



UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR
REDES DE COMPUTADORAS
EC5751
Práctica II

Objetivos:

Conocer los Routers y sus funcionalidades

Configurar el enrutamiento sencillo de una red, manejo de Rutas Estáticas y Dinámicas.

Verificar conectividad de un equipo en una red

Desarrollar las habilidades y destrezas fundamentales para identificar fallas en una red

Requerimientos:

- PC con al menos 4 GB de ram

- 5 GB de espacio libre en disco

- Sistema operativo: Linux, Mac OS X, Windows 7 o superior, o cualquiera que soporte las herramientas a utilizar.

- GNS3: <https://www.gns3.com/>

- Wireshark: <https://www.wireshark.org/#download>

- Manuales de programación de Routers Cisco. Se consiguen en la página de Cisco (www.cisco.com) aunque en la misma web hay miles de detalles y explicaciones sobre la programación de routers y swiches cisco.

Pasos previos:

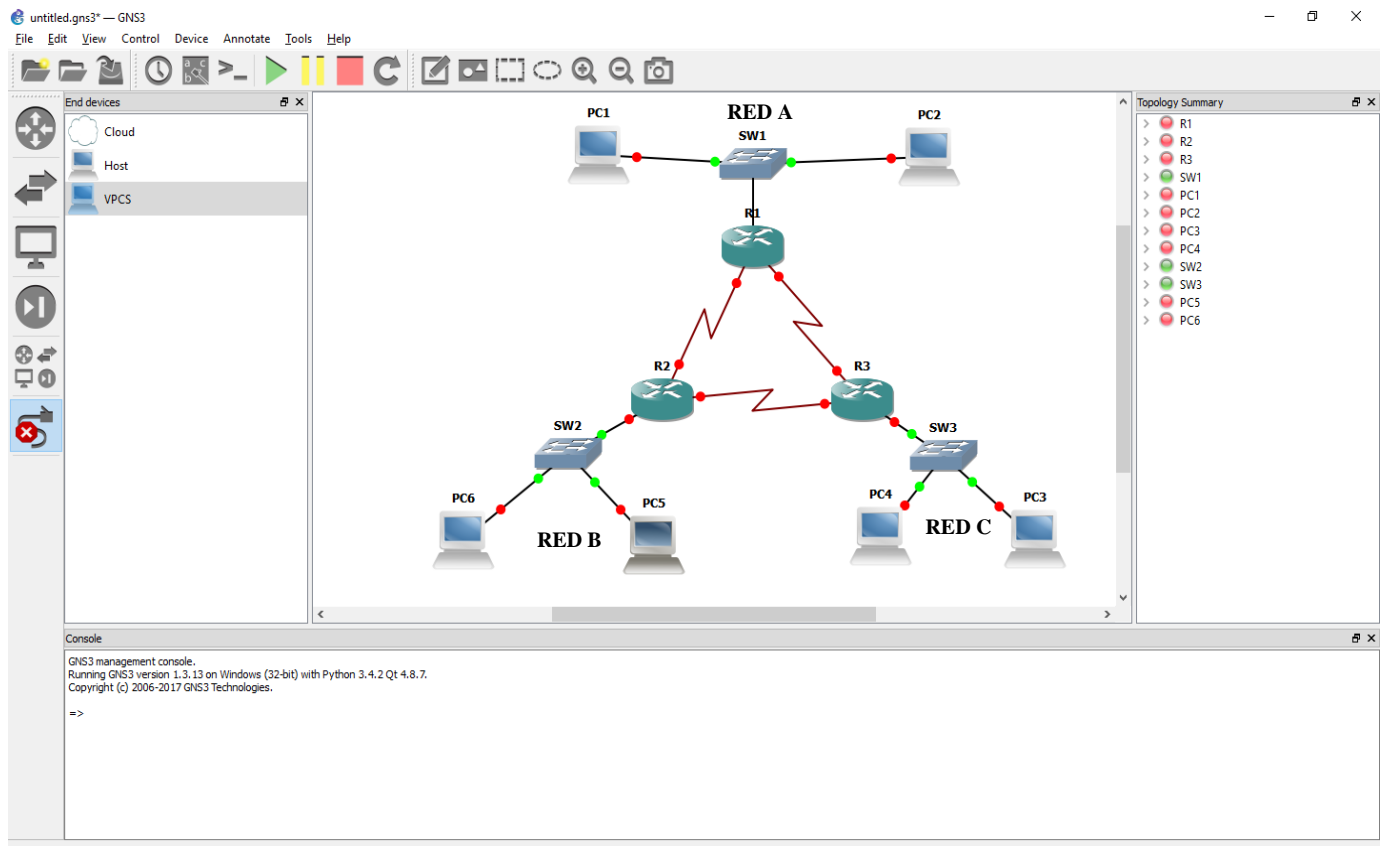
- Asegúrese de tener instalado el gns3 y el Wireshark, que se utilizaron en la práctica anterior.

En esta práctica utilizaremos el paquete comprimido que contiene múltiples dispositivos GNS3 IOS

Al entrar en el gns3 y se seleccionan los dispositivos instalados, estos pueden estar en color opaco cuando no tienen imágenes o roms instalados (en las versiones más nuevas ni siquiera), por ende no pueden ser seleccionados o utilizados.

Vamos a iniciar instalando la imagen de un router Cisco 1700, como ejemplo:

- Descargue del paquete entregado el winzip GNS3IOS y ábralo, pueden descomprimir todo los elementos o solo el que vamos a utilizar: archivo c1700-adventerprisek9-mz.124-8.bin.
- Recomiendo colocarlo en la carpeta que creó la instalación en su usuario ...GNS/images/ios
- En GNS3 Seleccione Edit→Preferences→IOSimages and Hypervisors, seleccione Platform c1700 y luego Model 1710. Luego seleccione Image file e indique la ruta hasta el archivo que descomprimió.
- Le preguntara si quiere descomprimir la imagen, a lo cual deberá responder que sí.
- Como señale recomiendo ver el video correspondiente en el curso ya detallado ya que hay aspectos de memoria y configuración que es mejor conocer para evitar con un programa sin uso
- Puede probar con otros enrutadores y equipos en caso de tener problemas o si quiere practicar el proceso. Esta instalación solo se hace la primera vez que se utiliza un equipo, luego queda disponible en GNS3.
- Al importar correctamente la imagen, note como el nuevo "router 1700" tiene un color más vivo, ello indica que es un equipo disponible para ubicar en la zona de trabajo.
- La otra herramienta **Wireshark**, es el capturador de paquetes que nos permite hacer análisis del tráfico que pasa a través de una o más redes. Entre otras cosas, nos permite clasificar el tráfico por protocolos y los campos existentes en ellos. De esta manera se convierte en una herramienta muy poderosa para identificar problemas de bajo nivel en las redes o anomalías de tráfico invisibles de otra manera.
- El paquete suministrado lo instala de una vez, ya que GNS3 lo utiliza como herramienta básica, pero se puede bajar por separado. En la pagina del producto hay manuales de uso los cuales recomiendo, igualmente hay muy buenos tutoriales en youtube.
- Una vez probadas ambas herramientas y estimando que todo está funcionando correctamente, configure la siguiente red:

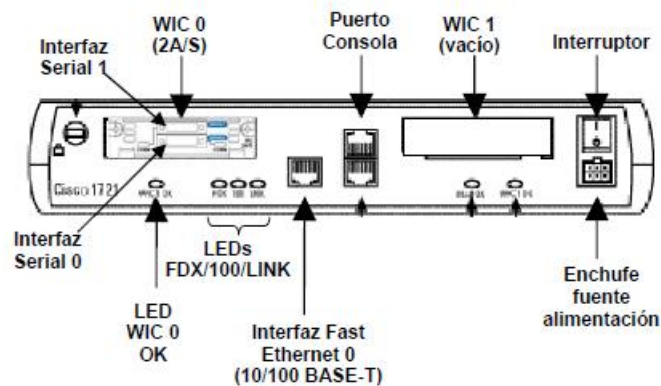


- Note que las interfaces de los enrutadores están en rojo. Eso indica que los equipos no están encendidos. En la barra superior de gns3 se encuentra la opción de encender todos los equipos.
- Una vez seleccionada dicha opción, inmediatamente se colocan las interfaces en verde.
- Cada objeto tiene accesible diversas propiedades cuando es seleccionado con el botón derecho del ratón. Obviamente según su naturaleza se puede disponer de diferentes opciones.
- En el caso de los enrutadores, una de sus opciones es acceder a consola. Se puede iniciar y seguir el dialogo de configuración o saltar directamente a la línea de comandos, más adelante se dan indicaciones sobre la programación de los routers vía la consola.
- En caso de ser necesario por supuesto en la web hay bastante ayuda. El material de cisco en línea es bastante completo.

