

Configuración de IPTV sobre GNS3

Presentado por:

Carlos Andrés García De La Cruz

Presentado al tutor:

Ing. Omar Trejo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Diplomado de Profundización en Redes de Nueva Generación

11 de marzo de 2023

Contenido

Introducción	7
Resumen.....	8
Abstract	9
Desarrollo.....	10
Calidad de Servicio (QoS).....	10
Priority Queing.....	11
Weighted Fair Queue	12
Plan de QoS	12
Diseño del Plan.....	13
Configuración de QoS	14
Configuración del Servicio de IPTV	16
Topología	17
Configuración.....	18
Servicio DHCP	19
COBAQRTR01	19
COMEDRTR01	20
Configuración de EIGRP como Protocolo de Enrutamiento Dinámico	21
COBOGRTR01	21
COBAQRTR01	21

COMEDRTR01	21
Creación de Máquinas Virtuales de Windows 10	22
Configuración de Multicast en los Routers de Borde	23
COBOGRTR01	23
COBAQRTR01	24
COMEDRTR01	24
Configuración de VLC Media Player para Realizar Transmisiones Multicast.....	26
Configuración del Transmisor	26
Configuración del Receptor o Receptores	27
Resultados	28
Conclusiones	32
Bibliografía	34

Ilustraciones

Ilustración 1: Diagrama Priority Queing (PQ).....	11
Ilustración 2: Diagrama Weighted Fair Queue (WFQ).....	12
Ilustración 3: Tipos de Trafico de red.....	13
Ilustración 4: ACLs para clasificar el tráfico – Elaboración propia.....	14
Ilustración 5: Definicion de clases y políticas – Elaboración propia	15
Ilustración 6: Aplicacion politica a nivel de interfaz – Elaboración propia.....	15
Ilustración 7: Topologia de red IPTV – Elaboración propia.....	17
Ilustración 8: Configuracion DHCP – Elaboración propia	19
Ilustración 9: Configuracion IP Helper Barranquilla – Elaboración propia	19
Ilustración 10: Configuracion IP Helper Medellin – Elaboración propia	20
Ilustración 11: configuración EIGRP Bogotá – Elaboración propia.....	21
Ilustración 12: Configuración EIGRP Barranquilla – Elaboración propia	21
Ilustración 13: configuración EIGRP Medellín – Elaboración propia.....	21
Ilustración 14: Máquinas virtuales en VirtualBox – Elaboración propia.....	22
Ilustración 15: configuración Multicast routing Bogotá – Elaboración propia.....	23
Ilustración 16: Configuración Multicast routing Barranquilla – Elaboración propia	24
Ilustración 17: Configuración Multicast routing Medellín – Elaboración propia.....	24
Ilustración 18: Configuración Transmisor pt 1 – Elaboración propia.....	26
Ilustración 19: Configuración Transmisor pt 2 – Elaboración propia.....	26
Ilustración 20: Configuración Receptor – Elaboración propia	27
Ilustración 21: Prueba de video 1 – Elaboración propia	28
Ilustración 22: Prueba de video 2 – Elaboración propia	28
Ilustración 23: Captura Wireshark servicio multicast en 239.8.8.8 – Elaboración propia.....	29

Ilustración 24: Servicios Multicast detectados en el router – Elaboración propia.....	29
Ilustración 25: IPs Multicast reportadas – Elaboración propia.....	30
Ilustración 26: configuración PIM modo disperso – Elaboración propia.....	30

Tablas

Tabla 1: Direccionamiento IP de los sitios **18**

Introducción

El cambio tecnológico es exponencial. De acuerdo con los postulados de la ley de rendimientos acelerados, los descubrimientos y avances logrados durante los últimos siglos pueden ser decenas o incluso cientos de veces más grandes que lo que se logró en tiempos anteriores. Entonces, no experimentaremos 100 años de progreso en el siglo XXI; será más bien como 20,000 años de progreso, a la tasa actual (Kurzweil, 2004)

Las tecnologías de la información están en la mayoría de los casos el corazón de este ritmo. Para mantenerse al día con este ritmo, necesitamos redes que evolucionen a la misma velocidad. Las redes de próxima generación son la respuesta a este tipo de demanda. La Red de Próxima Generación (NGN) se refiere a una red basada en paquetes y puede ser utilizada tanto para servicios de telecomunicaciones como para datos, y también admite la movilidad (Satyabrata, 2022). Para atender este tipo de requisitos, necesitamos una red que pueda gestionar eficazmente estos diferentes tipos de tráfico. Del mismo modo en que necesitamos redes capaces de manejar este tráfico, necesitamos ingenieros de TI capaces de gestionar las mismas. Este trabajo se constituye entonces en una herramienta de aprendizaje óptimo para alcanzar el objetivo mencionado anteriormente.

Resumen

En este artículo, exploraremos diferentes componentes que permiten una administración óptima del tráfico. Navegaremos por las diferentes variantes de la calidad de servicio, cómo se clasifica y prioriza el tráfico, y luego se explicará una configuración de ejemplo utilizando uno de estos métodos. En las próximas páginas del artículo, se explorará la transmisión multicast, que es una tecnología de comunicación que optimiza la utilización del ancho de banda de la red y conserva los recursos del sistema. Esto se puede lograr mediante el envío selectivo de tráfico a usuarios de un grupo particular, y eso es lo que se explicará a través de un ejercicio práctico (se proporcionará un paso a paso en esta lectura). Al final de este artículo, tendremos una mejor idea de algunos de los componentes que pueden mejorar el rendimiento de una NGN, cómo funcionan, cómo se configuran y qué desafíos podemos enfrentar.

