

# Redes de Computadoras

## Obligatorio 3 – 2022

### V1.1

Facultad de Ingeniería  
Instituto de Computación  
Departamento de Arquitectura de Sistemas

#### Nota previa - IMPORTANTE

Se debe cumplir íntegramente el “Reglamento del Instituto de Computación ante Instancias de No Individualidad en los Laboratorios”, disponible en el EVA.

En particular está prohibido utilizar documentación de otros estudiantes, de otros años, de cualquier índole, o hacer público código a través de cualquier medio (EVA, news, correo, papeles sobre la mesa, etc.).

## Introducción

### Forma de entrega

La entrega de la tarea consiste en un único archivo obligatorio3GrupoGG.tar.gz que deberá contener los siguientes archivos:

- Un documento llamado Obligatorio3GrupoGG.pdf donde se documente todo lo solicitado en la tarea. GG es el número del grupo. La documentación deberá describir claramente su solución, las decisiones tomadas, los problemas encontrados y posibles mejoras. Una clara, concisa y descriptiva documentación es clave para comprender el trabajo realizado.
- Los entregables solicitados en cada sección consistentes en los archivos de configuración (.startup y directorios para levantar la emulación en Kathará) que resuelven la parte del problema correspondiente así como los archivos de captura .pcap que considere necesarios.

La entrega se realizará en el sitio del curso, en la plataforma EVA.

### Fecha de entrega

Los trabajos deberán ser entregados **antes del 13/11/2022 a las 23:30 horas**. No se aceptará ningún trabajo pasada la citada fecha y hora. En particular, no se aceptarán trabajos enviados por e-mail a los docentes del curso.

### Observaciones

Este laboratorio se realizará utilizando el emulador de red **Kathará** [1] el cual permite emular redes compuestas por diversos dispositivos de red como ser: computadoras, *routers* y *switches*. Los dispositivos de red son emulados como contenedores que ejecutan dentro de una única máquina anfitriona. Dichos contenedores se interconectan entre sí mediante dominios de colisión virtuales. En [2] y [3] se puede encontrar un detalle de las prestaciones de Kathará.

Kathará puede ser instalado en sistemas operativos Linux, Windows o MacOS [4], sin

embargo, para este laboratorio se sugiere utilizar la máquina virtual (VM) provista [18] la cual ya contiene todos los implementos necesarios. Se advierte que la misma pesa 2,8 GB. Todas las ejecuciones y configuraciones para llevar adelante este laboratorio pueden ser realizadas en dicha VM.

Si bien es posible contar con una interfaz gráfica para visualizar las topologías creadas [5], no la utilizaremos ni es necesaria para la correcta realización del mismo; por lo tanto, todo el trabajo se realizará vía línea de comandos (CLI).

Se recomienda que previo a comenzar a realizar el laboratorio se habitúen a los conceptos básicos de Kathará. Para ello deberían recurrir a la presentación *Introduction* disponible en la Wiki de Kathará [6].

Tanto las presentaciones, como los laboratorios referenciados en el presente obligatorio y disponibles en la Wiki de Kathará también se encuentran disponibles en el Moodle del curso, como mecanismo de respaldo ante una posible no disponibilidad del sitio oficial.

## Objetivo del Trabajo

Aplicar los conceptos teóricos de la Capa de Red y Capa de Enlace: enrutamiento (*routing*), reenvío (*forwarding*) y conmutación (*switching*). Esto se logra a través de la realización de laboratorios con diferentes topologías, observando, configurando, analizando, entendiendo y documentando el comportamiento de las mismas ante distintos cambios.