Información sobre los Routers

Si bien no utilizaremos el equipo físico les suministro la siguiente información para su conocimiento:

Los routers Cisco modelo 1721 (ver figura siguiente) están basados en un procesador RISC de alto rendimiento.



En la configuración básica estos routers tienen una sola interfaz 10/100 BASE-T (Fast Ethernet). Además, incorporan dos ranuras de expansión para WICs (WIC = WAN Interface Card), WIC 0 y WIC 1

Instalando las WIC adecuadas el 1721 permite incorporar interfaces Serie, Ethernet, RDSI, ADSL, o funciones de encriptación por hardware para túneles VPN, por ejemplo. En nuestro caso a todos los routers se les deben incorporar tarjetas seriales de baja velocidad (hasta 128 Kb/s), aunque es posible colocarles de mayor capacidad.

Las interfaces serie tienen un conector propietario multinorma denominado “Smart Serial” que permite combinar en un solo conector las señales correspondientes a las interfaces estándar V.35, RS-232, RS-449, X.21 y RS-530. La interfaz utilizada depende del tipo de cable utilizado, que elige unas u otras señales del conector ‘Smart Serial’.

A efectos de configuración del equipo la interfaz Fast Ethernet se denomina ‘**FastEthernet 0**’ y las dos interfaces serie del WIC 0, etiquetadas ‘**Serial 0**’ y ‘**Serial 1**’. La interfaz 10BASE-T del WIC 1 (cuando está presente) se denomina ‘**Ethernet 0**’ (no la usaremos en este caso). En la figura 1 se puede ver una vista frontal y trasera de un router 1721 configurado con las dos WICs, así como una vista esquemática de la parte trasera de un 1721 configurado con la WIC 0 únicamente.

Los routers tienen el sistema operativo IOS (Internetworking Operating System) propietario de Cisco Systems. Todos tienen IOS versión 12. El IOS se suministra con diferentes tipos de licencias (llamadas ‘features’) que se diferencian en los protocolos soportados (IP, IPX, Appletalk, etc.) y en las funcionalidades

(cortafuegos, encriptación, etc.). En nuestro caso utilizaremos la licencia más sencilla, que soporta únicamente el protocolo IP con funcionalidades básicas. Este tipo de equipos dispone de tres tipos de memoria:

- **Memoria flash:** en ella está grabado el software del sistema operativo (la llamada 'imagen' de IOS). El IOS no se ejecuta directamente desde la memoria flash, sino que se carga en memoria RAM en el momento del arranque y se ejecuta allí. Para reducir la cantidad de memoria flash necesaria la imagen suele estar comprimida. La cantidad de memoria flash de un router se dimensiona de acuerdo con la versión y el tipo de licencia de IOS que se quiere instalar en él. Por ejemplo, los 1721, similares a los que se simulan en esta práctica tienen 8 MB de memoria flash.
- **Memoria NVRAM:** esta memoria es la que almacena la configuración del equipo. De forma parecida a lo que ocurre con el IOS, la configuración cargada en la NVRAM no se utiliza directamente, sino que se carga una copia en memoria RAM al arrancar y se utiliza esta. Cuando se hacen cambios en la configuración de un router siempre se hacen sobre la RAM y si la configuración modificada no se copia en la NVRAM los cambios se pierden al siguiente rearranque del router. La memoria NVRAM suele ser una cantidad pequeña no ampliable para cada modelo de router y su tamaño no suele ser problema. Los 1721 tienen 32 KB de memoria NVRAM.
- **Memoria RAM:** Esta memoria es realmente la única que utiliza el router cuando está funcionando. En ella se carga la imagen (descomprimida) del IOS desde la flash así como la configuración del equipo desde la NVRAM. El resto de la RAM se utiliza para ejecutar los procesos activos (protocolos de routing, etc.), mantener las tablas de rutas, hacer buffering de los paquetes, etc. La memoria RAM se dimensiona según la cantidad de tráfico y la complejidad de funciones que desempeña un router. Los 1721 tienen 32 MB de memoria RAM.

Nota: No olvide que aunque usa un emulador, está trabajando sobre un "Router Real", así que el comportamiento del sistema y los mensajes son "reales"

Actividad I: Direcciones estáticas en los routers.

- Utilizando la red ya creada en GNS3, configurar 3 subredes diferentes con direccionamiento "estático" privado. Asigne las direcciones IP que crea convenientes a cada Subred y cada router.
- El conmutador y la interfaz del router que corresponde a esa red deben estar en el mismo segmento lógico de red o vlan.
- El objetivo de esta parte de la práctica es que los paquetes, entre los routers, deben viajar siempre en el sentido de las agujas del reloj, es decir si un PC de la red A quiere enviar un paquete a otro de la red C, estos deben viajar a través del router que está en la red B y no en forma directa, de la misma forma si un PC de la red C quiere enviar un paquete a alguien en la red B, debe ser a través del router de la red A y no en forma directa.
- Debe realizar las capturas con wireshark en todas las interfaces y verificar la conexión entre todos los nodos de la red.
- Para ello utilice la herramienta "ping" que envía paquetes ICMP a los nodos de destino desde la consola de vpcs.
- Establezca una correlación entre los paquetes enviados y las capturas de wireshark en cada uno de los nodos relevantes.
- En el caso particular de los enrutadores tienen que ser configuradas adecuadamente las rutas para que las redes sean accesibles cuando estas no están en la misma red o subred.
- Les aconsejo utilizar como enrutadores el modelo 1700 o 3600, porque el consumo de memoria es intensivo en GNS3, pero ello dependerá del equipo donde se instale y sus características.
- Una vez se tenga operativa toda la red con lo especificado y se tomen todas las capturas pedidas, desconecte uno de los enlaces entre los routers, por ejemplo apague la ruta que conecta el router de la red A con el de la red C. repita el envío de paquetes entre todas las redes e indique que sucede.

Ejemplo de uso de los Routers:

- Supongamos que vamos a configurar un enrutador cisco con sistema operativo IOS, como ejemplo:
- Seleccionamos la consola del enrutador con el botón secundario sobre el mismo (recuerde que el equipo debe estar encendido)
- En pantalla de la consola se verá un mensaje parecido a este:

```
Trying 127.0.0.1...
Connected to 127.0.0.1.
Escape character is '^]'.
Connected to Dynamips VM "R1" (ID 0, type c1700) - Console port
Press ENTER to get the prompt.
ROMMON emulation microcode.
Launching IOS image at 0x80008000...
Smart Init is disabled. IOMEM set to: 15
PMem allocated: 57042944 bytes; IOMem allocated: 10065920 bytes
```

Restricted Rights Legend

Use, duplication, or disclosure by the Government is subject to restrictions as set forth in subparagraph (c) of the Commercial Computer Software - Restricted Rights clause at FAR sec. 52.227-19 and subparagraph (c) (1) (ii) of the Rights in Technical Data and Computer Software clause at DFARS sec. 252.227-

7013. cisco Systems, Inc.

170 West Tasman Drive

San Jose, California 95134-1706

Cisco IOS Software, C1700 Software (C1700-ENTBASEK9-M), Version 12.4(8a), RELEASE SOFTWARE (fc2)

Technical Support: <http://www.cisco.com/techsupport>

Copyright (c) 1986-2006 by Cisco Systems, Inc.

Compiled Wed 19-Jul-06 20:40 by prod_rel_team

Image text-base: 0x800081B0, data-base: 0x8156F424

This product contains cryptographic features and is subject to United States and local country laws governing import, export, transfer and use. Delivery of Cisco cryptographic products does not imply third-party authority to import, export, distribute or use encryption.

Importers, exporters, distributors and users are responsible for compliance with U.S. and local country laws. By using this product you agree to comply with applicable laws and regulations. If you are unable to comply with U.S. and local laws, return this product immediately.