Abstract

During this article, we will explore different components that enable an optimum traffic management. We will navigate thru the different flavors of Quality of service, how traffic is classified and prioritized, then a sample configuration using one of these methods will be explained. On the next pages of this article multicast transmission will be explored, this is a communication technology that optimizes network bandwidth utilization and conserves system resources. This can be achieved by selectively sending traffic to multiple users of a particular group, and that is what will be explained thru a hands-on exercise (Step by step will be provided on this reading). At the end of this article, we will have a better idea of some of the components that can improve a NGN performance, how do they work, how are they configured and what challenges can we face.

Desarrollo

La actividad consiste en el desarrollo de los siguientes puntos:

Calidad de Servicio (QoS)

Seleccionar dos mecanismos de QoS y describir el proceso que realiza cada uno mediante un diagrama de bloques.

Antes de describir los tipos de QoS (calidad de servicio en español), es importante saber porque implementamos QoS. De acuerdo con (Brad Edgeworth, 2020) "Las aplicaciones multimedia modernas en tiempo real, como la telefonía IP, la telepresencia, la transmisión de video, Cisco Webex y la vigilancia de video IP son extremadamente sensibles a los retrasos en la entrega y crean demandas únicas de calidad de servicio (QoS) en una red. Cuando los paquetes se entregan utilizando un modelo de entrega de mejor esfuerzo, pueden no llegar en orden o de manera oportuna, y pueden ser eliminados. Para el video, esto puede provocar la pixelación de la imagen, pausas, videos intermitentes, desincronización de audio y video o la falta de video por completo. Para el audio, esto podría provocar eco, superposición de interlocutores (un efecto de walkie-talkie donde solo una persona puede hablar a la vez), habla ininteligible y distorsionada, interrupciones de voz, largas pausas de silencio y desconexiones de llamadas."

A lo largo de los años se han desarrollado diversos mecanismos para el manejo de los paquetes que viajan a través de una red.

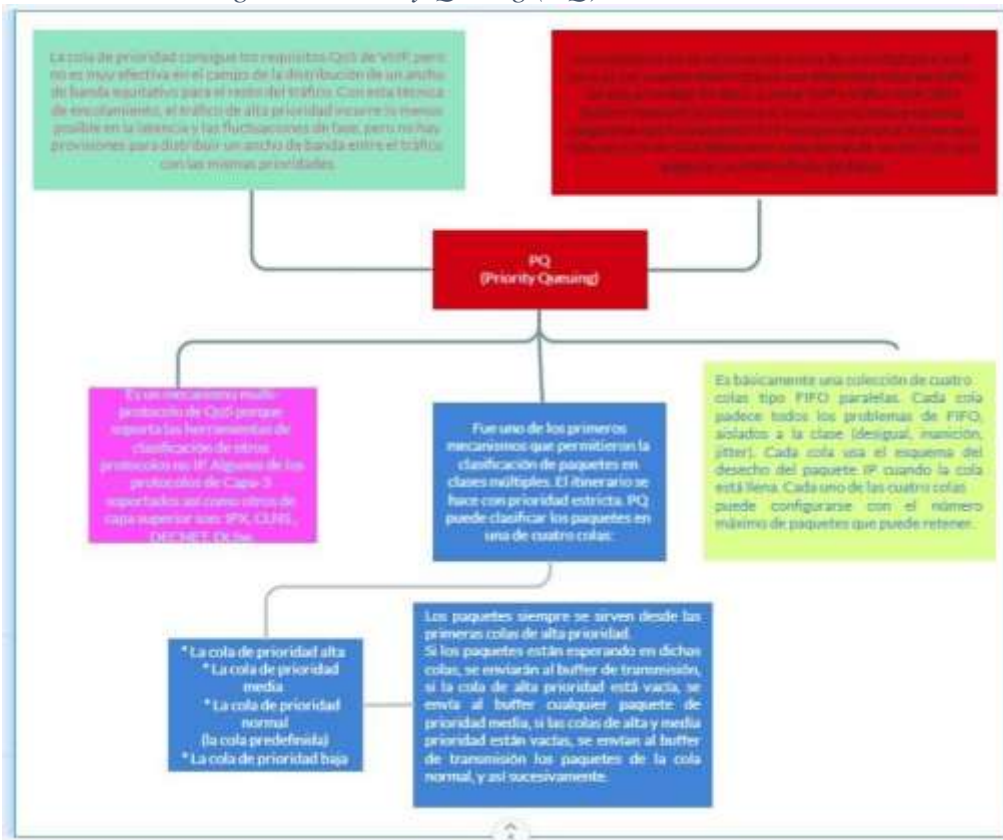
- Classification y Marking
- Congestion Management: Queueing y Scheduling

- Weighted Fair [WFQ]
- Priority [PQ]
- Custom Queuing (CQ)
- Policing and Shaping

De estos mecanismos, vamos a explicar PQ y WFQ basado en la bibliografía revisada (Javier Francisco Pardo Jaimes, 2021) , (Luna, 2014) (Jorge Alejandro Velásquez Acosta, 2021) y (Juan Becerra Guzmán) se elaboraron los siguientes diagramas.

