporcione una descripción de las máquinas de estados finitos del emisor y del receptor. Describa el formato de los paquetes intercambiados por el emisor y el receptor. Si utiliza alguna llamada a procedimiento distinta de las empleadas en el curso (por ejemplo, `udt_enviar()`, `iniciar_temporizador()`, `rdt_recibir()`, etc.), defina claramente las acciones que realizan.

Proporcione un ejemplo (una gráfica temporal del emisor y del receptor como las vistas en el curso) que muestre cómo este protocolo se recupera de la pérdida de un paquete.

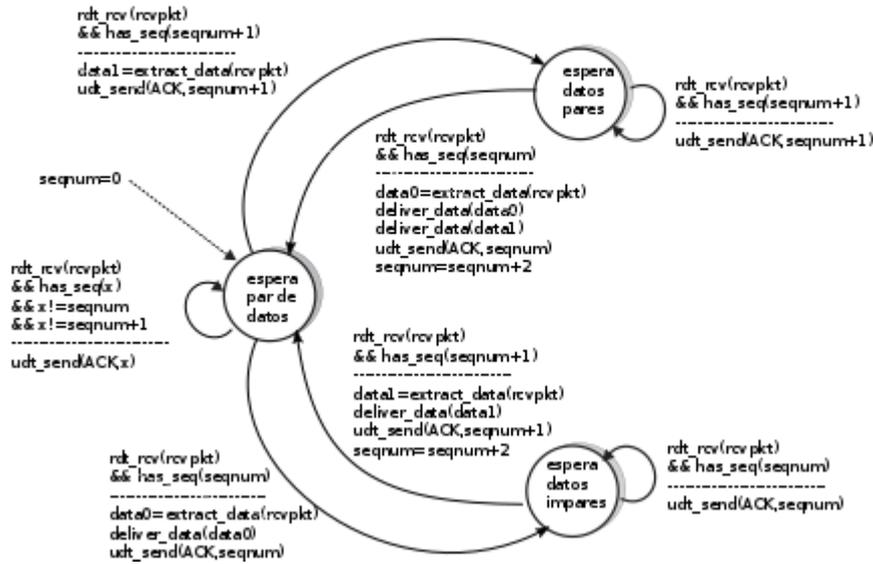
Solución

La siguiente solución interpreta que el emisor espera por los dos mensajes antes de enviarlos. La solución en la que el emisor envía el primer mensaje tan pronto como lo tiene también es válida.

Emisor

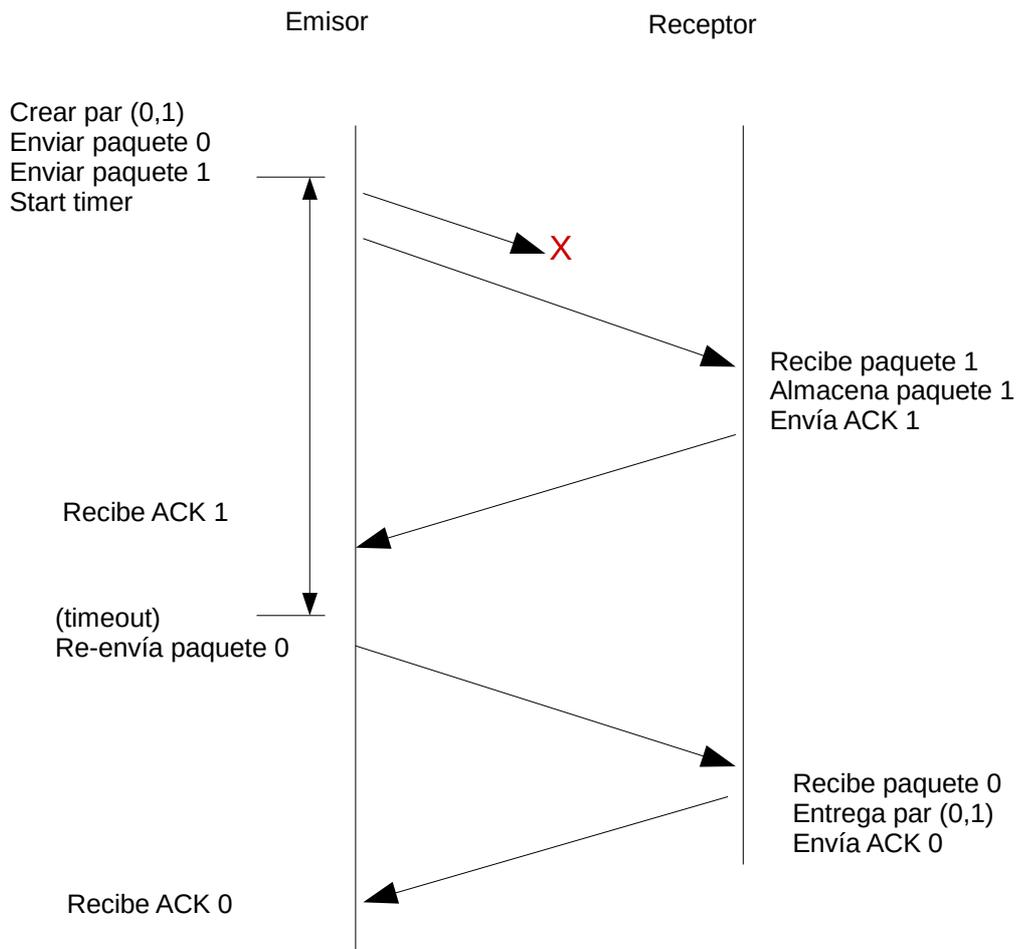


Receptor



seqnum es de dos bits y la suma circular.