A summary of U.S. laws governing Cisco cryptographic products may be found at:

<http://www.cisco.com/wwl/export/crypto/tool/stqrg.html>

If you require further assistance please contact us by sending email to export@cisco.com.

Cisco 1710 (MPC860T) processor (revision 0x202) with 55706K/9830K bytes of memory.

Processor board ID FTX0945W0MY (4279256517), with hardware revision 0000

MPC860T processor: part number 0, mask 0

1 Ethernet interface

1 FastEthernet interface

32K bytes of NVRAM.

4096K bytes of processor board System flash (Read/Write)

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no

Press RETURN to get started!

Yo seleccioné “no” para no entrar al diálogo de configuración por defecto.

```
*Mar 1 00:00:02.247: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0, changed
state to up
*Mar 1 00:00:02.299: %LINK-3-UPDOWN: Interface Ethernet0, changed state
to up
*Mar 1 00:00:03.247: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
FastEthernet0, changed state to up
*Mar 1 00:00:03.299: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
Ethernet0, changed state to up
*Mar 1 00:00:11.243: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
FastEthernet0, changed state to down
*Mar 1 00:01:36.635: %SYS-5-RESTART: System restarted --
Cisco IOS Software, C1700 Software (C1700-ENTBASEK9-M), Version
12.4(8a), RELEASE
SOFTWARE (fc2)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2006 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Wed 19-Jul-06 20:40 by prod_rel_team
*Mar 1 00:01:36.643: %SNMP-5-COLDSTART: SNMP agent on host Router is
undergoing a cold start
*Mar 1 00:01:38.527: %LINK-5-CHANGED: Interface Ethernet0, changed state
to administratively down
*Mar 1 00:01:38.
Router>531: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0, changed state to
administratively down
*Mar 1 00:01:39.527: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
Ethernet0, changed state to down
Router> (ojo: este es el promt del router)
```

De esta manera entro en modo administrativo o “enable” para poder acceder al enrutador:

```
Router>ena
```

Pido me muestre la configuración actual.

```
Router#show running-config
Building configuration...
Current configuration : 497 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname Router
```



```
!  
boot-start-marker  
boot-end-marker  
!!  
no aaa new-model  
!  
resource policy  
!  
memory-size iomem 15  
ip cef  
!!!  
!  
!!!!  
!! interface Ethernet0  
no ip address  
shutdown  
half-duplex  
! interface FastEthernet0  
no ip address  
shutdown  
speed auto  
!!  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!!  
control-plane  
!  
! line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
!  
end  
Router#
```

Note que hay dos interfaces: “interface Ethernet0” e “interface FastEthernet0”, ambas con configuración:

```
no ip address  
shutdown  
half-duplex
```

Para configurarlas, deben tener por supuesto direcciones IP, como usted recordara, son interfaces de enrutamiento, es decir, funcionan en capa 3 por ende deben tener dirección ip en este caso.

Por ejemplo:

Entro en modo configuración

```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

Yo recomiendo dar un nombre a cada router con el comando `hostname`, por ejemplo `hostname R1 o RP` el que queramos, así al ver el prompt en la consola sabremos cual estamos programando y evitamos confusiones.

También es bueno declarar que no existe servidor de nombres mediante el comando `no ip domainlookup`. De esta forma evitamos que al teclear un comando inexistente el router intente resolverlo a través del DNS, ya que en esta red experimental no habrá servicio de DNS (Domain Name Server).

Fíjese que si escribo un comando y termino con “?”, me hace una expansión de las opciones a modo de ayuda.

```
Router(config)#ip route ?
A.B.C.D Destination prefix
profile Enable IP routing table profile
static Allow static routes
vrf Configure static route for a VPN Routing/Forwarding instance
```

Me dirijo a una interfaz

```
Router(config)#interface ethernet 0
Router(config-if)#ip ?

Interface IP configuration subcommands:
access-group Specify access control for packets
accounting Enable IP accounting on this interface
address Set the IP address of an interface
authentication authentication subcommands
bandwidth-percent Set EIGRP bandwidth limit
broadcast-address Set the broadcast address of an interface
cef Cisco Express Forwarding interface commands
cgmp Enable/disable CGMP
ddns Configure dynamic DNS
dhcp Configure DHCP parameters for this interface
directed-broadcast Enable forwarding of directed broadcasts
dvmrp DVMRP interface commands
```

flow NetFlow related commands
header-compression IPHC options
hello-interval Configures IP-EIGRP hello interval
helper-address Specify a destination address for UDP broadcasts
hold-time Configures IP-EIGRP hold time
idle-group Specify interesting packets for idle-timer
igmp IGMP interface commands
information-reply Enable sending ICMP Information Reply messages
irdp ICMP Router Discovery Protocol

Router(config-if)#ip address ?

A.B.C.D IP address
dhcp IP Address negotiated via DHCP
pool IP Address autoconfigured from a local DHCP pool

```
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
Router(config-if)#end
Router#
End
```

Termino de configurar dicha interfaz. Trato de probar la interfaz haciendo un ping (usted sabe que eso significa enviar mensajes icmp).

```
Router#
Router#
Router#
Router#ping 10.0.0.1
```

```
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.0.0.1, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

Sin embargo no funciona.... Veo la configuración:

```
Router#show run
Router#show running-config

Building configuration...
Current configuration : 519 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
```

```
!  
hostname Router  
!  
boot-start-marker  
boot-end-marker  
!!  
no aaa new-model  
!  
resource policy  
!  
memory-size iomem 15  
ip cef  
!!!  
!  
!!!!!! interface Ethernet0  
ip address 10.0.0.1 255.255.255.252  
shutdown  
half-duplex  
! interface FastEthernet0  
no ip address  
shutdown  
speed auto  
!!  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!!  
control-plane  
!  
! line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
!  
End
```

El error es obvio, por defecto la interfaz está “shutdown o apagada”, debo reconfigurar....

```
Router#configure terminal  
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
Router(config)#interface ethernet 0  
Router(config-if)#no shutdown  
Router(config-if)#end  
Router#
```

```
*Mar 1 00:34:43.147: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by consoleconfigshow
```

```
running-config
```

```
*Mar 1 00:34:43.515: %LINK-3-UPDOWN: Interface Ethernet0, changed state to up
```

```
*Mar 1 00:34:44.515: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet0,
```

```
Router#ping 10.0.0.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.0.0.1, timeout is 2 seconds:
```

```
!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/4 ms
```

```
Router#
```

Todo perfecto.

- Usted deberá configurar de manera análoga todas las interfaces de los tres enrutadores con las direcciones consistentes para que funcionen según lo pedido (recomiendo hacer un plano con las direcciones anotadas para no confundirse).
- Adicionalmente, los equipos que se encuentren conectados a dichas interfaces a través de sendos conmutadores, deben tener las direcciones de red o IPs correspondientes a dichas subredes. Para que todas las subredes estén conectadas entre sí, deben ser exportadas de manera estática las rutas a dichas redes.
- Para ello, en cada enrutador debe agregar una ruta a la red no adyacente. Eso en IOS (cisco) se realiza de la siguiente manera:

```
Router(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.255.0 10.0.0.1
```

```
%Invalid next hop address (it's this router)
```

```
Router(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.255.0 10.0.0.1
```

```
%Invalid next hop address (it's this router)
```

```
Router(config)#
```

```
Router(config)#
```

- Por supuesto puse una dirección de entrega que no tenía sentido porque la dirección de destino era la del mismo enrutador. Es obvio por la sintaxis que hay que configurar un prefijo de red, en este caso,

```
10.0.0.0 con mas 255.255.255.0 (o /24 en CIDR)
```

y la dirección de salto debe estar en una interfaz accesible en alguna subred de cualquiera de las interfaces del enrutador.

- Si necesita mas información acerca de como configurar un equipo cisco (ojo esta es la parte mas básica) las ayudas, como indique, son amplias en la web.
- Una vez este todo configurado asegúrese del funcionamiento de la red según lo pedido, es decir que los paquetes siempre viajen según las manecillas de un reloj. Tome muestras en el envío y recepción de cada interfaz que así lo demuestre.