## Objetivos específicos del Laboratorio

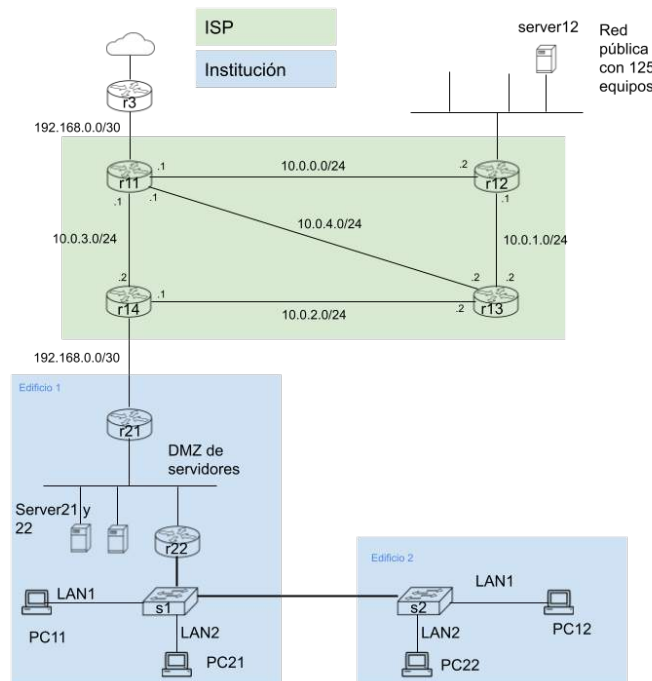
- Comprender desde la óptica de la realización de configuraciones en un emulador de red, los conceptos básicos de enrutamiento, reenvío y *switching* así como de numeración IP, direcciones MAC, dominios de colisión y *broadcast* vistos en el teórico del curso.
- Entrenarse en el uso de una herramienta de emulación, en este caso, Kathará.
- Utilizar herramientas de captura de tráfico (para su posterior análisis), en este caso Wireshark y Tcpdump.

## Problema a resolver

Considere la Figura 1. Esta describe un proveedor de servicios de Internet (ISP) y una institución conectada al proveedor a través de un enlace privado.

El problema consiste en realizar las configuraciones necesarias para lograr conectividad total en la red propuesta.

Figure 1: Topología de red



Para esto se cuenta con la topología y los directorios base de Kathará ya creados en el directorio *redes-ob3* que puede descargar del EVA del curso (en la sección de materiales).

**Es importante que para cada configuración solicitada se entienda en detalle lo realizado y las consecuencias que esto tiene en la red.**

### Parte 1: Numerar

El objetivo de esta parte es asignar direcciones IP a todos los dispositivos de la red del ISP. Para esto, como primer paso analice el contenido del directorio *redes-ob3*, en particular la definición de la topología dada en el archivo *lab.conf*. Los 125 equipos de la red pública incluyen el servidor 12.

### Entregable 1.1:

- Identifique los dominios de colisión definidos en *lab.conf* y documéntelos en la Figura 1 junto con los nombres de interfaz de cada dispositivo de red (se adjunta el

fuelle de la imagen en los materiales del obligatorio).

- b) Considerando que el ISP cuenta con el rango 145.63.32.0/20 para sus redes públicas y para ofrecer a sus clientes, que el enlace r14-r21 debe ser privado y siguiendo los lineamientos de la Figura 1, asigne y configure direcciones IP a todas las interfaces que corresponda de los dispositivos del ISP. Esta numeración será utilizada en el resto del laboratorio por lo que es importante documentar todas las decisiones tomadas.

## Parte 2: Configurar ISP

El ISP debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- El ISP está compuesto por un *backbone* de 4 *routers* (r1\*).
- Debe poder enrutar entre todas las subredes públicas conectadas al *backbone*.
- El resto de Internet está disponible a través del *router* r3.

### Entregable 2.1:

- a) Realice una configuración estática de las tablas de *forwarding* de todos los *routers* del ISP así como del *router* r3 y del *server12* de forma de implementar los requerimientos anteriores. Para realizar esta tarea se recomienda estudiar la documentación en [7] y el laboratorio en [8].
- b) Verifique experimentalmente la configuración mediante capturas de tráfico. Para esto se recomienda leer la documentación en [9].

### Entregable 2.2:

- a) En lugar de tener una configuración estática en los *routers* r11 a r14, se pide configurar y ejecutar el protocolo RIP en estos *routers*. Se recomienda estudiar la documentación en [10] y el laboratorio de Quagga y RIP listados en [11]. Debe realizar todos los pasos necesarios para que exista conectividad total entre todos los dispositivos de la topología del ISP (esto incluye a r3 y al *server12*) Debe asegurarse además que todo el tráfico que tenga destino distinto a las redes conocidas llegue al *router* r3.
- b) Capture tráfico al iniciar los "demonios" *ripd* en cada uno de los *routers* del ISP. Para esto se recomienda leer la documentación en [9]. Luego de levantados todos los demonios, espere 30 segundos y finalice la captura. Abra el archivo con *wireshark* y analice el intercambio de mensajes RIP, los vectores intercambiados y encuentre el momento de convergencia. Documente este análisis para uno de los *routers* del ISP.
- c) Luego de estabilizado el protocolo, analice la tabla de *forwarding* de los *routers* (utilizando el comando *route*). Luego, use la interfaz de línea de comandos (*CLI*) del demonio *zebra* en los *routers* (*telnet localhost ripd*) y ejecute *show ip rip*. Describa y explique las diferencias entre ambas informaciones.
- d) A partir del análisis anterior, describa el camino que seguirá un paquete desde el *router* r14 al *server12*. Valide su respuesta de forma experimental. ¿Un paquete del *server12* al *router* r14 seguirá el mismo camino? Justifique.
- e) A partir de la especificación de RIP dada en [12], explique el/los mecanismo/s que utiliza RIP para minimizar los problemas de conteo a infinito. Analice y verifique su respuesta con sus capturas de la parte anterior.
- f) Realice una prueba donde se observe el efecto de los mecanismos analizados anteriormente. En base a capturas en los *routers* deberá lograr entender paso a paso lo que sucede a nivel de RIP.

