

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

SIMULACIÓN DE REDES WAN MEDIANTE GNS3 UTILIZANDO MÚLTIPLES FABRICANTES PARA EL CP-REDES DE COMPUTADORAS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO SUPERIOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES**

Andrés Alejandro Escobar León

andres.escobar@epn.edu.ec

Maylee Nicol Pineda Suárez

maylee.pineda@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. FERNANDO VINICIO BECERRA CAMACHO, MSc.

fernando.becerrac@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ, MSc.

fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2021


CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Escobar León Andrés Alejandro y la Srta. Pineda Suárez Maylee Nicol como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO SUPERIOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES, bajo nuestra supervisión:



**ING. FERNANDO VINICIO
BECERRA CAMACHO, MSc.**

DIRECTOR DEL PROYECTO



**ING. FABIO MATÍAS
GONZÁLEZ GONZÁLEZ, MSc.**

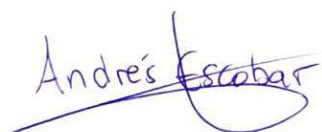
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Escobar León Andrés Alejandro con CI: 020188808-8 y Pineda Suárez Maylee Pineda con CI: 175116922-6 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Sr. Andrés Alejandro Escobar León

Srta. Maylee Nicol Pineda Suárez

CI: 020188808-8

CI: 175116922-6

Teléfono: 0987701505

Teléfono: 0993055771

Correo: andres.escobar@epn.edu.ec

Correo: maylee.pineda@epn.edu.ec

DEDICATORIA

Esta dedicatoria es para mi abuelo Luis León y mi bisabuela Carmen Gutiérrez, fueron unas personas muy buenas, queridas e importantes para toda la familia. Nos dejaron de forma injusta e inesperada y eso hace que el dolor de su partida no pueda cicatrizar, en verdad hubiera querido que personas tan importantes y que me dieron un amor tan grande, desde que tengo conciencia, estuvieran en mi graduación. Como no puede ser así, solo espero de corazón que estén orgullosos de mis logros porque a ellos irán siempre dedicados...

Andrés Alejandro Escobar León

AGRADECIMIENTO

Me faltan hojas para agradecer a todas las personas que me han ayudado a lo largo de mi trayectoria estudiantil. En primer lugar, esto va para mi abuela Martha Corro y mi tía Marlene Gutiérrez por haberme dado el cariño y confianza que necesitaba para continuar con mis estudios desde el momento que llegue a Ecuador. Agradezco a mis padres Raúl Escobar y Elizabeth León por el apoyo que me han dado y siempre haberme deseado lo mejor. A mis hermanos pequeños, de quienes debo servir de guía y mostrarles un camino correcto, también al que ha sido mi hermano mayor, Alex Escobar, por ser un amigo y unas de las personas a las que admiro. El agradecimiento es general para toda mi familia, por el granito de arena que han puesto para evitar que siga malos pasos y pueda completar mis objetivos. También a mis amigos por evitar que pierda la cabeza del estrés alegrándome con sus bromas, conversaciones y las aventuras que hemos vivido. Agradezco igual a nuestro director de tesis por la paciencia que demostró durante todo el desarrollo del proyecto.

Una mención importante es a mi novia, de quien flechado desde el primer momento que la vi, estamos juntos desde primer semestre y ahora hemos terminado nuestros estudios juntos, estoy orgulloso de haber compartido esta parte de mi vida a tu lado.

También debo hacer una mención a la familia de Maylee, por su amabilidad y hospitalidad cuando estábamos en proceso de completar la tesis, de corazón, muchas gracias porque su ayuda fue muy importante.

Andrés Alejandro Escobar León

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo a mis padres y a mi hermana, Elia Suarez, Yoni Pineda, Jeyli Pineda, a mi tía Cecilia Suarez y a mi tío Fernando Pineda por brindarme su apoyo incondicional y a mis amigos y familiares que han estado presentes en este proceso.

Maylee Nicol Pineda Suárez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y a mi hermana, Elia Suarez, Yoni Pineda, Jeyli Pineda, a mi tía Cecilia Suarez y a mi tío Fernando Pineda por su cariño y apoyo. También quiero agradecer a mi mascota por alegrar mis días y acompañarme en mis noches de desvelo además quiero expresar mi agradecimiento a mi director de tesis el ingeniero Fernando Becerra por su infinita paciencia.

Maylee Nicol Pineda Suárez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivo general.....	1
1.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	Fundamentos.....	2
	Cisco.....	2
	Huawei.....	2
	Mikrotik.....	2
	Juniper.....	2
	Interior Gateway Protocol (IGP).....	2
	Routing Information Protocol (RIP).....	2
	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP).....	3
	Open Shortest Path First (OSPF).....	3
	Intermediate System to intermediate System (IS-IS).....	3
	Node Cloud.....	3
	Node Cloud NAT.....	4
	Dynamips.....	4
	Qemu.....	4
	High-Level Data Link Control (HDLC).....	4
	Point-to-Point Protocol (PPP).....	4
	Password Authentication Protocol (PAP).....	5
	Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP).....	5
	Point-to-point over Ethernet (PPPoE).....	5
	Frame Relay.....	5
	Multiprotocol Label Switching (MPLS).....	5
2	Metodología.....	6
2.1	Descripción de la metodología usada.....	6
	Objetivo 1.....	6
	Objetivo 2.....	6

Objetivo 3	7
Objetivo 4	7
Objetivo 5	7
3 Resultados y Discusión.....	8
3.1 Analizar la información de los requisitos de las diferentes simulaciones	8
Emuladores y simuladores de red	8
Cisco Packet Tracer.....	8
GNS3.....	9
eNSP	10
PNETLAB	11
CORE	13
3.2 Diseñar las topologías con sus respectivos dispositivos y conexiones.....	15
Topologías de red	15
Topología de las prácticas	17
Imágenes de Huawei	24
Imágenes de Cisco	29
Imágenes de Mikrotik.....	30
Imágenes de Juniper.....	31
3.3 Implementar redes WAN en el <i>software</i> GNS3.....	31
Programas necesarios	31
Comandos necesarios para configurar los <i>routers</i>	37
3.4 Verificar el funcionamiento de los equipos de la red WAN y los distintos dispositivos.....	50
Tablas de enrutamiento, configuración de protocolos, <i>pings</i> y <i>traceroute</i> de las prácticas.....	50
3.5 Elaborar las hojas guías para los estudiantes.	66
Desarrollo de la hoja guía 0	67
Desarrollo de la hoja guía 1	101
Desarrollo de la hoja guía 2	117

Desarrollo de la hoja guía 3	129
Desarrollo de la hoja guía 4	151
Desarrollo de la hoja guía 5	171
4 Conclusiones y Recomendaciones.....	192
4.1 Conclusiones.....	192
4.2 Recomendaciones	193
Anexo 1: Certificado de Funcionamiento	i

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Administrador de módulos de un router en Packet Tracer.....	9
Figura 3.2	Espacio de trabajo físico.....	9
Figura 3.3	Ejemplo de laboratorios disponibles para su descarga	12
Figura 3.4	Laboratorio gratuito basado en VLANS y con formato 3D	13
Figura 3.5	Interfaz del emulador CORE.....	13
Figura 3.6	Interfaz del emulador EVE-NG	15
Figura 3.7	Tipos de topologías de red.	17
Figura 3.8	Topología propuesta para la práctica 0 en GNS3.....	18
Figura 3.9	Topología propuesta para la práctica 0 en eNSP.	18
Figura 3.10	Error mostrado por GNS3 no permite conexión serial con la cloud.....	19
Figura 3.11	Topología propuesta para la práctica 1.	19
Figura 3.12	Topología propuesta para la práctica 2.	20
Figura 3.13	Topología propuesta para la práctica 3.	21
Figura 3.14	Topología propuesta para la práctica 4.	22
Figura 3.15	Topología propuesta para la práctica 5 en GNS3.....	23
Figura 3.16	Topología propuesta para la práctica 5 en eNSP.	23
Figura 3.17	Routers disponibles en eNSP.	24
Figura 3.18	Módulos disponibles para algunos routers de eNSP.	25
Figura 3.19	Router de la serie AR3260 de Huawei	27
Figura 3.20	Vista frontal del router de la serie c3725 de Cisco.....	29
Figura 3.21	Vista posterior del router de la serie c3725 de Cisco.....	29
Figura 3.22	Interfaz de Oracle VM VirtualBox.	32
Figura 3.23	Componentes adicionales que se pueden instalar en GNS3.	33
Figura 3.24	Interfaz del programa GNS3.	33
Figura 3.25	Comprobación de instalación de programas necesarios.	35
Figura 3.26	Interfaz del programa eNSP.	35
Figura 3.27	Carpeta compartida con imágenes ISO y programas correspondientes. .	37
Figura 3.28	Tabla de enrutamiento del router Cisco.	51
Figura 3.29	Ping y Traceroute desde el PC1 hasta el PC2 en la topología de red de Cisco.....	51
Figura 3.30	Traceroute desde el router Cisco hasta el PC2.	51
Figura 3.31	Tabla de enrutamiento del router Juniper.....	51
Figura 3.32	Ping y Traceroute desde el PC3 hasta el PC4 en la topología de red de Juniper.....	52

Figura 3.33 Traceroute desde el router Juniper hasta el PC4.....	52
Figura 3.34 Tabla de enrutamiento del router Mikrotik.	52
Figura 3.35 Ping y Traceroute desde el PC5 hasta el PC6 en la topología de red del router Mikrotik.	52
Figura 3.36 Traceroute desde el router Mikrotik hasta el PC6.	52
Figura 3.37 Tabla de enrutamiento del router Huawei.	53
Figura 3.38 Ping y Traceroute desde el PC1 hasta el PC2 en la red de Huawei.	53
Figura 3.39 Traceroute desde el router Huawei hasta el PC2 en eNSP.....	53
Figura 3.40 Tabla de enrutamiento del router Cisco.	54
Figura 3.41 Ping y Traceroute desde el PC1 de eNSP hasta www.google.com.	54
Figura 3.42 Ping y Traceroute desde el PC1 de eNSP hasta el PC1 de GNS3.	55
Figura 3.43 Visualización de las etiquetas colocadas en el router Cisco.	55
Figura 3.44 Interfaces operacionales con MPLS en el router Cisco.	55
Figura 3.45 Etiquetas colocadas en el router Mikrotik.....	56
Figura 3.46 Etiquetas colocadas en el router Huawei.	56
Figura 3.47 Tabla de enrutamiento del router Cisco de la Práctica 2.	56
Figura 3.48 Sesiones activas de PPPoE en el router Servidor Cisco.	57
Figura 3.49 Tabla de enrutamiento del router Mikrotik de la Práctica 2.....	57
Figura 3.50 Ping y Traceroute entre los routers clientes: Cisco y Huawei.....	58
Figura 3.51 Pings entre los routers Clientes: Mikrotik con Cisco y Huawei.....	58
Figura 3.52 Tabla de enrutamiento del router Mikrotik de la Práctica 3.....	58
Figura 3.53 Tabla MPLS obtenida del <i>router</i> Mikrotik.	59
Figura 3.54 Configuración de PPP CHAP establecida en el router Cisco.	59
Figura 3.55 Configuración de HDLC establecida en el router Cisco.....	59
Figura 3.56 Configuración de PPP CHAP establecida en el router Huawei.	59
Figura 3.57 Configuración de HDLC establecida en el router Huawei.....	60
Figura 3.58 Ping y Traceroute desde el Cliente 3 hasta el Cliente 2.	60
Figura 3.59 Ping desde el Cliente 4 hasta el Cliente 1.....	60
Figura 3.60 Tabla de enrutamiento del router Cisco de la Práctica 4.	61
Figura 3.61 Pings desde el router Cisco principal a los router Cisco secundarios.	61
Figura 3.62 Pings desde router Cisco principal a los routers Huawei secundarios.....	62
Figura 3.63 Traceroute desde el router Cisco principal a los routers Huawei secundarios.	62
Figura 3.64 Traceroute desde los routers Cliente 1 hasta el Cliente 3.	62
Figura 3.65 Configuración de Frame Relay en el router Huawei.	62
Figura 3.66 Configuración de Frame Relay en el router Cisco.	63

Figura 3.67 Tabla de enrutamiento del router Cisco: R2Cisco de la Práctica 5.	63
Figura 3.68 Primera parte de la tabla de enrutamiento del router Huawei: R1Huawei.	64
Figura 3.69 Segunda parte de la tabla de enrutamiento del router Huawei: R1Huawei.	64
Figura 3.70 Tabla MPLS obtenida del router Cisco de la Práctica 5.....	65
Figura 3.71 Tabla MPLS obtenida del router Mikrotik de la Práctica 5.	65
Figura 3.72 Interfaces configuradas con MPLS en el router Juniper de la Práctica 5. 65	
Figura 3.73 Configuración de PPP PAP establecida en el router Cisco.	65
Figura 3.74 Configuración de PPP PAP establecida en el router Huawei.	65
Figura 3.75 Sesión PPPoE establecida entre los routers: Huawei y Mikrotik.	66
Figura 3.76 Ping desde la PC-Huawei a la PC-CISCO.	66
Figura 3.77 Tracert desde la PC-Huawei a la PC-Juniper.	66
Figura 3.78 Componentes instalables de GNS3.....	67
Figura 3.79 Topología con el router Cisco en GNS3 para la Hoja Guía 0 Estudiante. 68	
Figura 3.80 Topología con el router Mikrotik en GNS3 para la Hoja Guía 0 Estudiante.	68
Figura 3.81 Topología con el router Juniper para la Hoja Guía 0 Estudiante.	69
Figura 3.82 Topología con el router Huawei en eNSP para la Hoja Guía 0 Estudiante.	69
Figura 3.83 Topología con el router Cisco en GNS3 para la Hoja Guía 0 Docente. ...	73
Figura 3.84 Topología con el router Mikrotik en GNS3 para la Hoja Guía 0 Docente. 73	
Figura 3.85 Topología con el router Juniper para la Hoja Guía 0 Docente.....	74
Figura 3.86 Topología con el router Huawei en eNSP para la Hoja Guía 0 Docente.. 74	
Figura 3.87 Carpeta de One Drive con la imagen de Cisco c3725.	75
Figura 3.88 Opciones de la pestaña Edit en GNS3.	75
Figura 3.89 Lista de las IOS de los routers Cisco.	75
Figura 3.90 Tipo del servidor en el que se ejecutará la Imagen del router Cisco.	76
Figura 3.91 Selección del archivo de la Imagen del router.	76
Figura 3.92 Asignación de un nombre para el dispositivo.	76
Figura 3.93 Asignación de memoria RAM para el router Cisco.	77
Figura 3.94 Asignación de interfaces tipo FastEthernet para el router Cisco.	77
Figura 3.95 Asignación de interfaces seriales para el router Cisco.	78
Figura 3.96 El Idle-PC se mantiene por defecto.	78
Figura 3.97 Router Cisco c3725 instalado en GNS3.	78
Figura 3.98 Vista Inicial del terminal del router CISCO.	79

Figura 3.99	Imagen del router Mikrotik 6.44.6 en la carpeta de OneDrive.	79
Figura 3.100	Inicio de la configuración del Router Mikrotik.	79
Figura 3.101	Asignación de un nombre al router Mikrotik.	80
Figura 3.102	Asignación de memoria RAM para la imagen del router Mikrotik.	80
Figura 3.103	Tipo de Consola.	80
Figura 3.104	Selección de la imagen del router Mikrotik descargada.	81
Figura 3.105	Imagen del router Mikrotik en los componentes de Qemu VMs.	81
Figura 3.106	Modificación del símbolo y la categoría del router Mikrotik.	82
Figura 3.107	Aumento del número de adaptadores del router Mikrotik.	82
Figura 3.108	Modificación del nombre de los adaptadores del router Mikrotik.	83
Figura 3.109	Vista final del router Mikrotik instalado y configurado en el simulador de GNS3.	83
Figura 3.110	Router Mikrotik en el espacio de trabajo.	84
Figura 3.111	Interfaz de inicio del router Mikrotik.	84
Figura 3.112	Carpeta de OneDrive con la imagen del router Juniper.	85
Figura 3.113	Importar la máquina virtual en la que se ejecutará el router Juniper.	85
Figura 3.114	Selección de la imagen descargada del router Juniper.	85
Figura 3.115	Ventana Preferencias de servicio.	86
Figura 3.116	Configuración de los adaptadores para el router Juniper.	86
Figura 3.117	Inicio de Instalación del router Juniper en GNS3.	87
Figura 3.118	Selección de la Máquina Virtual donde se está ejecutando el router Juniper.	87
Figura 3.119	Vista del router Juniper instalado y listo para continuar con las configuraciones.	87
Figura 3.120	Ventana de Configuración para el router Juniper.	88
Figura 3.121	Modificación del símbolo del router Juniper.	88
Figura 3.122	Configuración de los adaptadores (interfaces) del router Juniper.	89
Figura 3.123	Vista final del router Juniper instalado en GNS3.	89
Figura 3.124	Interfaces disponibles de los dispositivos de la topología con el router Cisco.	90
Figura 3.125	Topología para el Router de Cisco c3725.	90
Figura 3.126	Ingreso a la Consola del router Cisco c3725.	91
Figura 3.127	Modo de Configuración del router Cisco.	91
Figura 3.128	Configuración de la interfaz FastEthernet 0/0 del router Cisco.	91
Figura 3.129	Configuración de la interface FastEthernet 0/1 del router Cisco.	92
Figura 3.130	Ingreso a la terminal de la VPC en GNS3.	92

Figura 3.131 Asignación de una dirección IP a la PC1.	92
Figura 3.132 Asignación de una dirección IP a la PC2.	93
Figura 3.133 Prueba de conexión de la PC1 a la PC2.	93
Figura 3.134 Prueba de conexión de la PC2 a PC1.	93
Figura 3.135 Topología para el router Mikrotik.	94
Figura 3.136 Vista Inicial del terminal del router Mikrotik.	94
Figura 3.137 Configuración de las interfaces físicas del router Mikrotik.	95
Figura 3.138 Asignación de una dirección IP a la PC3.	95
Figura 3.139 Asignación de una dirección IP a la PC4.	95
Figura 3.140 Ping de PC3 a PC4.	96
Figura 3.141 Ping de PC4 a PC3.	96
Figura 3.142 Topología para el router Juniper.	96
Figura 3.143 Ingreso al modo de configuración del router Juniper y configuraciones iniciales.	97
Figura 3.144 Interfaces disponibles en los componentes de eNSP.	97
Figura 3.145 Topología para el router de Huawei.	98
Figura 3.146 Ingreso a la Consola del router Huawei.	98
Figura 3.147 Ingreso al modo de configuración del router Huawei.	98
Figura 3.148 Configuración de la interfaz GigabitEthernet 0/0/0 del router Huawei.	99
Figura 3.149 Configuración de la interfaz GigabitEthernet 0/0/1 del router Huawei.	99
Figura 3.150 Asignación de una dirección IP a el PC1 en eNSP.	99
Figura 3.151 Asignación de una dirección IP a el PC2 en eNSP.	100
Figura 3.152 Topología para la Hoja Guía 1 Estudiante.	102
Figura 3.153 Topología para la Hoja Guía 1 Docente.	105
Figura 3.154 Configuración del puerto Ethernet tipo Internal.	106
Figura 3.155 Configuración del Puerto Público en eNSP.	107
Figura 3.156 Configuración del canal bidireccional en eNSP.	107
Figura 3.157 Configuración de los puertos en GNS3.	108
Figura 3.158 Configuración de las interfaces físicas del router Mikrotik.	108
Figura 3.159 Configuración de las interfaces físicas del router Cisco.	109
Figura 3.160 Configuración de las interfaces físicas del router Huawei.	109
Figura 3.161 Configuración de una interfaz Loopback en el router Mikrotik.	109
Figura 3.162 Configuración de una interfaz Loopback en el router Cisco.	110
Figura 3.163 Configuración de una interfaz Loopback en el router Huawei.	110
Figura 3.164 Configuración del PC conectado al router Mikrotik.	110
Figura 3.165 Configuración del PC conectado al router Cisco.	111

Figura 3.166 Configuración del PC de eNSP.	111
Figura 3.167 Enrutamiento estático en el router Mikrotik.	112
Figura 3.168 Enrutamiento estático para conocer las interfaces Loopback de los otros routers en el router Mikrotik.....	112
Figura 3.169 Enrutamiento estático en el router Cisco.....	112
Figura 3.170 Enrutamiento estático para conocer las interfaces Loopback de los otros routers en el Router Cisco.....	112
Figura 3.171 Enrutamiento estático en el router Huawei.	112
Figura 3.172 Enrutamiento estático para conocer las interfaces Loopback de los otros routers en el router Huawei.	113
Figura 3.173 Configuración de MPLS en el router Cisco.	113
Figura 3.174 Configuración de MPLS en el Router Huawei.....	113
Figura 3.175 Configuración de MPLS en el router Mikrotik.....	114
Figura 3.176 Agregar una nube NAT a la topología.	114
Figura 3.177 Habilitación del protocolo DHCP en la interfaz del router Cisco.....	115
Figura 3.178 Configuración de una ruta estática por defecto en el router Mikrotik. ..	115
Figura 3.179 Configuración de una ruta estática por defecto en el router Huawei....	115
Figura 3.180 Configuración del DNS en las PCs de GNS3.....	116
Figura 3.181 Configuración del DNS en las PC de eNSP.....	116
Figura 3.182 Topología en GNS3 y eNSP para la Hoja Guía 2 Estudiante.....	118
Figura 3.183 Topología en GNS3 y eNSP para la Hoja Guía 2 Docente.	120
Figura 3.184 Configuración de las interfaces físicas del router Cisco servidor.	121
Figura 3.185 Configuración de las interfaces físicas del router Mikrotik Cliente.	122
Figura 3.186 Configuración de las interfaces físicas del router Cisco Cliente.....	122
Figura 3.187 Configuración de las interfaces del router Huawei Cliente.	122
Figura 3.188 Asignación de una dirección IP a la PC conectada al router Mikrotik Cliente.....	123
Figura 3.189 Asignación de una dirección IP a la PC conectada al router Cisco cliente.	123
Figura 3.190 Asignación de una dirección IP a la PC conectada al router Huawei Cliente.	123
Figura 3.191 Configuración de RIP versión 2 en el router Cisco Servidor.....	124
Figura 3.192 Configuración de RIP versión 2 en el router Cisco Cliente.....	124
Figura 3.193 Configuración de RIP versión 2 en el router Mikrotik Cliente.	124
Figura 3.194 Configuración de RIP versión 2 router Huawei Cliente.....	124

Figura 3.195 Configuración del rango de direcciones que se asignará a los clientes.	125
Figura 3.196 Creación de las interfaces virtuales (virtual-template) para cada Cliente PPPoE.	125
Figura 3.197 Asociar una interfaz virtual-template a cada grupo BBA.	126
Figura 3.198 Habilitar PPPoE en las interfaces físicas del router Cisco Servidor.	126
Figura 3.199 Configuración de PPPoE en el router Mikrotik Cliente.....	127
Figura 3.200 Configuración de PPPoE en el router Cisco Cliente.	127
Figura 3.201 Configuración de PPPoE en el router Huawei Cliente.	128
Figura 3.202 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 3 Estudiante.	130
Figura 3.203 Topología en eNSP para la Hoja Guía 3 Estudiante.....	131
Figura 3.204 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 3 Docente.	134
Figura 3.205 Topología en eNSP para la Hoja Guía 3 Docente.	135
Figura 3.206 Configuración de los puertos para agregar interfaces seriales al router Huawei.....	136
Figura 3.207 Configuración de las interfaces físicas del router Cisco del Cliente1...	137
Figura 3.208 Configuración de las interfaces físicas del router Cisco del Cliente2...	137
Figura 3.209 Configuración de las interfaces físicas del router Cisco.	138
Figura 3.210 Configuración de las interfaces físicas del router Mikrotik.....	138
Figura 3.211 Configuración de las interfaces físicas del router Huawei.	139
Figura 3.212 Configuración de las interfaces físicas del router Huawei del Cliente3.	139
Figura 3.213 Configuración de las interfaces físicas del router Huawei del Cliente4.	140
Figura 3.214 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente1.....	140
Figura 3.215 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente2.....	140
Figura 3.216 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente3.....	141
Figura 3.217 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente4.....	141
Figura 3.218 Configuración del protocolo OSPF en el router del Cliente1.	142
Figura 3.219 Configuración del protocolo OSPF en el router Cisco.	142
Figura 3.220 Configuración del protocolo OSPF en el router del Cliente2.	142
Figura 3.221 Configuración de OSPF en el Router Mikrotik.	143
Figura 3.222 Configuración de OSPF en el router Huawei del Cliente 3.....	143
Figura 3.223 Configuración de OSPF en el router Huawei del Cliente 4.....	144
Figura 3.224 Configuración de OSPF en el router Huawei parte 1.....	144
Figura 3.225 Configuración de OSPF en el router Huawei parte 2.....	144
Figura 3.226 Configuración de OSPF en el router Huawei parte 3.....	144
Figura 3.227 Configuración del protocolo PPP CHAP en el router Cisco.....	145

Figura 3.228 Configuración del protocolo PPP CHAP en el router Cisco del Cliente1.	145
Figura 3.229 Configuración del protocolo PPP CHAP en el router Huawei.....	146
Figura 3.230 Configuración del protocolo PPP CHAP en el router Huawei del Cliente3.	146
Figura 3.231 Configuración del protocolo de HDLC en el router Cisco del Cliente 2.	146
Figura 3.232 Configuración del protocolo de HDLC en el router Cisco.	147
Figura 3.233 Configuración del protocolo de HDLC en el router Huawei.	147
Figura 3.234 Configuración del protocolo de HDLC en el router Huawei del Cliente 4.	147
Figura 3.235 Configuración de la interfaz de Loopback en el router Cisco.	148
Figura 3.236 Configuración de la interfaz de Loopback en el router Mikrotik.....	148
Figura 3.237 Configuración de la interfaz de Loopback en el router Huawei.	148
Figura 3.238 Configuración del protocolo MPLS en el router Cisco.	149
Figura 3.239 Configuración del protocolo MPLS en el router Mikrotik.....	149
Figura 3.240 Configuración del protocolo MPLS en el router Mikrotik.....	150
Figura 3.241 Topología en eNSP para la Hoja Guía 4 Estudiante.....	152
Figura 3.242 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 4 Estudiante.	153
Figura 3.243 Topología en eNSP para la Hoja Guía 4 Docente.	155
Figura 3.244 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 4 Docente.....	156
Figura 3.245 Configuración de los puertos seriales en el router Huawei.....	157
Figura 3.246 Configuración de la cloud de eNSP.....	157
Figura 3.247 Configuración de la cloud de GNS3.	158
Figura 3.248 Configuración del Switch Frame Relay de GNS3.	159
Figura 3.249 Configuración del Switch Frame Relay de eNSP.....	159
Figura 3.250 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física del router Cisco.....	160
Figura 3.251 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física del router Huawei.....	160
Figura 3.252 Configuración de las interfaces seriales lógicas en el router Cisco.....	161
Figura 3.253 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del router Cisco del Cliente3.....	161
Figura 3.254 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del router Cisco del Cliente4.....	161
Figura 3.255 Configuración de las interfaces seriales lógicas en el router Cisco.....	162

Figura 3.256	Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del router Huawei del Cliente1.....	162
Figura 3.257	Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del router Huawei del Cliente2.....	162
Figura 3.258	Configuración de la interfaz física del router Cisco.....	163
Figura 3.259	Configuración de la interfaz física del router Cisco del Cliente 4.	163
Figura 3.260	Configuración de la interfaz física del router Cisco del Cliente 3.	163
Figura 3.261	Configuración de las direcciones IP del PC Cliente3.....	164
Figura 3.262	Configuración de las direcciones IP del PC Cliente4.....	164
Figura 3.263	Configuración de las interfaces físicas del router Mikrotik.....	164
Figura 3.264	Configuración de la interfaz física del router Huawei del Cliente 2.	165
Figura 3.265	Configuración de la interfaz física del router Huawei.....	165
Figura 3.266	Configuración de la interfaz física del router Huawei del Cliente 1.	165
Figura 3.267	Configuración de las direcciones IP del ordenador Cliente1.	165
Figura 3.268	Configuración de las direcciones IP del ordenador Cliente2.	166
Figura 3.269	Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei.....	166
Figura 3.270	Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei del Cliente 1....	167
Figura 3.271	Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei del Cliente 2....	167
Figura 3.272	Configuración del protocolo IS-IS en el router Cisco.....	168
Figura 3.273	Configuración del protocolo IS-IS en el router Cisco del Cliente 3.....	168
Figura 3.274	Configuración del protocolo IS-IS en el router Cisco del Cliente 3.....	168
Figura 3.275	Configuración del protocolo OSPF en el router Cisco.....	169
Figura 3.276	Configuración del protocolo OSPF en el router Huawei.....	169
Figura 3.277	Configuración del protocolo OSPF en el router Mikrotik.....	169
Figura 3.278	Configuración de la redistribución de protocolos en el router Cisco.....	170
Figura 3.279	Configuración de la redistribución de protocolo en el router Huawei. ..	170
Figura 3.280	Topología en GNS3 para la Hoja Guía 5 Estudiante.....	172
Figura 3.281	Topología en eNSP para la Hoja Guía 5 Estudiante.....	173
Figura 3.282	Topología en GNS3 para la Hoja Guía 5 Docente.....	176
Figura 3.283	Topología en eNSP para la Hoja Guía 5 Docente.....	177
Figura 3.284	Configuración de las interfaces seriales para el router Huawei.....	177
Figura 3.285	Configuración de la cloud en eNSP.....	178
Figura 3.286	Configuración de las interfaces físicas del router Cisco: R1Cisco.	179
Figura 3.287	Configuración de las interfaces físicas del router Cisco: R2Cisco.	179
Figura 3.288	Configuración de las interfaces físicas del router Juniper.	180
Figura 3.289	Configuración de la interfaces físicas del router Mikrotik.....	180

Figura 3.290	Configuración de la interfaces físicas del router Huawei: R1_Huawei.	181
Figura 3.291	Configuración de la interfaces físicas del router Huawei: R2_Huawei.	181
Figura 3.292	Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Cisco.	181
Figura 3.293	Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Juniper.	181
Figura 3.294	Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Mikrotik.	182
Figura 3.295	Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Huawei.	182
Figura 3.296	Configuración del protocolo EIGRP en el router Cisco: R1Cisco.	182
Figura 3.297	Configuración del protocolo EIGRP y las respectivas redistribuciones en el router Cisco: R2Cisco.	183
Figura 3.298	Configuración del protocolo OSPF y las respectivas distribuciones en el router Cisco R2Cisco.	183
Figura 3.299	Configuración del protocolo RIPv2 y las respectivas distribuciones en el router Cisco R2Cisco.	183
Figura 3.300	Configuración de una interfaz de Loopback en el router Juniper.	184
Figura 3.301	Configuración del protocolo OSPF en el router Juniper.	184
Figura 3.302	Configuración del protocolo RIPv2 en el Router Mikrotik.	184
Figura 3.303	Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei: R1Huawei.	185
Figura 3.304	Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei: R2Huawei.	185
Figura 3.305	Configuración del protocolo RIPv2 en el router Huawei: R1Huawei.	186
Figura 3.306	Configuración de la redistribución en el router Huawei: R1Huawei.	186
Figura 3.307	Configuración del protocolo PPP PAP en el router Cisco: R1Cisco.	186
Figura 3.308	Configuración del protocolo PPP PAP en el router Cisco: R2Cisco.	187
Figura 3.309	Configuración del R1Huawei como servidor PPP PAP.	187
Figura 3.310	Configuración del R2Huawei como cliente PPP PAP.	188
Figura 3.311	Creación de la interfaz Loopback y configuración del protocolo MPLS en el router Cisco: R2Cisco.	188
Figura 3.312	Declaración de la dirección de red de la interfaz Loopback dentro del protocolo RIPv2 en el router Cisco.	188
Figura 3.313	Creación de la interfaz Loopback y configuración del protocolo MPLS en el router Mikrotik.	189
Figura 3.314	Declaración de la dirección de red de la interfaz Loopback dentro del protocolo RIPv2 en el router Mikrotik.	189
Figura 3.315	Configuración del protocolo MPLS en el router Juniper.	189
Figura 3.316	Configuración del protocolo LDP en el router Juniper.	190
Figura 3.317	Configuración del router Huawei como Servidor PPPoE.	191
Figura 3.318	Configuración del router Mikrotik como cliente PPPoE.	191

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Comparación de routers Huawei disponibles en el simulador eNSP.	26
Tabla 3.2 Módulos disponibles para las routers de Huawei.	27
Tabla 3.3 Módulos disponibles para las imágenes de Cisco.	30
Tabla 3.4 Funciones de los botones de GNS3.....	34
Tabla 3.5 Funciones de los botones de eNSP.	36
Tabla 3.6 Comandos para la configuración inicial de los routers.	38
Tabla 3.7 Comandos para configurar interfaces en los routers Cisco, Huawei y Mikrotik.	39
Tabla 3.8 Comandos para configurar el protocolo RIP versión 2 en los routers: Cisco, Huawei y Mikrotik.	39
Tabla 3.9 Comandos para configurar el protocolo EIGRP en el router Cisco.	40
Tabla 3.10 Comandos para configurar el protocolo OSPF en los routers: Cisco, Huawei y Mikrotik.....	40
Tabla 3.11 Comandos para configurar el protocolo IS-IS en los routers Cisco y Huawei.	41
Tabla 3.12 Comandos para configurar el protocolo MPLS en los routers: Cisco, Huawei y Mikrotik.....	41
Tabla 3.13 Comandos para configurar el protocolo PPPoE para Servidor en los routers: Cisco, Huawei y Mikrotik.	42
Tabla 3.14 Comandos para configurar el protocolo PPPoE para Cliente en los routers: Cisco, Huawei y Mikrotik.	44
Tabla 3.15 Comandos para configurar los protocolos HDLC en los routers: Cisco y Huawei.....	45
Tabla 3.16 Comandos para configurar los protocolos PPP PAP y CHAP en el router Cisco.....	45
Tabla 3.17 Comandos para configurar los protocolos PPP PAP y CHAP en el router Huawei.....	46
Tabla 3.18 Comandos para configurar el protocolo Frame Relay en los routers Cisco y Huawei.....	47
Tabla 3.19 Comandos básicos para configurar el router Juniper.	47
Tabla 3.20 Comandos para configurar el protocolo OSPF en el router Juniper.	48
Tabla 3.21 Comandos para configurar el protocolo MPLS en el router Juniper.	48
Tabla 3.22 Comandos para redistribuir protocolos de enrutamiento en los routers: Cisco y Huawei.	49

RESUMEN

En la actualidad es común observar que una red de datos posea componentes de diferentes proveedores, evitando monopolios de una sola marca y ajustándose a sus requerimientos. En el presente proyecto de titulación se explicará a los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) como se configuran redes WAN mediante hojas guías y simulaciones. Para ello, se van a desarrollar varias secciones que se presentan a continuación:

La primera sección es la introducción donde se indican los objetivos del proyecto, la forma en la que ayudan al estudiante estas prácticas y como amplían los conocimientos en el área de Redes.