Comentario adicional sobre la configuración:

Normalmente cuando en una red se interconectan dos routers mediante una línea serie se contratan los servicios de algún operador especificando un determinado caudal o velocidad de la línea. Los equipos de transmisión del operador, denominados DCE (Data Communications Equipment) se encargan de suministrar la señal de reloj, que es la que establece el sincronismo para la transmisión de los bits y por tanto fija la velocidad de la línea según lo que se ha contratado. Si se cambia la velocidad, aumentando por ejemplo de 128 Kb/s a 2 Mb/s, el operador reconfigurará sus equipos, es decir los DCEs, aumentando la velocidad de la señal de reloj para que la línea pase a funcionar a 2 Mb/s, y el usuario no tendrá que modificar nada en sus router para beneficiarse de la mayor velocidad, es decir la velocidad de la línea se fija de forma unilateral en los equipos DCE, que son los que establecen la señal de reloj o sincronismo.

En el GNS3 los routers se interconectan entre sí directamente y no hay equipos de operadora que actúen como DCE y suministren la señal de reloj, este es un paso que estamos obviando, pero que en la vida real debe considerarse. Esto se hace con una configuración y cable adecuados, que permite a las interfaces serie de los routers suministrar la señal de reloj. Es preciso configurar en cada línea una interfaz para que desempeñe el papel de DCE, instalándole además el cable correspondiente (hembra). La otra interfaz actuará como DTE (Data Terminal Equipment), que es lo normal y llevará un cable macho. No vamos a configurar como DCE las interfaces serie de los routers, pero no olvide que es un punto importante.

Algunos comandos útiles y su uso:

Probaremos ahora los comandos `'Show INterfaces'` y `'Show INterfaces interfaz'` donde *interfaz* puede ser cualquier interfaz del router. Por ejemplo el comando:

```
Show Interfaces Serial 0
```

Nos muestra una serie de contadores que nos permiten seguir el tráfico enviado y recibido, detectar errores, etc. En el apéndice II se explica el significado de toda la salida generada por el comando `'show Interfaces'`. Entre la información que devuelve este comando se encuentra una serie de contadores como por ejemplo los bytes y paquetes transmitidos y recibidos. Podemos utilizar el comando `'clear Counters'` (o `'clear Counters interfaz'`) en modo Privilegiado para borrar esos contadores y ver más claramente el tráfico generado, o recibido en un intervalo de tiempo determinado.

En la respuesta del `'show Interfaces'` aparece una línea que dice: `'Keepalive set (10sec)'`. Esto indica que el router envía por esa interfaz un mensaje cada 10 segundos para comprobar que está operativa. Por eso aunque no se genere ningún tráfico los routers envían un paquete cada 10 segundos por cada interfaz. Las interfaces LAN envían además de los keepalive un mensaje del protocolo CDP (Cisco Discovery Protocol) una vez por minuto. El tiempo de keepalive puede modificarse a nivel de interfaz; si se incrementa el tiempo el tráfico generado se reduce, pero el router tarda más en detectar y reportar anomalías, por ejemplo un corte en la línea serie. Normalmente se suele dejar el valor por defecto.

En el router también existe el comando **'Show ARp'** en modo Privilegiado. Lo ejecutaremos y veremos el resultado. Esta tabla es similar a la de los hosts, salvo que además de darnos la dirección IP y la MAC nos muestra la antigüedad en minutos de cada entrada. Por defecto los routers mantienen las entradas ARP durante 4 horas, que es mucho más tiempo de lo habitual en los hosts. Las entradas que aparecen con antigüedad '-' corresponden a interfaces del propio router, estas no deberían aparecer ya que estrictamente no forman parte de la ARP cache, pero el router nos las muestra para dar información más completa.

Actividad 2. Direcciones dinámicas en los routers

- Utilizaremos la misma red de la primera actividad
- El objetivo de esta parte de la práctica es comprobar la diferencia del enrutamiento con el uso de direcciones dinámicas en los routers.
- Puesto que en nuestra red hemos configurado los tres enlaces serie con el mismo ancho de banda (pe: 128 Kb/s) el esquema dinámico elige siempre la ruta con menor número de saltos. En este caso cualquier comunicación entre las LANs se hace pasando por una sola línea serie, como máximo. Como tenemos una topología en anillo, si falla cualquiera de las tres líneas serie los routers rápidamente activarán la ruta indirecta para restablecer la comunicación entre las redes que hayan quedado aisladas.
- Establezca una configuración dinámica de los tres routers, en el apéndice 1 se da un detalle básico de cómo hacerlo, pero investigue al respecto.
- Una vez hecha la configuración, debe realizar las capturas con wireshark en todas las interfaces y verificar la conexión entre todos los nodos de la red.

- Para ello utilice la herramienta “ping” que envía paquetes ICMP a los nodos de destino desde la consola de vpcs.
- Establezca una correlación entre los paquetes enviados y las capturas de wireshark en cada uno de los nodos relevantes.
- Una vez se tenga operativa toda la red con lo especificado y se tomen todas las capturas pedidas, verifique que ocurre si una de las rutas se interrumpe, para ello desconecte uno de los enlaces entre los routers, por ejemplo, apague la ruta que conecta el router de la red A con el de la red C. repita el envío de paquetes entre todas las redes e indique que sucede. Vuelva a conectar el cable que interrumpió y valide una vez más que ocurre.

Actividad 3, Uso del servidor DHCP (esta actividad es adicional y no es obligatoria, pero ayuda a comprender el uso del servicio DHCP)

- Averigüe como configurar un servidor DHCP en IOS.
- Especifique todos los parámetros necesarios y configure alguna de las “maquinas” vpcs para utilizar direcciones dinámicas o dhcp (tal como le ocurre a usted con su ISP).
- Configure los routers para el uso de DHCP.
- Verifique conexión entre todos los nodos de red.
- En ambas actividades quiero que capturen, observen y guarden muestras de los paquetes que aparecen en cada interfaz y que noten la diferencia, por ejemplo entre el conmutador y el concentrador.
- Además, como los paquetes de multidifusión o broadcast se propagan en cada dominio de colisión.
- Haga ping desde una maquina o vpcs a la interfaz adyacente del enrutador y a la interfaz del mismo enrutador pero que no está en la misma subred.
- Tienen que hacer un breve informe donde indiquen la configuración que hicieron en cada uno de los equipos relevantes. Claro está que me refiero a los enrutadores y a los vpcs, con y sin direcciones dinámicas.
- Deben mostrar la captura de los paquetes relevantes y explicar el porqué tiene sentido, de manera MUY breve. Recuerde que el resto de la evaluación serán preguntas individuales relativas a la práctica y a conceptos relacionados con ella y lo que ya hemos visto en clase.
- Además debe proporcionar en un archivo comprimido la configuración del proyecto en gns3.
- Recuerde que solo me interesan las capturas relevantes. Si permanece haciendo pruebas por mucho tiempo los paquetes se van acumulando y en lugar de una decena de megas puede llegar a gigabytes. Evite que eso ocurra.

Apéndice I

Introducción a la interfaz de comandos del IOS y configuración de routers.

El IOS (Internetworking Operating System) es un sistema operativo propietario de Cisco Systems que incorporan todos sus routers y muchos de sus conmutadores y otros equipos.

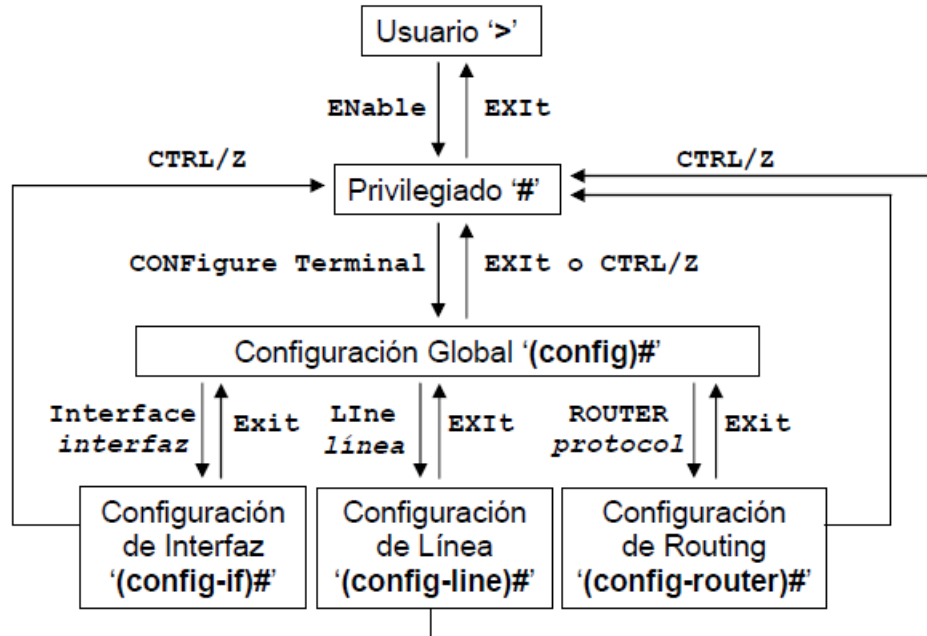
Para interactuar con el IOS el usuario dispone de una interfaz de línea de comandos que puede utilizar desde un terminal conectado al puerto de consola del router. Para ello puede utilizarse cualquier ordenador personal con un programa de emulación de terminal, por ejemplo el Hyperterminal, el TeraTerm o el Minicom. En nuestro caso GNS3 simula un computador que estará conectado al puerto de consola del router por un puerto RS-232, normalmente COM1.