Priority Queing

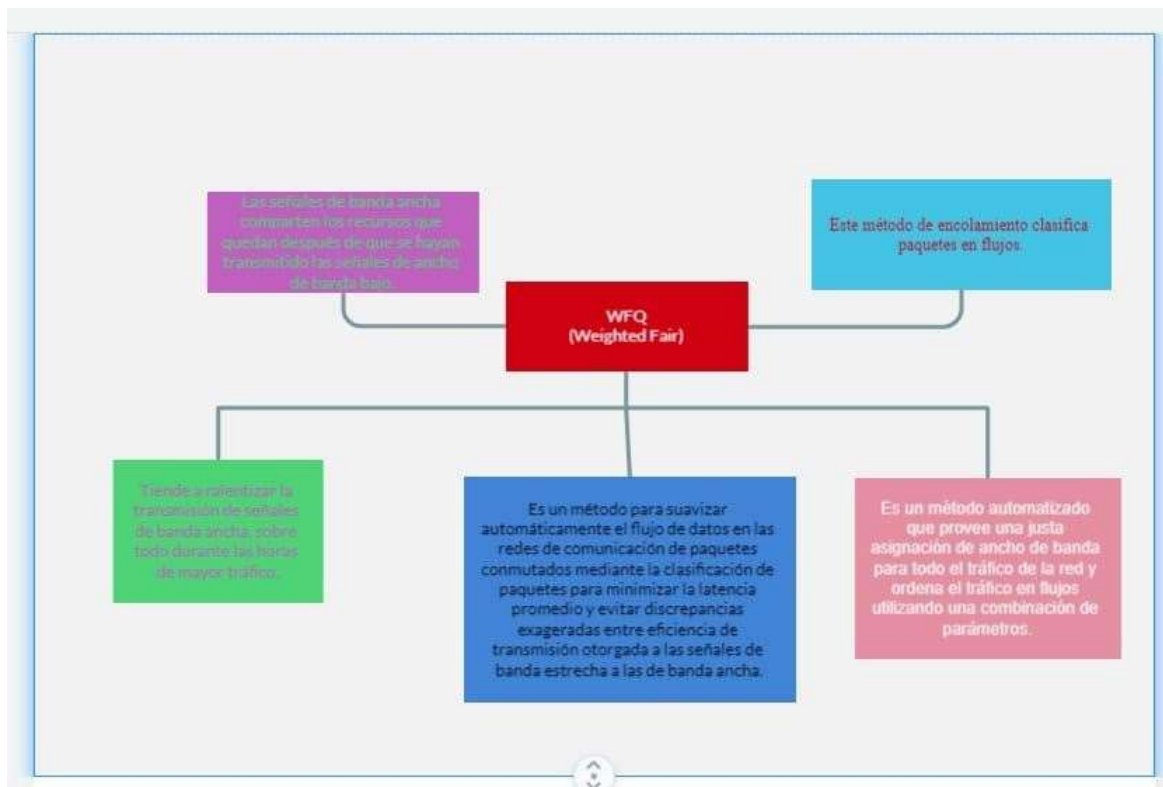
Ilustración 1: Diagrama Priority Queing (PQ)



Elaboración Propia.

Weighted Fair Queue

Ilustración 2: Diagrama Weighted Fair Queue (WFQ).



Elaboración Propia.

Plan de QoS

Documente los pasos requeridos para definir un plan de QoS que incluya los siguientes porcentajes sobre el ancho de banda total (separar tráficos mediante definición de clases):

10% del ancho de banda total para tráfico web

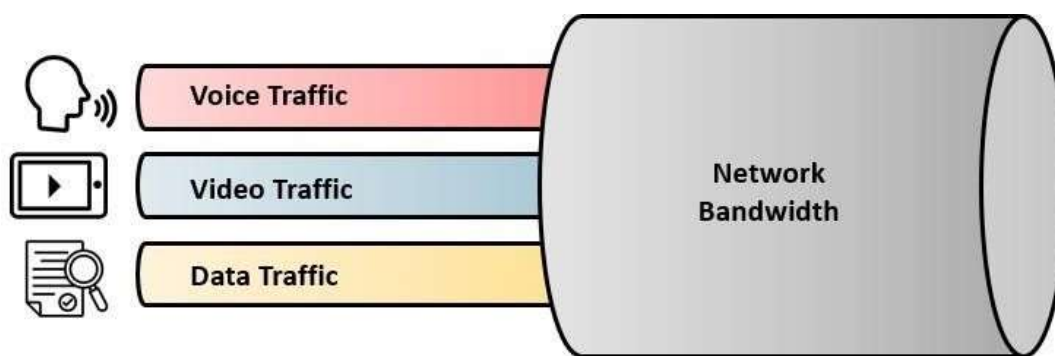
15% para tráfico de voz

20% para tráfico de streaming de video.

Diseño del Plan

Antes de proceder a asignar porcentajes a nuestras clases debemos definir el tipo de tráfico y servicios existentes en nuestra red, que, aunque podría ser más granular es básicamente como el enunciado de este ejercicio:

Ilustración 3: Tipos de Tráfico de red.



Tomado de <https://ipccisco.com/lesson/network-traffic-types/>

En la imagen de (Kosem, 2022) vemos a grandes rasgos los tipos de tráfico que podemos encontrar:

Tráfico web: HTTP o HTTPS.

Transferencia de archivos: FTP, SFTP, SMTP, etc.

Tráfico de control: Telnet, SSH, LDAP, etc.

Para el tráfico de voz y video, debemos determinar lo siguiente:

Puertos utilizados: RTP, H.323, SIP, Skype, HTTP, HTTPS

Hosts de servicios de video: Equipos de teleconferencia, Servidores de video por streaming, CDNs, etc.

Host para servicios de audio: Call managers, Media gateways, File configuration servers, CDNs, etc.

Configuración de QoS

Una vez definido el tipo de tráfico, podemos escoger el método que más se ajuste a los requerimientos del ejercicio. En este caso usaremos Class-based WFQ (Cisco Systems, 2018), ya que nos permite definir porcentajes de ancho de banda según el tráfico saliente.