La segunda sección trata sobre la metodología utilizada para el desarrollo de las prácticas y la teoría que se incluyen en ellas, como los protocolos o el tipo de topologías.

La tercera sección hace un análisis de los múltiples emuladores que se pueden utilizar para diseñar y crear topologías, los fabricantes y dispositivos disponibles para añadir al proyecto. También se explica la instalación de las imágenes ISO de los *routers*, la configuración de los protocolos de enrutamiento, encapsulamiento o conmutación con sus respectivos comandos. Por último, se indica la verificación del funcionamiento de todos los componentes y el desarrollo de las hojas guías para estudiantes y docentes.

La cuarta sección contiene las conclusiones y recomendaciones que se han alcanzado mientras se realizó el proyecto.

La quinta sección es un listado de las referencias bibliográficas utilizadas para la investigación.

PALABRAS CLAVE: WAN, simulación, encapsulamiento, enrutamiento, conmutación.

ABSTRACT

Normally a network has components from different providers, so as not to have monopolies of a single brand and adjusting to their needs. This document will explain to the students at the Technologist Training School (ESFOT) how to configure WAN networks using guide sheets and programs to simulate. This document has five sections.

The first section is the introduction where the objectives of the project are indicated, the help that these practices offer to the student and the knowledge in Networks and Telecommunications that they obtain.

The second section explains the methodology used to develop the practices and the theory of protocols and topologies that are included.

The third section analyzes emulators that can be used to design and create topologies, the manufacturers, and devices available for the project, the installation of the ISO images of the routers, the configuration of the routing, encapsulation or switching protocols with their respective commands, the verification of the operation of all components and the development of guide sheets for students and teachers.

The fourth section contains the conclusions and recommendations obtained when the practices were created.

The fifth section is a list of the bibliographic references used for the research.

KEYWORDS: *WAN, simulation, encapsulation, routing, switching.*

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la tecnología de *networking* se encuentra en una constante evolución debido a la demanda que exigen los usuarios alrededor del mundo. Para proveer una conexión global se necesitan de conocimientos en la configuración y mantenimiento de dispositivos de red, los cuales comunican a múltiples clientes y les ofrecen seguridad en su transmisión [1].

La Escuela Politécnica Nacional (EPN) se ha enfocado en el diseño y desarrollo de redes de datos utilizando el simulador Cisco Packet Tracer y todo lo que se refiere a su configuración. Aunque en el mercado laboral existen múltiples empresas que desarrollan dispositivos de red y han tenido un auge en la actualidad [2].

El plan de estudios de la carrera de Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones busca que sus estudiantes puedan dar soporte en el área de redes y telecomunicaciones cuando se encuentren en el mundo laboral, que puedan analizar los problemas que surjan y brinden una solución.

Para poder expandir el conocimiento que van a obtener los estudiantes se han desarrollado múltiples prácticas en las que se hace uso de varias marcas como, por ejemplo: Cisco, Huawei, Juniper y Mikrotik. Se busca que el estudiante se familiarice con la configuración básica de cada dispositivo de red, sus comandos, sus diferencias y su instalación. De esta forma tendrá una base de conocimientos que le permitan elegir una especialización en la tecnología que considere apropiada sin estar ligado solo a un fabricante. El proyecto se ha desarrollado para la parte práctica de la materia de Redes de Computadoras, donde el docente podrá hacer uso de dos plataformas: GNS3 y eNSP para configurar y experimentar con los dispositivos.

1.1 Objetivo general

Simular redes WAN mediante GNS3 utilizando múltiples fabricantes para el CP-Redes de Computadoras.

1.2 Objetivos específicos

1. Analizar la información de los requisitos de las diferentes simulaciones.
2. Diseñar las topologías con sus respectivos dispositivos y conexiones.
3. Implementar redes WAN en el *software* GNS3.
4. Verificar el funcionamiento de las redes WAN y los distintos dispositivos.
5. Elaborar las hojas guías para los estudiantes.

1.3 Fundamentos

Cisco

Empresa de origen estadounidense fundada en 1984 se encarga de fabricar dispositivos de red y de prestar servicios de *routing* y *switching* para el diseño y soporte de redes, entre otros. Es uno de los líderes del mercado en estas áreas y provee certificados reconocidos a nivel mundial a los usuarios que aprueben sus diferentes exámenes [3].

Huawei

Es una empresa tecnológica de origen chino fundado en 1987 que se encarga de proporcionar dispositivos e infraestructuras de red a nivel mundial. Proveen una certificación HCNA a los usuarios que aprueben el examen que demuestre sus conocimientos para configurar y dar mantenimiento a redes Huawei, después pueden seguir mejorando sus habilidades y obtener certificados de mayor rango [4].

Mikrotik

Es una empresa originaria de Letonia, que proporciona *hardware* y *software* de red fundada en 1996 y ha aumentado los clientes a nivel mundial. Su primera certificación es el MTCNA y se extiende cuando el estudiante tiene los conocimientos necesarios para configurar el sistema operativo RouterOS que desarrollo la empresa [5].

Juniper

Esta empresa estadounidense que se fundó en 1996 provee infraestructura y dispositivos de red en todo el mundo, tiene un gran alcance y es uno de los rivales más fuertes de Cisco. Posee una certificación JNCIA-JUNOS para estudiantes que obtengan los conocimientos básicos para configurar su sistema operativo y sus dispositivos de red [6].

Interior Gateway Protocol (IGP)

Hace referencia a un protocolo utilizado en el interior de un sistema autónomo, es decir, en el interior de una red con múltiples *routers* que poseen una gestión común, como ocurre en las empresas. Los protocolos IGP son RIP, EIGRP, OSPF e IS-IS, de los que se hablara más adelante [7].

Routing Information Protocol (RIP)

Es un protocolo de *gateway* interior utilizado para que los *routers* puedan transmitir y actualizar sus tablas de enrutamiento con sus vecinos (*routers* adyacentes). La métrica

o unidad de medida que utiliza para conocer la distancia de su red destino es el conteo de saltos. Utiliza un enrutamiento por vector distancia, es decir, muestra la interfaz o sentido y los saltos o *routers* de distancia a los que se encuentra una red a la que se desea llegar. En este caso, el *router* no tiene información de la topología completa de una red [8].

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

Es un protocolo de *gateway* interior que utiliza un enrutamiento vector distancia, fue creado por Cisco para sus dispositivos y se diferencia de RIP en la métrica que utiliza, la métrica de forma predeterminada es el ancho de banda y el retardo. Adicional para la métrica puede tomar en cuenta la confiabilidad y la carga que se presenta en una ruta. En este caso, EIGRP utiliza 3 tablas donde tiene a sus vecinos, información de la topología general junto a las diferentes rutas y una tabla de encaminamiento con las mejores rutas para llegar al destino [9].

Open Shortest Path First (OSPF)

Es un protocolo de estado de enlace, crea adyacencias con sus vecinos y les comparte información sobre las direcciones IP, máscaras, coste o el sistema autónomo en el que se encuentran, esta información recibe el nombre de *Link State Advertisement (LSA)* y el *router* la comparte cuando sus vecinos no poseen la información actualizada o cuando transcurre un periodo determinado. Todos los datos que recoge el *router* es almacenada en una base de datos y en este caso la métrica es el coste el cual se calcula como la división de 10^8 /ancho de banda de la interfaz (bps) [10].

Intermediate System to intermediate System (IS-IS)

Es un protocolo de estado de enlace y también un protocolo IGP, hace uso de áreas para gestionar los *routers*. En base al área al que pertenece el *router* puede pertenecer a un nivel 1 cuando son *routers* de un área interna y solo conocen los vecinos que se encuentran en ella. Cuando son de nivel 2 hace referencia a *routers* que conocen otras áreas y pueden enviar mensajes entre ellas. Por último, también se refiere a *routers* de nivel 1 y 2 cuando se habla de *routers* de borde. En este caso la métrica que se utiliza es el costo y para obtener su valor hace uso del algoritmo de Dijkstra, con el cual conoce la ruta más corta hasta una red destino [11].

Node Cloud

Este componente está disponible en GNS3 y en eNSP, permite al usuario conectar los componentes del proyecto con adaptadores de red o interfaces de la máquina física del

usuario dando incluso conexión a Internet. Mediante la configuración de una dirección IP, puertos remotos y locales permite conectarse a otra *cloud*, es el canal que permite la comunicación entre los programas previamente mencionados [12].

Node Cloud NAT

El *Node Cloud NAT* es un nodo con el cual el proyecto puede tener acceso a Internet. Primero se conecta un *router* al nodo y después se configura la interfaz correspondiente con una dirección obtenida por DHCP o configuración dinámica de *host*. Esta *cloud* de forma predeterminada se conecta al adaptador de red de la máquina del usuario y por ello posee conexión con Internet, es mucho más sencillo que configurar el nodo *cloud* [13].

Dynamips

Es el emulador más antiguo de GNS3 dedicado para ejecutar las imágenes del *hardware* más antiguo del proveedor de Cisco. Está integrado en el programa, permite instalar y configurar las imágenes, la memoria RAM de la que pueden hacer uso, las interfaces disponibles o la imagen con la que se representan [14].

Qemu

Qemu es un emulador que se puede instalar como complemento en GNS3, puede usar diferentes archivos para instalar imágenes de dispositivos de múltiples fabricantes, entre ellos, Cisco, Juniper y Mikrotik. De la misma forma puede configurar las imágenes para que utilicen más o menos recursos de su máquina y puede personalizar el número de interfaces o su aspecto [15].

High-Level Data Link Control (HDLC)

Este protocolo síncrono permite tener un servicio orientado o no a la conexión, trabaja en la capa de enlace y se utiliza en enlaces seriales para evitar fallos entre nodos. Utiliza delimitadores de trama, realiza control de flujo y evita errores gracias a los *Acknowledgement* (ACKs) [16].

Point-to-Point Protocol (PPP)

En este caso es un protocolo asíncrono de capa de enlace, ofrece autenticación y cifrado durante el envío de mensajes. Una de sus funciones es establecer líneas de abonado (DSL) a clientes de diferentes ISP. Puede detectar errores en el envío y también comprime la información de las tramas para aumentar el rendimiento [17].

Password Authentication Protocol (PAP)

Es uno de los métodos de autenticación de PPP, los equipos con este protocolo envían al vecino información sobre el usuario y contraseña del que disponen, si coinciden se autentifica al usuario y se establece la conexión. Un problema es que no se encripta el mensaje con esta información [18].

Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)

Con esta autenticación, un equipo A envía información sobre su usuario, contraseña, un identificador y un número randómico. El equipo B autentifica la información y le envía un mensaje encriptado, el equipo A crea otro mensaje encriptado, los cuales deben ser iguales. De esta forma se establece la comunicación, la base de datos donde se guarda esta información es llamada servicio: *Authentication, Authorization and Accounting* (AAA) [18].

Point-to-point over Ethernet (PPPoE)

Es el protocolo visto anteriormente, pero se utiliza en enlaces *ethernet*, para la simulación fue útil debido a que algunas imágenes no soportan interfaces seriales. Posee los mismos tipos de autenticación, los proveedores lo usan para comunicar a sus usuarios finales con mayor seguridad [19].

Frame Relay

Es un ejemplo de tecnología WAN, proporciona un servicio orientado a la conexión basado en la conmutación de paquetes. Su transmisión de información se realiza mediante circuitos virtuales, donde un dispositivo como un *switch* se encarga del redireccionamiento de los datos a los diferentes *Data Link Connection Identifier* (DLCI) o identificadores de los circuitos virtuales [20].

Multiprotocol Label Switching (MPLS)

Este protocolo fue el sustituto de *Frame Relay* por su rendimiento, para el envío y encaminamiento de información hace uso de etiquetas en los elementos de sus tablas de enrutamiento las cuales se transmiten a *routers* adyacentes. Los paquetes siguen las rutas denominadas: *Label Switched Path* (LSP) en base a las etiquetas asignadas por el protocolo: *Label Distribution Protocol* (LDP) [21].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

En este documento se explican los conocimientos básicos para configurar dispositivos de red de cuatro proveedores diferentes; Cisco, Huawei, Mikrotik y Juniper. De esta forma se amplía el conocimiento del estudiante, permitiendo que pueda: diseñar, crear y configurar múltiples topologías con diferentes dispositivos compatibles entre sí y sin errores. Los estudiantes de la Carrera de Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones de la ESFOT ya no estarán ligados a una sola tecnología y reconocerán las similitudes y diferencias de una diversidad de tecnologías.

Las configuraciones en su mayoría se realizarán mediante comandos e incluso para la configuración de los dispositivos Mikrotik también se utilizará el terminal, logrando una mayor profundización en esta área al contrario de varios laboratorios que existen en la red y utilizan la interfaz gráfica. Entre los requisitos que se solicitan para las prácticas propuestas son: los programas GNS3, VirtualBox y eNSP y los sistemas operativos *Internetwork Operating System* (IOS) de los *routers* que se utilizarán. Es preciso señalar que la instalación es compleja si no se dispone de los archivos ejecutables específicos y si no se siguen las indicaciones apropiadamente, por lo tanto es importante apoyarse en la instalación que se explicará en este documento.

Objetivo 1

Se analizarán los programas y herramientas de GNS3 y eNSP, cómo se instalan los sistemas operativos de los *routers* correspondientes, cómo se añaden elementos al proyecto o cómo se añaden los diferentes módulos en los *routers*. También cómo trabajan las *clouds* en cada uno de los programas para comunicarlas entre sí y dar una conexión extremo a extremo.

Objetivo 2

Posteriormente se analizará las características de los sistemas operativos de los routers de los fabricantes seleccionados, en el caso de Mikrotik y Juniper, por ejemplo, existieron limitantes por no poder usar enlaces seriales o algunos problemas en imágenes. Cisco y Huawei tienen imágenes más sencillas de implementar.

Análisis de los protocolos que se van a utilizar, protocolos de enrutamiento estático y dinámico (RIPv2, OSPF, EIGRP e IS-IS), protocolos punto a punto (PPP y PPPoE),

protocolos de encapsulamiento (HDLC, CHAP, PAP) y protocolos de conmutación y etiquetado de tramas (Frame Relay y MPLS).

Objetivo 3

Se implementará las redes WAN de las prácticas propuestas en los programas de simulación GNS3 y eNSP teniendo en cuenta los dispositivos de red y sus funcionalidades, al mismo tiempo se elaborarán tablas con los comandos utilizados.

Objetivo 4

Luego se verificarán los diseños de las topologías creadas, mediante pruebas que demuestren una correcta configuración y comunicación. Se mostrarán las tablas de enrutamiento y se utilizarán los comandos *ping* y *traceroute*.

Objetivo 5

Una vez completadas las pruebas de funcionamiento se crearán y desarrollarán seis hojas guías de prácticas para estudiantes y docentes, las cuales también constan de un preparatorio que incluye los conocimientos previos que requieren los estudiantes. En las hojas guías se indicarán: objetivos, requisitos, diagramas de red y guía metodológica del desarrollo con sus respectivos comandos.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Analizar la información de los requisitos de las diferentes simulaciones

Emuladores y simuladores de red

Los emuladores y simuladores de red son muy importantes para varias situaciones, por ejemplo, cuando una persona o una empresa desea hacer modelos de una red que van a implementar, hacer pruebas y sacar las conclusiones necesarias sobre si el proyecto que desean realizar es viable y no creará problemas. En otras situaciones sirve como aprendizaje del diseño y testeo de una red, para que el estudiante se familiarice con conceptos, con el *hardware* y el *software* que va a ocupar. Estas plataformas son muy utilizadas en las tecnologías de la información y por las personas que desean obtener un certificado por parte de una empresa de *networking*, el cual es importante en la industria [22].

Entre las plataformas más conocidas se encuentran:

Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer es un *software* de simulación de redes que permite a los estudiantes obtener conocimientos y habilidades prácticas referentes a la tecnología de redes, es gratuito, pero es necesario formar parte de la comunidad Cisco *Networking Academy*. Los estudiantes pueden crear, configurar y solucionar problemas de redes, en sí les permite experimentar con la red y esto permite que el estudiante se prepare y adquiera conocimientos en cuanto a configuración antes de trabajar con equipos reales [23].

El *software* permite que los estudiantes creen y simulen una red únicamente con dispositivos que posee en una lista; no permite simular ni emular imágenes de otros proveedores por lo que no consume memoria adicional del ordenador; algunas de las ventajas que Cisco ofrece son: existen representaciones gráficas del *hardware* con la posibilidad de insertar tarjetas de interfaz en algunos dispositivos como: enrutadores y conmutadores como se muestra en la **Figura 3.1** y posee dos espacios de trabajo uno lógico donde se crea la topología de red y uno físico donde es posible tener una vista gráfica del entorno real de la red lógica como se muestra en la **Figura 3.2**; por estas razones el simulador es considerado una excelente herramienta de aprendizaje. Otra de las características que llama la atención del simulador es la posibilidad de trabajar en

conjunto, esto con su funcionalidad de multiusuario. Para trabajar con este *software* los requisitos recomendados son: una memoria RAM de 4 (GB) y una memoria de almacenamiento que tenga disponible mínimo 1.6 (GB) [24].

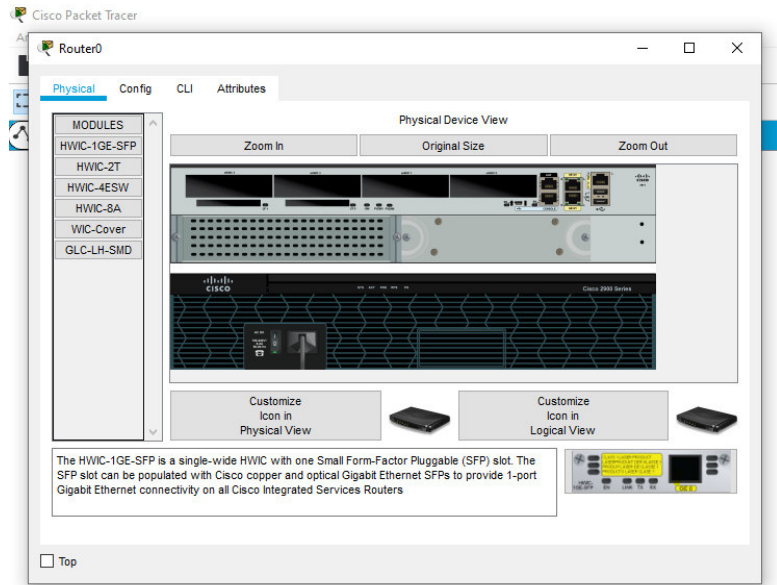


Figura 3.1 Administrador de módulos de un *router* en Packet Tracer.

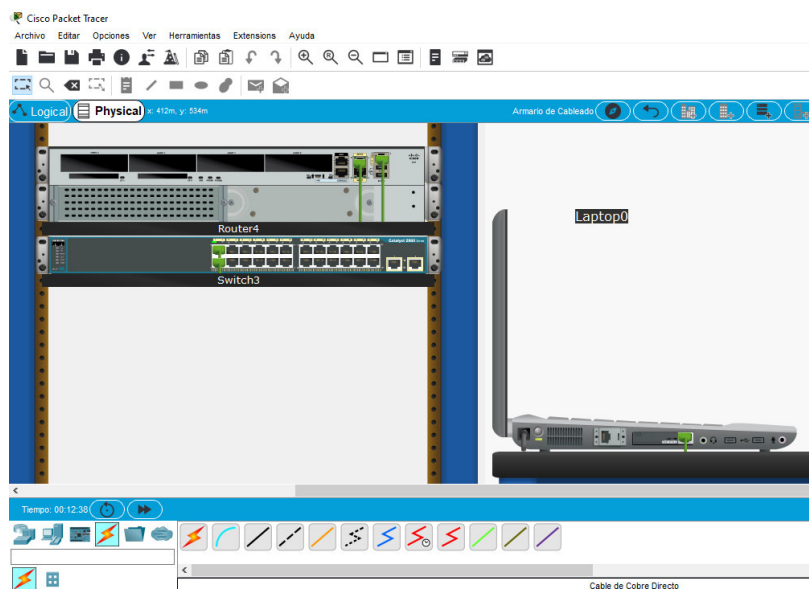


Figura 3.2 Espacio de trabajo físico.

GNS3

Graphical Network Simulator - 3 o comúnmente conocido como GNS3 es un *software* emulador gratuito de código abierto multiplataforma que se puede ejecutar en Windows, OS X y Linux; permite la configuración y solución de redes de una variedad de dispositivos de varios proveedores incluido Cisco, por esta razón es un simulador flexible

ya que permite emular y simular *hardware* y *software* de sistemas operativos de red reales. GNS3 tiene ya incluido programas que permiten emular las imágenes de los dispositivos de *Networking*, cuenta con Dynamips para emular las imágenes de los *routers* del proveedor de Cisco incluso sus versiones más antiguas y Qemu para la emulación de un dispositivo de un proveedor diferente a Cisco [25].

Las ventajas principales del *software* GNS3 son que no imita los comandos o funciones de un sistema operativo de algún proveedor específico (ej. Cisco IOS) sino que se crea un archivo de imagen de IOS sobre un *hardware* emulado en el ordenador [4]. Por tanto la configuración se realiza sobre una imagen o *Internetwork Operating System* (IOS) real, esto permitiendo que las características o funcionalidades (protocolos) que admita y estén disponibles para esa imagen, puedan ser configurados; logrando así que el usuario puede tener un entorno de laboratorio de red en su computadora portátil o de escritorio sin tener que comprar los dispositivos reales.

GNS3 también permite integrar máquinas virtuales que a su vez pueden ejecutar sistemas operativos como: Windows y Linux y permite la interconexión con el equipo real es decir se puede conectar *hardware* existente con la topología de GNS3.

Para crear un entorno GNS3 pequeño y básico los requerimientos mínimos son: un i5 de 5ta generación con 4 (GB) de memoria RAM y más de un 1 (GB) de almacenamiento disponible de ahí que para crear redes complejas se necesita más requisitos de *hardware*. Con este programa se puede utilizar máquinas virtuales ya sea usando VirtualBox o VMware, sin embargo, el usuario debe tener en cuenta que si desea utilizar virtualización, ésta ocupará de manera exhaustiva la memoria y el procesador del ordenador.

Los requisitos recomendados para la implementación de este proyecto de titulación por el propio *software* son: un procesador Intel Core i7 de 8va generación con 8 (GB) de memoria RAM y una unidad de almacenamiento de estado sólido (SDD) de 35 (GB).

eNSP

Enterprise Network Simulation Platform o eNSP es un simulador y emulador propio de Huawei, por tanto permite crear, configurar y probar redes con ciertas imágenes (ISOS) del fabricante Huawei sin la necesidad de usar dispositivos reales. eNSP es un *software* gratuito pero es necesario formar parte de la comunidad de Huawei, los sistemas operativos de los dispositivos que funcionan correctamente son: los enrutadores y

conmutadores de la línea *Enterprise*, un enrutador genérico y algunos dispositivos inalámbricos, la limitación del *software* es respecto a las imágenes adicionales que el usuario desea instalar, debido a que no funcionan correctamente.

Para la instalación de la versión reciente del *software* simulador se solicita al usuario en primer lugar descargar y tener ya instalado en su sistema operativo VirtualBox de Oracle, esto debido a que actualmente este componentes viene separado a diferencia de las antiguas versiones. Es importante señalar que el *software* es de difícil adquisición, para obtenerlo es necesario ser parte de la Comunidad de Huawei y tener autorización. La página oficial de Huawei anunció que desde el 31 de diciembre de 2019 el simulador dejó de prestar servicios, hasta el momento de acuerdo con la comunidad de soporte empresarial de Huawei el simulador está siendo modificado para suplir sus errores y posteriormente se podría tener una nueva versión de este con características adicionales [26].

PNETLAB

Packet Network Emulator Tool Lab es una plataforma libre donde el usuario puede obtener múltiples diseños de red para aprender sobre la configuración y los componentes incluidos en la topología. Se diferencian dos partes principales en la plataforma, la primera es PNETLab Box donde el usuario tiene a disposición el laboratorio donde puede crear los modelos de red que desee u ocupar diferentes IOS para conocer su funcionamiento.

La velocidad con la que trabaja el PNETLab depende de la máquina del usuario, entre algunos requisitos de *hardware* para ordenadores portátiles se encuentran un procesador i5 o i7 de Intel o equivalentes, una memoria RAM de 8 (Gb), un espacio amplio en el disco de mínimo 40 (Gb) y para las máquinas virtuales además se necesitara de una configuración de adaptadores de red. Sin estos requisitos la máquina se volverá lenta a medida que se incluyan más componentes en el laboratorio, sobre todo con el uso de máquinas virtualizadas.

La segunda parte hace referencia a PNETLab Store, donde el usuario puede explorar en la plataforma y encontrar diferentes proyectos, modelos o componentes de red, totalmente gratuitos, para utilizarlos en sus propios diseños cada uno de estos proyectos indican el objetivo planteado en el laboratorio, detalles de su diseño y los requerimientos necesarios para utilizarlo correctamente. La tienda provee al usuario de componentes IOS de marcas como Juniper o Cisco, de esta forma podrá trabajar con los diferentes

comandos que presenta cada uno. Lo anteriormente descrito se observa en la **Figura 3.3**.



Figura 3.3 Ejemplo de laboratorios disponibles para su descarga [27].

También existen guías para manejar mejor el programa, una interfaz que permite mejorar la gestión entre los diseños creados y la posibilidad de guardarlos en la nube mediante la opción de *PNETLab NAT Cloud* que se encuentra instalado por defecto. El programa ofrece personalización en el apartado gráfico, para diferenciar mejor entre los diferentes componentes como los cables, para cambiar el aspecto de los íconos de los nodos, para utilizar un modo oscuro o para utilizar el modo 3D el cual ayuda a acomodarse a una oficina y situar mejor cada parte del diseño o hacerlo de una forma más realista comparado al 2D ver **Figura 3.4** Laboratorio gratuito basado en VLANS y con formato 3D .

Una de las ventajas que posee es la gestión de los recursos de la máquina, es decir, se puede hacer un análisis de la RAM, CPU, la memoria de almacenamiento, entre otros, de cada nodo utilizado en el proyecto. Con ello, se puede hacer cambios en la configuración de los diferentes componentes para limitar el uso que pueden hacer de la máquina física o directamente sustituir el nodo que utiliza más recursos por otro más ligero [28].

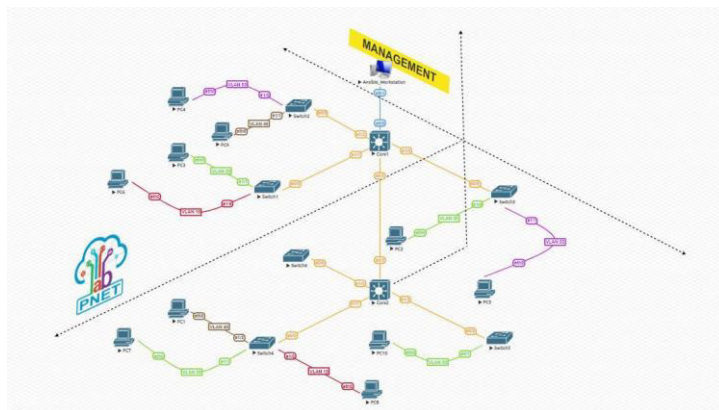


Figura 3.4 Laboratorio gratuito basado en VLANs y con formato 3D [28].