La interfaz de línea de comandos del router dispone de varios entornos o modos, cada uno de ellos identificado por un prompt diferente. El prompt `>` identifica el llamado modo Usuario, que es el modo no privilegiado al que accedemos inicialmente. Mediante el comando `enable` podemos pasar al modo Privilegiado, con lo que el prompt cambia a `#`; dependiendo de la configuración que tenga el conmutador es posible que al pasar a modo Privilegiado nos pida una password de acceso. En el modo Privilegiado se pueden usar todos los comandos del modo Usuario más otros solo accesibles en modo Privilegiado. Del modo Privilegiado podemos volver en cualquier momento al modo Usuario con el comando `exit`. También podemos pasar del modo Privilegiado al modo llamado Configuración Global mediante el comando `CONFIGure Terminal`. El modo Configuración Global se caracteriza por el prompt `(config)#`. Como su nombre indica el modo Configuración Global permite hacer cambios globales en la configuración del equipo, para lo cual dispone de un conjunto de comandos completamente diferente al modo Privilegiado. Del modo Configuración Global se puede volver al modo Privilegiado mediante el comando `exit`, o pasar a uno de varios modos de configuración particulares (realmente submodos del modo Configuración Global) que son los siguientes:

- **Modo Configuración de Interfaz.** Este modo se utiliza para configurar una interfaz específica del router y se accede a él desde el modo Configuración Global mediante el comando `INterface int` donde `int` corresponde al nombre de una interfaz del equipo (por ejemplo `INterface Fastethernet 0` o `Interface Serial 0`). El modo Configuración de Interfaz se caracteriza por el prompt `(config-if)#`. Podemos volver de este modo al modo Configuración Global mediante el comando `Exit`, o directamente al modo privilegiado pulsando **CTRL/Z**.
- **Modo Configuración de Línea.** Este modo permite configurar el acceso a través del puerto de consola del equipo y también el acceso por red vía telnet. Se accede a él mediante el comando `Line línea` donde línea indica el tipo de línea que se quiere configurar. Normalmente este modo solo se utiliza para habilitar el acceso vía telnet al router, para lo cual se emplea la línea vty (virtual terminal) es decir el comando `Line Vty`. Análogamente al caso anterior podemos volver de este modo al modo Configuración Global mediante el comando `EXIT`, o directamente a modo Privilegiado pulsando **CTRL/Z**.
- **Modo Configuración de Routing.** Este modo se utiliza para configurar los parámetros relacionados con el protocolo de routing utilizado. Podemos acceder a él mediante el comando `router protocolo` donde protocolo es cualquier protocolo de routing soportado por ese router (por ejemplo `router eigrp 65000`). En este

caso el prompt es `(configrouter)#`. Como siempre podemos volver de este modo al modo Configuración Global mediante el comando `EXIT`, o directamente al modo Privilegiado pulsando `CTRL/Z`.

Esquemáticamente la conmutación de modos se desarrolla según la siguiente secuencia:



En todos los modos existe una ayuda en línea que se puede consultar tecleando `'?'` con lo que aparecen todos los comandos permitidos en ese modo. Para solicitar ayuda sobre los posibles argumentos de un comando en particular se puede teclear `'comando ?'`. Así por ejemplo `'Show ?'` nos muestra todos los posibles argumentos del comando `'show'`.

Otras funciones interesantes del intérprete de comandos son las siguientes:

- Los comandos previamente tecleados se almacenan en un buffer del que pueden recuperarse mediante las teclas flecha hacia arriba (`↑`) y flecha abajo (`↓`). Las teclas flecha derecha (`→`) e izquierda (`←`) permiten editar la línea de comandos.
- Los comandos y los argumentos pueden abreviarse, normalmente al número mínimo de letras que permita identificar el comando sin ambigüedad. (Esa parte mínima es la que representamos en mayúsculas, los comandos mismos pueden teclearse en mayúsculas o minúsculas indistintamente). Si se escribe una parte de un comando o de un argumento y se pulsa la tecla tabulador el sistema termina de escribir el comando o argumento correspondiente, siempre y cuando el significado no sea ambiguo.
- Cuando la salida generada por un comando en consola ocupa más de una pantalla el terminal se bloquea al mostrar la primera de ellas, indicándolo con el texto `'more'` al final de la pantalla. Para avanzar a la siguiente pantalla debemos pulsar la barra espaciadora y así sucesivamente hasta agotarlas todas. También puede pulsarse la tecla `'RETURN'`, con lo que el avance se realiza línea a línea. La salida por pantalla puede abortarse en cualquier momento pulsando `CTRL/C`.

Una característica importante del IOS es que el router tiene en todo momento dos copias de la configuración, una en memoria RAM, volátil y otra en memoria NVRAM, permanente. Cuando se realiza un cambio en la configuración, bien sea en modo Configuración Global o alguno de sus submodos (Configuración de Interfaz, Configuración de Línea o Configuración de Routing), el cambio se aplica a la configuración en RAM y tiene efecto de forma inmediata, pero no se graba en la NVRAM, de modo que si el router se apaga y enciende, o si se reinicia con el comando `'RELoad'` (en modo Privilegiado), volverá a cargar la configuración que tuviera antes de los cambios. Los routers que se utilizan en prácticas tienen grabada una configuración por defecto en la NVRAM. Todos los cambios realizados en la configuración se almacenan en la RAM, pero no deben salvarse nunca en la NVRAM. De esta forma cuando se quiere volver a la configuración por defecto basta con apagar y encender el router o ejecutar el comando `'RELoad'`. Esta forma de funcionamiento presenta el inconveniente de que si el router se apaga accidentalmente se pierde toda la configuración que se haya introducido (**OJO GNS3 funciona de la misma forma, si apaga el router sin salvar la configuración todo lo que este en memoria se perderá**).

En modo Privilegiado es posible ver en cualquier momento la configuración actual del router (es decir la de la RAM) mediante el comando `'Show RUnnng-config'`. Muchos de los comandos utilizados en los modos Configuración Global, Configuración de Interfaz y Configuración de Routing, admiten ser tecleados con el prefijo 'no'. Esto indica que se desea la acción contraria a la que normalmente ejecuta el comando. Por ejemplo el comando `'SHUTDOWN'` ejecutado en el modo Configuración de Interfaz deshabilita una interfaz. Para habilitar una interfaz se debe utilizar el comando `'NO SHUTDOWN'`.

El comando `'Show VErSion'` nos ofrece información resumida del router, la versión de software que tiene, el tiempo que lleva encendido, etc. La salida que genera por pantalla es similar a la siguiente:

```
Router>Show VErSion
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) C1700 Software (C1700-SV3Y-M), Version 12.1(4), RELEASE SOFTWARE (fc1)
Copyright (c) 1986-2000 by cisco Systems, Inc.
Compiled Wed 30-Aug-00 10:59 by cmong
Image text-base: 0x80008088, data-base: 0x8084EBE0

ROM: System Bootstrap, Version 12.0(3)T, RELEASE SOFTWARE (fc1)

Router uptime is 6 minutes
System returned to ROM by reload
System image file is "flash:c1700-sv3y-mz.121-4"

cisco 1750 (MPC860) processor (revision 0x601) with 29492K/3276K bytes of mem
Processor board ID JAD04250112 (3399530869), with hardware revision 0000
M860 processor: part number 0, mask 32
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.
1 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
1 Serial(sync/async) network interface(s)
32K bytes of non-volatile configuration memory.
8192K bytes of processor board System flash (Read/Write)

Configuration register is 0x2102

Router>
```

La segunda línea indica la versión de IOS (en este ejemplo la 12.1(4)). Este es importante ya que algunos detalles y comandos o argumentos pueden depender de la versión de IOS.