Abajo está la forma en como configuramos la misma:

Lo primero que debemos hacer es definir el tráfico que vamos a clasificar (mediante listas de acceso)

Ilustración 4: ACLs para clasificar el tráfico.

```
ip access-list extended DATA
 permit tcp any any eq www
 permit tcp any any eq 443
ip access-list extended VIDEO
 permit udp any any range 16384 32767
ip access-list extended VOICE
 permit udp 192.168.3.0 0.0.0.255 any eq 1719
 permit udp 192.168.3.0 0.0.0.255 any eq 1720
 permit udp 192.168.3.0 0.0.0.255 any eq 5060
!
```

Elaboración Propia.

Luego definimos las clases y asignaciones de ancho de banda (esto se realiza dentro del policy-map).

Ilustración 5: Definición de clases y políticas.

```
!
ip tcp synwait-time 5
!
class-map match-all DATA
  match access-group name DATA
class-map match-all VIDEO
  match access-group name VIDEO
class-map match-all VOICE
  match access-group name VOICE
!
!
policy-map DATA-MGMT
  class DATA
    bandwidth percent 10
  class VOICE
    bandwidth percent 15
  class VIDEO
    bandwidth percent 20
!
```

Elaboración propia.

Finalmente, con el comando “service-policy output DATA-MGMT” aplicamos la política a las interfaces por donde pasara el tráfico a clasificar:

Ilustración 6: Aplicación política a nivel de interfaz.

```
!
interface Serial0/0
  ip address 10.57.1.1 255.255.255.252
  ip pim sparse-mode
  service-policy output DATA-MGMT
!
interface Serial0/1
  ip address 10.57.2.1 255.255.255.252
  ip pim sparse-mode
  service-policy output DATA-MGMT
!
```

Elaboración propia.

Configuración del Servicio de IPTV

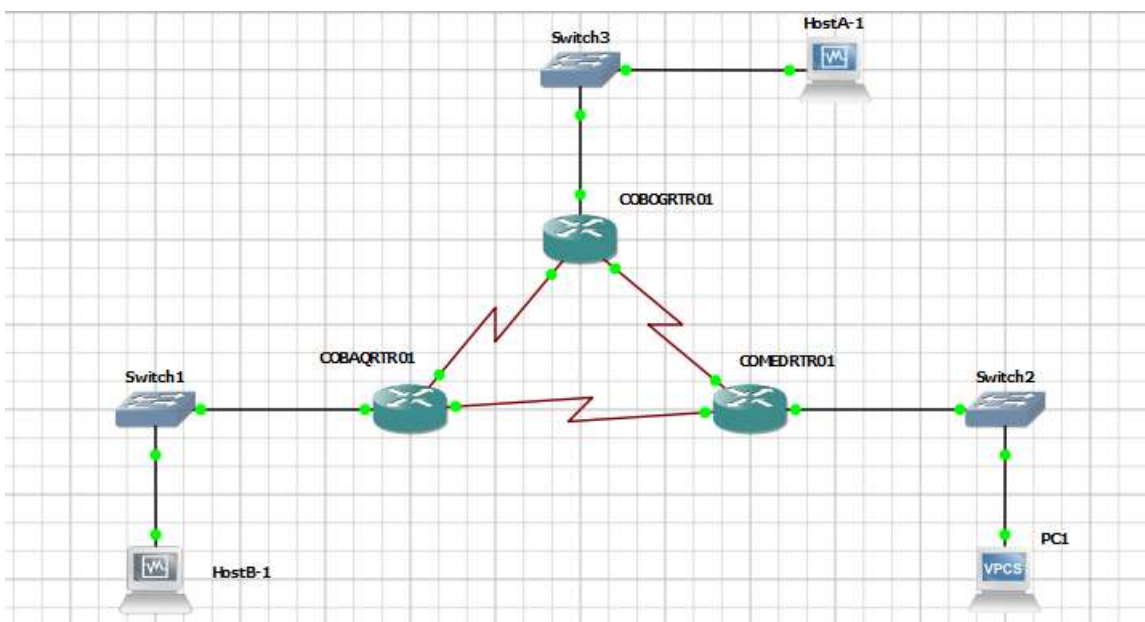
Mediante el emulador GNS3 y el uso de máquinas virtuales, a partir del análisis del servicio de IPTV desarrollado en la Fase 10, implemente IPTV Multicast entre las sedes del escenario de red descrito en la Fase 1, el cual permitirá transferir contenidos multimedia entre dos sedes. Documente los pasos en un informe:

- Configuración de dispositivos y servidor TVIP
- Habilitación de protocolos de enrutamiento, Multicast, RTP, etc.
- Configuración de cliente de video VLC
- Pruebas funcionales

Topología

Lo primero que debemos hacer es establecer una topología de operación (*Elaboración propia*). En nuestro caso será una interconexión de 3 sedes (Bogotá, Barranquilla y Medellín), las cuales tendrán cada una su red local con los servicios necesarios para su operación (TVIP y DHCP para este escenario).

Ilustración 7: Topología de red IPTV.



Elaboración propia.

Configuración

En los 3 routers de Borde de cada sede se realizarán las siguientes configuraciones:

Direccionamiento IP de acuerdo con esta tabla:

Tabla 1: Direccionamiento IP de los sitios.

	E0/0	S0/0	S0/1	S0/2	Lo0
COBOGRT	192.168.4.	10.57.1.1	10.57.2.1	NA	1.1.1.1/
R01	1/24	/30	/30		32
COBAQRT	192.168.2.	10.57.1.2	NA	10.57.3.1	2.2.2.2/
R01	1/24	/30		/30	32
COMEDRT	192.168.3.	NA	10.57.2.2	10.57.3.2	3.3.3.3/
R01	1/24		/30	/30	32

Elaboración propia.