CORE

Common Open Research Environment es un emulador de red creado por la compañía Boeing y que pasó a ser gestionado por el Laboratorio de Investigación Naval de EEUU y permite al usuario diseñar modelos de redes virtuales. No se basa en modelos abstractos de diferentes componentes de red, sino que busca que el proyecto pueda conectarse a redes físicas y analizar de una forma mucho más real los recursos que se consumen y que se necesitan para que no existan conflictos. Es una buena plataforma para testear aplicaciones, comprobar la escalabilidad que puede ofrecer la red y la vulnerabilidad que tiene en varios escenarios, además posee una interfaz sencilla e intuitiva como se puede ver en la **Figura 3.5** [30].

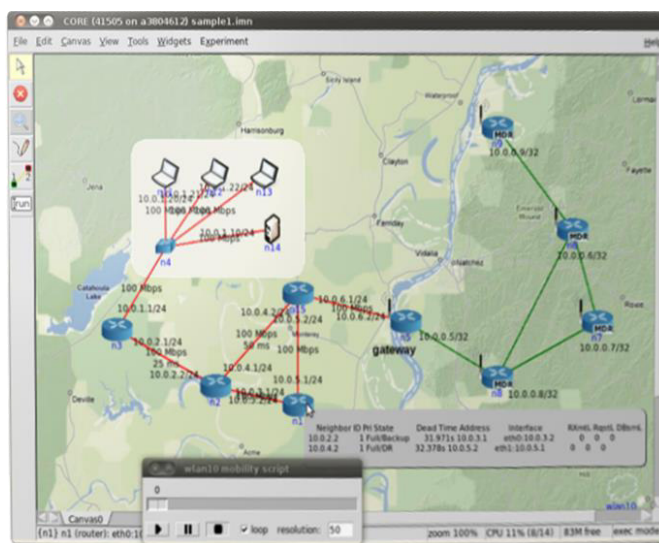


Figura 3.5 Interfaz del emulador CORE [30].

La plataforma es utilizada en el SO Linux y permite utilizar diferentes protocolos y aplicaciones disponibles en el mismo, utiliza múltiples lenguajes en el desarrollo de su fuente, pero el principal es Python, al ser un programa de código abierto está en continuo

desarrollo y los usuarios pueden realizar múltiples contribuciones. No es un programa considerado pesado, la mayoría de las máquinas lo podrían utilizar sin fallos, como siempre la rapidez y eficacia del programa depende de la cantidad de RAM, CPU y el número de máquinas virtuales con las que se trabaja. En las indicaciones el programa exige un Kernel de Linux v3.3, iproute2 y ebttables para el control de las IP. Las versiones compatibles de Ubuntu son la 18.04 y la 20.04, además de su compatibilidad con CentOS 8 [32].

Su instalación puede ser más compleja que el resto de las plataformas, debido a los comandos que deben utilizarse y a los complementos que puede exigir cada versión, además para los usuarios es más cómodo utilizar otros sistemas operativos como Windows [32].

EVE-NG

Emulated Virtual Environment Next Generation es una plataforma de emulación de redes virtuales que ha ido creciendo a lo largo de los años, gracias a la contribución de los usuarios mediante reportes o recomendaciones y gracias a empresas que han ayudado en su desarrollo y le ha dado al programa la posibilidad de emular *hardware* específico de diferentes marcas. En la página principal de EVE-NG se puede encontrar múltiples imágenes de diferentes marcas como Cisco, Huawei o Juniper, entre otros, para que el usuario pueda incluirlos en sus proyectos y probar el funcionamiento y los comandos que utiliza cada uno.

Este programa se puede utilizar tanto en Windows como en Linux, por ello, las imágenes que se utilizan son distintas, ya que en Linux algunas no son las oficiales de Cisco por ejemplo y deben descargarse en línea, además de que la instalación tiene un grado mayor de complejidad. Con la ayuda de QEMU se puede emular diferentes dispositivos de varias marcas, incluyendo sus componentes como los periféricos y con Dynamips solo se centra en las imágenes de Cisco, desde la página de la plataforma se pueden realizar las descargas y se encontrarán completamente ordenadas en base a la necesidad que posea el usuario [33].

La interfaz que ofrece EVE-NG es simple e intuitiva ver **Figura 3.6**, para la virtualización de máquinas de usuarios o servidores se recomienda usar VMware [34].

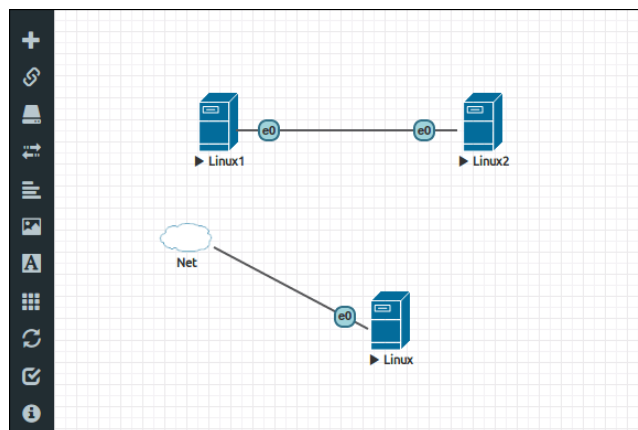


Figura 3.6 Interfaz del emulador EVE-NG [35].

Los simuladores seleccionados para las prácticas del presente documento son eNSP y GNS3, debido a que tienen una buena compatibilidad entre los programas y las imágenes con las que se trabaja. Para el desarrollo de las hojas guías se ha tomado en cuenta el PEA de la materia de Redes de Computadoras y se concluyó en realizar 5 prácticas donde se estudian los protocolos para el control de enlace de datos, protocolos de enrutamiento y redes de área extendida. Las imágenes que se han utilizado para las diferentes topologías pertenecen a las empresas Cisco, Huawei y Mikrotik.

3.2 Diseñar las topologías con sus respectivos dispositivos y conexiones

Para las prácticas planteadas se aspiró utilizar una gran variedad de topologías físicas de red pero existieron dos limitaciones: las *Cloud* que únicamente permitieron realizar una única conexión entre GNS3 y eNSP y las interfaces de las *Cloud* y los Routers Mikrotik y Juniper que solo fueron de tipo *ethernet*.

Seguidamente se detallan todos los tipos de topología de red físicas existentes y en la **Figura 3.7** se muestra su representación gráfica.

Topologías de red

La topología de una red hace referencia a la organización que se tiene en la red, respecto a los componentes que posee como: ordenadores, *routers*, *switches* o su cableado, por ejemplo. El diseño de la topología de una red debe hacerse de forma física y lógica, la primera se refiere a la forma en la que los dispositivos se conectan a la red y pueden enumerarse seis tipos que se indican a continuación:

Topología de anillo

Los dispositivos o nodos se encuentran distribuidos formando un círculo o un anillo, como indica su nombre. Este tipo de topología utiliza menos cable que las demás y se recomienda con una cantidad de dispositivos pequeña. Incluir un nuevo dispositivo en el sistema o que exista un problema con un nodo implica que la conexión se corte, afectado así a la comunicación.

Topología de estrella

Para este tipo de topología se requiere de un nodo principal que transmite la información al resto de dispositivos. Se puede implementar nuevos dispositivos sin afectar la conexión de los otros componentes y debido a que la información es repartida por el nodo central se puede hacer un seguimiento de esta. Una desventaja de la red es que si el nodo central falla, todo el sistema deja de comunicarse hasta que se arregle o se cambie.

Topología de árbol

Esta topología se puede considerar como la unión de varias topologías en estrella, se posee un nodo central que transmite la información y forma ramificaciones a medida que la red aumenta. Si uno de los *routers* tiene un problema, no afecta al resto que se encuentre conectado al mismo *switch* y será el único al que se deba reconfigurar. Se comparte un canal común, por lo que se debe implementar un sistema que identifique el destinatario y le transmita su información, evitando así problemas de seguridad.

Topología de bus

La topología requiere de un cable principal que transporta la información al resto de dispositivos, si uno de los nodos tiene un error no causa problema al resto. No es una topología muy utilizada, debido a que un error en el cable provoca la desconexión de todos sus componentes. Uno de los problemas de esta topología es su seguridad, porque los datos pueden ser interceptados al transmitirse por un solo cable conectado a cada ordenador [36].

Topología de malla o malla parcial

Se caracteriza por la interconexión de nodos parcial o total, para las redes WAN es la mejor opción debido a la redundancia que ofrece si uno de los nodos falla. Es una red más costosa debido a que requiere de un mayor número de nodos, pero lo justifica con la eficiencia que presenta.

Topología Híbrida

Mezcla una o más topologías, todo depende de la necesidad del proveedor, del cliente, de la estructura física y los componentes utilizados.

Para terminar, se puede explicar a la topología lógica como la forma en que los componentes de una red transfieren la información entre sí. La información que se presenta en sus diagramas incluye el tipo de conexión, las direcciones IP de cada interfaz, los protocolos utilizados o las rutas estáticas, entre otros [37].

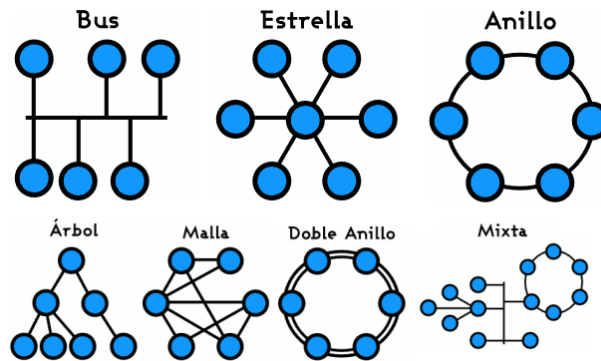


Figura 3.7 Tipos de topologías de red [38].

Topología de las prácticas

PRÁCTICA 0: Familiarización con GNS3, eNSP e imágenes ISO de Cisco, Juniper, Mikrotik y Huawei

En esta práctica se utilizaron tres topologías sencillas en línea; se conectaron cada uno de los *routers* a 2 VPCs revisar las siguientes figuras: **Figura 3.8** y **Figura 3.9**. Con el objetivo de verificar si la descarga y la instalación de los sistemas operativos de los *routers* se realizó correctamente y de que los estudiantes inicien con la configuración básica de los dispositivos.

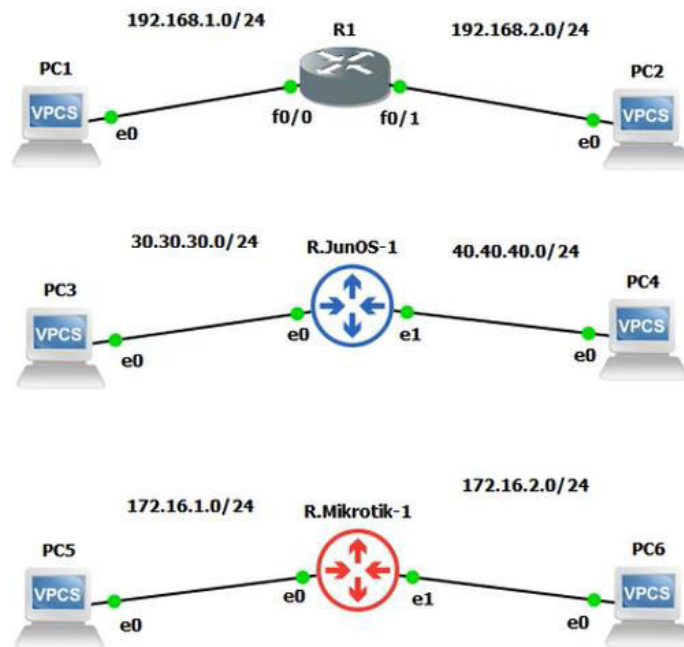


Figura 3.8 Topología propuesta para la práctica 0 en GNS3.

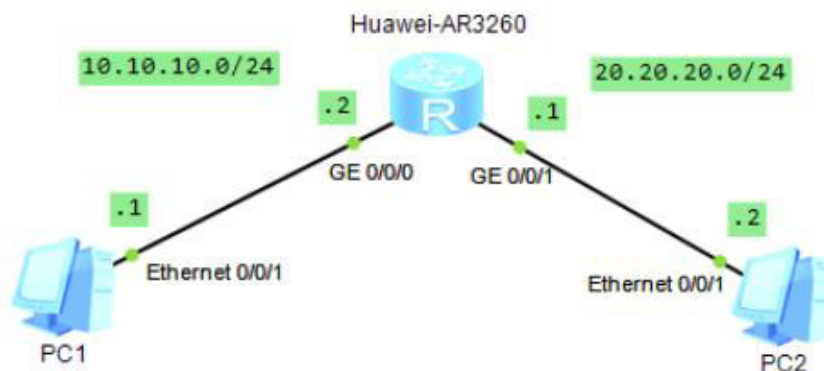


Figura 3.9 Topología propuesta para la práctica 0 en eNSP.

PRÁCTICA 1: Configuración de enrutamiento estático con VLSM, protocolo MPLS y conexión a Internet

En esta práctica se usó una topología física en estrella, se conectó tres *routers* de diferentes proveedores: Cisco, Mikrotik y Huawei utilizando enrutamiento estático ver **Figura 3.11**. Todas las interfaces se configuraron con MPLS; y todos los *routers* fueron configurados mediante comandos a través de la Consola. Para la configuración de MPLS se utilizó conexiones tipo Ethernet debido a que surgieron dos problemas que se detallan a continuación: el *router* Mikrotik dispone solo de interfaces tipo ethernet, este problema se presenta en todas las versiones de las imágenes de Mikrotik e incluso las más recientes tienen la misma limitación.

El segundo problema que existe se presenta con las *clouds* que se utilizan para conectar los simuladores GNS3 y eNSP, la *cloud* utilizada en GNS3 no dispone de puertos seriales debido a que sus puertos por defecto admiten enlaces tipo ethernet. El mensaje de error se muestra en la **Figura 3.10**.

Error while creating link: Connecting a serial interface to a ethernet interface is not allowed

Figura 3.10 Error mostrado por GNS3 no permite conexión serial con la *cloud*.

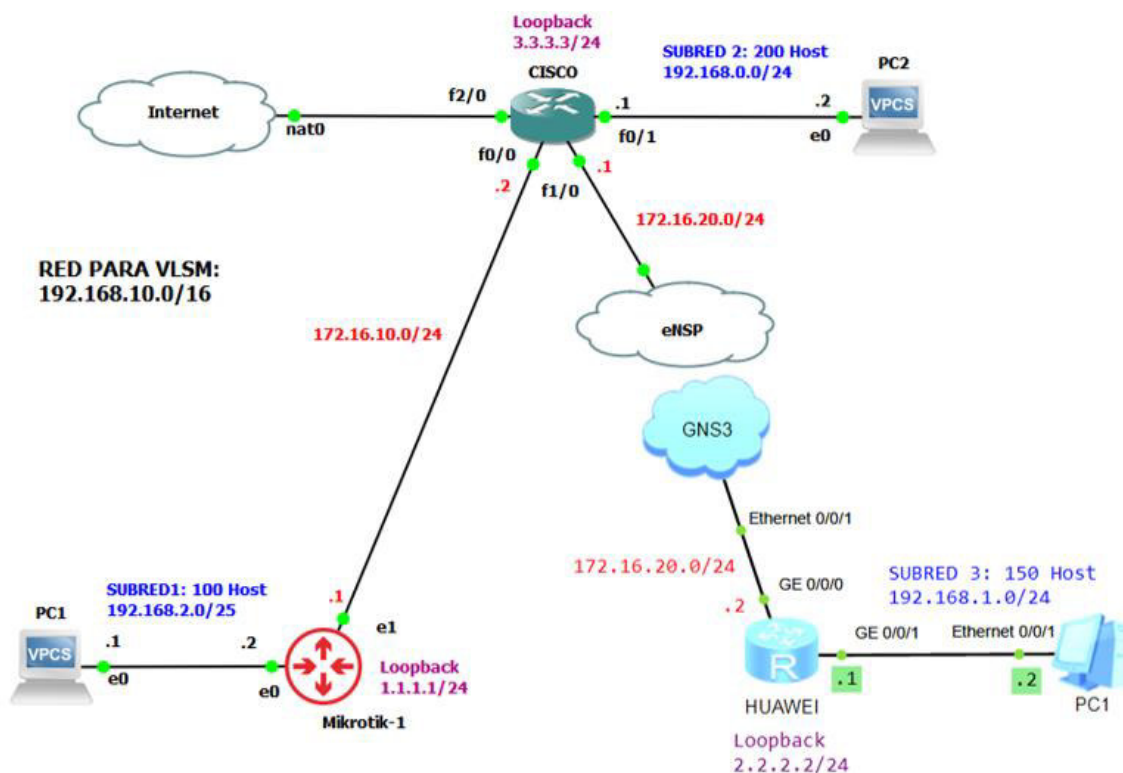


Figura 3.11 Topología propuesta para la práctica 1.

En la configuración de MPLS se requiere de la creación de interfaces *loopback*, las cuales sirven para configurar los *routers-ID* y para que el protocolo funcione correctamente.

En el caso de la nube NAT se conecta al *router* Cisco mediante una interfaz FastEthernet que obtiene su dirección IP mediante DHCP. Los *routers* Mikrotik y Huawei deben crear una ruta estática por defecto hacia Cisco para tener conexión a Internet y para que las VPCs puedan resolver nombres de dominio como *www.google.com* se les asigna una dirección de DNS, en este caso, la dirección IP: 8.8.8.8.

PRÁCTICA 2: Configuración de los protocolos RIPv2 y PPPoE con Cisco como servidor

La topología con la que se trabaja tiene forma de estrella, debido a que existe un *router* principal del que se crean el resto de las conexiones. El *router* principal actúa como el servidor PPPoE que comunica al resto de *routers*, los cuales actúan como sus clientes ver **Figura 3.12**. Para configurar el protocolo PPPoE se requiere de interfaces virtuales y un rango de direcciones que se asignarán a los clientes por negociación. Para la comunicación general se utilizó el protocolo de enrutamiento RIPv2. Para esta práctica, no se requiere de comandos adicionales para establecer una compatibilidad y tampoco enlaces seriales.

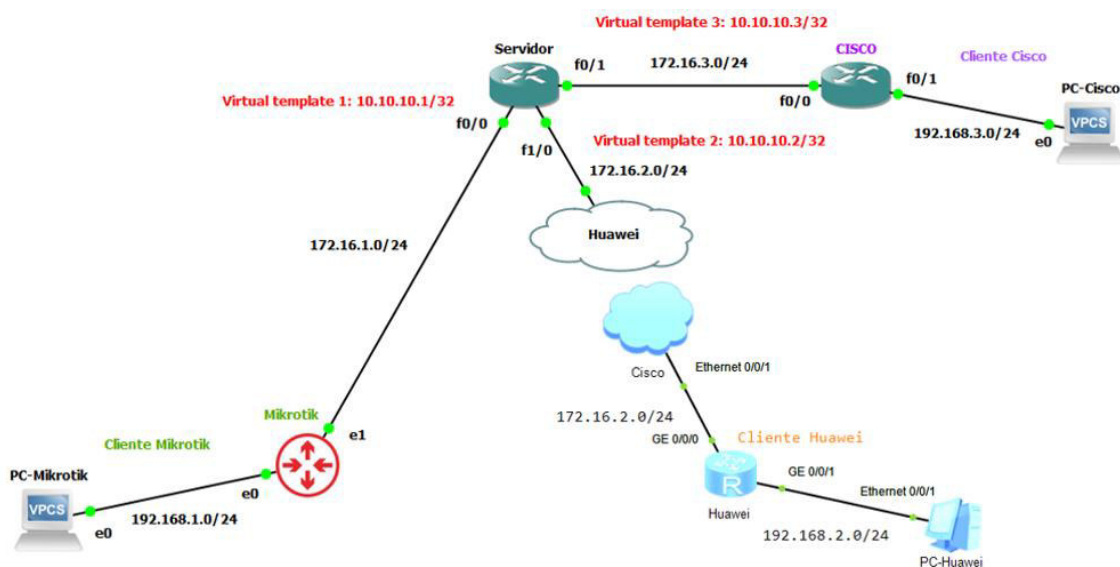


Figura 3.12 Topología propuesta para la práctica 2.

PRÁCTICA 3: Configuración de los protocolos OSPF, PPP CHAP, HDLC y MPLS

En este caso se trabaja con una topología en árbol porque desde el *router* de Mikrotik existen dos conexiones, una a Cisco y otra a Huawei, en las cuales se crean dos conexiones adicionales, la topología se muestra en la **Figura 3.13**. El protocolo que se utiliza para dar conexión extremo a extremo es OSPF y se ha dividido la topología en 3 áreas para llevar a cabo la configuración. También se hace uso del protocolo HDLC y de PPP CHAP, por lo cual, se han requerido de enlaces seriales que conecten los *routers* Cisco y Huawei. En los tres *routers* centrales, en cambio se ha utilizado el protocolo MPLS, creando a su vez una interfaz *loopback* en cada una para asignar los *router-ID*.

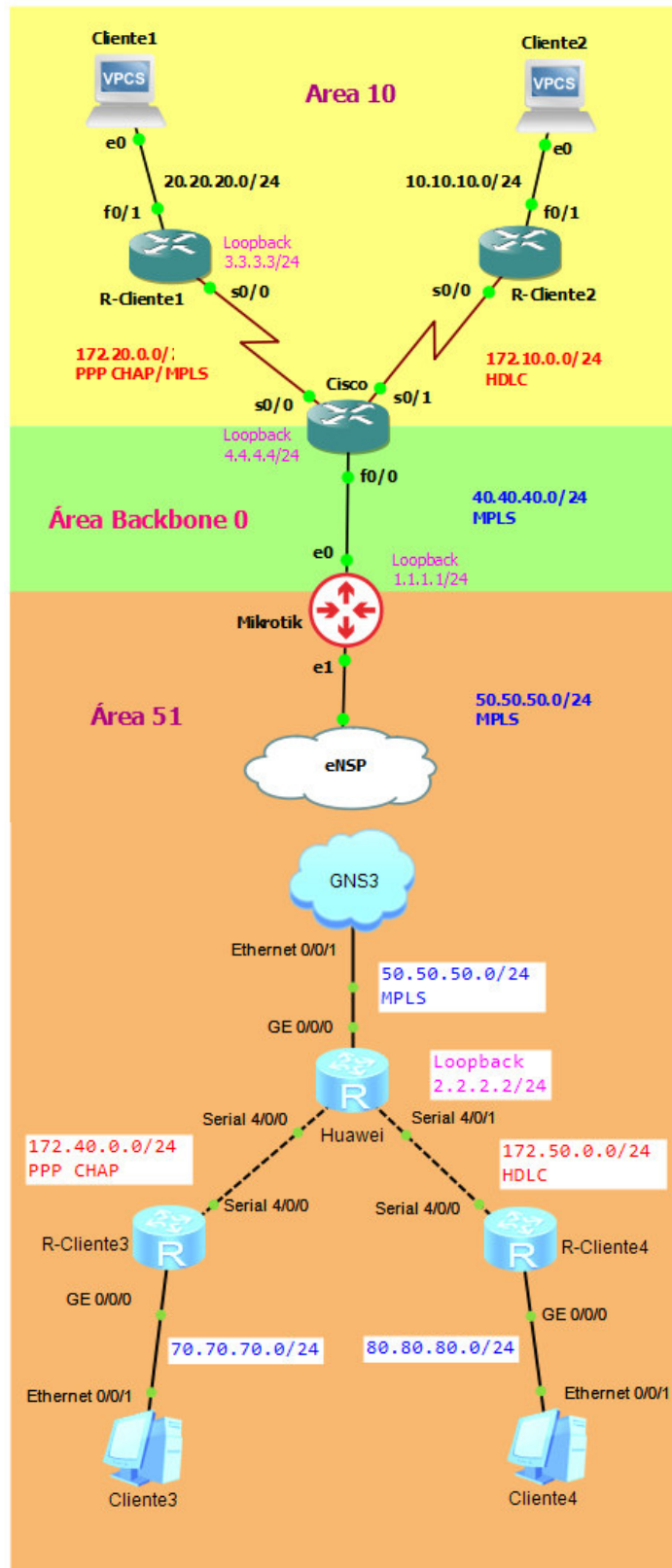


Figura 3.13 Topología propuesta para la práctica 3.

PRÁCTICA 4: Configuración del protocolo *Frame Relay* mediante *switches* y redistribución de OSPF e IS-IS.

En este caso, se trabaja con una topología híbrida porque en el centro de la topología se encuentra un enlace lineal con un *router* central Mikrotik conectado a un *router* Cisco y a uno Huawei en los extremos ver **Figura 3.14**. Los *routers* del extremo están conectados a un *Frame Relay switch* cada uno, el cual tiene dos conexiones adicionales con *router* un adicional cada uno. Mediante este *switch* se pueden asignar los identificadores de los canales de los circuitos de *Frame Relay* de una forma más sencilla, si se compara con el uso de un *router* y los comandos necesarios para llevar a cabo la misma función. Para esta práctica se requieren de interfaces seriales y subinterfaces lógicas seriales, al utilizar dos protocolos de enrutamiento se debe trabajar con redistribución en cada uno de ellos.

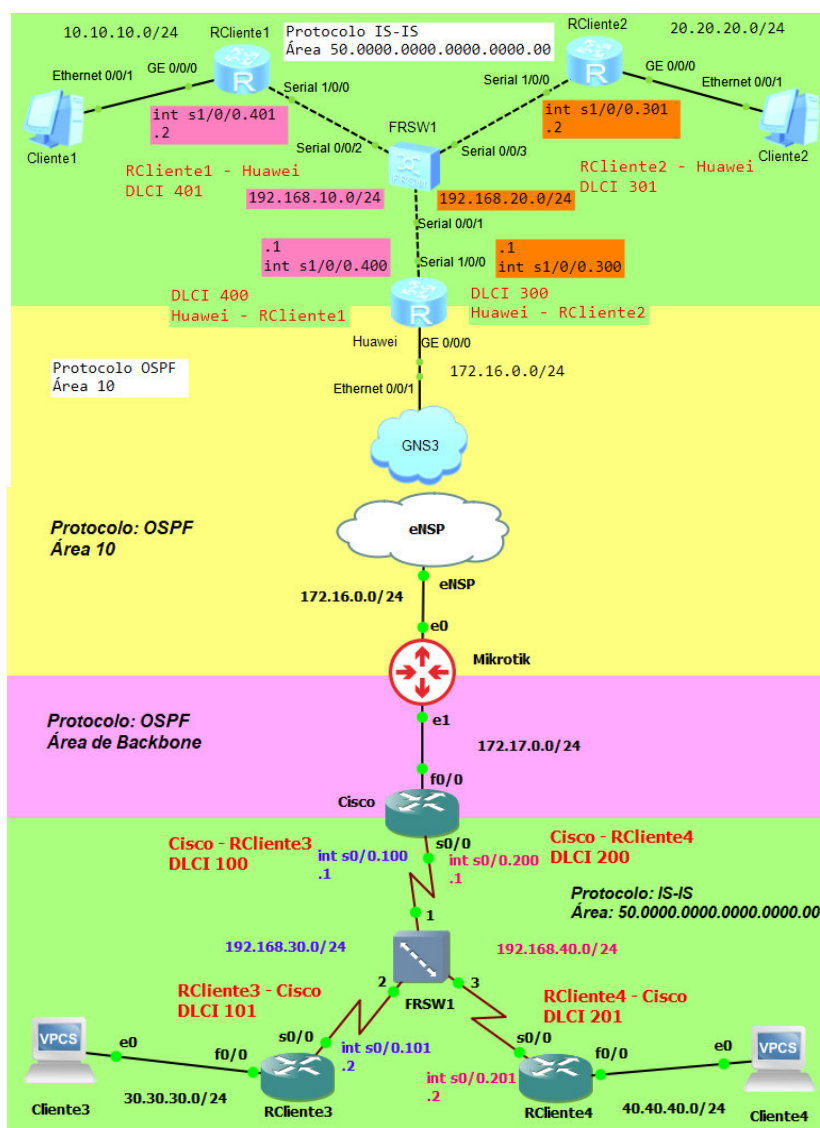


Figura 3.14 Topología propuesta para la práctica 4.

PRÁCTICA 5: Configuración de los protocolos PPP PAP, PPPoE con Huawei como servidor, MPLS y redistribución de EIGRP, OSPF, RIPv2 e IS-IS

Se utiliza una topología híbrida ya que en GNS3 se tiene un *router* Cisco central conectado a un *router* Mikrotik, Juniper y otro Cisco ver **Figura 3.15** y **Figura 3.16**. El *router* Mikrotik posee un enlace a una nube para la comunicación a eNSP donde hay una topología en bus con los *routers* de Huawei. Se hace uso de enlaces para la configuración de PPP PAP en Cisco y Huawei, se habilitan interfaces *loopback* para configurar MPLS en la conexión Juniper-Cisco-Mikrotik y por último, se hace uso de un *router* Huawei como servidor PPPoE con el *router* Mikrotik como su cliente.

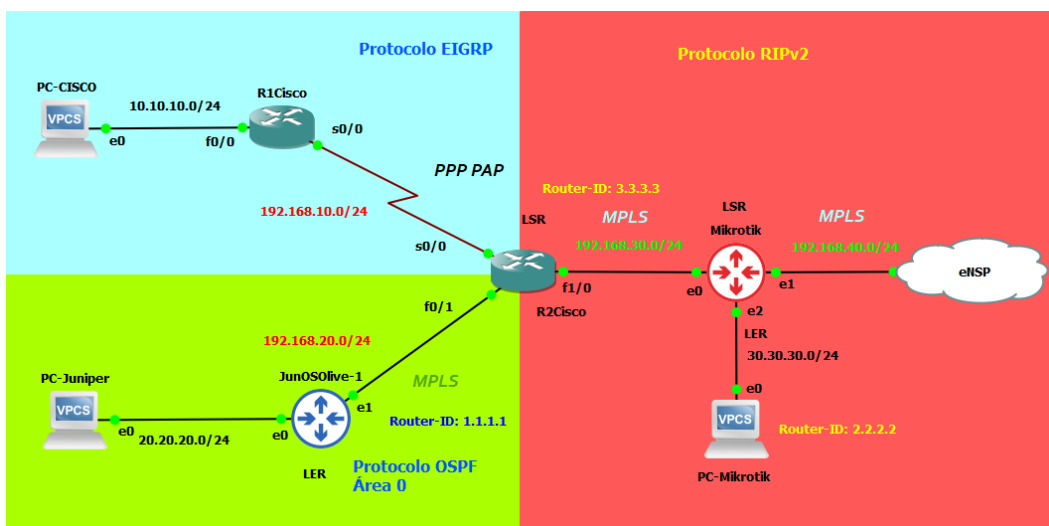


Figura 3.15 Topología propuesta para la práctica 5 en GNS3.