Gráfica temporal



Problema 2 (30 puntos)

La empresa Fring incuba y aloja dos proyectos, A y B, repartidos en dos sitios físicos, *Sitio 1* y *Sitio 2*. Cada uno de los proyectos puede tener *hosts* en los dos sitios. Cada proyecto tiene áreas de **desarrollo**, **testing**, **laboratorio** y **producción** y a cada una de ellas se le asigna una subred.

Las subredes de cada proyecto sólo se pueden comunicar entre sí. Adicionalmente, las subredes de *producción* de los proyectos A y B también se deben poder comunicar entre sí. La empresa dispone de conmutadores (*switches*) de Capa 2 con soporte de VLANs y enlaces *trunk*.

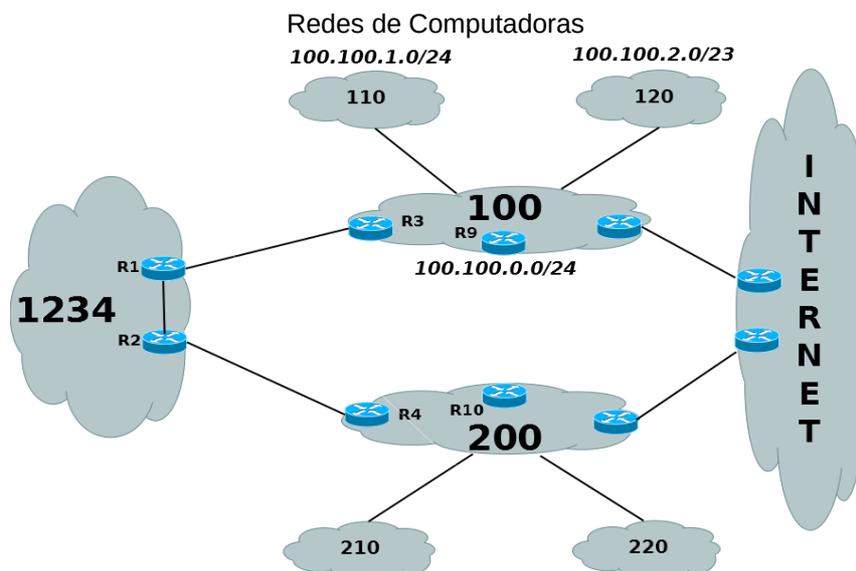
A partir de un análisis de la cantidad esperada de tramas a conmutar en cada subred, se ha concluido que las subredes de *desarrollo*, *testing* y *laboratorio* de un proyecto pueden compartir un *switch* mientras que las subredes de *producción* requieren de *switches* dedicados.

a) Realice un diagrama exclusivamente de la topología en capa de enlace (enlaces, conmutadores, VLAN, etc.) de la red que cumpla con los requerimientos mencionados, incluyendo toda la información de configuración que considere necesaria.

b) A los efectos de que los proyectos A y B tengan conectividad con Internet, Fring administra el Sistema Autónomo 1234 y los prefijos:

- 12.34.0.0/23 para el Proyecto A.
- 12.34.2.0/24 para el Proyecto B.
- 12.34.4.0/24 para la conectividad entre las redes de proyectos A y B.

La figura muestra la interconexión del AS 1234 con otros Sistemas Autónomos y el resto de Internet.



Los ASs 100 y 200 corresponden a ISPs.

Los ASs 1234, 110, 120, 210 y 220 corresponden a clientes de los ISPs.

En la figura se indican los prefijos IP administrados por cada AS.