Servicio DHCP

Para los equipos finales estará ubicado en COBOGRTR01, apoyándonos en IP Helpers para llegar desde los demás sitios.

Ilustración 8: Configuración DHCP.

```

conf t
!
hostname CO-BOG-RTR01
!
ip dhcp excluded-address 192.168.4.1
ip dhcp excluded-address 192.168.2.1
ip dhcp excluded-address 192.168.3.1
!
ip dhcp pool BOGOTA
  network 192.168.4.0 255.255.255.0
  default-router 192.168.4.1
!
ip dhcp pool BARRANQUILLA
  network 192.168.2.0 255.255.255.0
  default-router 192.168.2.1
!
ip dhcp pool MEDELLIN
  network 192.168.3.0 255.255.255.0
  default-router 192.168.3.1
!
!

```

Elaboración propia.

COBAQRTR01

Ilustración 9: Configuración IP Helper Barranquilla.

```

interface Ethernet0/0
  ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
  ip pim sparse-mode
  ip helper-address 1.1.1.1
  no shu

```

Elaboración propia.

COMEDRTR01

Ilustración 10: Configuración IP Helper Medellín.

```
interface Ethernet0/0
  ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
  ip pim sparse-mode
  ip helper-address 1.1.1.1
  no shu
!
```

Elaboración propia.

Configuración de EIGRP como Protocolo de Enrutamiento Dinámico

De esta forma podemos garantizar conectividad en todos los puntos de la red.

COBOGRTR01

Ilustración 11: configuración EIGRP Bogotá.

```
router eigrp 10
 network 1.1.1.1 0.0.0.0
 network 10.57.1.0 0.0.0.3
 network 10.57.2.0 0.0.0.3
 network 192.168.4.0
!
```

Elaboración propia.

COBAQRTR01

Ilustración 12: Configuración EIGRP Barranquilla.

```
router eigrp 10
 network 2.2.2.2 0.0.0.0
 network 10.57.1.0 0.0.0.3
 network 10.57.3.0 0.0.0.3
 network 192.168.2.0 0.0.0.255
!
```

Elaboración propia.

COMEDRTR01

Ilustración 13: configuración EIGRP Medellín.

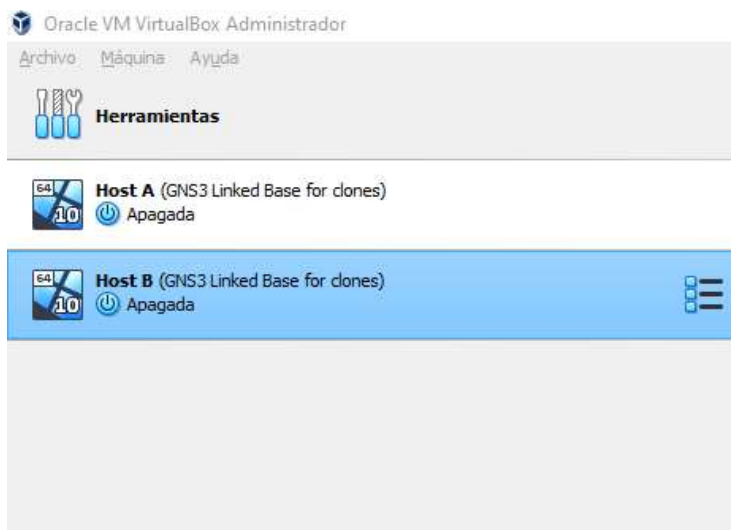
```
router eigrp 10
 network 3.3.3.3 0.0.0.0
 network 10.57.2.0 0.0.0.3
 network 10.57.3.0 0.0.0.3
 network 192.168.3.0 0.0.0.255
.
```

Elaboración propia.

Creación de Máquinas Virtuales de Windows 10

Apoyándonos en VirtualBox y de acuerdo con lo instruido por Christian Augusto Romero Goyzueta en su tutorial “Install and Configure Windows 10 on Virtualbox for GNS3 or Anything” (Goyzueta, 2018). Estas serán importadas a GNS3 para su uso en el laboratorio de la siguiente forma:

Ilustración 14: Máquinas virtuales en VirtualBox.



Elaboración propia.

Configuración de Multicast en los Routers de Borde

Se realizo mediante PIM (protocol independent multicast) en modo disperso.

Podemos encontrar dos tipos de operación para PIM (NetworkLessons.com, S.F.)

PIM modo disperso: “este es un modelo de "pull" en el que solo reenviamos tráfico de multidifusión cuando se solicita.”

PIM modo denso: “este es un modelo de "push" en el que inundamos el tráfico de multidifusión en todas partes y luego lo podemos cuando no se necesita.”

En nuestro caso usaremos modo disperso para reducir la carga de red en el simulador, por lo cual necesitaremos ingresar los siguientes comandos:

COBOGRTR01

Ilustración 15: configuración Multicast routing Bogotá.

```
.
ip multicast-routing
!
interface Ethernet0/0
 ip pim sparse-mode
 no shu
!
interface Serial0/0
 ip pim sparse-mode
!
interface Serial0/1
 ip pim sparse-mode
!
!
ip pim rp-address 1.1.1.1
!
```

Elaboración propia.

COBAQRTR01

Ilustración 16: Configuración Multicast routing Barranquilla.

```
ip multicast-routing
!
interface Ethernet0/0
 ip pim sparse-mode
!
interface Serial0/0
 ip pim sparse-mode
!
interface Serial0/2
 ip pim sparse-mode
!
ip pim rp-address 1.1.1.1
!
```

Elaboración propia.