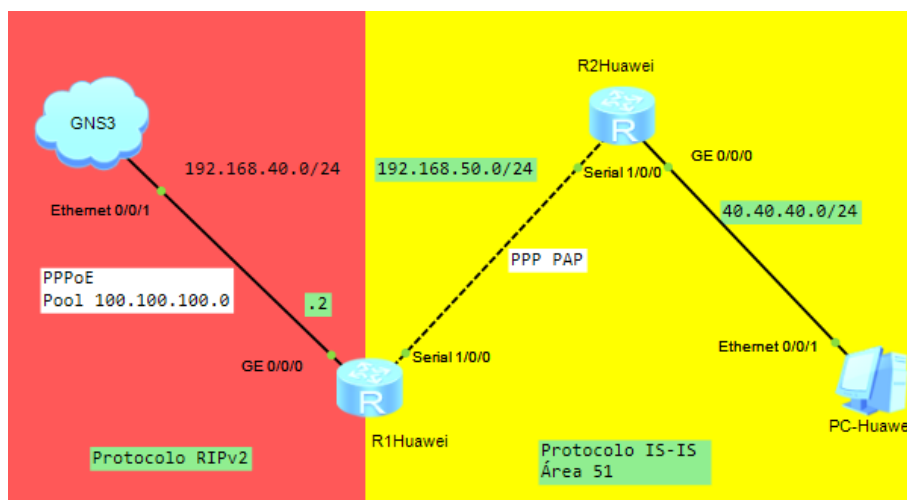


Figura 3.16 Topología propuesta para la práctica 5 en eNSP.

Imágenes de Huawei

El programa eNSP de Huawei dispone múltiples dispositivos con los que el usuario puede trabajar, en la sección de los *routers* el más sencillo pertenece a la serie AR200 utilizado en redes pequeñas de oficinas y los routers más robustos son NE9000 y NE5000 para redes troncales o empresariales o *data centers* ver **Figura 3.17**, sin embargo, estos últimos no pueden ser usados debido a que eNSP no los soporta. En la eNSP. Se realiza una comparativa entre los *routers* de eNSP que se pueden utilizar para el desarrollo de las prácticas.



Figura 3.17 Routers disponibles en eNSP.

El *software* tiene incluido un total de nueve tarjetas de interfaz que pueden ser usados por los *routers* ver **Figura 3.18** y **Tabla 3.2** Módulos disponibles para las routers de Huawei.; estas tarjetas de interfaz se dividen en tres y pueden ser: SIC (tarjeta de interfaz de servicio), XSIC (Tarjeta de interfaz de servicio extendido) y WSIC (tarjeta de interfaz de servicio amplia) y las tarjetas por defecto que se ven en los *routers* son SRU (Tarjetas de servicio y enrutador); cada tarjeta tiene diferentes botones, puertos e indicadores.

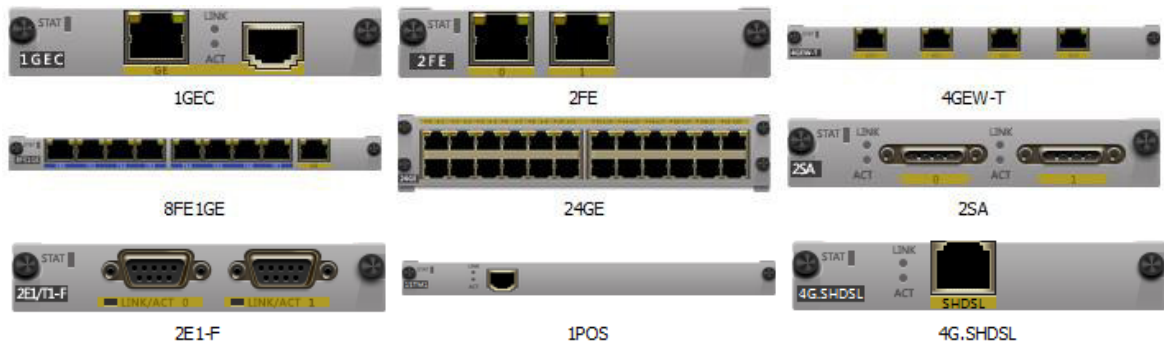


Figura 3.18 Módulos disponibles para algunos *routers* de eNSP.

La información de los dispositivos y módulos se encuentra disponible en la página oficial del proveedor Huawei, para tener acceso a esta documentación solo se requiere un usuario y contraseña [39] [40].

Tabla 3.1 Comparación de *routers* Huawei disponibles en el simulador eNSP.




Serie	Módulos por defecto	Usuarios conectados recomendados	Módulos soportados	Slots Disponibles	Memoria	Flash	Velocidad WAN
AR201	8 FE 1 WAN FE 1 CON/AUX Alimentación	50	Ninguno	Ninguno	512 (MB)	512 (MB)	150 (Mbps)
AR1220	8 FE 2GE 1 CON/AUX Alimentación	100	1. 1GEC 2. 2FE 3. 4GEW-T 4. 8FE1GE 5. 2SA 6. 2E1-F 7. 1POS 8. 4G.SHDSL	SIC:2 WSIC: 0 XSIC:0	512 (MB) / 1 (GB)	512 (MB)	200/400 (Mbps)
AR2220E	PWR150A 4 GE	300	1. 1GEC 2. 2FE 3. 4GEW-T 4. 8FE1GE 5. 24GE 6. 2SA 7. 2E1-F 8. POS 9. 4G.SHDSL	SIC: 4 WSIC: 2	1 (GB)	512 (MB) / 4 (GB)	800 (Mbps)
AR2240	PWR350A 4 GE	1000	Como AR2220E	SIC:4 WSIC:2 XSIC:2	2 (GB) /4 (GB)	2 (GB) /8 (GB)	1 (Gbps) - 4.5 (Gbps)
AR3260	PWR350A 8 GE	2000	Como AR2220E	SIC:4 WSIC:2 XSIC:4	2 (GB) / 4 (GB)	2 (GB) / 4 (GB)	1 (Gbps) - 5.5 (Gbps)





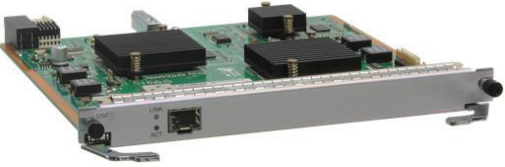

Los sistemas operativos de los *routers* de eNSP no necesitan tantos recursos como en GNS3, por lo que se ha podido hacer uso del *router* AR3260 para el proyecto porque presenta mejores capacidades respecto al resto, ver **Figura 3.19**. Este *router* permite utilizar todos los protocolos propuestos sin errores, añadirle interfaces seriales en los casos necesarios y colocar varias imágenes en un mismo proyecto sin afectar su rendimiento.



Figura 3.19 Router de la serie AR3260 de Huawei [41].

Tabla 3.2 Módulos disponibles para las *routers* de Huawei.

Módulo	Descripción	Imagen
1 GEC	Módulo de conexión WAN de alta velocidad tipo GE combinada puede funcionar como interfaz eléctrica con cable Ethernet o interfaz óptica con un módulo óptico.	
2FE	Módulo de acceso WAN de alta velocidad con dos puertos, proporciona dos interfaces eléctricas tipo Fast Ethernet (100BASE)	
4GEW-T	Módulo de acceso WAN de alta velocidad con cuatro puertos, proporciona cuatro interfaces eléctricas Gigabit Ethernet (1000BASE)	

8FE1GE	Proporciona 8 interfaces FastEthernet (10/100BASE) y 1 interfaz GigabitEthernet (10/100/1000BASE)	
24GE	Modulo con 24 puertos proporciona 24 interfaces Gigabit Ethernet (1000BASE) Se usa para oficinas donde se debe conectar varios dispositivos	
2SA	Módulo de interfaz serial de alta velocidad con dos puertos, la interfaz puede ser síncrono o asíncrono El modo Síncrono puede conectarse a una red WAN y puede funcionar como DCE (Equipo de comunicación de datos) o DTE (Equipo terminal de datos)	
2E 1-F	Módulo de acceso WAN que puede transmitir datos y señales de imagen.	
1 POS	Módulo de acceso de alta velocidad MAN y WAN Permite conectarse a una red de Jerarquía digital síncrona (SDH) Proporciona una conexión de 155 Mbps	
4G.SHDSL	Módulo de conexión WAN, sus siglas SHDSL significan servicio de línea de abonado digital de alta velocidad simétrica Consiste en un puerto con 4 pares y cada par tiene un velocidad de 15 Mbps	

Imágenes de Cisco

De acuerdo con la documentación de GNS3 se recomienda usar los sistemas operativos de los siguientes modelos de *routers* de Cisco: c3640, c3660, c3725 o c7200. Debido a que estas imágenes son las más estables si se usa la cantidad correcta de RAM y valor de PC inactivo. Estos sistemas operativos no se encuentran de forma predeterminada en el *software* GNS3, por ello, se deben buscar y descargar en la comunidad GNS3 [42].

En GNS3 el *router* c3725 tiene preinstalado un módulo GT96100-FE con dos interfaces FastEthernet y permite al usuario agregar hasta tres módulos *WAN Interface Card* (WIC) para interfaces seriales y hasta 16 interfaces tipo Ethernet [43] ver **Figura 3.20** Vista frontal del *router* de la serie c3725 de Cisco y ver **Figura 3.21**. La mínima memoria RAM que se debe asignarle al *router* es de 128 (MB), la cual no es excesiva para la máquina física e incluso se puede trabajar con varias imágenes al mismo tiempo. El *router* Cisco c3725 permitió el correcto funcionamiento de las configuraciones realizadas en las prácticas por lo que ha sido considerado como la mejor opción para este proyecto [44].



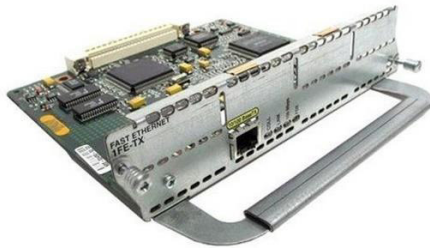

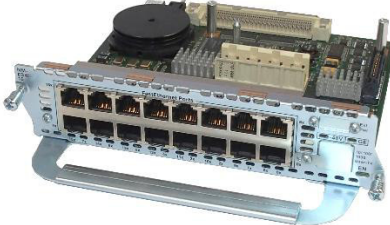

Figura 3.20 Vista frontal del *router* de la serie c3725 de Cisco [44].



Figura 3.21 Vista posterior del *router* de la serie c3725 de Cisco [45].

Se estableció una tabla con los módulos o tarjetas de interfaz que pueden ser adicionados al *router* Cisco ver **Tabla 3.3** las figuras utilizadas no se han obtenido de páginas oficiales dado que en estas se muestran solo planos por lo que se ha recurrido a páginas comerciales [46] [47] [48] [49].

Tabla 3.3 Módulos disponibles para las imágenes de Cisco.

Módulo	Descripción	Imagen
NM-1FE-TX	Proporciona un módulo <i>FastEthernet</i> al <i>router</i> con una velocidad 10 o 100 (Mbps).	
NM-4T	Este módulo permite añadir 4 puertos seriales síncronos al <i>router</i> .	
NM-16ESW	Proporciona hasta 16 puertos EtherSwitch de 10/100 Mbps con capacidad para comunicación <i>Full duplex</i> .	
WIC-1/2T	Este módulo permite añadir 2 interfaces seriales al <i>router</i> , las cuales tienen un soporte síncronico o asíncronico.	

Imágenes de Mikrotik

Para aprender a configurar equipos Mikrotik se ha utilizado el sistema operativo RouterOS, que permite al usuario configurarlo ya sea por interfaz gráfica con la herramienta WinBox o por la terminal mediante comandos. Una de las desventajas es que no se le puede agregar interfaces seriales con las que trabajar, por ello, no se han podido configurar los protocolos PPP o HDLC por lo que se tuvo que utilizar una variante denominada PPPoE.

El sistema operativo se lo obtiene de la página oficial de Mikrotik como archivo un *Cloud Hosted Router* (chr). Para este proyecto se trabajó con la versión estable chr-6.44.6 de Mikrotik, no se utilizó una de las versiones más recientes porque al no estar 100% testeadas pueden provocar errores [50].

Imágenes de Juniper

Para aprender a configurar equipos de Juniper se ha utilizado el sistema operativo JunOS Olive, esta versión no es idéntica a la que se utiliza en los dispositivos físicos, debido a que no permite trabajar con interfaces seriales, lo que limita su configuración, y requiere de menos recursos de memoria RAM.

JunOS Olive trabaja con la versión del año 2012 llamada 12.1R1.9, ocupando un mínimo de 512 (Mb) de memoria RAM, por lo que no se recomienda utilizar más de dos *routers* Juniper en el mismo proyecto debido a que provoca bajadas en el rendimiento del ordenador físico [51]. Aunque no se utilizó una versión reciente del sistema operativo JunOS, la versión Olive fue suficiente para obtener conocimientos básicos de cómo se puede configurar un *router* Juniper, en caso de que el estudiante desee conseguir certificaciones JNCIA o JNCIS [52].

3.3 Implementar redes WAN en el *software* GNS3

Programas necesarios

Para poder realizar las prácticas con los dispositivos del proveedor Huawei se tienen como requisitos previos: la versión del simulador eNSP 1.3.00.100 y una versión de Virtual Box compatible, en este caso la v5.2.40 debido a que las versiones anteriores generan mensajes en Windows sobre fallas en la seguridad o en el rendimiento del equipo; y para trabajar con los dispositivos de otros proveedores como: Cisco, Mikrotik y Juniper, el programa elegido es GNS3, que no necesita de una versión predeterminada, pero se ha utilizado la v2.2.5. Los sistemas operativos de los *routers* escogidos y que se van a emplear son los siguientes:

- Para Huawei AR3260.
- Para Cisco c3725.
- Para Mikrotik chr 6.44.6.
- Para Juniper JunOS-Olive 12.1R1.9.

Instalación de Virtual Box 5.2.40

Se ha instalado el programa Virtual Box porque es un requisito para instalar el simulador de Huawei eNSP, la versión utilizada es la 5.2.40 que se puede descargar de su sitio web <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>. Se usa esta versión porque era compatible con eNSP y no presentaba problemas cuando se trataba de instalar en Windows. Para familiarizarse con la interfaz gráfica del programa se observa en la **Figura 3.22**.



Figura 3.22 Interfaz de Oracle VM VirtualBox.

Instalación de GNS3 2.2.5

GNS3 es el simulador de red principal que se utilizará para el desarrollo de las prácticas de este documento. Es importante que se instale junto a Virtual Box y antes que eNSP, debido a que GNS3 instala WireShark 3.0.6 y WinPCap 4.1.3 simultáneamente como se observa en la **Figura 3.23**, los cuales son requisitos del simulador de Huawei. Se puede descargar el ejecutable directamente de la página oficial de GNS3 (<https://gns3.com/software>). Cuando se muestre la interfaz del programa, debe iniciar un proyecto para poder colocar las diferentes imágenes que ha instalado, lo que se mostrará posteriormente.

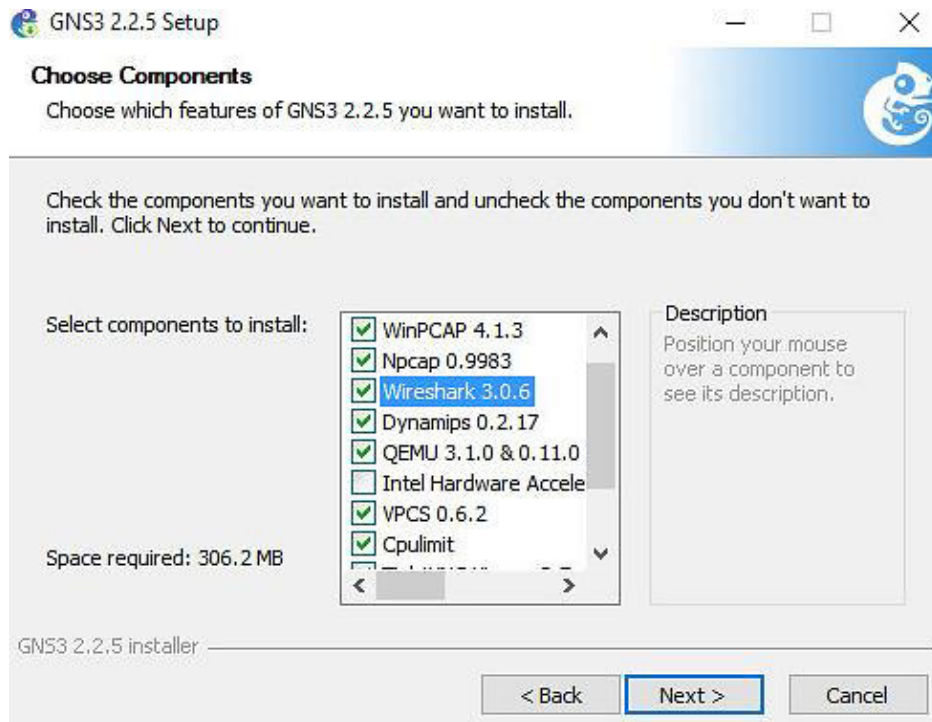


Figura 3.23 Componentes adicionales que se pueden instalar en GNS3.

Para relacionarse con GNS3 se indica la interfaz del simulador en la **Figura 3.24** Interfaz del programa GNS3.y se mostrarán las funciones de los botones principales en la **Tabla 3.4** Funciones de los botones de GNS3.

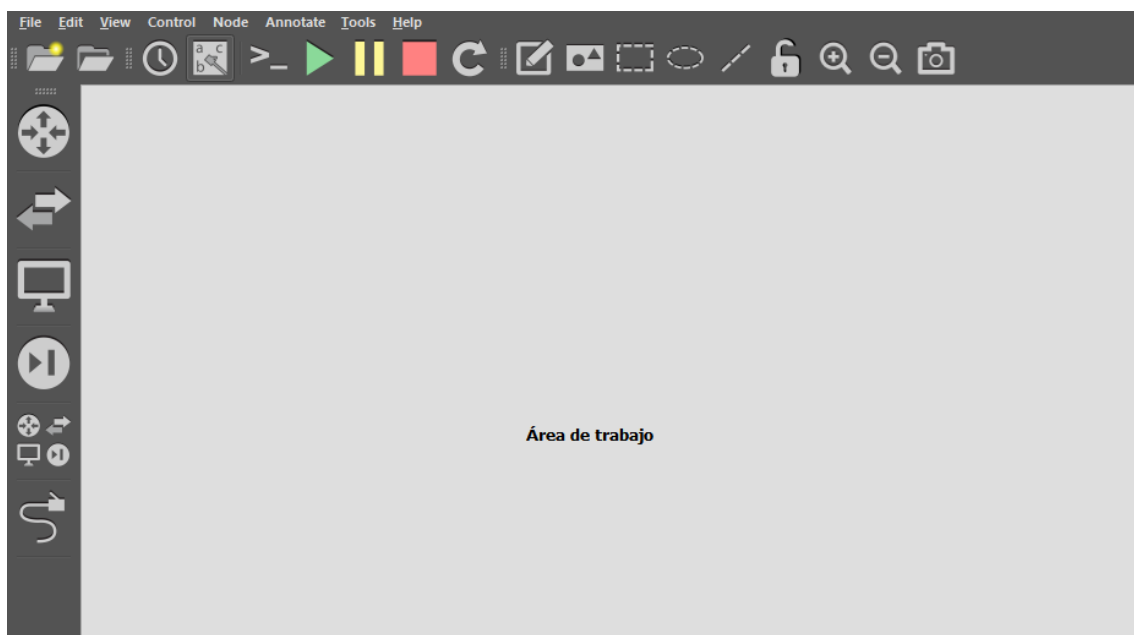









Figura 3.24 Interfaz del programa GNS3.

Tabla 3.4 Funciones de los botones de GNS3.

Imagen del botón	Nombre del botón	Función que realiza
	Buscador de <i>routers</i>	Como su nombre indica, le permite ver las imágenes de <i>routers</i> que ha instalado.
	Buscador de todos los dispositivos	Le permite ver todos los componentes instalados en GNS3, se destaca para las prácticas los ordenadores virtuales, los <i>switches</i> y la nube.
	Añadir enlace	Le permite hacer la conexión cableada entre los dispositivos para comunicarlos entre sí.
	Mostrar u ocultar las etiquetas de las interfaces	Le permite al usuario visualizar las interfaces a las que ha conectado un cable y lo ayuda en el proceso de configuración.
	Start/Pause/Stop	Permite iniciar todos los componentes en el área de trabajo, ponerlos en pausa para que utilicen menos recursos o apagarlos.
	Añadir nota	Permite agregar comentarios o anotaciones a las topologías, en este caso se utilizan para indicar las redes a configurarse.
	Añadir figuras	Permite al usuario añadir figuras, como rectángulos o círculos para hacer más gráfico la división de redes.

Instalación de eNSP v1.3.00.100

Enterprise Network Simulation Platform (eNSP) es un simulador de red desarrollado por Huawei, permite hacer uso de varias imágenes de *routers* empresariales de la serie AR. Se puede descargar desde el foro de la comunidad de Huawei (forum.huawei.com) y cuando se instale debe detectar que WinPcap, Wireshark y Virtual Box también han sido descargados e instalados previamente como se ve en la **Figura 3.25**.

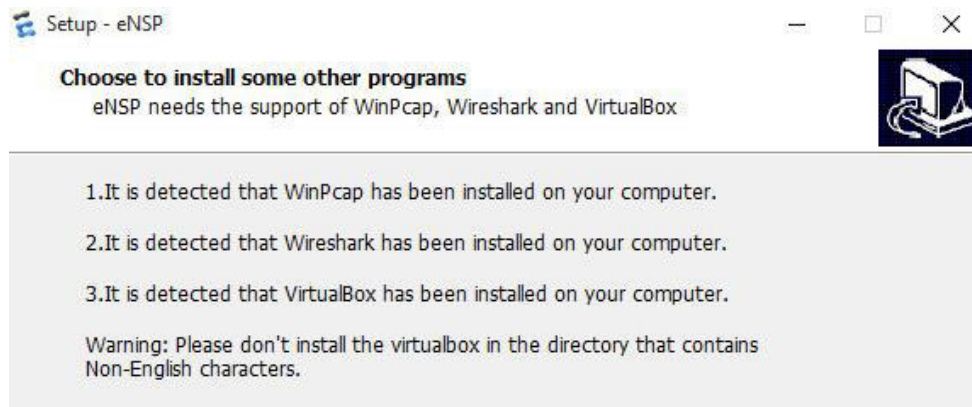


Figura 3.25 Comprobación de instalación de programas necesarios.

Así mismo, para relacionarse con eNSP se mostrará su interfaz gráfica en la **Figura 3.26** y la función que cumplen sus botones en la **Tabla 3.5**.

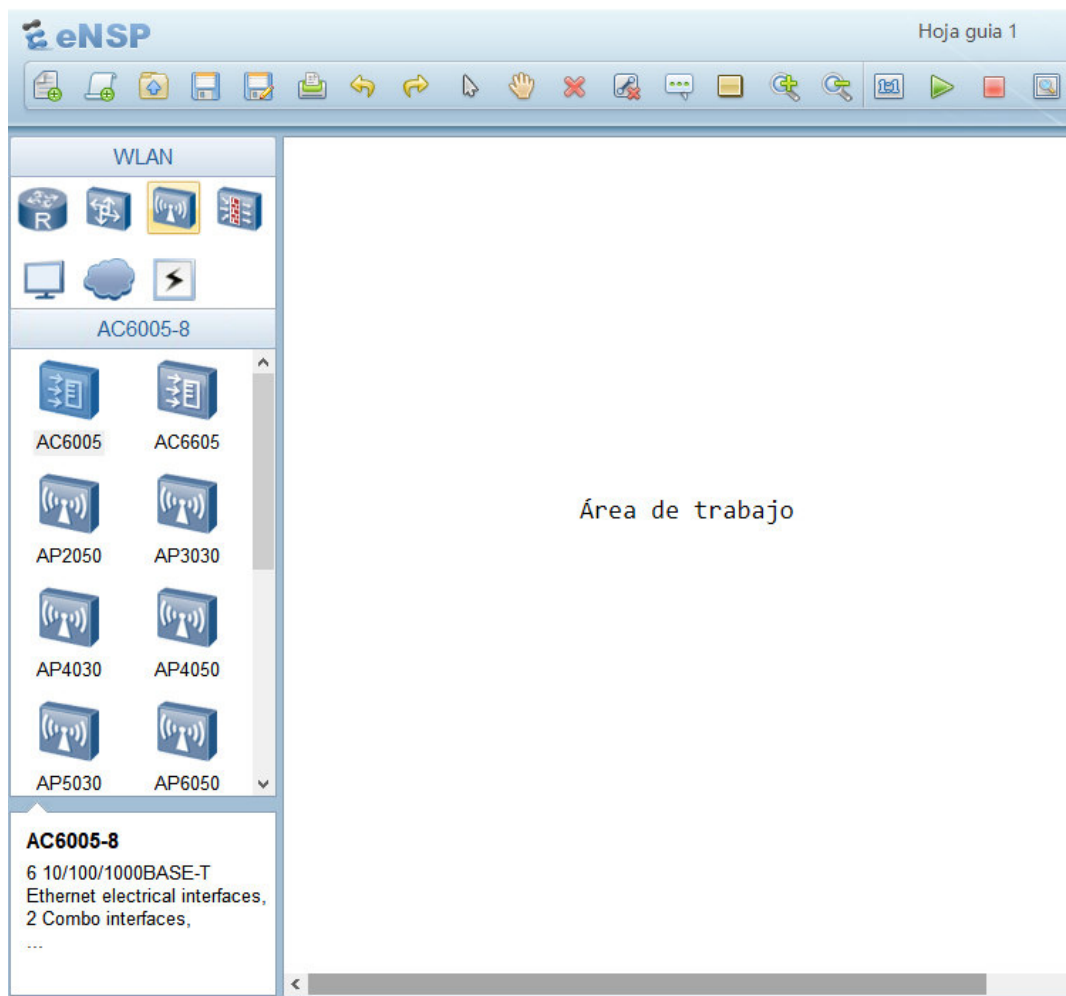











Figura 3.26 Interfaz del programa eNSP.

Tabla 3.5 Funciones de los botones de eNSP.

Imagen del botón	Nombre del botón	Función que realiza
	<i>Routers</i>	Permite visualizar los <i>routers</i> preinstalados disponibles en eNSP.
	Dispositivos finales	Le permite ver los componentes finales que posee eNSP como un VPC, una laptop, un teléfono móvil o un servidor.
	Otros dispositivos	Permite al usuario visualizar componentes adicionales como un <i>switch</i> que utiliza <i>Frame Relay</i> , una <i>cloud</i> o un HUB.
	Conexiones	Muestra los tipos de cables que se pueden utilizar para conectar a los dispositivos.
	Nueva topología	Se utiliza para crear un nuevo proyecto, con una nueva topología.
	Guardar/Guardar como...	Permite al usuario guardar el proyecto en una ubicación deseada.
	Añadir nota	Permite agregar comentarios o anotaciones a las topologías.
	Añadir figuras	Permite añadir figuras al proyecto para hacer más gráfica la división entre redes.
	<i>Start/Stop</i>	Permite iniciar o apagar todos los componentes del proyecto.

Descarga de la imágenes ISO

Para la descarga de las imágenes se pueden buscar las páginas oficiales de Juniper, Mikrotik, Huawei o GNS3. En algunos casos se requiere de una investigación más exhaustiva, por ello, se han descargado las imágenes correspondientes y se han cargado en una carpeta compartida de OneDrive, como se ve en la **Figura 3.27**. La carpeta se encuentra en el siguiente enlace para los estudiantes de la EPN: https://epnecuador-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/fernando_becerrac_epn_edu_ec/Ep1RCIR8Na1DpalZPP5Of6MBI6nzEw_cdvzND85NKiH_vA?e=Ugskdc

Nombre	Modificado	Modificado por
Imágenes de Routers	20 de julio	ANDRES ALEJANDRO ...
Programas	20 de julio	ANDRES ALEJANDRO ...

Figura 3.27 Carpeta compartida con imágenes ISO y programas correspondientes.

Comandos necesarios para configurar los *routers*

Durante el desarrollo de las prácticas se ha recopilado los comandos utilizados junto a su función. Como resultado se han elaborado tablas con la teoría necesaria para configurar características y protocolos en los dispositivos.

- Ingresar a los modos de configuración y observar las configuraciones realizadas de los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.6**.
- Configurar las interfaces de los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.7**.
- Protocolo de enrutamiento dinámico: RIPV2 en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.8**.
- Protocolo de enrutamiento dinámico: EIGRP en el *router* Cisco ver **Tabla 3.9**.
- Protocolo de enrutamiento dinámico: OSPF en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.10**.
- Protocolo de enrutamiento dinámico: IS-IS en los *routers* Cisco y Huawei **Tabla 3.11**.
- Protocolo MPLS en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.12**.
- Protocolo PPPoE para Servidor en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.13**.
- Protocolo PPPoE para Cliente en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik ver **Tabla 3.14**.
- Protocolo HDLC en los *routers*: Cisco y Huawei ver **Tabla 3.15** Comandos para configurar los protocolos HDLC en los routers: Cisco y Huawei.
- Protocolos PPP PAP y CHAP en el *router* Cisco ver **Tabla 3.16**.
- Protocolos PPP PAP y CHAP en el *router* Huawei ver **Tabla 3.17**.
- Protocolo *Frame Relay* en los *routers*: Cisco y Huawei ver **Tabla 3.18**.
- Ingresar a los modos de configuración y observar las configuraciones realizadas del *router* Juniper ver **Tabla 3.19**.
- Protocolo de enrutamiento dinámico: OSPF en el *router* Juniper ver **Tabla 3.20**.
- Protocolo MPLS en el *router* Juniper ver **Tabla 3.21**.
- Redistribucion de protocolos de enrutamiento en los *routers*: Cisco y Huawei ver **Tabla 3.22**.

Tabla 3.6 Comandos para la configuración inicial de los *routers*.