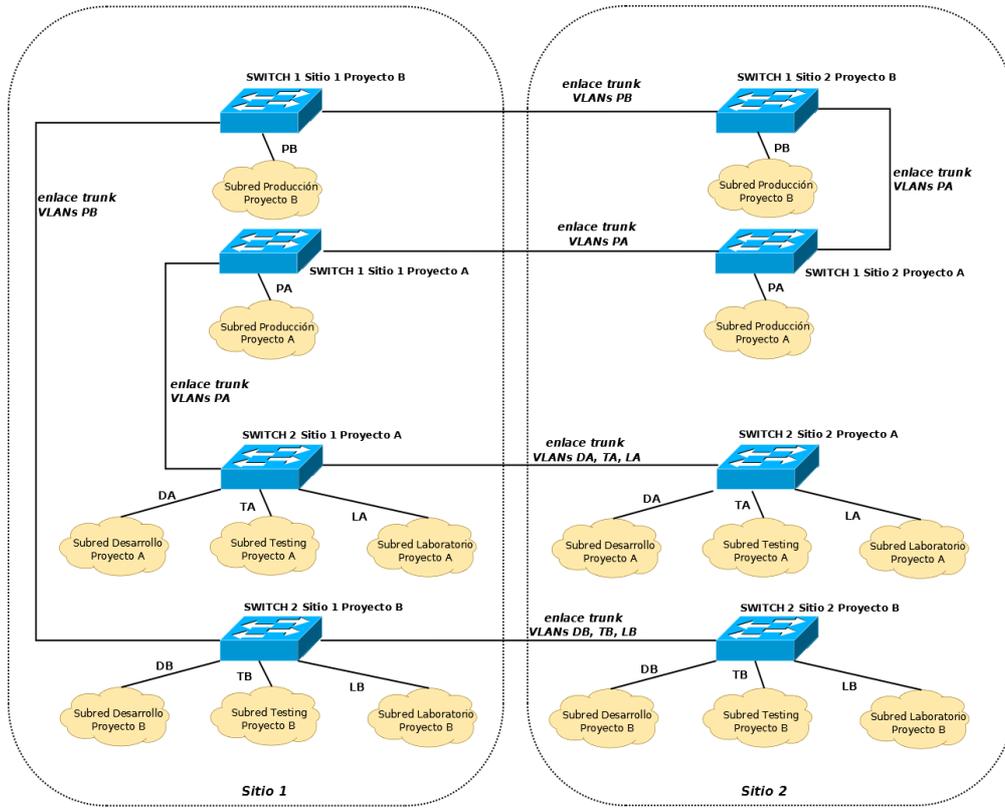
i) Suponga que el AS 1234 anuncia sus prefijos de la misma forma hacia los ASs 100 y 200 y que las políticas de BGP aplicadas son las recomendadas en el curso. Indique qué prefijos reciben publicados los *routers* R1 desde R3 y R4 desde R2, y con qué valores del atributo *AS-PATH*.

ii) Los administradores del AS 1234 pretenden que el tráfico originado en una computadora conectada a Internet destinado a las redes del proyecto A solamente llegue a través del enlace R3-R1. ¿Qué cambios en las políticas de publicación del AS 1234 son necesarios para lograrlo?

iii) Se establece un enlace y una sesión BGP entre los *routers* R9 y R10. ¿El tráfico proveniente de qué ASs debería ser cursado por dicho enlace?

Solución Problema 2

a)



Notación

Dx: Puertos de acceso configurados para la VLAN Dx asociada a la subred D del proyecto x, donde x es A o B
 Tx: Puertos de acceso configurados para la VLAN Tx asociada a la subred T del proyecto x, donde x es A o B
 Lx: Puertos de acceso configurados para la VLAN Lx asociada a la subred L del proyecto x, donde x es A o B
 Los enlaces trunk indican las tramas de qué VLANs transportan.

Nota

Como la letra solicita un diagrama exclusivamente de capa de enlace, no se incorporan al mismo los routers necesarios para la interconexión entre VLANs.

b)

i)

R1 desde R3 recibe publicados lo siguiente:

Prefijo	AS-PATH
0.0.0.0/0	100
100.100.0.0/24	100
100.100.1.0/24	110 100
100.100.2.0/23	120 100

R4 desde R2 recibe publicados lo siguiente:

Prefijo	AS-PATH
12.34.0.0/23	1234
12.34.2.0/24	1234
12.34.4.0/24	1234

ii) El router R4 debe dejar de recibir la publicación del prefijo del proyecto A. Por lo tanto, R4 debería pasar a recibir las siguientes publicaciones:

Prefijo	AS-PATH
12.34.2.0/24	1234
12.34.4.0/24	1234

R3 debe recibir publicado desde R1 lo siguiente:

Prefijo	AS-PATH
12.34.0.0/23	1234
12.34.2.0/24	1234
12.34.4.0/24	1234

Por lo tanto, no es necesario ningún cambio en las publicaciones a R3 desde R1 respecto a la parte i)

iii) Las políticas de BGP recomendadas indican que dicho enlace sólo debería ser utilizado para llevar tráfico originado en clientes conectados a uno de los ASs y dirigido a clientes conectados al otro AS. Una regla heurística de los ISPs comerciales indica que la red de un ISP solo debe ser utilizada para llevar tráfico que tenga su origen o su destino (o ambos) en clientes de dicho ISP.

Por lo tanto es recomendable que:

- el tráfico con origen (destino) en el AS 1234 no transite por dicho enlace
- el tráfico con origen (destino) Internet y destino (origen) algún AS 1xx no transite por dicho enlace
- el tráfico con origen (destino) Internet y destino (origen) algún AS 2xx no transite por dicho enlace

Por lo tanto, el tráfico que se debe permitir, en cada sentido, es:

- Desde el AS 100 al AS 200 (desde R9 hacia R10) sólo se debe permitir el tráfico de los ASs 100, 110 y 120.
- Desde el AS 200 al AS 100 (desde R10 hacia R9) sólo se debe permitir el tráfico de los ASs 200, 210 y 220.