COMEDRTR01

Ilustración 17: Configuración Multicast routing Medellín.

```
.
ip multicast-routing
!
!
interface Ethernet0/0
 ip pim sparse-mode
!
interface Serial0/1
 ip pim sparse-mode
!
interface Serial0/2
 ip pim sparse-mode
!
ip pim rp-address 1.1.1.1
!
```

Elaboración propia.

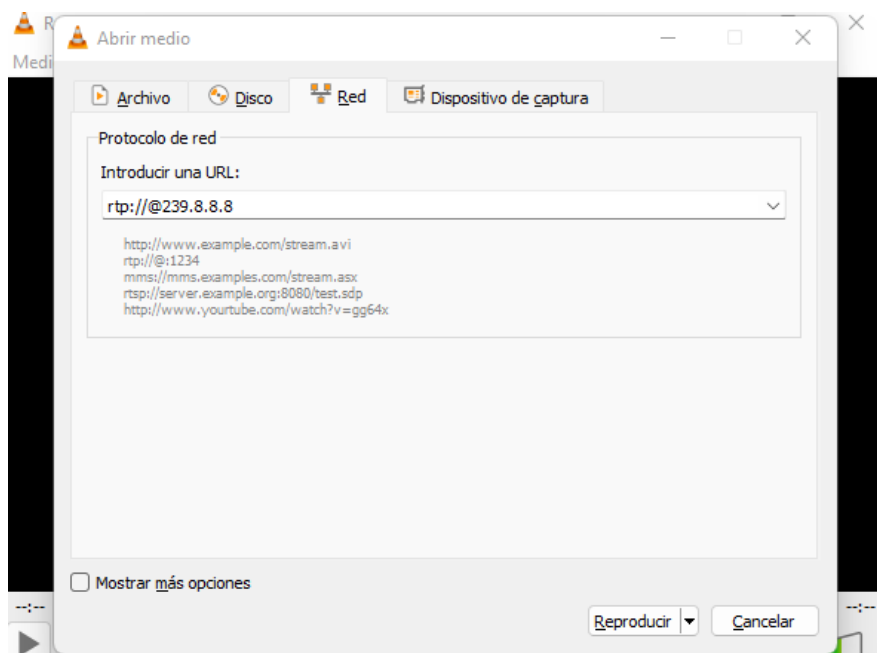
Es importante resaltar que el modo disperso, debemos configurar un RP-address (rendezvous point) que será el encargado de responder todas las solicitudes de tráfico Multicast (NetworkLessons.com., S.F.) En nuestro caso escogimos como RP 1.1.1.1 que es la Loopback de COBOGRTR01, mediante la configuración de Loopback0 garantizamos que el RP siempre será alcanzable.

Es importante anotar que VLC por defecto envía los paquetes Multicast con TTL=1, por lo que debemos modificarlo de forma que pueda viajar a través de distintas redes sin que se descarten los paquetes, tal como lo hace Primescope en su tutorial "Multicast GNS3 CCNA CCNP (Part 3)" (PrimScope, 2021).

Configuración del Receptor o Receptores

Ir a Media-> Open network location.

Ilustración 20: Configuración Receptor.

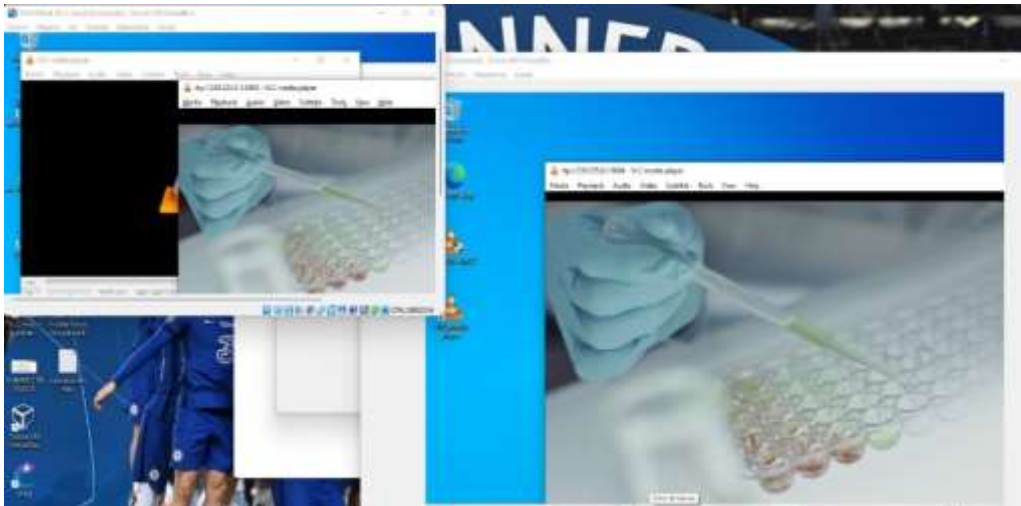


Elaboración propia.