Comandos Iniciales	Cisco	Huawei	Mikrotik
Ingresar a modo usuario	Por defecto se ubica en el modo usuario	Por defecto se ubica en el modo usuario	No hay
Ingresar a modo privilegiado	Enable	System view	No hay
Ingresar a modo configuración	Configure terminal -Conf T	Configure edit	Por defecto se ubica dentro del modo configuración
Volver al modo anterior	exit	quit	..
Cambiar el nombre al dispositivo	Hostname [Nombre]	sysname [Nombre]	system identity set name=[Nombre]
Mensaje de inicio	Banner motd &[mensaje]&		
Contraseña para modo privilegiado	Enable secret [contraseña]	Super pass cipher [contraseña]	
Descripción o comentario de un elemento	description	description	Comment="[Mensaje]"
Mostrar la tabla de enrutamiento	Show ip route	Display ip routing-table	Ip route print Ip address print
Mostrar las configuraciones recientes	Show running-config	Display current-configuration	No hay
Guardar las configuraciones	wr	save	/system backup save
Eliminar un comando	No [comando]	Undo [comando]	[comando] Remove [parámetro]

Tabla 3.7 Comandos para configurar interfaces en los *routers* Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos para Interfaces	Cisco	Huawei	Mikrotik
Ingreso a la configuración de una interfaz	Interface [Tipo de interfaz] [número de interfaz]	interface [Tipo de Interfaz] [número de interfaz]	ip address
Mostrar las interfaces configuradas		Display interface	Interface print
Mostrar direcciones configuradas	show ip route	display ip interface brief o display ip routing-table	Ip address print
Asignación de dirección IP	ip address [IP] [mascara]	ip address [IP] [mascara]	Ip address> add address=[dirección/mascara] interface=[interfaz correspondiente]
Crear una ruta estática	ip route [dirección] [mascara] [siguiente paso]	ip route-static [dirección] [mascara] [siguiente paso]	ip route> add dst- address=[dirección/mascara] gateway=[siguiente paso]

Tabla 3.8 Comandos para configurar el protocolo RIP versión 2 en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos para RIP	Cisco	Huawei	Mikrotik
Habilitar RIP	router rip	rip 1	routing rip
Cambiar a versión 2	version 2	version 2	No es necesario
Declarar las redes	network [dirección de red]	Network [red]	/routing rip network add network=[red/mascara]

Deshabilitar la sumarización automática	no auto-summary	undo summary	No necesario
Mostrar la tabla de enrutamiento	show ip route rip	display rip display rip [<i>process-id</i>] database display rip [<i>process-id</i>] route display rip [<i>process-id</i>] interface	ip route print

Tabla 3.9 Comandos para configurar el protocolo EIGRP en el *router* Cisco.

Comandos para EIGRP	Cisco
Habilitar EIGRP	router eigrp [ID del proceso]
Deshabilitar la sumarización automática	no auto-summary
Declarar las redes	network [dirección de red] [wildcard de red]

Tabla 3.10 Comandos para configurar el protocolo OSPF en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos para OSPF	Cisco	Huawei	Mikrotik
Habilitar OSPF	Router ospf [Process ID] Router-id [Dirección IP]	ospf [Process ID] router-id [dirección IP]	routing ospf
Ingresar o crear un área	network [red] [wildcard] área [#]	área [número de área]	routing ospf area add area-id= [dirección de área]

Declarar las redes		Network [red] [wildcard]	/routing ospf> network add network=[red/mascara] area= [area X]
Mostrar la tabla de enrutamiento	Show ip route show ip route ospf	display ospf brief display ospf interface display ospf lsd Display ip routing-table	routing ospf route print

Tabla 3.11 Comandos para configurar el protocolo IS-IS en los *routers* Cisco y Huawei.

Comandos para IS-IS	Ciso	Huawei
Habilitar ISIS	router isis	isis
Indicar área de trabajo	Net [X.0000.0000.0000.000Y.00] X=Área Y=Identificación del router en el área	network-entity [X.0000.0000.0000.000Y.00] X=Área Y=Identificación del router en el área
Activar ISIS en las interfaces	1. interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. ip router isis	1. interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. isis enable

Tabla 3.12 Comandos para configurar el protocolo MPLS en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos para MPLS	Cisco	Huawei	Mikrotik
Crear interfaz loopback y su dirección	1. interface loopback [numero] ip address [dirección] [mascara]	1. interface loopback [numero] 2. ip address [dirección] [mascara]	1. interface brigde add name=[nombre] protocolo- mode=none 2. ip address add address=[dirección/mascara] interface=[nombre]

Identificador del <i>router</i> en la red MPLS	mpls ldp router-id [loopback creada]	mpls lsr-id [dirección de la loopback creada]	mpls ldp set lsr-id=[dirección de loopback creada] transport-address=[dirección de loopback creada]
Activar MPLS de forma global	No es necesario	1. mpls 2. mpls ldp	No es necesario
Activar MPLS en las interfaces	1. interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. mpls ip	1. interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. mpls 3. mpls ldp	1. mpls ldp interface add interface=[interfaz] 2. mpls ldp set enabled=yes
Mostrar resultados	show mpls forwarding-table show mpls interfaces Show mpls ip binding Show mpls ldp discovery	display mpls route-state display mpls ldp lsp display mpls lsp	mpls forwarding-table print, mpls ldp neighbor print

Tabla 3.13 Comandos para configurar el protocolo PPPoE para Servidor en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos para PPPoE-Server	Cisco	Huawei	Mikrotik
Crear rango de direcciones que distribuye el servidor	ip local pool [nombre del pool] [dirección inicial] [dirección final]	1. ip pool [nombre del pool] 2. network [dirección de red de pool] mask [mascara] 3. gateway-list [primera IP disponible del rango pool] 4. quit	ip pool add name="[nombre]" ranges=[dirección IP]- [dirección IP]

Creación de la interfaz virtual para cada usuario	<ol style="list-style-type: none"> 1. interface virtual-template [número de interfaz] 2. encapsulation ppp 3. mtu 1492 4. ip address [dirección] [mascara] 5. peer default ip address pool [nombre del pool] 6. exit 	<ol style="list-style-type: none"> 1. interface virtual-template [número de interfaz] 2. ppp authentication-mode chap 3. ip address [Primera IP del Rango del pool] [mascara] 4. remote address pool [nombre del pool] 5. quit 	<pre> Ppp profile add name=" [nombre de perfil]" local- address= [dirección IP] remote-address=pppoe-pool </pre>
Creación de usuario	<pre> username [nombre de usuario] password [contraseña] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. aaa 2. local-user [nombre de usuario] password cipher [contraseña] 3. local-user [nombre de usuario] service-type ppp 4. quit 	<pre> ppp secret add name=[nombre de usuario] password=[contraseña] service=pppoe profile=[nombre de perfil] </pre>
Registro de un usuario en un grupo y en una interfaz virtual	<ol style="list-style-type: none"> 1. bba-group pppoe [nombre de usuario] 2. virtual-template [número de interfaz] 3. exit 	No se utilizó	No se utilizó
Habilitar pppoe en una interfaz física	<ol style="list-style-type: none"> 1. interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. pppoe enable group [nombre de usuario] 3. no shutdown 	<ol style="list-style-type: none"> 1. interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. pppoe-server bind virtual-template [número de interfaz virtual] 	<pre> Interface pppoe-server server add service-name=internet interface=[tipo de interfaz] default-profile=[nombre de perfil] disabled=no </pre>
Mostrar resultados	<pre> Show pppoe session interface [tipo de interfaz] [número de la interfaz] show pppoe session show ip interface brief show ip route </pre>	<pre> display pppoe-server session all </pre>	<pre> Interface pppoe-server print </pre>

Tabla 3.14 Comandos para configurar el protocolo PPPoE para Cliente en los *routers*: Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos para PPPoE-Client	Cisco	Huawei	Mikrotik
Creación de una interfaz equivalente a la interfaz virtual-template y un usuario	Interface dialer 1 Encapsulation ppp Ip address negotiated Mtu 1492 dialer pool 1 Ppp chap password [contraseña] Exit	Dialer-rule Diale-rule 1 ip permit Quit Interface dialer 1 Dialer user [user 1] Dialer-group 1 Dialer bundle 1 Ppp chap user [nombre de usuario] Ppp chap password cipher [contraseña] Dialer time idle 300 Dialer queue-length 8 Ip address ppp-negotiate quit	Interface pppoe-client enable Interface pppoe-client add name=[nombre de usuario] user=[nombre de usuario] password=[contraseña] interface=[tipo de interfaz] service-name=internet disable=no
Activar protocolo en las interfaces	Interface [tipo de interfaz] [numero de la interfaz] Pppoe enable Pppoe-client dial-pool-number 1 No shutdown	Interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] Pppoe-client dial-bundle-number 1	
Autenticar con chap	Interface virtual-template [#] Ppp authentication chap	No se utilizó	No se utilizó
Mostrar resultados	Show interface dialer [#]	display pppoe-client session summary	Interface pppoe-client print

Tabla 3.15 Comandos para configurar los protocolos HDLC en los *routers*: Cisco y Huawei.

Comandos para HDLC	Cisco	Huawei
Activar encapsulamiento HDLC	1) interface serial [número de la interfaz] 2) encapsulation hdlc	1) interface serial [numero de la interfaz] 2) link-protocol hdlc
Asignar nombre al router	hostname [nombre del router]	sysname [nombre del router]

Tabla 3.16 Comandos para configurar los protocolos PPP PAP y CHAP en el *router* Cisco.

Cisco				
Comandos de PAP y CHAP	PPP PAP		PPP CHAP	
	Router 1	Router 2	Router 1	Router 2
Asignar nombre al <i>router</i>	hostname [nombre R1]	hostname [nombre R2]	hostname [nombre R1]	hostname [nombre R2]
Aprender usuario vecino	username [nombre R2] password [contraseña R2]	username [nombre R1] password [contraseña R1]	username [nombre R2] password [contraseña R2]	username [nombre R1] password [contraseña R1]
Activar protocolo en la interfaz	1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. encapsulation ppp 3. ppp authentication pap 4. ppp pap sent-username [nombre R1] password [contraseña R1]	1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. encapsulation ppp 3. ppp authentication pap 4. ppp pap sent-username [nombre R2] password [contraseña R2]	1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. encapsulation ppp 3. ppp authentication chap	1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. encapsulation ppp 3. ppp authentication chap
Verificación del funcionamiento del protocolo	Show running-config			

Tabla 3.17 Comandos para configurar los protocolos PPP PAP y CHAP en el router Huawei.

Huawei				
Comandos de PAP y CHAP	PPP PAP		PPP CHAP	
	Servidor	Cliente	Servidor	Cliente
Crear usuario		1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. ppp pap local-user [nombre de usuario] password cipher [contraseña]		1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. ppp chap user [nombre de usuario] 3. ppp chap password cipher [contraseña]
Autenticación aaa	1. aaa 2. local-user [nombre de usuario] password cipher [contraseña] 3. local-user [nombre de usuario] service-type ppp 4. quit		1. aaa 2. local-user [nombre de usuario] password cipher [contraseña] 3. local-user [nombre de usuario] service-type ppp 4. quit	
Activar protocolo PPP PAP en la interfaz	1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. link-protocol ppp 3. ppp authentication-mode pap 4. quit		1. Interfaz [tipo de interfaz] [número de interfaz] 2. link-protocol ppp 3. ppp authentication-mode chap 4. quit	
Verificación del funcionamiento del protocolo	display interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]			

Tabla 3.18 Comandos para configurar el protocolo Frame Relay en los *routers* Cisco y Huawei.

Comandos para Frame Relay	Cisco	Huawei
Activar protocolo FR en la interfaz física	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interfaz serial [número de interfaz] 2. Encapsulation frame-relay 3. No shutdown 4. Exit 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interfaz serial [número de interfaz] 2. Link-protocol fr 3. quit
Creación de interfaces virtuales para FR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interfaz serial[número de interfaz].[dlci] point-to-point 2. Bandwidth [x] 3. Ip address [dirección ip] [mascara] 4. Frame-relay interface-dlci [dlci] 5. Exit 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interfaz serial[número de interfaz].[dlci] p2p 2. Ip address [dirección ip] [mascara] 3. Fr dlci [dlci] 4. quit
Verificación	<p>Show frame-relay map</p> <p>Show frame-relay pvc</p>	<p>Display fr map-info</p> <p>Display fr interface [tipo de interfaz] [numero de interfaz]</p> <p>Display fr pvc-info</p>

Tabla 3.19 Comandos básicos para configurar el *router* Juniper.

Comandos básicos de configuración	Juniper
Ingresar al modo privilegiado	cli
Ingresar al modo configuración	edit
Cambiar el nombre al dispositivo	set system host-name [nombre]
Contraseña para usuario <i>root</i>	<p>set system root-authentication plain-text-password</p> <p>Password [contraseña]</p>

	repeat [contraseña]
Indicar dirección a la interfaz	set interfaces em [Interfaz] unit 0 family inet address [dirección/mascara]
Guardar configuración y ejecutarla	commit
Salir del modo actual	exit

Tabla 3.20 Comandos para configurar el protocolo OSPF en el *router* Juniper.

Comandos para OSPF	Juniper
Ingresar a opciones de enrutamiento	edit routing-options
Crear dirección <i>loopback</i>	set interfaces lo [Número de interfaz] unit 0 family inet address [dirección/mascara]
Indicar el router-id	set router-id [dirección]
Ingresar al modo de configuración de OSPF	edit protocols ospf area [Número de área]
Indicar interfaces que utilizan OSPF	set interface em[interfaz]

Tabla 3.21 Comandos para configurar el protocolo MPLS en el *router* Juniper.

Comandos para MPLS	Juniper
Declarar interfaces que utilizan MPLS en un grupo	set interfaces em[X] unit 0 family mpls
Crear dirección <i>loopback</i>	set interfaces lo[X] unit 0 family inet address [dirección/mascara]
Ingresar a opciones de enrutamiento	edit routing-options
Indicar el router-id	set router-id [dirección]
Ingresar al modo de configuración de MPLS	edit protocols mpls

Indicar interfaces que utilizan MPLS	set interface em[X]
Ingresar al modo de configuración de LDP	edit protocols ldp
Indicar interfaces LDP	set interface em[X]

Tabla 3.22 Comandos para redistribuir protocolos de enrutamiento en los *routers*: Cisco y Huawei.

Comandos para redistribuir	Cisco	Huawei
Redistribución en RIP	redistribute [protocolo] [process ID si es necesario] metric [valor de métrica]	import-route [protocolo] [process ID] cost [valor de métrica]
Redistribución en OSPF	redistribute [protocolo] metric [valor de métrica] subnets	import-route [protocolo] cost [valor métrica]
Redistribución en IS-IS	redistribute [protocolo] level-1-2 metric [valor de métrica]	import-route [protocolo] cost [valor de métrica] level-1-2
Redistribución en EIGRP	redistribute [protocolo] metric [valor ancho de banda] [retardo] [confiabilidad] [ancho de banda efectivo] [unidad máxima de transferencia]	No usa el protocolo EIGRP

3.4 Verificar el funcionamiento de los equipos de la red WAN y los distintos dispositivos

Tablas de enrutamiento, configuración de protocolos, *pings* y *traceroute* de las prácticas.

En esta sección se realizará un análisis de los resultados obtenidos en las prácticas desarrolladas, en base a las tablas de información y sus parámetros. Los comandos para obtener un diagnóstico de la red son: *ping* y *traceroute*, gracias a estos se conoce las rutas que siguen los paquetes hacia su destino, incluido el tiempo de respuesta.

La herramienta de diagnóstico *traceroute* tiene diferente sintaxis en cada dispositivo:

- Para Cisco y Juniper se utiliza *traceroute*
- Para Mikrotik se utiliza *tool traceroute*
- Para los dispositivos de Huawei se utiliza *tracert*
- Para las VPCs se utiliza *trace*

PRÁCTICA 0: Familiarización con GNS3, eNSP e imágenes ISO de Cisco, Juniper, Mikrotik y Huawei

Para la familiarización con las diferentes imágenes únicamente se ha configurado las interfaces, por ello, en las tablas de enrutamiento de los *routers* solo se muestran sus redes directamente conectadas y con los comandos: *ping* y *traceroute* se confirma que hay comunicación total en toda la topología propuesta ver **Figura 3.28** Tabla de enrutamiento del router Cisco.

Es importante saber que en GNS3 el comando *traceroute* ejecutado en la terminal de los ordenadores genera un problema: sin importar si un *ping* es exitoso y la comunicación está configurada correctamente, el comando *trace* no se muestra correctamente porque no despliega la lista precisa de los saltos que siguen los paquetes y notifica que el destino es inalcanzable. Ver **Figura 3.29** *Ping y Traceroute* desde el PC1 hasta el PC2 en la topología de red de Cisco

La tabla de enrutamiento del *router* Cisco es sencilla de interpretar, se muestra una lista de los códigos que sirven para identificar los protocolos utilizados para aprender las redes. Ver **Figura 3.28**, la **Figura 3.29** y la **Figura 3.30** *Traceroute* desde el router Cisco hasta el PC2. donde se verifica que la comunicación es exitosa.

```

R1#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, su - IS-IS summary, 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 not set

C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1

```

Figura 3.28 Tabla de enrutamiento del *router* Cisco.

```

PC1> ping 192.168.2.2
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=20.840 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=16.903 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=11.716 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.808 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=12.899 ms

PC1> trace 192.168.2.2
trace to 192.168.2.2, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.1.2   10.939 ms  10.045 ms  9.122 ms
 2  *192.168.2.2  18.990 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

Figura 3.29 *Ping* y *Traceroute* desde el PC1 hasta el PC2 en la topología de red de Cisco.

```

R1#trace
R1#traceroute 192.168.2.2

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.2.2

 0  192.168.1.2   4 msec  8 msec  12 msec

```

Figura 3.30 *Traceroute* desde el *router* Cisco hasta el PC2.

En el caso del *router* Juniper se usa el comando: **show route** para revisar su tabla de enrutamiento y verificar las redes, ver las figuras **Figura 3.31**, **Figura 3.32** y **Figura 3.33** evidencian la comunicación extremo a extremo.

```

root@EPN2021> show route

inet.0: 4 destinations, 4 routes (4 active, 0 holddown, 0 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

30.30.30.0/24      *[[Direct/0] 00:01:11
                  > via em0.0
30.30.30.2/32     *[[Local/0] 00:01:13
                  Local via em0.0
40.40.40.0/24     *[[Direct/0] 00:01:10
                  > via em1.0
40.40.40.1/32    *[[Local/0] 00:01:13
                  Local via em1.0

```

Figura 3.31 Tabla de enrutamiento del *router* Juniper.

```

PC3> ping 40.40.40.2
84 bytes from 40.40.40.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.993 ms
84 bytes from 40.40.40.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.595 ms

PC3> trace 40.40.40.2
trace to 40.40.40.2, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  30.30.30.2  0.866 ms  0.797 ms  0.668 ms
 2  *40.40.40.2  1.283 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

Figura 3.32 Ping y Traceroute desde el PC3 hasta el PC4 en la topología de red de Juniper.

```

root@EPN2021> traceroute 40.40.40.2
traceroute to 40.40.40.2 (40.40.40.2), 30 hops max, 40 byte packets
 1  40.40.40.2 (40.40.40.2)  0.920 ms  1.620 ms  0.842 ms

```

Figura 3.33 Traceroute desde el router Juniper hasta el PC4.

La tabla de enrutamiento del *router* Mikrotik es similar a la del *router* Cisco porque se muestra los códigos que usan junto a su significado. Ver **Figura 3.34**. Mikrotik también permite al usuario trabajar con *traceroute* si se requiere un análisis del camino que sigue la información, diferenciándose de los otros *routers* porque muestra los saltos que ha realizado el paquete actualizándolos constantemente. Ver **Figura 3.35** y **Figura 3.36**.

```

[admin@MikroTik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 ADC 172.16.1.0/24    172.16.1.2  ether1       0
1 ADC 172.16.2.0/24    172.16.2.1  ether2       0

```

Figura 3.34 Tabla de enrutamiento del *router* Mikrotik.

```

PC5> ping 172.16.2.1
84 bytes from 172.16.2.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=91.902 ms
84 bytes from 172.16.2.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=14.284 ms
84 bytes from 172.16.2.1 icmp_seq=3 ttl=64 time=44.235 ms

PC5> trace 172.16.2.1
trace to 172.16.2.1, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  *172.16.2.1  7.383 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

Figura 3.35 Ping y Traceroute desde el PC5 hasta el PC6 en la topología de red del *router* Mikrotik.

```

[admin@MikroTik] > tool traceroute 172.16.2.1
# ADDRESS          LOSS SENT  LAST    AVG    BEST  WORST STD-DEV STATUS
1 172.16.2.1        0%  10  14.4ms 21.9   11.8   40    9.3
- [Q quit|D dump|C-z pause]

```

Figura 3.36 Traceroute desde el *router* Mikrotik hasta el PC6.

Para el caso del *router* Huawei, su tabla de enrutamiento muestra directamente el nombre del protocolo que se utilizó para aprender la red y la interfaz por donde se encuentra el enlace ver **Figura 3.37** de igual manera se usó los comandos de diagnóstico para confirmar la comunicación total ver **Figura 3.38** y **Figura 3.39**.

```

<Huawei>display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
Destinations : 10      Routes : 10

Destination/Mask    Proto  Pre  Cost    Flags NextHop         Interface
-----
10.10.10.0/24      Direct  0    0        D  10.10.10.2         GigabitEthernet
0/0/0
10.10.10.2/32      Direct  0    0        D  127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/0
10.10.10.255/32    Direct  0    0        D  127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/0
20.20.20.0/24      Direct  0    0        D  20.20.20.1         GigabitEthernet
0/0/1
20.20.20.1/32      Direct  0    0        D  127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/1
20.20.20.255/32    Direct  0    0        D  127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/1

```

Figura 3.37 Tabla de enrutamiento del *router* Huawei.

```

PC>ping 20.20.20.2

Ping 20.20.20.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 20.20.20.2: bytes=32 seq=1 ttl=127 time=15 ms
From 20.20.20.2: bytes=32 seq=2 ttl=127 time=16 ms

--- 20.20.20.2 ping statistics ---
 2 packet(s) transmitted
 2 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 15/15/16 ms

PC>tracert 20.20.20.2

tracert to 20.20.20.2, 8 hops max
(ICMP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.10.2    15 ms  16 ms  16 ms
 2  20.20.20.2    <1 ms  15 ms  16 ms

```

Figura 3.38 Ping y Traceroute desde el PC1 hasta el PC2 en la red de Huawei.

```

<Huawei>tracert 20.20.20.2

tracert to 20.20.20.2(20.20.20.2), max hops: 30 ,packet length: 40,press CT
RL_C to break

 1  20.20.20.2    40 ms  10 ms  10 ms

```

Figura 3.39 Traceroute desde el *router* Huawei hasta el PC2 en eNSP.

PRÁCTICA 1: Configuración de enrutamiento estático con VLSM, protocolo MPLS y conexión a Internet

Con la tabla de enrutamiento de Cisco se puede hacer un análisis completo de la red porque se muestran todas las redes aprendidas por enrutamiento estático, incluida la red estática por defecto que se aprendió automáticamente al momento de conectar el *router* Cisco con la nube NAT para proporcionar Internet a la topología. Ver **Figura 3.40**.

```

Gateway of last resort is 192.168.152.2 to network 0.0.0.0

  1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    1.1.1.0 [1/0] via 172.16.10.1
  2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    2.2.2.0 [1/0] via 172.16.20.2
  3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    3.3.3.0 is directly connected, Loopback3
 172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    172.16.20.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C    172.16.10.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    192.168.152.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
S    192.168.1.0/24 [1/0] via 172.16.20.2
    192.168.2.0/25 is subnetted, 1 subnets
S    192.168.2.0 [1/0] via 172.16.10.1
S*   0.0.0.0/0 [254/0] via 192.168.152.2

```

Figura 3.40 Tabla de enrutamiento del *router* Cisco.

Una vez ingresada la dirección IP del DNS en las PCs de eNSP es posible ejecutar los comandos de diagnóstico: *ping* y *traceroute* hacia Google para demostrar que la configuración hacia la Internet es correcta. El problema que presenta *traceroute* es que en su lista no se muestra la dirección IP del DNS sino la del último paso antes de llegar a ese destino que está fuera de la topología, que correspondería a la interfaz conectada a la nube NAT, ver **Figura 3.41** *Ping* y *Traceroute* desde el PC1 de eNSP hasta www.google.com, por último, también se usó el comando *ping* también se realizó desde la PC de eNSP para confirmar que los elementos de los programas GNS3 y eNSP sí se están comunicando ver **Figura 3.42** *Ping* y *Traceroute* desde el PC1 de eNSP hasta el PC1 de GNS3

```

PC>tracert 8.8.8.8

tracert to 8.8.8.8, 8 hops max
(ICMP), press Ctrl+C to stop
 1 192.168.1.1    16 ms  15 ms  16 ms
 2 172.16.20.1   15 ms  16 ms  <1 ms
 3 192.168.152.2 31 ms  16 ms  31 ms
 4 * * *
 5 * * *
 6 * * *
 7 * * *
 8 * * *

PC>ping google.com

Ping google.com [142.250.64.142]: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 142.250.64.142: bytes=32 seq=1 ttl=126 time=125 ms
From 142.250.64.142: bytes=32 seq=2 ttl=126 time=125 ms
From 142.250.64.142: bytes=32 seq=3 ttl=126 time=125 ms
From 142.250.64.142: bytes=32 seq=4 ttl=126 time=125 ms
From 142.250.64.142: bytes=32 seq=5 ttl=126 time=125 ms

```

Figura 3.41 *Ping* y *Traceroute* desde el PC1 de eNSP hasta www.google.com.

```

PC>ping 192.168.2.1

Ping 192.168.2.1: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 192.168.2.1: bytes=32 seq=1 ttl=61 time=46 ms
From 192.168.2.1: bytes=32 seq=2 ttl=61 time=32 ms
From 192.168.2.1: bytes=32 seq=3 ttl=61 time=31 ms
From 192.168.2.1: bytes=32 seq=4 ttl=61 time=31 ms
From 192.168.2.1: bytes=32 seq=5 ttl=61 time=31 ms

--- 192.168.2.1 ping statistics ---
 5 packet(s) transmitted
 5 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 31/34/46 ms

PC>tracert 192.168.2.1

tracert to 192.168.2.1, 8 hops max
(ICMP), press Ctrl+C to stop
 1  192.168.1.1    16 ms  <1 ms  16 ms
 2  172.16.20.1   15 ms  16 ms  15 ms
 3  172.16.10.1   16 ms  31 ms  16 ms
 4  192.168.2.1   62 ms  16 ms  31 ms

```

Figura 3.42 Ping y Traceroute desde el PC1 de eNSP hasta el PC1 de GNS3.

Para terminar se muestra las evidencias de la configuración del protocolo MPLS; observando las tablas de MPLS ya se puede percibir las etiquetas de cada red. Como los valores de etiqueta de 0-15 están reservados las etiquetas asignadas a las redes de la topología van desde el número 16.

Debido a que se trabaja con *routers* de diferentes proveedores se requiere las tablas de información de todos para realizar el análisis. En Cisco se observa que se han etiquetado los enlaces correspondientes a Mikrotik ver **Figura 3.43** y se muestra que sus interfaces están operando con el protocolo. Ver **Figura 3.44**.

```

CISCO#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing     Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id   switched  interface
16     Pop tag    1.1.1.0/24     0         Fa0/0        172.16.10.1
17     Untagged  2.2.2.0/24     0         Fa1/0        172.16.20.2
18     Untagged  192.168.1.0/24 1238      Fa1/0        172.16.20.2
19     Pop tag    192.168.2.0/25 0         Fa0/0        172.16.10.1

```

Figura 3.43 Visualización de las etiquetas colocadas en el *router* Cisco.

```

CISCO#show mpls interfaces
Interface          IP          Tunnel  Operational
FastEthernet0/0   Yes (ldp)   No      Yes
FastEthernet0/1   Yes (ldp)   No      Yes
FastEthernet1/0   Yes (ldp)   No      Yes

```

Figura 3.44 Interfaces operacionales con MPLS en el *router* Cisco.

Mikrotik por su parte, despliega más información de cómo se encuentra la red MPLS, sus tablas complementan al *router* Cisco porque se puede verificar que los enlaces de

Huawei ya poseen su etiqueta, lo que indica que sí está funcionando correctamente. Huawei al igual que Mikrotik es un dispositivo que muestra claramente las etiquetas que se han colocado, teniendo información completa de sus vecinos. Ver **Figura 3.45** y **Figura 3.46**.

```
[admin@mikrotik] > mpls forwarding-table print
Flags: H - hw-offload, L - ldp, V - vpls, T - traffic-eng
#   IN-LABEL   OUT-LABELS   DESTINATION   INTERFACE   NEXTHOP
0   expl-null
1   L 16
2   L 17       18           192.168.1.0/24 ether2       172.16.10.2
3   L 18       19           3.3.3.0/24   ether2       172.16.10.2
4   L 19       20           172.16.20.0/24 ether2       172.16.10.2
5   L 20       17           2.2.2.0/24   ether2       172.16.10.2
```

Figura 3.45 Etiquetas colocadas en el *router* Mikrotik.

```
<Huawei>display mpls lsp
-----
LSP Information: LDP LSP
-----
FEC          In/Out Label  In/Out IF          Vrf Name
3.3.3.0/24   1024/3        -/GE0/0/0
172.16.10.0/24 1025/3        -/GE0/0/0
192.168.0.0/24 1026/3        -/GE0/0/0
1.1.1.0/24   1027/16       -/GE0/0/0
192.168.2.0/25 1028/19       -/GE0/0/0
2.2.2.2/32   3/NULL        -/-
```

Figura 3.46 Etiquetas colocadas en el *router* Huawei.

PRÁCTICA 2: Configuración de los protocolos RIPv2 y PPPoE con Cisco como servidor

Para comprobar el funcionamiento de la topología de la práctica, se revisarán las tablas de enrutamiento del *router* Cisco que actúa como Servidor PPPoE y de un *router* que actúa como cliente PPPoE, en este caso, Mikrotik con el fin de verificar que se haya aprendido correctamente las rutas mediante el protocolo RIP versión 2 y creado las interfaces virtuales que se usan para configurar el protocolo PPPoE ver **Figura 3.47** Tabla de enrutamiento del router Cisco de la Práctica 2y ver **Figura 3.49**.

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet1/0
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C    10.10.10.10/32 is directly connected, Virtual-Access1.1
C    10.10.10.11/32 is directly connected, Virtual-Access1.2
C    10.10.10.12/32 is directly connected, Virtual-Access1.3
C    10.10.10.0/24 is directly connected, Virtual-Access1.1
           is directly connected, Virtual-Access1.2
           is directly connected, Virtual-Access1.3
R    192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.1.1, 00:00:05, FastEthernet0/0
R    192.168.2.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:02, FastEthernet0/1
R    192.168.3.0/24 [120/1] via 172.16.3.2, 00:00:13, FastEthernet1/0
```

Figura 3.47 Tabla de enrutamiento del router Cisco de la Práctica 2.