La palabra que precede al prompt (‘Router’ en el ejemplo anterior) corresponde al nombre asignado al router en la configuración mediante el comando ‘**HOstname**’. Por ejemplo si al router le hemos asignado el nombre ‘Valencia’ (comando ‘**HOstname Valencia**’ en modo Configuración Global) el prompt en modo Usuario será ‘**Valencia>**’ y en modo **Privilegiado** ‘**Valencia#**’.

Configuración de rutas estáticas

Las rutas pueden definirse de forma estática o dinámica. La principal ventaja de las rutas estáticas es su sencillez y que no introducen overhead en la red, ya que no se necesita poner en marcha un protocolo de routing con lo que las líneas no han de soportar tráfico adicional y los routers no tienen que recalcular periódicamente las rutas óptimas. La principal ventaja del routing dinámico es la posibilidad de calcular automáticamente nuevas rutas en caso de fallo de algún enlace, pero para esto es preciso que haya enlaces redundantes, es decir que la red esté mallada.

Para las rutas estáticas, en primer lugar asignaremos a los hosts una ruta por defecto. Para introducirla utilizaremos el comando:

```
route add -net 0.0.0.0 netmask 0.0.0.0 gw dirección_IP
```

El campo ‘dirección_IP’ debe corresponder a la dirección IP de la interfaz Ethernet del router con el que este host se conecta (por ejemplo la 10.0.1.1, ojo no necesariamente es que la utilizara es solo un ejemplo). Para comprobar que la definición se ha hecho correctamente utilizaremos a continuación el comando:

```
route -n
```

El host debe tener ahora dos rutas definidas que corresponderán a la ruta de su propia LAN y la ruta por defecto que acabamos de definir. Por ejemplo si usamos la dirección ya indicada nos debe mostrar algo similar a lo siguiente:

```
> route -n
```

```
Routing tables
Destination Gateway Genmask Flags Metric Ref Use Iface
10.0.0.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 eth0
0.0.0.0 10.0.0.1 0.0.0.0 UG 0 0 0 eth0
```

En algunas implementaciones de Linux aparece también la ruta loopback, que va asociada a la interfaz virtual de loopback ‘lo’.

Nosotros en los ejemplos vamos a suponer que los hosts tienen una sola interfaz Ethernet, eth0. Si un host tuviera interfaces adicionales éstas se denominarían eth1, eth2, etc. y podrían tener direcciones IP asignadas con lo que veríamos rutas adicionales con la correspondiente interfaz indicada en la columna ‘Iface’.

Las rutas definidas mediante el comando 'route add' se van añadiendo a la lista existente. Por tanto si nos equivocamos deberemos borrar la ruta incorrecta mediante el comando:

```
route del -net 0.0.0.0 netmask 0.0.0.0 gw dirección_IP
```

Una vez definida la ruta por defecto en los hosts definiremos las rutas estáticas en los routers. La definición de rutas se realiza en modo Configuración Global mediante el comando:

```
IP ROute red máscara dirección_IP
```

Donde '**red**' es la red a la que se quiere acceder, '**máscara**' delimita donde termina la parte red de la dirección y '**dirección_IP**' es la dirección a través de la cual se accede a dicha red.

En primer lugar definiremos una ruta por defecto en los routers, ya que estos pueden tener varias, a través de su interfaz serie. La definición de esa ruta por defecto, por ejemplo, se haría de la siguiente manera (RS2 es un nombre genérico de un router):

```
RS2#CONFigure Terminal  
RS2(config)#IP ROute 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.4.5  
RS2(config)#CTRL/Z  
RS2#
```

Nótese que RS2 tiene una sola ruta

A continuación, utilizaremos el comando '**Show IP ROute**' para comprobar que la definición se ha realizado correctamente. Esto nos mostrará todas las rutas existentes en el router, por ejemplo:

```
RS2#Show IP ROute  
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2  
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2  
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 10.0.4.5 to network 0.0.0.0  
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C 10.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0  
C 10.0.4.4/30 is directly connected, Serial0  
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 10.0.4.5  
RS2#
```

La '**S**' indica que se trata de una ruta estática, que es la que acabamos de configurar. La '**C**' indica que se trata de una red directamente conectada, que son las que el router descubre a partir de la asignación de dirección y máscara a sus interfaces. En las rutas '**S**' aparecen entre corchetes dos números [1/0]. El primero indica la distancia administrativa, que por defecto es 1 para las rutas estáticas. El segundo es

la métrica, que para las rutas estáticas es siempre 0. Aunque no se muestra, las rutas 'C' (directamente conectadas) siempre tienen distancia administrativa 0 y métrica 0.

Veamos ahora un equipo con varias rutas, este lo llamaremos RP. Las únicas redes que necesitan ruta en RP son las no directamente conectadas a ese router, es decir las LANs que viene de otros routers (digamos que se llaman RS1 y RS2). Por tanto definiremos cada una de las rutas a través de la interfaz serie correspondiente:

```
RP#CONFigure Terminal
RP(config)#IP ROute 10.0.2.0 255.255.255.0 10.0.4.2
RP(config)#IP ROute 10.0.3.0 255.255.255.0 10.0.4.6
RP#
```

Con todas las rutas definidas ya debemos poder acceder desde cualquier host o router a cualquier otro. En los hosts podemos utilizar el comando:

```
ping -R -c 1 -n dirección_IP
```

Para comprobar la ruta seguida por los paquetes en el trayecto de ida y vuelta hacia su destino. La opción 'R' del ping de UNIX hace uso de la opción 'Record Route' de la cabecera IP para recoger las direcciones de los routers por los que pasa el paquete (solo se registran como máximo 9 direcciones).

Puede utilizar el comando 'ping -f' desde un equipo de la red del router hacia un equipo de las otras redes. El ping -f genera 100 paquetes por segundo, con lo que se consigue generar un tráfico elevado para que los contadores de paquetes de las interfaces varíen con rapidez. Como ese ping genera tráfico que pasa por los tres routers los administradores podrán apreciar el tráfico en sus interfaces mediante el comando '**Show Interfaces interfaz**'. Con el 'ping -f' en marcha un administrador puede borrar en uno de los routers la ruta por defecto que había definido. Para borrar una ruta estática debemos entrar en modo Configuración Global y teclear el mismo comando que utilizamos para definirla precedido de la palabra 'NO'. En este caso el comando que se debe teclear es exactamente el siguiente:

```
RS2(config)#NO IP ROute 0.0.0.0 0.0.0.0 dirección_IP
```

Donde *dirección_IP* es la misma dirección que tecleamos antes al definir la ruta. Para comprobar si hemos borrado correctamente la ruta podemos utilizar el comando '**Show IP Route**' o bien ver la configuración con el comando '**Show RUnning-config**'. Al borrar la ruta por defecto el ping lanzado dejará de funcionar.

Configuración de routing dinámico

Como ya sabemos el routing estático no permite aprovechar adecuadamente topologías malladas. Por lo tanto, vamos a configurar directamente el routing dinámico.

No trabajaremos con el protocolo OSPF que anuncia todo en forma automática, sino que limitaremos la difusión de la información a las direcciones públicas ocultando las privadas, es decir anunciaremos las redes LAN (por ejemplo, con IP 20.0.0.0) pero no las líneas seriales que unen los routers; por tanto, el comando network especificará

únicamente la red LAN, que es la mínima red que agrupa a las cuatro LANs que estamos utilizando. La secuencia de comandos será pues:

```
RP#CONFigure Terminal
RP(config)#ROUTER OSPF 1
RP(config-router)#NETwork 20.0.0.0 0.0.3.255 area 0
RP(config_router)#CTRL/Z
RP#
```

(La wildmask 0.0.3.255 equivale a una máscara 255.255.252.0 ó /22).