Resultados

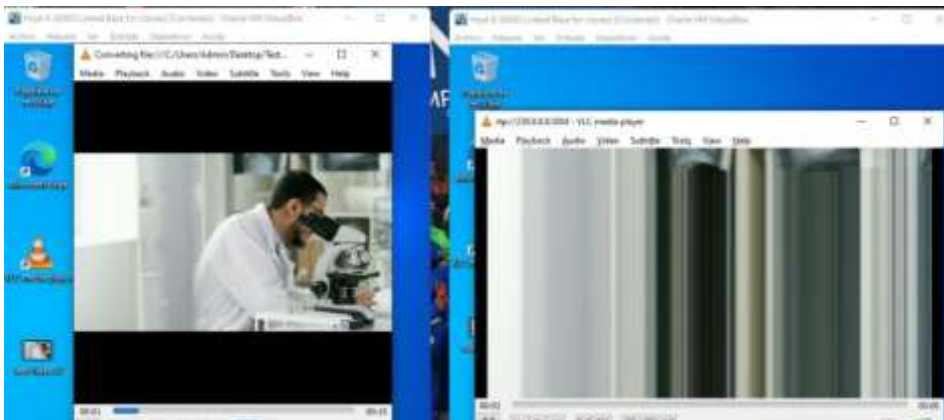
Para nuestra topología Host A (izquierda) conectado a COBOGRTR01 será quien transmita el servicio de streaming, mientras que Host B (derecha) será el receptor de este. Una vez realizada la configuración, tendremos reproducción de video Multicast a través de esta red. Abajo vemos dos ejemplos con distintas direcciones Multicast (239.255.0.1 y 239.8.8.8).

Ilustración 21: Prueba de video 1.



Elaboración propia

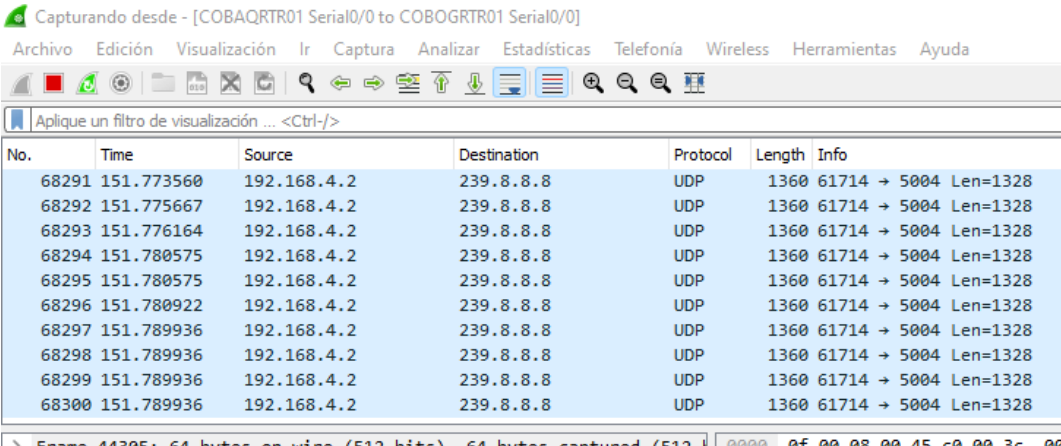
Ilustración 22: Prueba de video 2.



Elaboración propia.

Si realizamos una captura en la red simulada, podremos observar el envío de paquetes Multicast 239.8.8.8 a la dirección configurada en el software VLC desde el Host A (Bogotá) que tiene una dirección IP 192.168.4.2

Ilustración 23: Captura Wireshark servicio multicast en 239.8.8.8.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
68291	151.773560	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68292	151.775667	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68293	151.776164	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68294	151.780575	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68295	151.780575	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68296	151.780922	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68297	151.789936	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68298	151.789936	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68299	151.789936	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328
68300	151.789936	192.168.4.2	239.8.8.8	UDP	1360	61714 -> 5004 Len=1328

Elaboración propia.

Del mismo modo podemos observar las membresías de IGMP por CLI en los routers de borde. Para la primera prueba usamos la dirección 239.255.0.1.

Ilustración 24: Servicios Multicast detectados en el router.

```
(*, 239.255.0.1), 00:09:33/stopped, RP 1.1.1.1, flags: SJC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
Ethernet0/0, Forward/Sparse, 00:09:33/00:02:30

(192.168.2.2, 239.255.0.1), 00:04:14/00:02:50, flags: T
Incoming interface: Serial0/0, RPF nbr 10.57.1.2
Outgoing interface list:
Ethernet0/0, Forward/Sparse, 00:04:14/00:02:30
```

Elaboración propia.

En la segunda prueba, usamos 239.8.8.8.

Ilustración 25: IPs Multicast reportadas.

```
CO-BAQ-RTR01#sh ip igmp gr
CO-BAQ-RTR01#sh ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter  Group Accounted
239.255.255.252 Ethernet0/0    00:56:34  00:02:36  192.168.2.2
239.8.8.8      Ethernet0/0    00:38:00  00:02:32  192.168.2.2
224.0.1.40     Ethernet0/0    01:51:49  00:02:33  192.168.2.1
CO-BAQ-RTR01#
```

Elaboración propia.

Si bien la evidencia muestra que COBAQRTR01 es miembro de 239.8.8.8, no veremos lo mismo en COBOGRTR01. Esto debido al método de PIM disperso, donde solo se recibe el tráfico Multicast de una dirección cuando el host lo solicita. En este caso COBOGRTR01 no está reproduciendo el stream.

Para terminar este escenario, es importante resaltar que en algunas ocasiones podemos ver que el tráfico Multicast está saturando el enlace. Para evitar esto, podemos agregar las siguientes configuraciones (O'Reilly learning platform, S.F.):

Ilustración 26: configuración PIM modo disperso.

```
CO-BOG-RTR01#sh run int s0/0
Building configuration...

Current configuration : 183 bytes
!
interface Serial0/0
 ip address 10.57.1.1 255.255.255.252
 ip pim sparse-mode
 ip multicast rate-limit in 500
 ip multicast rate-limit out 500
 service-policy output DATA-MGMT
end
```

Elaboración propia.