Desde el *router* Cisco Servidor se examinan las tres sesiones PPPoE que fueron habilitadas, es importante señalar que si la configuración del protocolo PPPoE no se realizó correctamente en alguno de los enlaces, simplemente el servidor PPPoE no permitirá la conexión. Para verificar el funcionamiento de PPPoE en el *router* Cisco se usa el comando **show pppoe session**, con esto se muestra cuántas sesiones están establecidas en este caso son tres una sesión por cada *router* y qué enlaces funcionan con ese protocolo. Ver **Figura 3.48**.

```
R1#show pppoe session
 3 sessions in LOCALLY_TERMINATED (PTA) State
 3 sessions total

Uniq ID  PPPoE  RemMAC          Port          VT  VA      State
      SID  LocMAC
  2      2  0c49.d255.2401 Fa0/0         1  Vi1.2   PTA
                c201.2b98.0000
                UP
  3      3  00e0.fc5d.7f6d Fa0/1         2  Vi1.3   PTA
                c201.2b98.0001
                UP
  1      1  c202.20ec.0000 Fa1/0         3  Vi1.1   PTA
                c201.2b98.0010
                UP
```

Figura 3.48 Sesiones activas de PPPoE en el *router* Servidor Cisco.

El rango de direcciones que se asignó a los clientes PPPoE empezó con la dirección IP 10.10.10.10, por tanto, al ser el *router* Mikrotik el primer cliente configurado recibió la siguiente dirección IP dinámicamente, como se observa en la tabla de enrutamiento, incluso la interfaz aparece con el nombre del cliente que fue configurado. Ver **Figura 3.49** Tabla de enrutamiento del *router* Mikrotik de la Práctica 2.

```
[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
#  ADDRESS          NETWORK          INTERFACE
0  172.16.1.1/24     172.16.1.0      ether1
1  192.168.1.2/24   192.168.1.0     ether1
2  172.16.1.1/24     172.16.1.0      ether2
3  D 10.10.10.11/32   10.10.10.1      mikrotik
```

Figura 3.49 Tabla de enrutamiento del *router* Mikrotik de la Práctica 2.

La verificación de que existe conexión entre todos los elementos de la topología se muestra en las siguientes figuras: **Figura 3.50** y **Figura 3.51**.


```

PC2> ping 192.168.2.2
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=1 ttl=125 time=47.175 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=2 ttl=125 time=45.796 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=3 ttl=125 time=37.302 ms

PC2> trace 192.168.2.2
trace to 192.168.2.2, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.3.1   12.975 ms  9.026 ms  9.987 ms
 2  172.16.3.1   29.041 ms 31.574 ms 30.427 ms
 3  172.16.2.2   42.127 ms 51.893 ms 52.968 ms
 4  *192.168.2.2 42.164 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

Figura 3.50 Ping y Traceroute entre los routers clientes: Cisco y Huawei.

```

C1> ping 192.168.2.2
192.168.2.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=2 ttl=125 time=41.417 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=3 ttl=125 time=26.976 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=4 ttl=125 time=19.152 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=5 ttl=125 time=25.429 ms

C1> ping 192.168.3.2
192.168.3.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.3.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=41.245 ms
84 bytes from 192.168.3.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=32.631 ms
84 bytes from 192.168.3.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=46.059 ms

```

Figura 3.51 Pings entre los routers Clientes: Mikrotik con Cisco y Huawei.

PRÁCTICA 3: Configuración de los protocolos OSPF, PPP CHAP, HDLC y MPLS

La tablas que se utilizaron para verificar la comunicación extremo a extremo es la del router Mikrotik debido a que es la más completa. Con su tabla de enrutamiento se verificó que el protocolo OSPF está trabajando correctamente. Ver **Figura 3.52**. y con su tabla de información de MPLS se analizan las etiquetas que ha establecido el protocolo en las diferentes redes de la topología. Ver **Figura 3.53**.

```

[admin@mikrotik] > ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
# DST-ADDRESS      PREF-SRC  GATEWAY      DISTANCE
0 ADC 1.1.1.0/24        1.1.1.1     loopback1    0
1 ADo 2.2.2.2/32        50.50.50.2  50.50.50.2   110
2 ADo 3.3.3.3/32        40.40.40.1  40.40.40.1   110
3 ADo 4.4.4.4/32        40.40.40.1  40.40.40.1   110
4 ADo 10.10.10.0/24     40.40.40.1  40.40.40.1   110
5 ADo 20.20.20.0/24    40.40.40.1  40.40.40.1   110
6 ADC 40.40.40.0/24    40.40.40.2  ether1        0
7 ADC 50.50.50.0/24    50.50.50.1  ether2        0
8 ADo 70.70.70.0/24    50.50.50.2  50.50.50.2   110
9 ADo 80.80.80.0/24    50.50.50.2  50.50.50.2   110
10 ADo 172.10.0.0/24    40.40.40.1  40.40.40.1   110
11 ADo 172.20.0.0/24    40.40.40.1  40.40.40.1   110
12 ADo 172.40.0.0/24    50.50.50.2  50.50.50.2   110
13 ADo 172.50.0.0/24    50.50.50.2  50.50.50.2   110

```

Figura 3.52 Tabla de enrutamiento del router Mikrotik de la Práctica 3.

```
[admin@Mikrotik] /mpls forwarding-table> print
Flags: H - hw-offload, L - ldp, V - vpls, T - traffic-eng
```

#	IN-LABEL	OUT-LABELS	DESTINATION	INTERFACE	NEXTHOP
0	expl-null				
1	L 16		172.10.0.0/24	ether1	40.40.40.1
2	L 17		172.20.0.0/24	ether1	40.40.40.1
3	L 18	19	10.10.10.0/24	ether1	40.40.40.1
4	L 19	18	20.20.20.0/24	ether1	40.40.40.1
5	L 20		4.4.4.4/32	ether1	40.40.40.1
6	L 21	17	3.3.3.3/32	ether1	40.40.40.1
7	L 23		172.50.0.0/24	ether2	50.50.50.2
8	L 25		172.40.0.0/24	ether2	50.50.50.2
9	L 44		70.70.70.0/24	ether2	50.50.50.2
10	L 46		80.80.80.0/24	ether2	50.50.50.2
11	L 47		2.2.2.2/32	ether2	50.50.50.2

Figura 3.53 Tabla MPLS obtenida del *router* Mikrotik.

Para analizar la configuración de los protocolos de encapsulación PPP CHAP y HDLC, tanto en los *routers* Cisco como Huawei se ingresó a la configuración de cada interfaz en Cisco con el comando: *show* y en Huawei con: *display* y ya una vez en la interfaz visualmente se identifica que las encapsulaciones están habilitadas. Ver **Figura 3.54**, **Figura 3.55**, **Figura 3.56** y **Figura 3.57**.

```
R2#show interface serial 0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 172.20.0.2/24
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation PPP, LCP Open
```

Figura 3.54 Configuración de PPP CHAP establecida en el *router* Cisco.

```
R2#show interface serial 0/1
Serial0/1 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 172.10.0.2/24
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
```

Figura 3.55 Configuración de HDLC establecida en el *router* Cisco.

```
<Huawei>display interface Serial 4/0/0
Serial4/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-09-15 00:25:38 UTC-08:00
Description:HUAWEI, AR Series, Serial4/0/0 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 172.40.0.1/24
Link layer protocol is PPP
LCP opened, IPCP opened
```

Figura 3.56 Configuración de PPP CHAP establecida en el *router* Huawei.

```

<Huawei>display interface Serial 4/0/1
Serial4/0/1 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-09-15 00:40:06 UTC-08:00
Description:HUAWEI, AR Series, Serial4/0/1 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 172.50.0.1/24
Link layer protocol is nonstandard HDLC

```

Figura 3.57 Configuración de HDLC establecida en el *router* Huawei.

La verificación de que existe comunicación entre todos los elementos de la topología se evidencia en las figuras: **Figura 3.58** y **Figura 3.59**.

```

PC>ping 10.10.10.1

Ping 10.10.10.1: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 10.10.10.1: bytes=32 seq=1 ttl=59 time=63 ms
From 10.10.10.1: bytes=32 seq=2 ttl=59 time=47 ms
From 10.10.10.1: bytes=32 seq=3 ttl=59 time=78 ms

--- 10.10.10.1 ping statistics ---
 3 packet(s) transmitted
 3 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 47/62/78 ms

PC>tracert 10.10.10.1

tracert to 10.10.10.1, 8 hops max
(ICMP), press Ctrl+C to stop
 1  70.70.70.1    16 ms  15 ms  16 ms
 2  172.40.0.1   15 ms  32 ms  15 ms
 3  50.50.50.1   32 ms  31 ms  15 ms
 4  40.40.40.1   79 ms  46 ms  32 ms
 5  172.10.0.1   47 ms  46 ms  47 ms
 6  10.10.10.1   63 ms  47 ms  62 ms

```

Figura 3.58 *Ping* y *Traceroute* desde el Cliente 3 hasta el Cliente 2.

```

PC>ping 20.20.20.1

Ping 20.20.20.1: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 20.20.20.1: bytes=32 seq=1 ttl=59 time=62 ms
From 20.20.20.1: bytes=32 seq=2 ttl=59 time=47 ms
From 20.20.20.1: bytes=32 seq=3 ttl=59 time=31 ms
From 20.20.20.1: bytes=32 seq=4 ttl=59 time=47 ms
From 20.20.20.1: bytes=32 seq=5 ttl=59 time=78 ms

--- 20.20.20.1 ping statistics ---
 5 packet(s) transmitted
 5 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 31/53/78 ms

```

Figura 3.59 *Ping* desde el Cliente 4 hasta el Cliente 1.

PRÁCTICA 4: Configuración del protocolo *Frame Relay* mediante *switches* y redistribución de OSPF e IS-IS

Para esta práctica se analizó la tabla de enrutamiento del *router* Cisco porque tiene la información completa de las redes de toda la topología, trabajo con protocolos de enrutamiento dinámico OSPF e IS-IS y tiene conectado un *Switch Frame Relay*. Ver **Figura 3.60**.

```
C 192.168.30.0/24 is directly connected, Serial0/0.100
  20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2 20.20.20.0 [110/10] via 172.17.0.1, 00:07:24, FastEthernet0/0
O E2 192.168.10.0/24 [110/10] via 172.17.0.1, 00:07:24, FastEthernet0/0
C 192.168.40.0/24 is directly connected, Serial0/0.200
  172.17.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 172.17.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
  172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O IA 172.16.0.0 [110/20] via 172.17.0.1, 00:41:49, FastEthernet0/0
O E2 192.168.20.0/24 [110/10] via 172.17.0.1, 00:07:26, FastEthernet0/0
  40.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L1 40.40.40.0 [115/20] via 192.168.40.2, Serial0/0.200
  10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2 10.10.10.0 [110/10] via 172.17.0.1, 00:07:26, FastEthernet0/0
  30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L1 30.30.30.0 [115/20] via 192.168.30.2, Serial0/0.100
```

Figura 3.60 Tabla de enrutamiento del router Cisco de la Práctica 4.

A continuación se muestran los *pings* y *traceroute* realizados desde el *router* Cisco principal hasta los *routers* Huawei secundarios, para demostrar que la configuración fue realizada correctamente como se observa en las siguientes figuras: **Figura 3.61**, **Figura 3.62**, **Figura 3.63** y **Figura 3.64**.

```
Cisco#ping 30.30.30.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 30.30.30.2, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 8/261/1012 ms
Cisco#ping 40.40.40.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 40.40.40.2, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 8/262/1016 ms
```

Figura 3.61 *Pings* desde el *router* Cisco principal a los *router* Cisco secundarios.

```

Cisco#ping 10.10.10.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.10.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 36/51/92 ms
Cisco#ping 20.20.20.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 20.20.20.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/48/64 ms

```

Figura 3.62 Pings desde *router* Cisco principal a los *routers* Huawei secundarios.

```

Cisco#traceroute 30.30.30.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 30.30.30.1

 0 192.168.30.2 4 msec 4 msec 0 msec
Cisco#traceroute 10.10.10.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.10.10.1

 0 172.17.0.1 16 msec 20 msec 8 msec
 1 172.16.0.1 60 msec 36 msec 32 msec
 2 192.168.10.2 56 msec 40 msec 68 msec

```

Figura 3.63 Traceroute desde el *router* Cisco principal a los *routers* Huawei secundarios.

```

PC>tracert 30.30.30.1

tracert to 30.30.30.1, 8 hops max
(ICMP), press Ctrl+C to stop
 0 10.10.10.1 31 ms <1 ms 16 ms
 1 192.168.10.1 16 ms 31 ms 15 ms
 2 172.16.0.2 63 ms 16 ms 15 ms
 3 172.17.0.2 31 ms 32 ms 47 ms
 4 30.30.30.1 31 ms 31 ms 47 ms

```

Figura 3.64 Traceroute desde los *routers* Cliente 1 hasta el Cliente 3.

Para finalizar, en la información de cada interfaz se visualiza que el protocolo de encapsulación *Frame Relay* está activo. Como se indica en la **Figura 3.65** y **Figura 3.66**.

```

<Huawei>display interface serial 1/0/0
Serial1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-09-15 01:30:03 UTC-08:00
Description:HUAWEI, AR Series, Serial1/0/0 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet protocol processing : disabled
Link layer protocol is FR IETF

```

Figura 3.65 Configuración de *Frame Relay* en el *router* Huawei.

```

Cisco#show interface s0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
  reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation FRAME-RELAY, loopback not set

```

Figura 3.66 Configuración de *Frame Relay* en el *router* Cisco.

PRÁCTICA 5: Configuración de los protocolos PPP PAP, PPPoE con Huawei como servidor, MPLS y redistribucion de EIGRP, OSPF, RIPv2 e IS-IS

En este caso se ha tomado como referencia dos tablas de enrutamiento: la del *router* Cisco que realiza 3 redistribuciones y la del *router* Huawei que realiza 2, como se indica en la Figura 3.67, Figura 3.68 y Figura 3.69.

```

R2Cisco#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, su - IS-IS summary, 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 not set

 1.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O   1.1.1.1/32 [110/10] via 192.168.20.1, 00:00:05, FastEthernet0/1
O   1.1.1.0/24 [110/10] via 192.168.20.1, 00:00:05, FastEthernet0/1
 2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
R   2.2.2.0 [120/1] via 192.168.30.2, 00:00:18, FastEthernet1/0
 3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C   3.3.3.0 is directly connected, Loopback0
C   192.168.30.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
 20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O   20.20.20.0 [110/11] via 192.168.20.1, 00:00:07, FastEthernet0/1
 192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C   192.168.10.0/24 is directly connected, Serial0/0
C   192.168.10.1/32 is directly connected, Serial0/0
R   192.168.40.0/24 [120/1] via 192.168.30.2, 00:00:20, FastEthernet1/0
C   192.168.20.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
 40.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
R   40.40.40.0 [120/5] via 192.168.30.2, 00:00:24, FastEthernet1/0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
D   10.10.10.0 [90/2195456] via 192.168.10.1, 02:41:38, Serial0/0
R   192.168.50.0/24 [120/5] via 192.168.30.2, 00:00:28, FastEthernet1/0
 30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
R   30.30.30.0 [120/1] via 192.168.30.2, 00:00:29, FastEthernet1/0

```

Figura 3.67 Tabla de enrutamiento del *router* Cisco: R2Cisco de la Práctica 5.

```

R1Huawei
R1Huawei
<Huawei>display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
Destinations : 27      Routes : 27

Destination/Mask    Proto  Pre  Cost    Flags NextHop         Interface
-----
0/0/0              1.1.1.0/24  RIP   100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              1.1.1.1/32  RIP   100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              2.2.2.0/24  RIP   100  1      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              3.3.3.0/24  RIP   100  2      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              10.10.10.0/24  RIP  100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              20.20.20.0/24  RIP  100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              30.30.30.0/24  RIP  100  1      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              40.40.40.0/24  ISIS-L1 15  20     D   192.168.50.2      Serial1/0/0
0/0/0              100.100.100.0/24  Direct 0  0      D   100.100.100.1     Virtual-Templat
e1
0/0/0              100.100.100.1/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         Virtual-Templat
e1
0/0/0              100.100.100.254/32  Direct 0  0      D   100.100.100.254  Virtual-Templat
e1
0/0/0              100.100.100.255/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         Virtual-Templat
e1
0/0/0              127.0.0.0/8     Direct 0  0      D   127.0.0.1         InLoopBack0
0/0/0              127.0.0.1/32    Direct 0  0      D   127.0.0.1         InLoopBack0
0/0/0              127.255.255.255/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         InLoopBack0
0/0/0              192.168.10.0/24  RIP   100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              192.168.10.1/32  RIP   100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0              192.168.20.0/24  RIP   100  4      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0

```

Figura 3.68 Primera parte de la tabla de enrutamiento del *router* Huawei: R1Huawei.

```

192.168.30.0/24  RIP   100  1      D   192.168.40.1      GigabitEthernet
0/0/0
192.168.40.0/24  Direct 0  0      D   192.168.40.2      GigabitEthernet
0/0/0
192.168.40.2/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         GigabitEthernet
0/0/0
192.168.40.255/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         GigabitEthernet
0/0/0
192.168.50.0/24  Direct 0  0      D   192.168.50.1      Serial1/0/0
192.168.50.1/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         Serial1/0/0
192.168.50.2/32  Direct 0  0      D   192.168.50.2      Serial1/0/0
192.168.50.255/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         Serial1/0/0
255.255.255.255/32  Direct 0  0      D   127.0.0.1         InLoopBack0

```

Figura 3.69 Segunda parte de la tabla de enrutamiento del *router* Huawei: R1Huawei.

Se revisan la tablas MPLS de todos los *routers* que trabajan con el protocolo, las cuales ya tienen etiquetas asignadas a los diferentes enlaces como se observa en la **Figura 3.70**, **Figura 3.71** y **Figura 3.72**.

```
*Mar 1 00:03:49.135: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 2.2.2.2:0 (2) is UP
R2Cisco#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC    or Tunnel Id    switched   interface
16     Untagged    192.168.10.1/32  0          Se0/0     point2point
17     Untagged    10.10.10.0/24   0          Se0/0     point2point
18     Pop tag     1.1.1.1/32     0          Fa0/1     192.168.20.1
19     Untagged    20.20.20.0/24  0          Fa0/1     192.168.20.1
20     Untagged    1.1.1.0/24     0          Fa0/1     192.168.20.1
21     Pop tag     30.30.30.0/24  0          Fa1/0     192.168.30.2
22     23         40.40.40.0/24  0          Fa1/0     192.168.30.2
23     Pop tag     192.168.40.0/24 0          Fa1/0     192.168.30.2
24     25         192.168.50.0/24 0          Fa1/0     192.168.30.2
25     Pop tag     2.2.2.0/24     0          Fa1/0     192.168.30.2
```

Figura 3.70 Tabla MPLS obtenida del *router* Cisco de la Práctica 5.

```
[admin@MikroTik] /mpls forwarding-table> print
Flags: H - hw-offload, L - ldp, V - vpls, T - traffic-eng
#  IN-LABEL  OUT-LABELS  DESTINATION  INTERFACE  NEXTHOP
0  expl-null
1  L 16      17          10.10.10.0/24  ether1     192.168.30.1
2  L 17      3.3.3.0/24  ether1     192.168.30.1
3  L 18      18          1.1.1.1/32    ether1     192.168.30.1
4  L 19      16          192.168.10.1/32 ether1     192.168.30.1
5  L 20      192.168.10.0/24 ether1     192.168.30.1
6  L 21      192.168.20.0/24 ether1     192.168.30.1
7  L 22      20          1.1.1.0/24    ether1     192.168.30.1
8  L 23      40.40.40.0/24 ether2     192.168.40.2
9  L 24      19          20.20.20.0/24 ether1     192.168.30.1
10 L 25     192.168.50.0/24 ether2     192.168.40.2
```

Figura 3.71 Tabla MPLS obtenida del *router* Mikrotik de la Práctica 5.

```
root@EPN2021> show ldp interface
Interface          Label space ID      Nbr count  Next hello
em0.0              1.1.1.1:0          0          3
em1.0              1.1.1.1:0          1          3
```

Figura 3.72 Interfaces configuradas con MPLS en el *router* Juniper de la Práctica 5.

Se mostrará la información de cada interfaz para verificar que estén trabajando con el protocolo PPP, como se muestra en la **Figura 3.73**, **Figura 3.74** y **Figura 3.75**.

```
R2Cisco#show interfaces s0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 192.168.10.2/24
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation PPP, LCP Open
```

Figura 3.73 Configuración de PPP PAP establecida en el *router* Cisco.

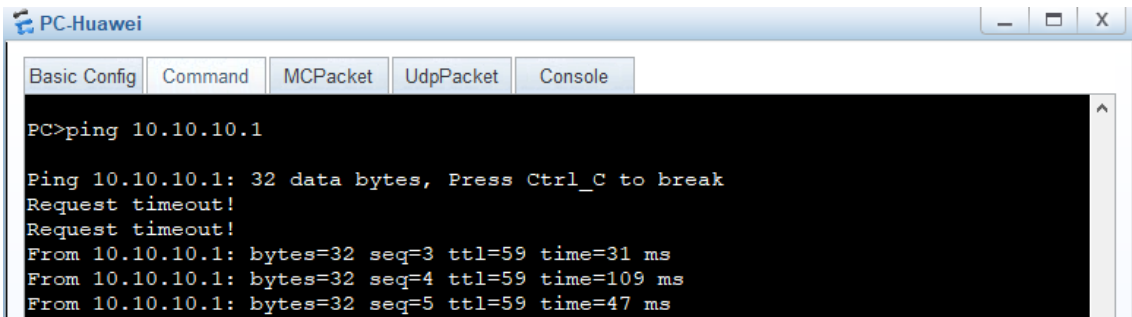
```
<Huawei>display interface s1/0/0
Serial1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-09-15 02:18:46 UTC-08:00
Description:HUAWEI, AR Series, Serial1/0/0 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 192.168.50.1/24
Link layer protocol is PPP
```

Figura 3.74 Configuración de PPP PAP establecida en el *router* Huawei.


```
<Huawei>display pppoe-server session all
SID Intf          State OIntf          RemMAC          LocMAC
1  Virtual-Templat1:0  UP    GE0/0/0        0cdc.7da3.ae01 00e0.fc84.34e1
<Huawei>
```

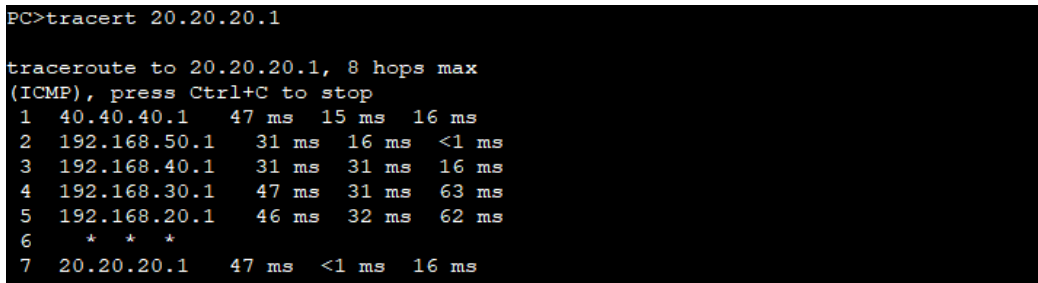
Figura 3.75 Sesión PPPoE establecida entre los *routers*: Huawei y Mikrotik.

Las siguientes figuras son las pruebas del diagnóstico de red que se realizó entre las PCs de GNS3 y eNSP que se encuentran en cada extremo de la topología. Lo cual demuestra que la práctica es funcional como se muestra en la **Figura 3.76** y **Figura 3.77**.



```
PC-Huawei
Basic Config Command MCPacket UdpPacket Console
PC>ping 10.10.10.1
Ping 10.10.10.1: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
Request timeout!
Request timeout!
From 10.10.10.1: bytes=32 seq=3 ttl=59 time=31 ms
From 10.10.10.1: bytes=32 seq=4 ttl=59 time=109 ms
From 10.10.10.1: bytes=32 seq=5 ttl=59 time=47 ms
```

Figura 3.76 Ping desde la PC-Huawei a la PC-CISCO.