Una vez hecho esto, si todo está correcto en unos segundos aparecerán rutas '0'. Podemos comprobarlo con el comando 'Show IP ROute', por ejemplo en RS2 (nombre genérico para un router):

```
RS2#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, IA - OSPF inter
área/

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF nSSA external type 2
E1 - OSPF external type, 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 10.0.4.5 to network 0.0.0.0
20.0.0.0/8 is variably subnetted, 7 subnets, 2 masks
C 10.0.0.8/30 is directly connected, serial1
C 20.0.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0
O 20.0.0.0/24 [110/782] via 10.0.0.5, 00:00:35, Serial0
C 10.0.0.4/30 is directly connected, Serial0
O 20.0.1.0/24 [110/791] via 10.0.4.5, 00:00:35, Serial0
S* 0.0.0.0/0 [200/0] via 10.0.4.5
RS2#
```

Recordemos que el primer valor entre corchetes indica la distancia administrativa (110 en el caso de OSPF) y el segundo la métrica o costo de esa ruta. En el apéndice III se da una explicación detallada de la manera como se calculan los costos en OSPF.

De la información mostrada en el 'Show IP ROute' los alumnos deben localizar la red (o redes) que tiene(n) un costo mayor y anotar dichas redes y su costo.

Puesto que en nuestra red hemos configurado los tres enlaces serie con el mismo ancho de banda (128 Kb/s) el OSPF elige siempre la ruta con menor número de saltos. En este caso cualquier comunicación entre las LANs se hace pasando por una sola línea serie, como máximo. Como tenemos una topología en anillo, si falla cualquiera de las tres líneas serie los routers rápidamente activarán la ruta indirecta para restablecer la comunicación entre las redes que hayan quedado aisladas. Para comprobarlo lanzaremos un 'ping -R -n' desde una red a otra y con el ping en marcha desconectaremos los cables que unen los routers de esas redes. Al desconectarlos observaremos que el ping se restablece en unos segundos y que nos reporta la nueva ruta indirecta utilizada. Una vez hecha la prueba debemos reconectar la línea desconectada y comprobar que el tráfico se restablece por la ruta directa inicial.

Apéndice II

Explicación de la salida generada por el comando 'show interface'.

La salida generada por el comando 'Show Interfaces' tiene un aspecto similar al siguiente:

```
RS1#Show Interfaces FastEthernet 0
[1] FastEthernet0 is up, line protocol is down
[2] Hardware is PQICC FEC, address is 000c.851f.8ed5 (bia 000c.851f.8ed5)
[3] Internet address is 192.168.9.2/24
[4] MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit, DLY 100 usec,
[5] reliability 128/255, txload 1/255, rxload 1/255
[6] Encapsulation ARPA, loopback not set
[7] Keepalive set (10 sec)
[8] Full-duplex, 100Mb/s, 100BaseTX/FX
[9] ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
[10] Last input never, output 00:00:08, output hang never
[11] Last clearing of "show interface" counters 00:20:22
[12] Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
[13] Queueing strategy: fifo
[14] Output queue :0/40 (size/max)
[15] 5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
[16] 5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
[17] 0 packets input, 0 bytes
[18] Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
[19] 0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
[20] 0 watchdog
[21] 0 input packets with dribble condition detected
[22] 122 packets output, 7320 bytes, 0 underruns
[23] 122 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
[24] 0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
[25] 122 lost carrier, 0 no carrier
[26] 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