## Parte 3: Configurar Institución

La configuración de la institución debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- La institución cuenta con una conexión al ISP por medio del *router* r21 que le brinda el rango de direcciones IP públicas 145.63.37.144/28 y acceso a Internet.
- Cuenta con una red pública (DMZ [17]) donde se alojan servidores que ofrecen servicios (por ejemplo, el server12 debe poder alcanzar al server21) y se espera contar como máximo con 4 servidores.
- Cuenta con 2 LANs internas con direcciones privadas repartidas en 2 edificios mediante LANs virtuales (VLANs). Los *hosts* en estas LANs deben poder acceder a Internet (por ejemplo al server12). Para la configuración de las VLANs se recomienda revisar la sección sobre "Redes de área local virtuales (VLANs)" del libro del curso, la documentación sobre uso de switches en Kathara [13] y el Anexo 3.

### Entregable 3.1:

- a) Asigne rangos a las subredes de la institución y numere las interfaces que corresponda.
- b) Realice las configuraciones necesarias en el ISP de forma de proveer acceso a la red DMZ de servidores.
- c) Realice un análisis identificando donde es necesario tener NAT configurado, así como seleccione las redes donde conviene instalar un servidor DHCP (este es un servicio que puede ser instalado en un *router*).

Configure la red, en particular:

- Rutas estáticas en los *routers* r21 y r22.
  - Realizar las configuraciones necesarias para implementar VLANs en los switches s1 y s2 y en el router r22. Note que la conexión entre switches y entre el switch s1 y el router r22 está desplegada con un único cable.
  - Configurar NAT donde corresponda (ver Anexo 1).
  - Instalar y configurar DHCP donde convenga (ver Anexo 2).
- d) Verifique experimentalmente como mínimo los siguientes puntos:
    - Comunicación entre LANs internas e Internet.
    - Comunicación entre LANs internas y red de servidores.
    - Comunicación entre red de servidores e Internet.
  - e) Muestre y analice mediante capturas de tráfico:
    - El funcionamiento de NAT.
    - El funcionamiento e intercambio de mensajes de DHCP.

### Pregunta 3.2

Documente los dominios de *broadcast* y de colisión de las LANs de la institución, y verifíquelos experimentalmente. Para esto se recomienda leer la documentación en [13].

### Pregunta 3.3

Suponga que se desea instalar un equipo de videoconferencia en el Edificio 2. Este equipo necesita ser configurado con una IP pública. Describa en detalle los cambios y configuraciones necesarios para lograr esto sin la adquisición de equipamiento adicional. No es necesario realizar la implementación.

**Control Intermedio**

El control intermedio se realizará en el monitoreo de la semana del 31/10 y en él se deberá mostrar su resolución de la Parte 1 y de la Parte 2.1. Además deberán comentar su idea para resolver la Parte 2.2. Por detalles, consulte con su tutor.

## Anexo 1

Para configurar NAT en un sistema operativo Linux se debe usar la utilidad `iptables` [16] la cual permite configurar reglas de filtrado IP.

Se sugiere considerar la siguiente configuración:

```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s <red interna> -o <interfaz  
salida> -j SNAT --to <ip publica>
```

## Anexo 2

Para instalar y configurar DHCP en la máquina de Kathará deseada, se debe primero descargar un servidor DHCP en la máquina y configurarlo adecuadamente. De forma de facilitar el trabajo y que la instalación se mantenga a pesar de cerrar Kathará, recomendamos hacer lo siguiente para obtener y ejecutar una imagen con DHCP ya instalado:

1. Obtener la imagen con DHCP. Para esto en la máquina donde está instalado Kathará se ejecuta: `'sudo docker pull mrichart/kathara:latest'`. Esto descarga de un repositorio una imagen de Linux con el DHCP ya instalado.
2. Configurar la máquina de Kathará que utilizará esta nueva imagen. Para esto en `lab.conf`, se debe agregar la siguiente línea: `dev[image]="mrichart/kathara"`, donde `dev` es el router o pc que ejecutará DHCP (por ej. `r22`).