```
PC>tracert 20.20.20.1
tracert to 20.20.20.1, 8 hops max
(ICMP), press Ctrl+C to stop
 1  40.40.40.1    47 ms  15 ms  16 ms
 2  192.168.50.1  31 ms  16 ms  <1 ms
 3  192.168.40.1  31 ms  31 ms  16 ms
 4  192.168.30.1  47 ms  31 ms  63 ms
 5  192.168.20.1  46 ms  32 ms  62 ms
 6  * * *
 7  20.20.20.1   47 ms  <1 ms  16 ms
```

Figura 3.77 Tracert desde la PC-Huawei a la PC-Juniper.

3.5 Elaborar las hojas guías para los estudiantes.

En esta sección se han establecido las seis hojas guías desarrolladas, primero se empieza con un preparatorio, después indicaciones para los estudiantes y, por último, el paso a paso para los docentes

Desarrollo de la hoja guía 0

PREPARATORIO 0

Tema: Familiarización con GNS3, eNSP e imágenes ISO de Cisco, Juniper, Mikrotik, y Huawei.

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Consultar la función que realiza el programa GNS3.
2. Consultar la función que realiza el programa Virtual Box.
3. Consultar la función que realiza el programa eNSP.
4. Instalar GNS3, Virtual Box y eNSP en el siguiente orden:
 - I. GNS3 2.2.5
 - II. Virtual Box 5.2.40
 - III. eNSP 1.3.00.100

Dispone de los instaladores en el siguiente enlace: https://epnecuador-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/fernando_becerrac_epn_edu_ec/Ep1RCIR8Na1DpalZPP5Of6MBI6nzEw_cdvzND85NKiH_vA?e=Ugskdc

Al instalar GNS3 debe habilitar la opción WinPcap como indica la **Figura 3.78**, debido a que se requiere para que eNSP funcione correctamente.

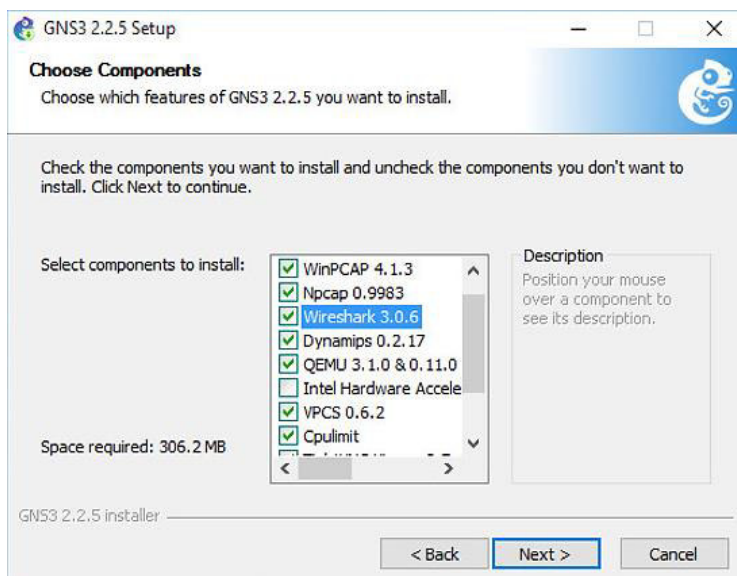


Figura 3.78 Componentes instalables de GNS3.

HOJA GUÍA 0

ESTUDIANTE

Tema: Familiarización con GNS3, eNSP e imágenes ISO de Cisco, Juniper, Mikrotik y Huawei.

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de GNS3 y eNSP.
- Instalar las imágenes de los *routers* de Cisco, Mikrotik y Juniper en GNS3.
- Crear tres topologías en GNS3 en las que se haga uso de los *routers* instalados, junto a dos ordenadores.
- Crear una topología en eNSP en la que se haga uso de un *router* Huawei junto a dos ordenadores.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- IOS *router* Juniper 12.1R1.9
- VPCs

3. Diagramas de red

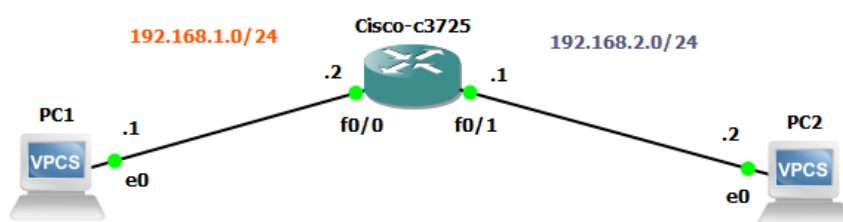


Figura 3.79 Topología con el *router* Cisco en GNS3 para la Hoja Guía 0 Estudiante.

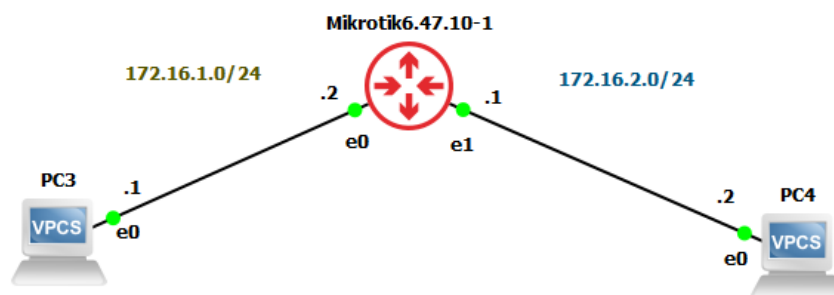


Figura 3.80 Topología con el *router* Mikrotik en GNS3 para la Hoja Guía 0 Estudiante.

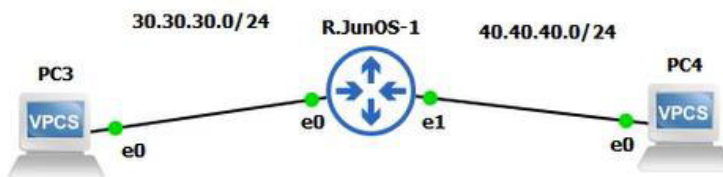


Figura 3.81 Topología con el *router* Juniper para la Hoja Guía 0 Estudiante.

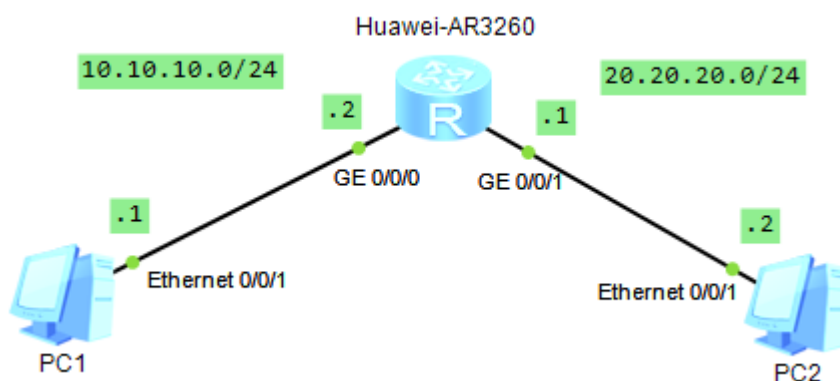


Figura 3.82 Topología con el *router* Huawei en eNSP para la Hoja Guía 0 Estudiante.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Imágenes de los *routers*

- Acceder a la Carpeta “Tesis Andrés Escobar y Maylee Pineda” [enlace: https://epnecuador-my.sharepoint.com/:f/g/personal/fernando_becerrac_epn_edu_ec/Ep1RCIR8Na1DpaIZPP5Of6MBSX5pUd8rrGwAhsGQBEjHTA?e=dCxzz2] y descargar las IOS (imágenes) de los *routers* Cisco, Mikrotik y Juniper con las que se trabajará en todas las prácticas propuestas.
- Ingresar a GNS3 para instalar las imágenes de los *routers*.
- Asignar un nombre al proyecto de GNS3 y seleccionar una ubicación para guardarlo.

Paso 2: Instalación del *router* Cisco en GNS3

- Dar clic en la pestaña **Edit** y luego escoger **Preferences**.
- En la ventana emergente escoger la opción **Dynamips - IOS Routers** y dar clic en **New** para agregar la imagen del *router* Cisco (c3725).
- En la sección **IOS Image** escoger **New Image**, luego buscar y seleccionar la imagen del *router* Cisco.
- Asignar un nombre al *router* y el valor de memoria RAM a ser utilizados.

- En la sección de los adaptadores seleccionar las interfaces, para esta práctica el *router* usará: 2 interfaces FastEthernet (*NM-1FE-TX*) y 2 interfaces seriales (*WIC-2T*).
- El *router* Cisco ya instalado aparecerá en la sección ***Dynamips - IOS Routers y All devices.***
- Dar clic en ***Apply*** y ***Ok*** para aplicar y guardar los cambios.

Paso 3: Instalación del *router* Mikrotik en GNS3

- Dar clic en la pestaña ***Edit*** y escoger la opción ***Preferences.***
- En la ventana emergente escoger la opción ***QEMU - Qemu VMs*** y dar clic en ***New*** para agregar la Imagen del *router* Mikrotik.
- Asignar un nombre al *router*, indicar la memoria RAM y el tipo de consola a utilizar.
- En la sección ***Disk Image*** buscar y seleccionar la imagen del *router* Mikrotik (*chr-6.44.6.img*).
- El *router* ya instalado aparecerá en la sección de ***QEMU – Qemu VMs.***
- Modificar el símbolo y la categoría del dispositivo dando clic en ***Edit*** y luego en la pestaña de configuración general (*General Settings*).
- En la pestaña *Network* modificar el número de adaptadores.
- Aplicar los cambios y escoger ***OK.***

Paso 4: Instalación del *router* Juniper en GNS3

- Abrir Virtual Box seleccionar la pestaña ***Archivo*** y escoger ***Importar Servicio Virtualizado.***
- Buscar el archivo descargado y luego dar clic en ***Next***
- Modificar el nombre del *router* y dar clic en ***Importar***, automáticamente se importará a Virtual Box.
- El archivo aparecerá en el programa virtual Box y se configurará las interfaces.
- Dar clic en ***Configuración*** y en la sección ***Red*** en cada adaptador seleccionar la casilla ***Habilitar adaptador de red*** y en la parte *conectado a*: establecer ***No conectado.***
- Se ingresa a GNS3 dar clic en ***Edit*** y luego la opción ***Preferences.***
- En la ventana emergente escoger la opción ***VirtualBox – VirtualBox VMs*** y dar clic en ***New*** para agregar la imagen del *router* Juniper (*12.1R1.9*).
- En la sección *VirtualBox Virtual Machine* seleccionar el *router* ***JunOS*** y habilitar la casilla *Use as a linked base VM* y dar clic en ***Finish.***
- El *router* ya está instalado se ingresa en ***Edit*** para cambiar el símbolo y la categoría del *router* y la pestaña ***Network*** se indicará el número de interfaces para el *router*.

Paso 5: Agregar los elementos de la topología en GNS3

- Seleccionar y arrastrar los ordenadores y los *routers*: Cisco, Mikrotik y Juniper al área de trabajo.
- Establecer los enlaces en los puertos disponibles.
- Iniciar los *routers* y los ordenadores (VPCs) dando clic en **Start**.
- Abrir el terminal para configurar las direcciones IP de los *routers* y VPCs dando clic derecho y escogiendo la opción **Console**.

Paso 6: Configuración de las interfaces del *router* Cisco en GNS3

- Configurar las interfaces del *router* y las VPCs con sus respectivas direcciones IP:
- **Cisco**: Configurar la interfaz **f0/0** con la dirección IP **192.168.1.2/24** y la interfaz **f0/1** con la dirección IP **192.168.2.1/24**

Paso 7: Configuración de las interfaces del *router* Mikrotik en GNS3

- Configurar las interfaces del *router* y las VPCs con sus respectivas direcciones IP:
- En el terminal del *router* Mikrotik el usuario por defecto es **admin** y para la contraseña dar **enter**.
- **Mikrotik**: Configurar la interfaz **e0** (ether1) con la red: **172.16.1.0/24** y la interfaz **e1** (ether2) con la red: **172.16.2.0/24**.

Paso 8: Configuración de las interfaces del *router* Juniper en GNS3

- El terminal del *router* Juniper se abre en una máquina virtual del *software* Virtual Box el usuario por defecto es **root**.
- Configurar las interfaces del *router* y las VPCs con sus respectivas direcciones IP:
Juniper: Configurar la interfaz **em0** con la red: **30.30.30.0/24** y **em1** con la red: **40.40.40.0/24**.

Paso 9: Configuración del *router* Huawei en eNSP

- Iniciar eNSP y crear una nueva topología (proyecto en blanco).
- En el catálogo de dispositivos buscar el *router* AR3260 y luego los ordenadores en la sección de dispositivos finales.
- Arrastrar un *router* (AR3260) y dos VPCs al proyecto, encenderlos con la opción **Start** y establecer los enlaces.
- Ingresar a la Consola del *router* dando clic derecho.
- Configurar las interfaces del *router* en base a las redes de cada enlace.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
TECNOLOGÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES
CP - REDES DE COMPUTADORAS



- **Huawei:** Configurar la interfaz **GE 0/0/0** con la red: **10.10.10.0/24** y la interfaz **GE 0/0/1** con la red: **20.20.20.0/24**.
- Dar doble clic derecho en las VPCs y en la sección **Basic Config** configurar las direcciones IP.

Paso 10: Guardar

- Guardar la configuración de los *routers*.
- Guardar los proyectos en GNS3 y eNSP.

HOJA GUÍA 0

DOCENTE

Tema: Familiarización con GNS3, eNSP e imágenes ISO de Cisco, Juniper, Mikrotik y Huawei.

Docente:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de GNS3 y eNSP.
- Instalar las imágenes de los *routers* de Cisco, Mikrotik y Juniper en GNS3.
- Crear tres topologías en GNS3 en las que se haga uso de los *routers* instalados, junto a dos ordenadores.
- Crear una topología en eNSP en la que se haga uso de un *router* Huawei junto a dos ordenadores.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- IOS *router* Juniper 12.1R1.9
- VPCs

3. Diagramas de red

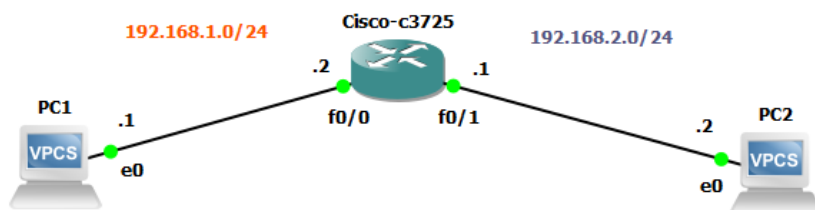


Figura 3.83 Topología con el *router* Cisco en GNS3 para la Hoja Guía 0 Docente.

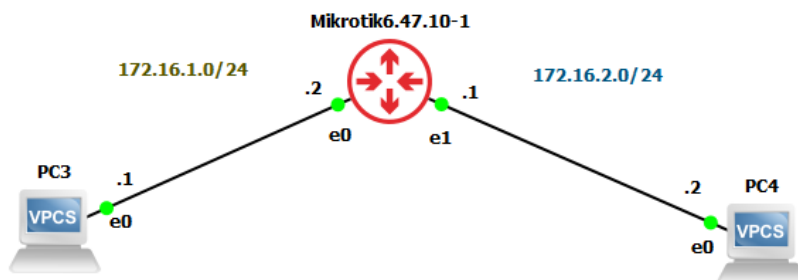


Figura 3.84 Topología con el *router* Mikrotik en GNS3 para la Hoja Guía 0 Docente.

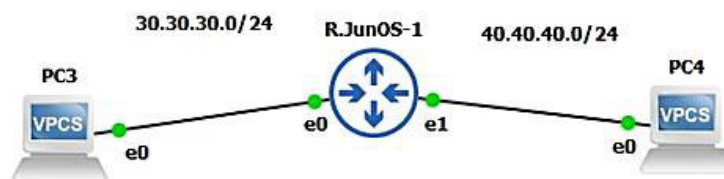


Figura 3.85 Topología con el *router* Juniper para la Hoja Guía 0 Docente.

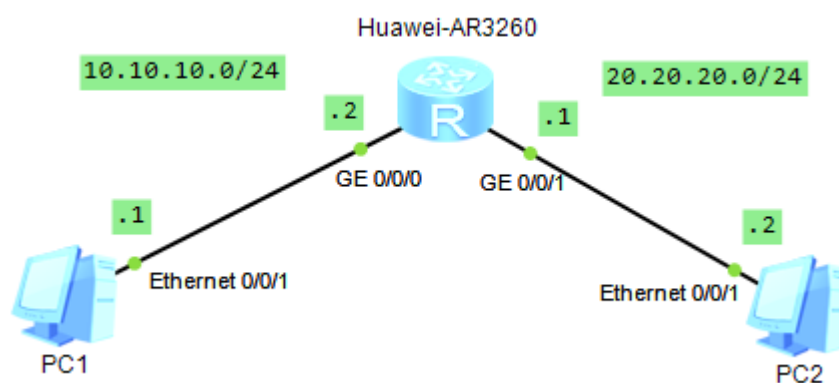


Figura 3.86 Topología con el *router* Huawei en eNSP para la Hoja Guía 0 Docente.

4. Desarrollo de la práctica

Paso 1: Imágenes de los *routers*

- Acceder a la Carpeta “Tesis Andrés Escobar y Maylee Pineda” [enlace: https://epnecuador-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/fernando_becerrac_epn_edu_ec/Ep1RCIR8Na1DpaIZPP5Of6MBSX5pUd8rrGwAhsGQBEjHTA?e=dCzzz2] y descargar las IOS (imágenes) de los *routers* Cisco c3725, Mikrotik 6.44.6 y Juniper 12.1R1.9 con las que se trabajará en todas las prácticas propuestas.
- Ingresar a GNS3.
- Asignar un nombre al proyecto de GNS3 y seleccionar una ubicación para guardarlo.

Paso 2: Instalación del *router* Cisco en GNS3

- Desde el enlace de OneDrive mencionado anteriormente, descargar el archivo del *router* Cisco c3725. Ver **Figura 3.87** Carpeta de One Drive con la imagen de Cisco c3725

Mis archivos > Tesis Andrés Escobar y Maylee Pineda > Imágenes de Routers > CISCO

Nombre	Modificado	Modificado por	Tamaño de arch...	Compartir
c3725-adventerprisek9-mz.124-15.T14.bin	Ayer a las 16:59	ANDRES ALEJANDRO ...	44,2 MB	Compartido

Figura 3.87 Carpeta de One Drive con la imagen de Cisco c3725.