```
RS1#Show Interfaces Serial 0
[1] Serial0 is up, line protocol is up
[2] Hardware is PowerQUICC Serial
[3] Internet address is 192.168.0.1/30
[4] MTU 1500 bytes, BW 128 Kbit, DLY 20000 usec,
[5] reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
[6] Encapsulation HDLC, loopback not set
[7] Keepalive set (10 sec)
[10] Last input 00:00:06, output 00:00:01, output hang never
[11] Last clearing of "show interface" counters 00:00:37
[12] Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
[13] Queueing strategy: fifo
[14] Output queue :0/40 (size/max)
[15] 5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
[16] 5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
[17] 9 packets input, 1666 bytes, 0 no buffer
[18] Received 9 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
[19] 0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
[22] 5 packets output, 484 bytes, 0 underruns
[23] 0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
[24] 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
[25] 2 carrier transitions
[26] DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up
RS1#
```


A continuación describimos los campos más importantes (en corchetes [X] el número de línea):

[1] Indica si a nivel físico está operativa la interfaz o no (p. ej. si recibe señal de 'link' del hub, o si recibe señal de reloj del DCE). Si está 'administratively down' significa que la interfaz está shutdown en la configuración.

[2] Indica el tipo de hardware. En Ethernet indica también la dirección MAC.

[3] Indica la dirección IP y máscara asignadas a esta interfaz (si la interfaz no tiene dirección asignada esta línea no aparece)

[4] Indica lo siguiente:

- **MTU**: Indica la MTU (Maximum Transfer Unit) de esa interfaz (tamaño máximo de paquete que se puede enviar por ella). Configurable con el comando `mtu`. El valor por defecto depende del tipo de interfaz, en Ethernet y Serial es 1500, que es el máximo.
- **BW**: Indica el ancho de banda de la interfaz. Especificado en Kb/s. Configurable con el comando '`BANDwidth`'. El valor por defecto depende del tipo de interfaz. Ej.: en Fast Ethernet es 100000 (100 Mb/s), en interfaces serie de baja velocidad es 128 (128 Kb/s).
- **DLY**: Indica el retardo de la interfaz. Configurable con el comando '`DElay`'. El valor por defecto depende del tipo de interfaz, en Fast Ethernet es 0,1 ms, en Serial 20 ms.

[5] Indica lo siguiente:

- **Reliability**: Fiabilidad, estimada a partir de la tasa de error, en una escala relativa sobre un máximo de 255
- **txload**: la carga, estimada a partir del tráfico saliente (transmit) en una escala relativa sobre un máximo de 255.
- **rxload**: la carga, estimada a partir del tráfico entrante (receive) en una escala relativa sobre un máximo de 255.

[6] Indica:

- **Encapsulation**: Tipo de encapsulado. En Ethernet siempre se usa ARPA (Ethernet V. 2.0). En Serial se puede usar HDLP o PPP.
- **Loopback not set**: Indica cuando la interfaz está en modo loopback (para diagnóstico de errores).

[7] **Keepalive set**: Indica si la interfaz envía mensajes de keepalive, y con qué período (por defecto uno cada 10 seg).

[8] En Ethernet indica como se ha negociado el funcionamiento 10/100 Mb/s y half-Full Dúplex.

[9] En Ethernet indica el tipo de mensajes ARP que utilizará y tiempo de caducidad de las entradas en la ARP cache (por defecto 4 horas)

[11] Tiempo transcurrido desde la última vez que se borraron contadores con el comando '`CLEar Counters`'. Si pone 'never' indica que no se han borrado contadores, por lo que los valores corresponden a todo el tráfico cursado desde la última vez que se arrancó el router (este dato puede averiguarse con el comando '`Show vERsion`'). Los contadores son enteros de 32 bits, por lo que en caso de mucho tráfico el contador puede darse la vuelta varias veces.

[15] Tráfico medio entrante en esa interfaz durante los últimos cinco minutos, en bits/s y paquetes/s

[16] Tráfico medio saliente en esa interfaz durante los últimos cinco minutos, en bits/s y paquetes/s

[17] Paquetes y bytes recibidos por esa interfaz. Paquetes descartados por falta de espacio en buffer de entrada del sistema

[22] Número total de paquetes y bytes transmitidos por esa interfaz. Los bytes se contabilizan a nivel de trama MAC.

Apéndice III

Cálculo del costo de una interfaz y de una ruta en OSPF

En OSPF cada ruta tiene asociado un costo. El costo es un valor entero que se expresa en 16 bits, por lo que su valor puede oscilar entre 1 y 65536 (el costo nunca puede valer 0). El costo de una ruta se calcula como la suma de los costos de las interfaces por las que pasa dicha ruta.

Los estándares de OSPF (más concretamente el RFC 2328) no especifican como se ha de calcular el costo de una interfaz. En el caso de los routers Cisco el costo por defecto se calcula a partir del ancho de banda de la interfaz según la fórmula:

$$\text{Costo} = 10^8 / \text{Ancho de banda (en bits por segundo)}$$

Al aplicar la fórmula los decimales se truncan, excepto si el resultado es menor que 1, en cuyo caso se asigna costo 1. Por ejemplo para las interfaces que utilizamos en esta práctica los costos son los siguientes:

Interfaz	Ancho de banda	Costo
Fast Ethernet	100 Mb/s	1
Ethernet	10 Mb/s	10
Línea serie	256 Kb/s	390
Línea serie	128 Kb/s	781

Evidentemente este costo no sirve cuando hay interfaces de más de 100 Mb/s, por lo que en ese caso hay que asignar costos manualmente a las interfaces, haciendo la modificación de forma coherente en toda la red. Puesto que en nuestra maqueta no hay interfaces de más de 100 Mb/s usamos los costos por defecto.

Otros fabricantes utilizan diferentes criterios para calcular los costos. Algunos utilizan simplemente un valor de 1 para todas las interfaces, con lo que la métrica resultante es equivalente a la utilizada por RIP (número de saltos). En caso de montar una red multifabricante deberá tenerse especial cuidado para que el cálculo de los costos se haga de forma coherente en todos los routers.

Cada interfaz de un router tiene asociado un ancho de banda, que es el que utiliza OSPF para calcular el costo. Ese ancho de banda puede especificarse en la configuración, en caso contrario se asigna un valor por defecto que depende del tipo de interfaz. En muchos casos (por ejemplo interfaces Ethernet) las características del hardware permiten al router determinar con precisión el ancho de banda; en otros, por ejemplo líneas serie, el router no tiene información para saber el ancho de banda, aun en el caso de que el router esté generando la señal de reloj mediante el comando `'CLOCK Rate'`, como ocurre con las interfaces DCE). En estos casos el valor por defecto puede o no coincidir con el valor real.

En cualquier tipo de interfaz siempre es posible modificar el valor por defecto mediante el comando `'BANDwidth'` en modo Configuración de Interfaz. En el comando `'BANDwidth'` el ancho de banda se expresa en Kb/s, por ejemplo para indicar un ancho de banda de 64 Kb/s se utilizaría el comando `'BANDwidth 64'`. En cualquier momento podemos ver el ancho de banda asignado a una interfaz mediante el comando `'Show INTERfaces'`.

Una vez determinado el costo de cada interfaz, el costo asociado a una ruta es simplemente la suma de los costos asociados a cada una de las interfaces por las que pasa dicha ruta. Así por ejemplo el costo de una ruta que pasa por dos interfaces de 256

Kb/s será de 780. Si la ruta pasa por una interfaz de 128 Kb/s y una Ethernet de 10 Mb/s el costo será 791.

Una ruta puede tener un costo simétrico o asimétrico, según que los costos de ida y vuelta coincidan o no. Por ejemplo dos routers A y B, interconectados por una línea punto a punto pueden haber declarado diferente ancho de banda en la interfaz serie correspondiente. Supongamos que A ha declarado 128 Kb/s y B 256 Kb/s. Cuando B calcule las rutas que pasan por esa interfaz sumará 390, mientras que A sumará 781. En el cálculo del costo de una ruta se suma el costo correspondiente a las interfaces por las que se sale al seguir dicha ruta, no por las que se entra. En algunas tecnologías la asimetría es habitual, como es el caso de los enlaces ADSL.

Apéndice V.

Comandos de IOS más utilizados.

Comando	Modo	Función
CTRL/Z	Cfg Glb Cfg Int Cfg Rtg Cfg Lin	Sale del modo <u>Configuración</u> en que estuviera y vuelve directamente a modo <u>Privilegiado</u>
BANdwidth ancho_de_banda	Cfg Int	Especifica el ancho de banda de esa interfaz. Solo aplicable a líneas serie. El ancho de banda se expresa en Kbits/s y puede ser cualquier entero entre 1 y 10000000 (10 Gb/s).
CLEar Counters	Priv.	Borra los contadores de todas las interfaces
CLEar Counters <i>interfaz</i>	Priv.	Borra los contadores de la interfaz indicada
CLOCK Rate <i>velocidad</i>	Cfg Int	Especifica que la interfaz debe actuar como DCE emitiendo una señal de reloj de la frecuencia indicada. La velocidad se expresa en bits/seg y puede tener un conjunto determinado de valores (para verlo teclear 'Clock Rate ?'). El tipo de hardware limita la velocidad máxima configurable.
CONFigure Terminal	Priv.	Entra en modo Configuración Global
DEBUg IP Eigrp Notifications	Priv.	Activa debugging de mensajes EIGRP
DEBUg Ip Packet	Priv.	Activa debugging de paquetes IP
DEBUg Serial Interface	Priv.	Activa debugging de paquetes por las interfaces serie
DELay <i>retardo</i>	Cfg Int	Especifica un retardo para la interfaz en decenas de microsegundos
DEScRiption	Cfg Int	Asigna una descripción a una interfaz
Enable	Usuario	Entra en modo Privilegiado
Exit	Priv.	Vuelve a modo Usuario
HOStname <i>nombre</i>	Cfg Glb	Asigna un nombre al router
INTerface <i>interface</i>	Cfg Glb	Entra en modo Configuración de Interfaz para la interfaz indicada (interface puede ser Fastethernet 0, Ethernet 0, Serial 0, etc.)
IP ACCouNting	Cfg. Int.	Activa la función de accounting en la interfaz correspondiente
Ip AdDress <i>dirección IP</i> <i>máscara</i>	Cfg Glb	Asigna la dirección IP y máscara indicadas al conmutador
Ip AdDress <i>dirección IP</i> <i>máscara Secondary</i>	Cfg Glb	Asigna la dirección IP secundaria y máscara indicadas al conmutador
IP Classless	Cfg Glb	Activa interpretación CIDR de direcciones (por defecto en IOS 12.0 y superiores)
IP ROute <i>red máscara</i> <i>dirección_IP</i>	Cfg Glb	Define una ruta estática a la red especificada a través de la dirección IP indicada
IP ROute-cache	Cfg Int	Activa el fast switching en esa interfaz
IP ROUting	Cfg Glb	Activa el routing IP (por defecto en IOS 11.0 y superiores)
IP Subnet-zero	Cfg Glb	Permite utilizar primera y última subredes (por defecto en IOS 11.0 y superiores)
Line Vty 0 4	Cfg Glb	Entra en modo configuración de línea (para signar password de telnet)
NETWork <i>red wildmask</i> <i>AREA No. Area</i>	Cfg Rtg	Anuncia la red indicada en el proceso de routing correspondiente

NO DEBUg All	Priv.	Desactiva cualquier tipo de debugging
NO IP DOMAIN-Lookup	Cfg Glb	Suprime la búsqueda de DNS
PASsword password	Cfg Lin	Asigna password para acceso via Telnet
Ping	Priv.	Ping extendido. Permite especificar diversos parámetros
Ping dirección_IP	Usuario	Hace ping (5 paquetes de 100 bytes) a la dirección IP especificada.
RELoad	Priv.	Recarga el software del router y la configuración de la NVRAM (que normalmente debe ser la configuración por defecto)
ROUTER OSPF número_proc	Cfg Glb	Inicia el modo Configuración de Routing para OSPF
Show INTERfaces	Priv.	Muestra información de todas las interfaces
Show INTERfaces interface	Priv.	Muestra información de la interfaz indicada
Show IP ACCOUNTing	Priv.	Muestra el tráfico cursado (en las interfaces en las que se ha activado el accounting)
Show IP Cache	Priv.	Muestra la tabla de cache de routing
Show IP Interface interfaz	Usuario	Muestra diversas características a nivel IP de la interfaz especificada, entre ellas si está activado o no el 'fast switching'
Show IP ROUTe	Priv.	Muestra las rutas operativas
Show IP TRAFFic	Priv.	Muestra un resumen del tráfico cursado por el router
Show PROCess cpu	Priv.	Muestra el nivel de uso de la CPU del router
Show PROCess Memory	Priv.	Muestra el nivel de uso de la memoria del router
Show Running-config	Priv.	Muestra la configuración en RAM
Show STARTup-config	Priv.	Muestra la configuración en NVRAM
Show VERsion	Usuario	Muestra información general del equipo
SHUTDOWN	Cfg Int	Deshabilita una interfaz