Luego, para ejecutar DHCP en el dispositivo debe:

1. Configurar interfaces donde se ofrece DHCP en `/etc/default/isc-dhcp-server`
2. Configurar DHCP en `/etc/dhcp/dhcpd.conf`
3. Iniciar servidor DHCP: `/etc/init.d/isc-dhcp-server start`

Además de configurar el servidor DHCP es necesario configurar las máquinas que oficiarán de clientes y se configurarán automáticamente utilizando el servidor.

Para esto se recomienda:

1. Configurar interfaz donde se usa DHCP en `/etc/network/interfaces`:  
\* `auto eth0`  
\* `iface eth0 inet dhcp`
2. Reiniciar servicio de red:  
\* `/etc/init.d/networking restart`

## **Anexo 3**

El soporte de VLANs requiere realizar la instalación de paquetes específicos en la máquina de Kathará deseada. De forma de facilitar el trabajo y que la instalación se mantenga a pesar de cerrar Kathará, recomendamos hacer lo siguiente para obtener y ejecutar una imagen con soporte de VLANs:

1. Obtener la imagen con soporte de VLANs. Para esto en la máquina donde está instalado Kathará se ejecuta: `'sudo docker pull mrichart/kathara:latest'`. Esto descarga de un repositorio una imagen de Linux con el soporte ya configurado.
2. Configurar la máquina de Kathará que utilizará esta nueva imagen. Para esto en `lab.conf`, se debe agregar la siguiente línea: `dev[image]="mrichart/kathara"`, donde `dev` es el router, pc o switch que debe soportar VLANs.

Además, a modo de guiar y facilitar la configuración, se provee de la configuración del switch `s2` ya realizada en base a [19].

## Referencias y Bibliografía Recomendada

- [1] Kathará Framework <https://www.kathara.org/>
- [2] Kathara introduction y vs con Netkit <https://www.youtube.com/watch?v=ionEpKjv3Vk>
- [3] Kathará Wiki <https://github.com/KatharaFramework/Kathara/wiki>
- [4] Guía de instalación linux con dependencias  
<https://github.com/KatharaFramework/Kathara/wiki/Linux>
- [5] <https://github.com/KatharaFramework/Netkit-Lab-Generator>
- [6] <https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/001-kathara-introduction.pdf>
- [7] [https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/Basic%20Topics/Static%20routing/004-kathara-lab\\_static-routing.pdf](https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/Basic%20Topics/Static%20routing/004-kathara-lab_static-routing.pdf)
- [8] <https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/tree/master/Basic%20Topics/Static%20routing>
- [9] [https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/Basic%20Topics/Two%20hosts/003-kathara-lab\\_two-hosts.pdf](https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/Basic%20Topics/Two%20hosts/003-kathara-lab_two-hosts.pdf)
- [10] [https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/Intradomain%20Routing/RIP/007-kathara-lab\\_rip.pdf](https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/blob/master/Intradomain%20Routing/RIP/007-kathara-lab_rip.pdf)
- [11] Quagga intruduction + RIP lab  
<https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/wiki/Intradomain-Routing>
- [12] RFC 2453. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2453.txt>
- [13] netkit-lab\_two-switches.pdf - [https://cs.unibg.it/paris/lr/download/05-netkit-lab\\_two-switches.pdf](https://cs.unibg.it/paris/lr/download/05-netkit-lab_two-switches.pdf)
- [14] Otros Labs de ejemplo: <https://github.com/KatharaFramework/Kathara-Labs/wiki>
- [15] Kurose, James, y Keith W. Ross. *Redes de computadoras*. Vol. 7. Pearson Educación, 2017
- [16] <https://linux.die.net/man/8/iptables>
- [17] [https://es.wikipedia.org/wiki/Zona\\_desmilitarizada\\_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_desmilitarizada_(inform%C3%A1tica))
- [18] <https://espejito.fder.edu.uy/redes/Ubuntu18.ova>
- [19] <https://wiki.ubuntu.com/vlan>