Aquí vemos que la interfaz no puede pasar tráfico Multicast mayor a 500Kbps. Y que el tráfico está siendo clasificado según la política configurada en el punto 2 de esta guía.

Conclusiones

Dentro del desarrollo de la investigación y elaboración de este documento, se presentaron algunos retos, que pueden ser tomadas como lecciones aprendidas en este tipo de implementaciones. Se profundizó en el significado de las redes NGN y porque son tan importantes hoy en día, complementando el contenido del curso con un diseño de un plan de QoS basado en el ancho de banda. Tal vez hasta el momento no se había tenido en cuenta lo importante es todo el trabajo que hay detrás de bambalinas para que una persona pueda sentarse en un computador a ver YouTube o a hacer una videoconferencia por Zoom. Y aunque esto es solo una pequeña tarea respecto a lo que se hace en el mundo real, resulta bastante esclarecedor respecto a todo lo que actualmente en internet. Por último, y el cual tal vez fue el escenario más retador, se realizó la configuración de Multicast sobre el siempre robusto, pero exigente GNS3. Se pudo evidenciar en este escenario la combinación de muchos conceptos, reforzando configuraciones previamente aprendidas, como protocolos de enrutamiento, servicios DHCP. También se introdujeron nuevos conceptos como Multicast con PIM (Dense o disperso), y QoS.

Y para hacer esta experiencia aún más enriquecedora se presentaron algunos retos. Como el hecho que GNS3 puede ser bastante intenso a nivel de procesamiento y RAM, lo cual ralentiza un poco la respuesta de las máquinas virtuales si no se dispone de un computador apto. Se encontró que, si bien Multicast es muy útil, tiene la capacidad de saturar las interfaces y tumbar una red (sobre todo si son enlaces seriales con apenas 1.544Mbps de ancho de banda), por lo que se debe recurrir a métodos de contención para este tipo de tráfico en aras de mantener la conectividad, y aunque esto pueda tener un efecto adverso en la

calidad de las transmisiones, presenta ante el estudiante el dilema que también se enfrentan los ingenieros en la vida real, costo vs calidad.

Bibliografía

- Brad Edgeworth, R. G. (2020). Chapter 14 QoS CCNP and CCIE Enterprise Core ENCOR 350-401 Official Cert Guide. En R. G. Brad Edgeworth, & M. T. Al. (Ed.), *CCNP and CCIE Enterprise Core ENCOR 350-401 Official Cert Guide* (pág. 363). San Jose, CA, USA: Cisco Press.
- Cisco Systems. (26 de Enero de 2018). *QoS: Congestion Management Configuration Guide, Cisco IOS Release 15M&T*. (C. Press, Ed.) Obtenido de Cisco:
https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/qos_conmgt/configuration/15-mt/qos-conmgt-15-mt-book/qos-conmgt-cfg-wfq.html#GUID-9003885B-51B6-436B-9825-4804E51DCE53
- Goyzueta, C. A. (20 de Enero de 2018). *YouTube*. Obtenido de Install and Configure Windows 10 on Virtualbox for GNS3 or Anything:
https://www.youtube.com/watch?v=QZ8uuNtw7sM&ab_channel=ChristianAugustoRomeroGoyzueta
- Javier Francisco Pardo Jaimes, Á. D. (2021). *Repositorio UNAD*. Obtenido de Repositorio UNAD:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41875/1054921163.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jorge Alejandro Velásquez Acosta, L. M. (2021). *Repositorio UNAD*. Obtenido de Repositorio UNAD:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/47655/lmorenoda.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Juan Becerra Guzmán, D. F. (s.f.). *Biblioteca UTB*. Obtenido de UTB:
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0045090.pdf>
- Kosem, G. (2022). *IPCisco.com*. Obtenido de IPCisco.com:
<https://ipcisco.com/lesson/network-traffic-types/>

Kurzweil, R. (2004). The Law of Accelerating Returns. En R. Kurzweil, & C. Teuscher (Ed.), *Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker*. (págs. 381–416). Teuscher, C.
doi:https://doi.org/10.1007/978-3-662-05642-4_16

Luna, J. L. (12 de Febrero de 2014). *redes convergentes*. Obtenido de redes convergentes:

<https://sites.google.com/site/redesconvergentesjoseluis1203/unidad-ii-calidad-de-servicio-qos/5---mecanismos-de-qos-para-administrar-y-evitar-la-congestion-de-la-red>

NetworkLessons.com. (S.F.). *NetworkLessons.com*. Obtenido de Multicast PIM Sparse-Dense Mode: <https://networklessons.com/cisco/ccie-routing-switching-written/multicast-pim-sparse-dense-mode#:~:text=Multicast%20PIM%20has%20three%20modes,it%20when%20it's%20not%20needed.>

NetworkLessons.com. (S.F.). *NetworkLessons.com*. Obtenido de Multicast PIM Sparse-Dense Mode.: <https://networklessons.com/multicast/multicast-pim-sparse-mode>

O'Reilly learning platform. (S.F.). *O'Reilly learning platform*, 2. Obtenido de Cisco IOS in a Nutshell: <https://www.oreilly.com/library/view/cisco-ios-in/0596008694/re372.html>

PrimScope. (20 de Enero de 2021). *YouTube*. Obtenido de PrimScope:
https://www.youtube.com/watch?v=fhmFJUYalTE&ab_channel=PrimeScope

Satyabrata, J. (20 de July de 2022). *Geeks for Geeks*. Obtenido de Geeks for Geeks:
<https://www.geeksforgeeks.org/next-generation-network-ngn/>