- En la pestaña **Edit** de GNS3 se selecciona la opción **Preferences** para iniciar la instalación de la imagen (IOS) del *router* Cisco. Ver **Figura 3.88**.

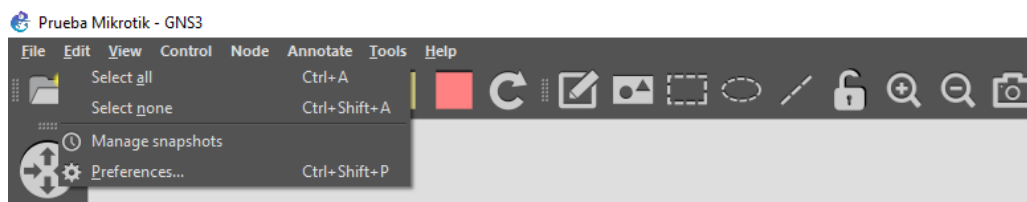


Figura 3.88 Opciones de la pestaña Edit en GNS3.

- Para la instalación de las imágenes de Cisco se selecciona la opción de **IOS routers** de la sección **Dynamips** ver **Figura 3.89** Lista de las IOS de los routers Cisco., luego se da clic en **New** para añadir el nuevo componente. Si dispone de una máquina Virtual **GNS3 VM**, puede indicar que el dispositivo utilice sus recursos. Caso contrario, se selecciona que utilice los recursos propios del ordenador. Ver **Figura 3.90** Tipo del servidor en el que se ejecutará la Imagen del *router* Cisco

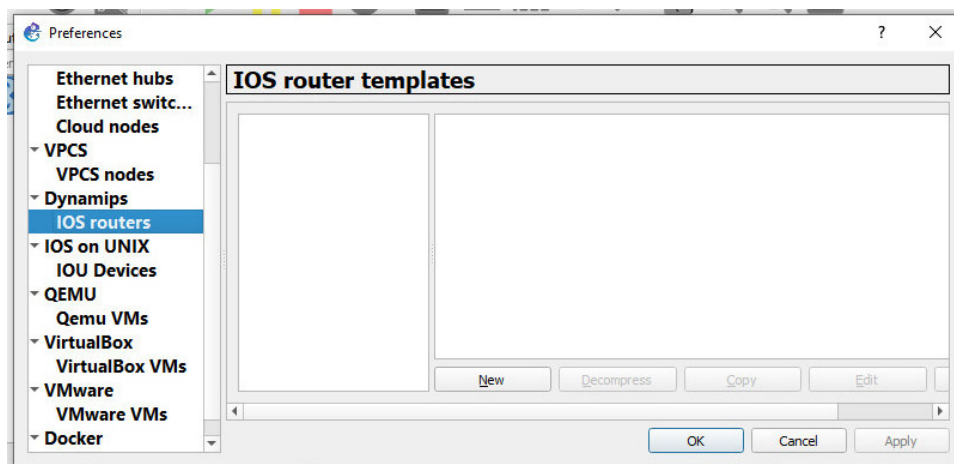


Figura 3.89 Lista de las IOS de los *routers* Cisco.



Figura 3.90 Tipo del servidor en el que se ejecutará la Imagen del *router* Cisco.

- En la ventana de **IOS Image** dar clic en **Browse** para buscar y seleccionar la imagen descargada de Cisco ver **Figura 3.91** Selección del archivo de la Imagen del *router*, luego se asigna un nombre descriptivo al dispositivo y un valor de memoria RAM para que trabaje ver **Figura 3.92** Asignación de un nombre para el dispositivo. y **Figura 3.93** Asignación de memoria RAM para el *router* Cisco; en caso de que el procesamiento del *router* sea lento al momento de configurarlo se recomienda aumentar el valor de la memoria RAM.

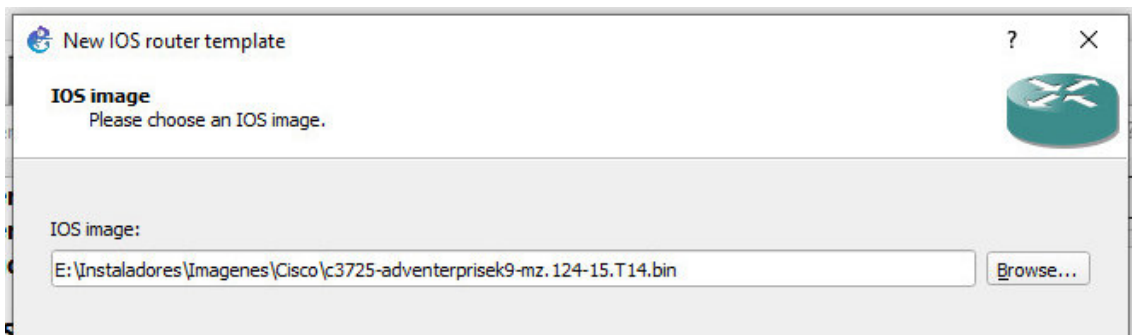


Figura 3.91 Selección del archivo de la Imagen del *router*.

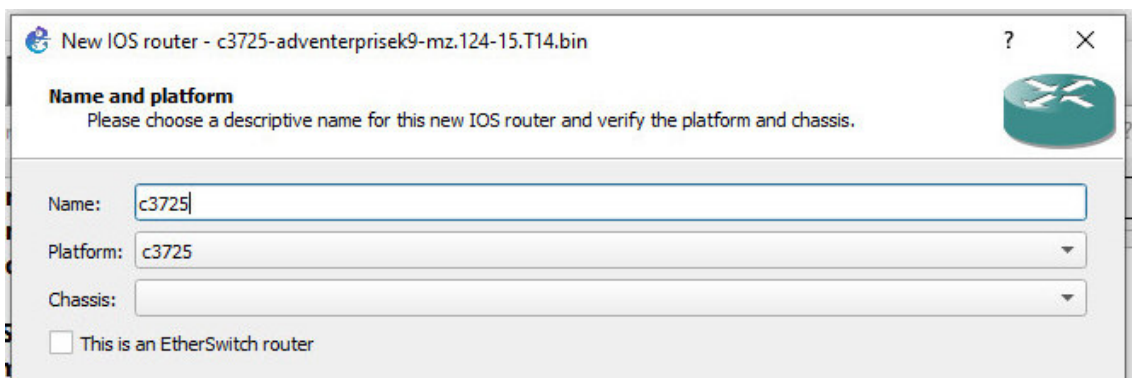


Figura 3.92 Asignación de un nombre para el dispositivo.

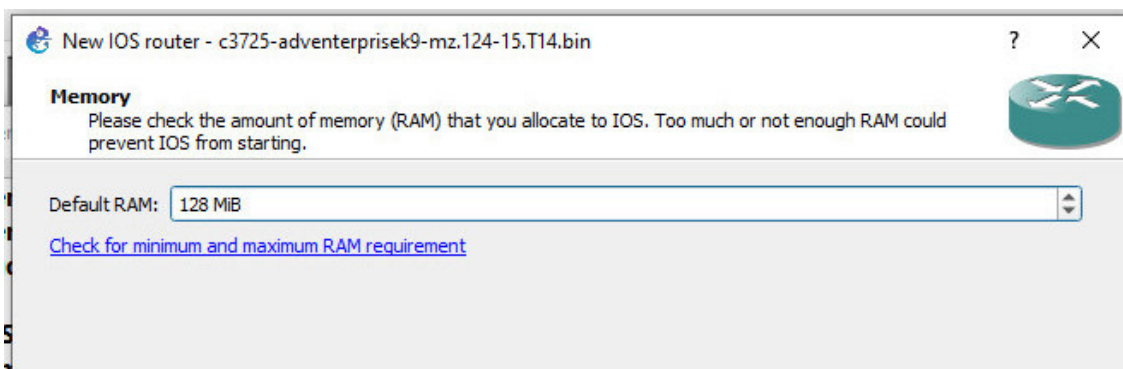


Figura 3.93 Asignación de memoria RAM para el *router* Cisco.

- En la ventana de **Networks Adapters** se selecciona las interfaces que se desea asignar al *router*, en este caso se han elegido 2 *slots* con interfaces *FastEthernet (NM-FE-TX)* ver **Figura 3.94** y en la ventana **WIC modules** se configuran las interfaces seriales en este caso se agregó un solo *slot* con 2 interfaces Seriales (**WIC-2T**) ver **Figura 3.95**. En la última ventana llamada **IDLE-PC** se deja el valor por defecto y se termina con la configuración. Ver **Figura 3.96** . El *router* Cisco ya configurado aparecerá en la ventana de **IOS routers de Dynamips**, y ya no requiere de edición extra. Ver **Figura 3.97**.

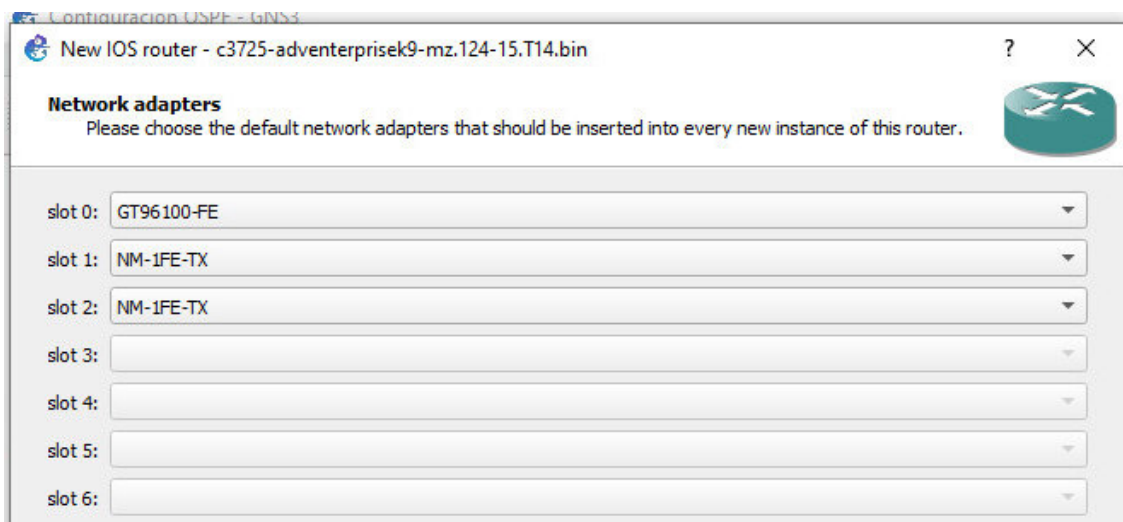


Figura 3.94 Asignación de interfaces tipo *FastEthernet* para el *router* Cisco.

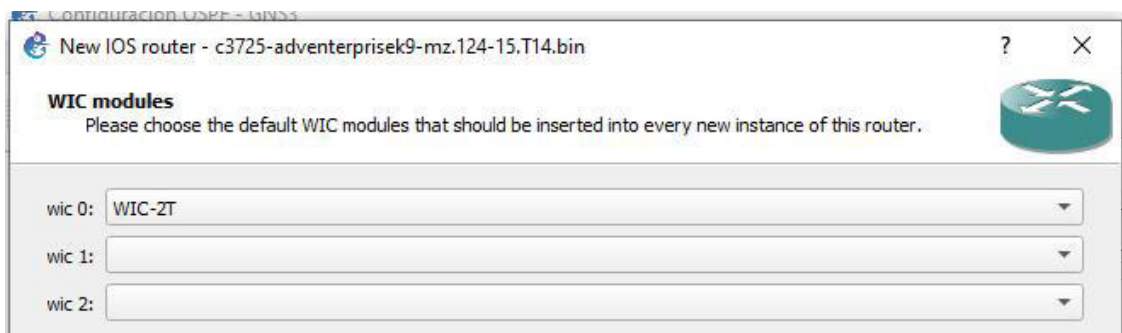


Figura 3.95 Asignación de interfaces seriales para el *router* Cisco.

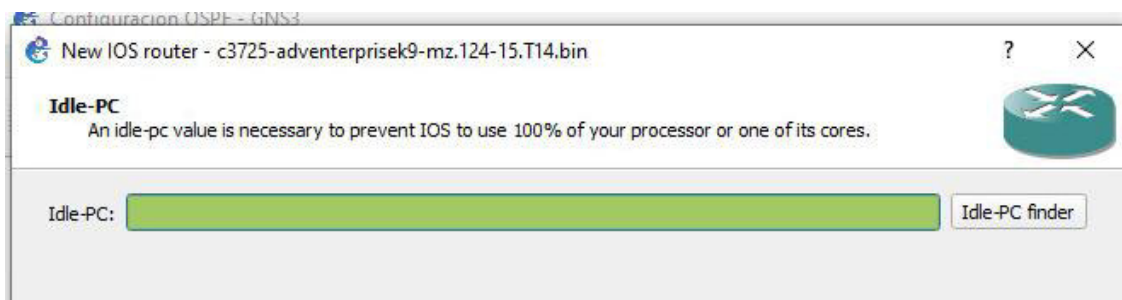


Figura 3.96 El Idle-PC se mantiene por defecto.

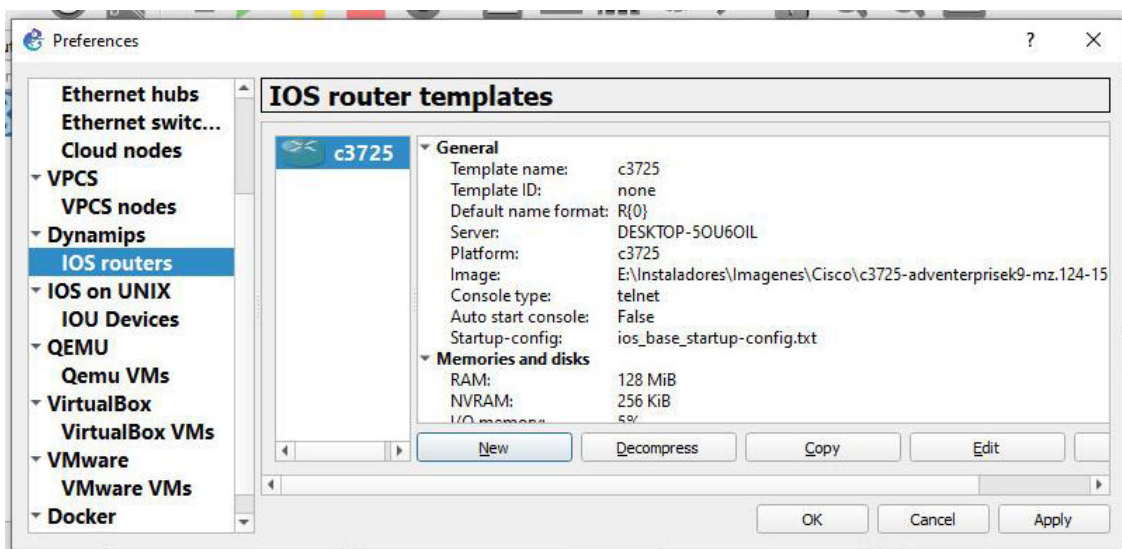


Figura 3.97 *Router* Cisco c3725 instalado en GNS3.

- La imagen del *router* ya se encuentra en la sección de los dispositivos *All devices*, para agregar el *router* al área de trabajo se debe seleccionarlo y arrastrarlo al área de trabajo e iniciarlo con el botón **Start**, para abrir la consola y comenzar su configuración se da clic derecho sobre el *router* y se escoge **Console**, ver **Figura 3.98**. El *router* Cisco no requiere de un usuario o contraseña, pero se recomienda configurarlo posteriormente por seguridad.

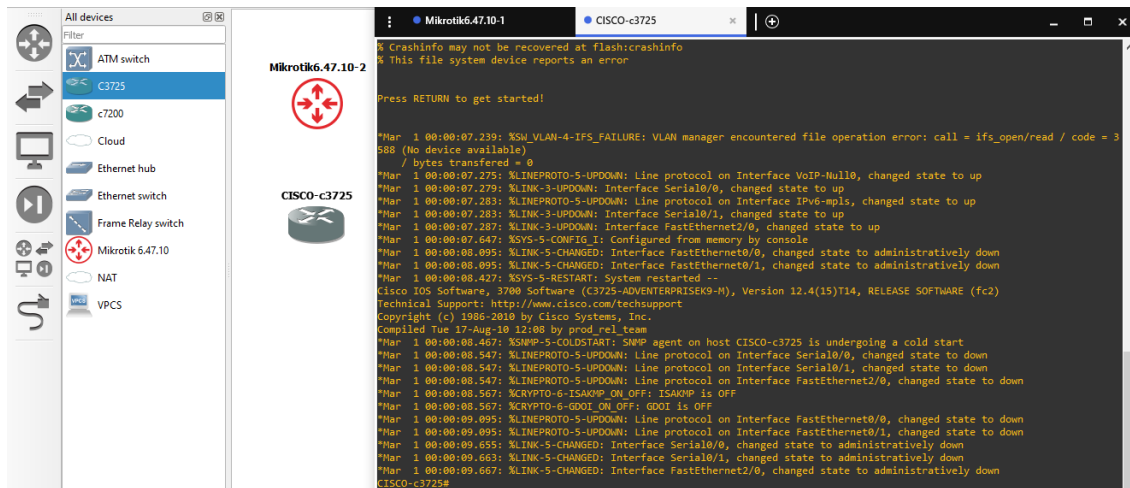


Figura 3.98 Vista Inicial del terminal del *router* CISCO.

Paso 3: Instalación del *router* Mikrotik en GNS3

- Desde el enlace de OneDrive mencionado anteriormente, descargar el archivo del *router* Mikrotik 6.44.6. Ver Figura 3.99.

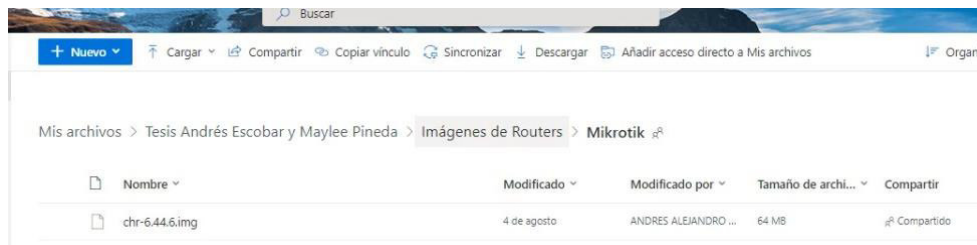


Figura 3.99 Imagen del *router* Mikrotik 6.44.6 en la carpeta de OneDrive.

- En la pestaña **Edit** de GNS3 se selecciona la opción **Preferences** para iniciar la instalación de la imagen del dispositivo Mikrotik. Ver Figura 3.100.

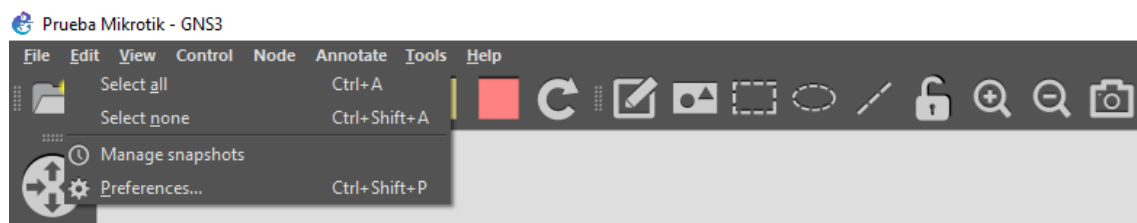


Figura 3.100 Inicio de la configuración del Router Mikrotik.

- En la ventana emergente se selecciona **QEMU VMs** y se da click en **New** para empezar con la configuración del *router*, primero se debe asignar un nombre al dispositivo en este caso **R. Mikrotik** y luego dar clic en **Next** ver Figura 3.101.

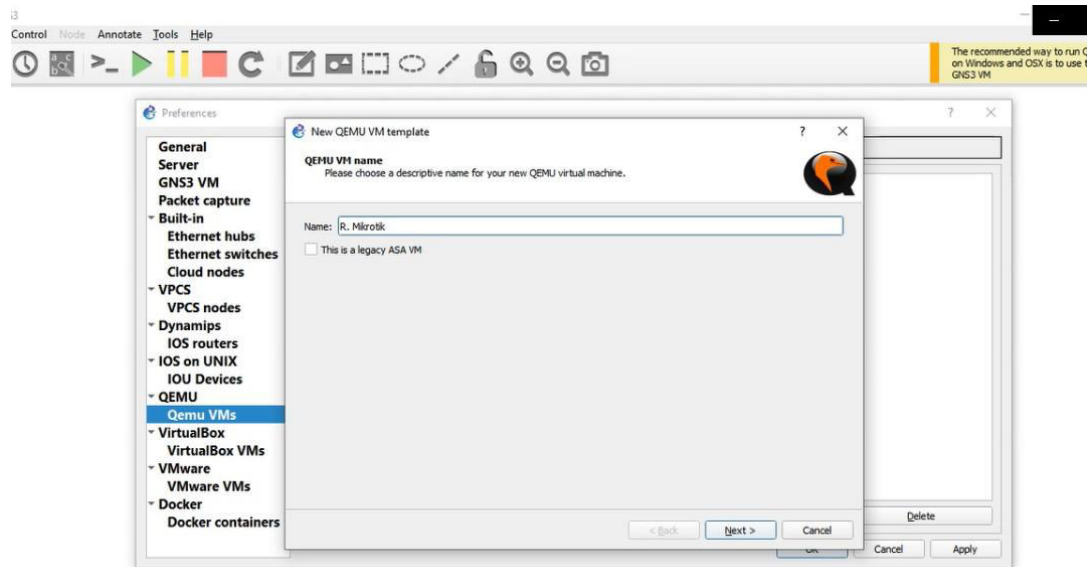


Figura 3.101 Asignación de un nombre al *router* Mikrotik.

- Ahora se indica la memoria RAM que va a utilizar la imagen del *router*, de forma predeterminada se indica que se use 256 (MB), ver **Figura 3.102**, esta cantidad será suficiente para trabajar en el simulador GNS3.

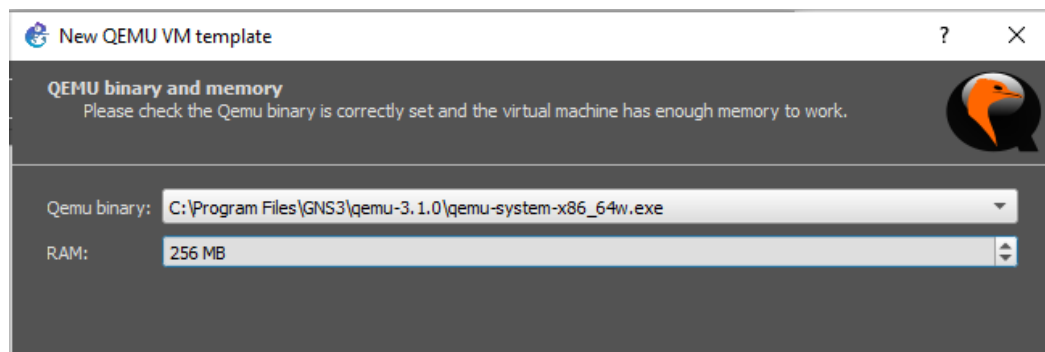


Figura 3.102 Asignación de memoria RAM para la imagen del *router* Mikrotik.

- En la siguiente ventana **Console type** se escoge el modo en que se conectará la consola (Solar Putty) con la que se trabajará. Ver **Figura 3.103**.

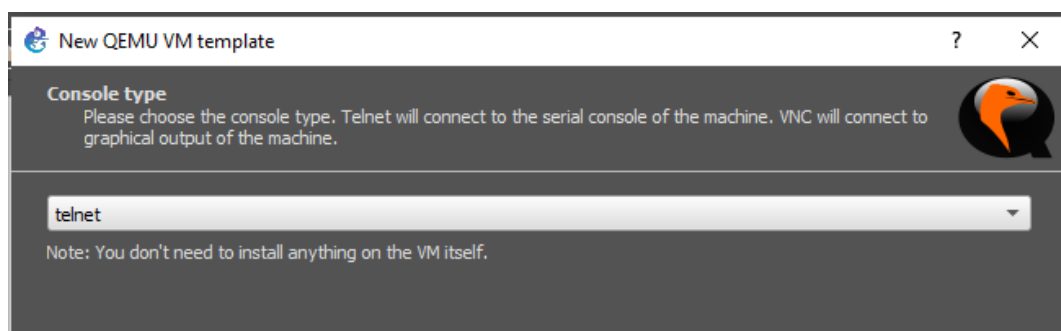


Figura 3.103 Tipo de Consola.

- En la sección *Disk Image* se marca la casilla **New Image**, luego se busca y establece la imagen del *router* Mikrotik ver **Figura 3.104**, y luego se debe dar clic en **OK**; una vez la imagen esté cargada el dispositivo aparecerá en la lista de *Qemu VMs* ver **Figura 3.105**.

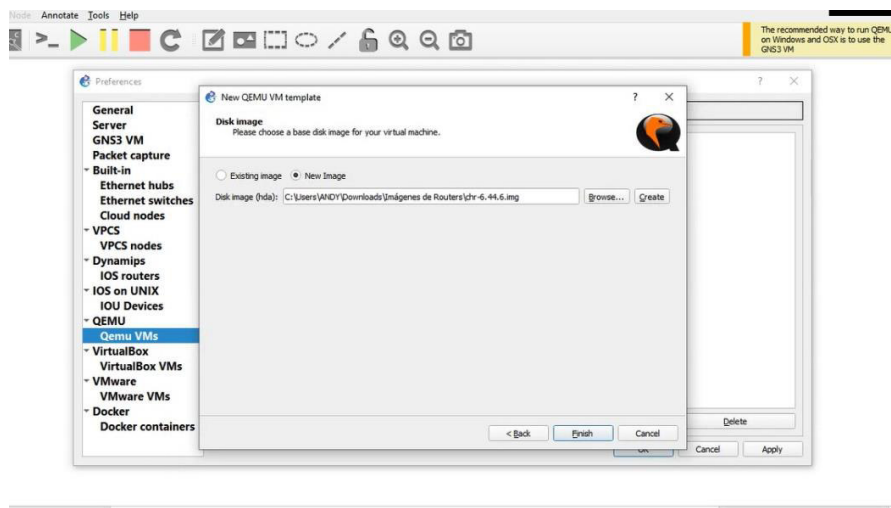


Figura 3.104 Selección de la imagen del *router* Mikrotik descargada.

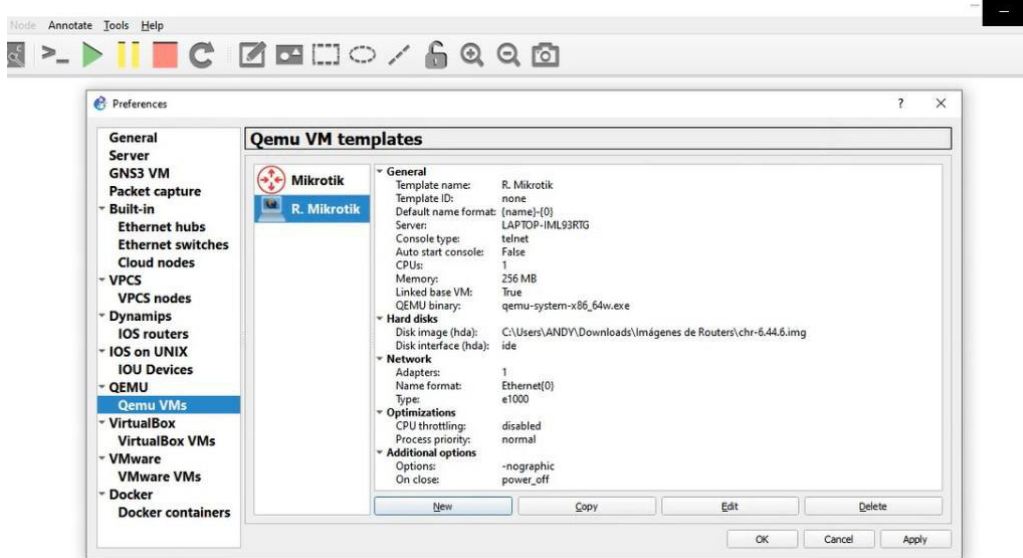


Figura 3.105 Imagen del *router* Mikrotik en los componentes de Qemu VMs.

- Ahora se ingresa a la ventana de configuración de la imagen del *router* Mikrotik dando clic en **Edit**, en la pestaña **General Settings** en la sección **Symbol** es posible modificar el ícono del dispositivo ver **Figura 3.106** y en la sección **Category** se especifica que el dispositivo se encuentre dentro de *routers* y luego en la pestaña **Network** se aumenta el número de adaptadores para disponer de más interfaces.

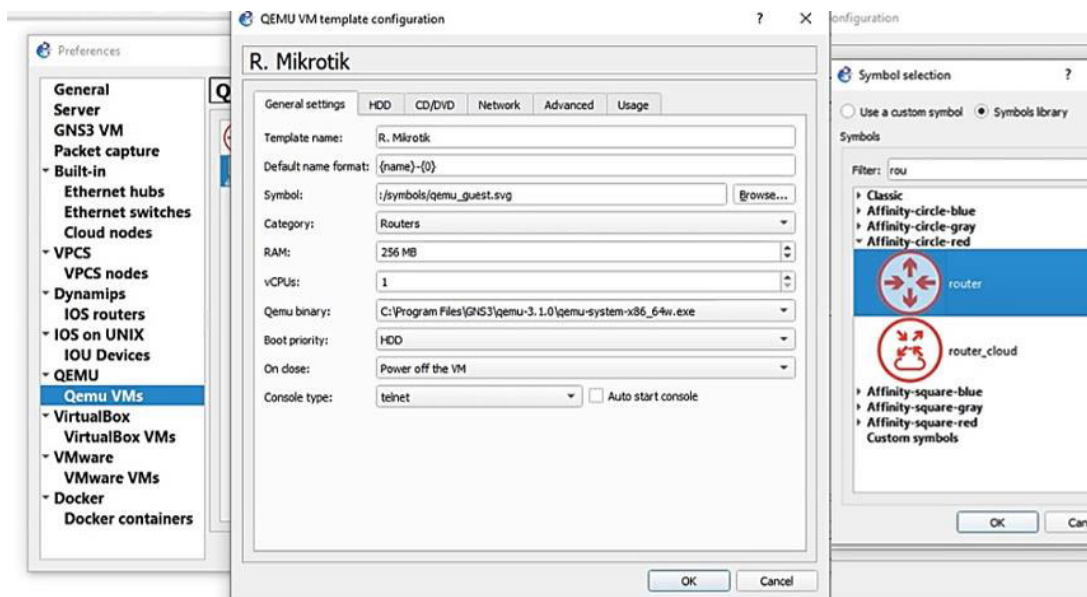


Figura 3.106 Modificación del símbolo y la categoría del *router* Mikrotik.

- Como se mencionó anteriormente, en *Network* se añaden más adaptadores ver Figura 3.107, aquí se debe tener en cuenta que las interfaces del *router* Mikrotik en GNS3 aparecerán así: e0 y e1 sin embargo el *router* llama a sus adaptadores (interfaces): ether1 y ether2 respectivamente. En la opción **Configure custom adapters** se puede modificar los nombres de las interfaces (adaptadores) correspondientes (Al adaptador 0 con el nombre *Ether1* y así sucesivamente) para evitar confusiones ver Figura 3.108; sin embargo no se recomienda realizar estas modificaciones porque puede generar problemas con el *router*.

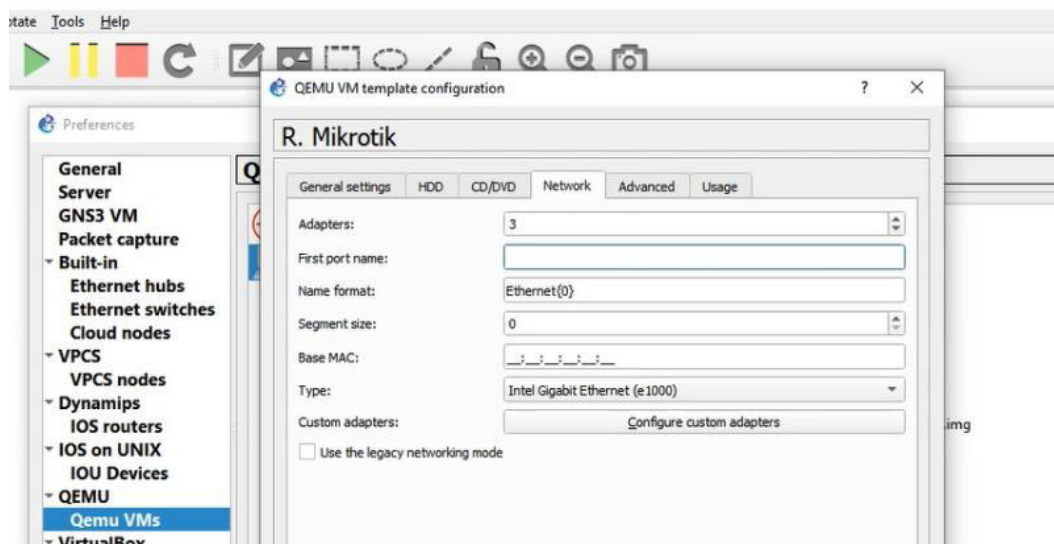
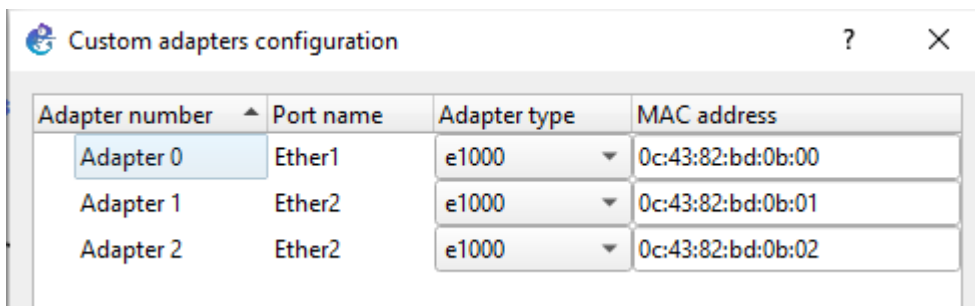


Figura 3.107 Aumento del número de adaptadores del *router* Mikrotik.



Adapter number	Port name	Adapter type	MAC address
Adapter 0	Ether1	e1000	0c:43:82:bd:0b:00
Adapter 1	Ether2	e1000	0c:43:82:bd:0b:01
Adapter 2	Ether2	e1000	0c:43:82:bd:0b:02

Figura 3.108 Modificación del nombre de los adaptadores del *router* Mikrotik.

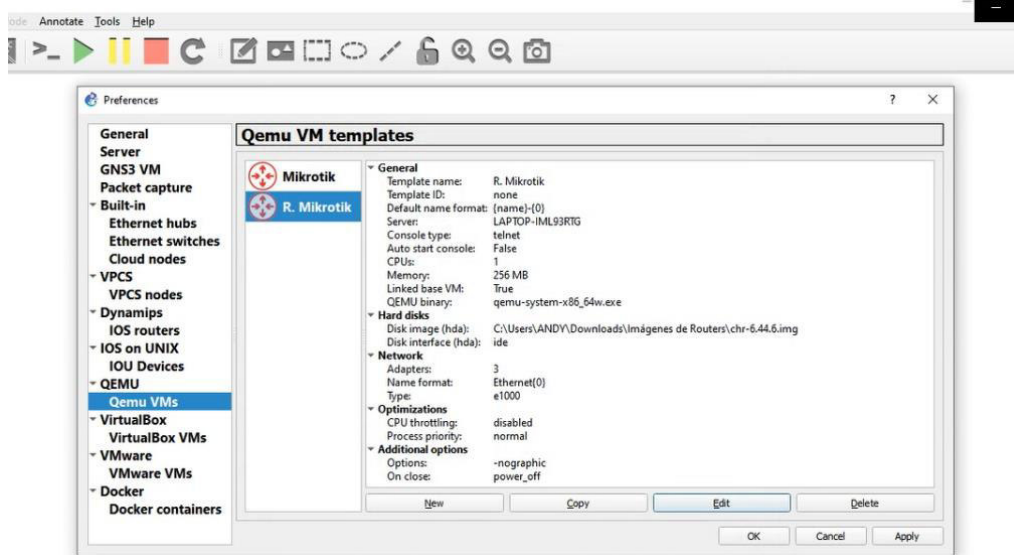


Figura 3.109 Vista final del *router* Mikrotik instalado y configurado en el simulador de GNS3.

- Después de configurar la imagen del *router* este ya aparecerá disponible en la sección de dispositivos del simulador de GNS3 ver **Figura 3.109**, para utilizarlo se arrastra el *router* al espacio de trabajo, para encenderlo se da clic derecho y se escoge la opción **Start** y se escoge la opción **Console** ver **Figura 3.110** para empezar la configuración.

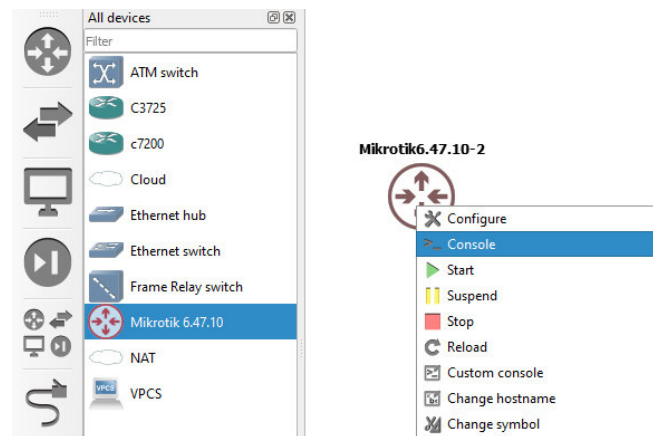


Figura 3.110 Router Mikrotik en el espacio de trabajo.

- Al iniciar la consola se va a mostrar la siguiente interfaz ver **Figura 3.111**; se solicita las credenciales de acceso: un nombre y una contraseña, de forma predeterminada *Login* será **admin** y para la opción **Password** solo se debe dar clic en *Enter*, luego se preguntará si desea ver la licencia del *software* descargado, en este caso se escoge **No**. Para configurar los *routers* Mikrotik se puede utilizar la ventana de comandos (Consola) o la interfaz gráfica denominada *Winbox*.

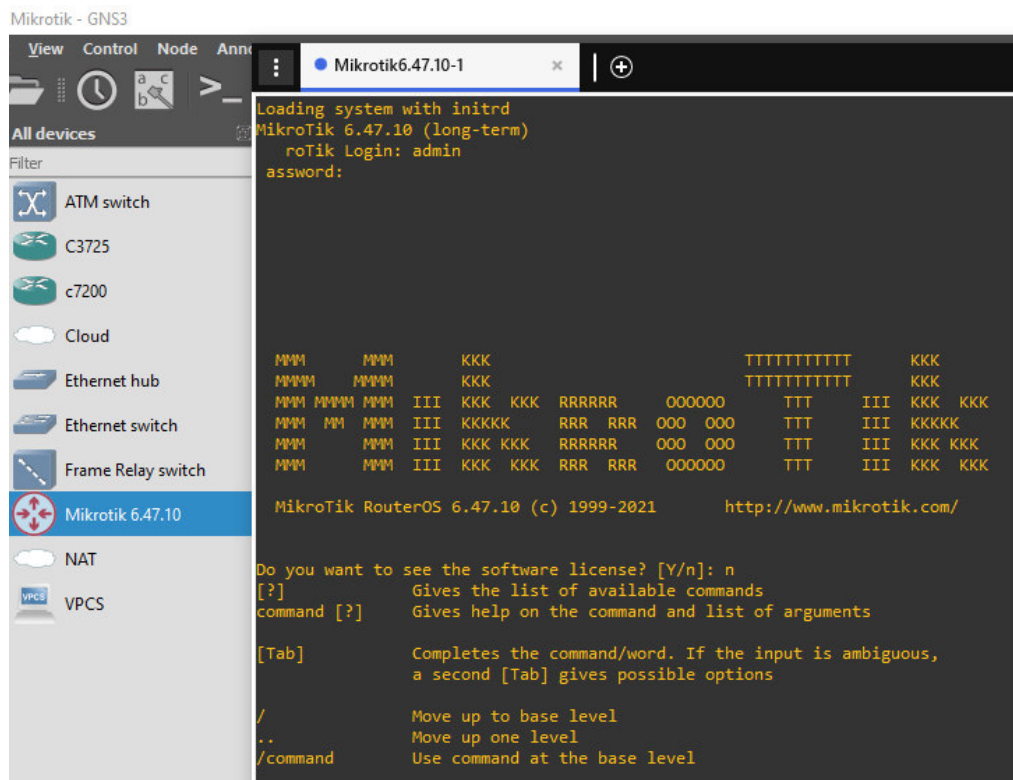


Figura 3.111 Interfaz de inicio del *router* Mikrotik.

Paso 4: Instalación del *router* Juniper en GNS3

- Desde el enlace de OneDrive mencionado anteriormente, descargar el archivo del *router* Juniper 12.1R1.9, ver **Figura 3.112**.

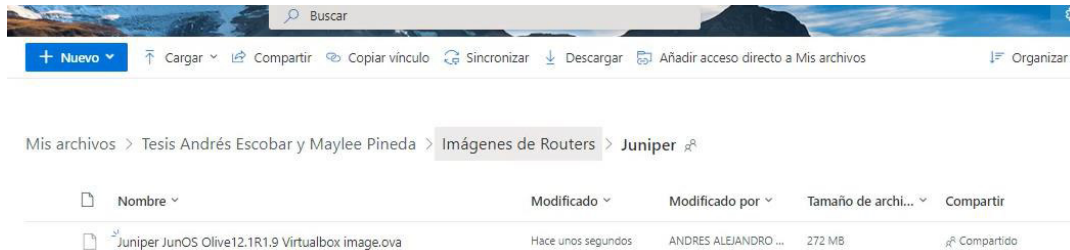


Figura 3.112 Carpeta de OneDrive con la imagen del *router* Juniper.

- A continuación abrir el programa VirtualBox para importar la imagen del *router* Juniper descargada, en la pestaña **Archivo** se selecciona la opción **Importar servicio virtualizado...** ver **Figura 3.113** y **Figura 3.114**, en la ventana emergente dar clic en **Next**.

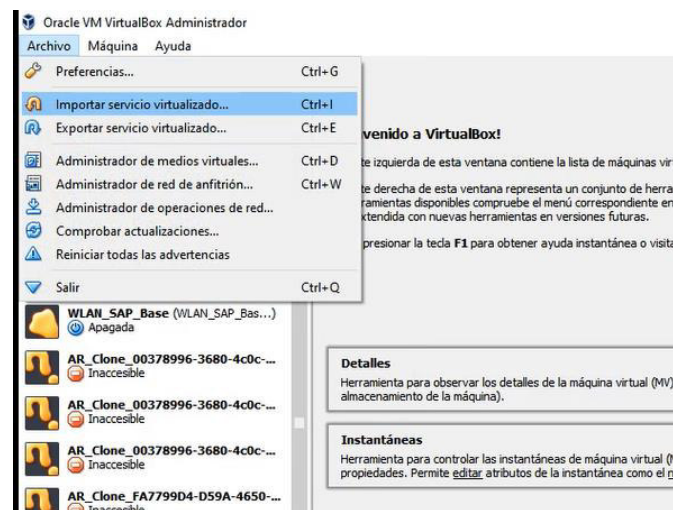


Figura 3.113 Importar la máquina virtual en la que se ejecutará el *router* Juniper.

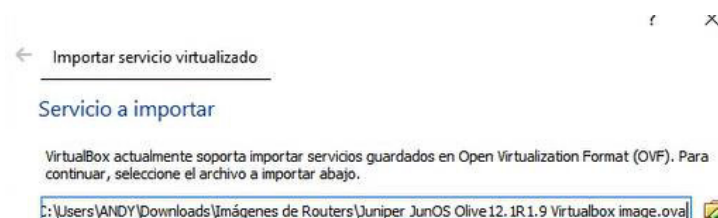


Figura 3.114 Selección de la imagen descargada del *router* Juniper.

- En la nueva ventana llamada **Preferencias de servicio** se modifica el nombre de la máquina Virtual en la que se ejecutará el *router* Juniper en este caso se asignó R. JunOS e incluso se puede modificar el valor de la memoria RAM a usar sin embargo

este valor no se modificó y se mantuvo el que viene por defecto, luego se da clic en Importar ver **Figura 3.115**. A continuación en la pestaña **Configuración** en la sección de **Red** se modifica los adaptadores, para los 4 adaptadores disponibles seleccionar la casilla **Habilitar adaptador de red** y en el estado **Conectado a:** escoger **No conectado** ver **Figura 3.116**.

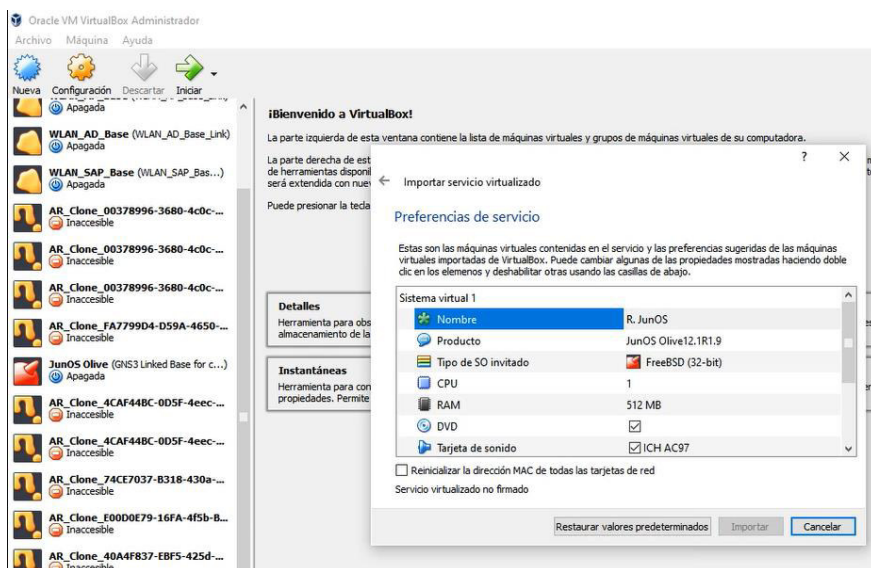


Figura 3.115 Ventana Preferencias de servicio.

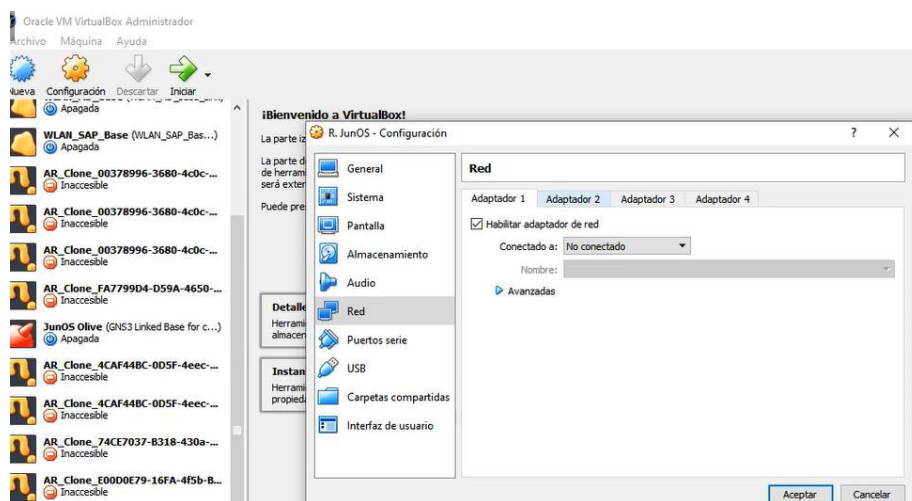


Figura 3.116 Configuración de los adaptadores para el *router* Juniper.

- Ahora en GNS3 se selecciona la pestaña **Edit** y luego la opción **Preferences** ver **Figura 3.117**, en la ventana emergente ir a la sección **VirtualBox – VirtualBox VMs** y dar clic en **New** para comenzar con la instalación de la imagen del *router* Juniper en GNS3, en la nueva ventana emergente en la lista **Virtual Machine (VM list)** se selecciona la máquina con el *router* Juniper anteriormente creada R. JunOS ver **Figura**

3.118 además se debe seleccionar la casilla de **Use as a linked base VM (experimental)** esto para que la máquina se pueda clonar y se pueda usar varias imágenes del *router* Juniper en un mismo proyecto de GNS3 y dar clic en **Finish**.

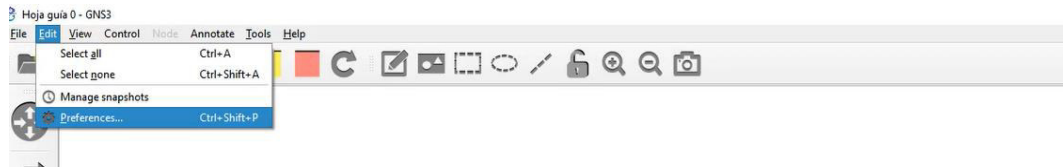


Figura 3.117 Inicio de Instalación del *router* Juniper en GNS3.

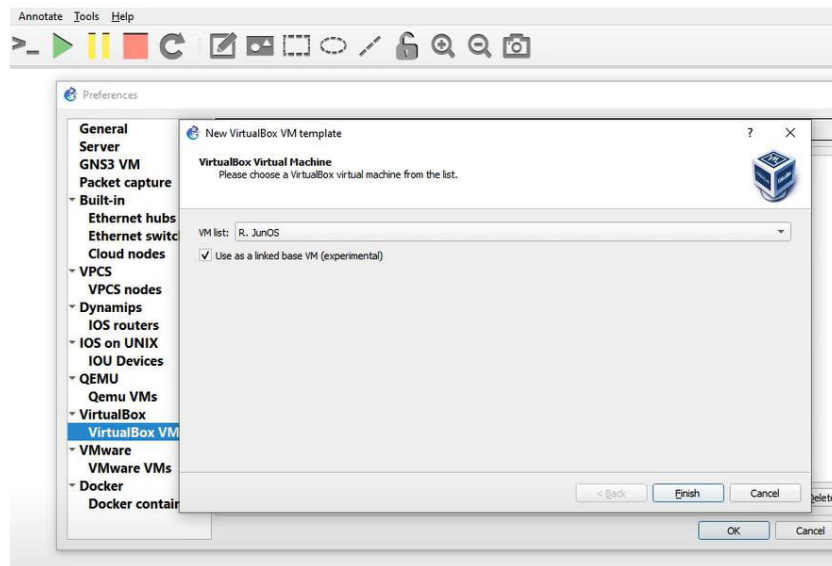


Figura 3.118 Selección de la Máquina Virtual donde se está ejecutando el *router* Juniper.

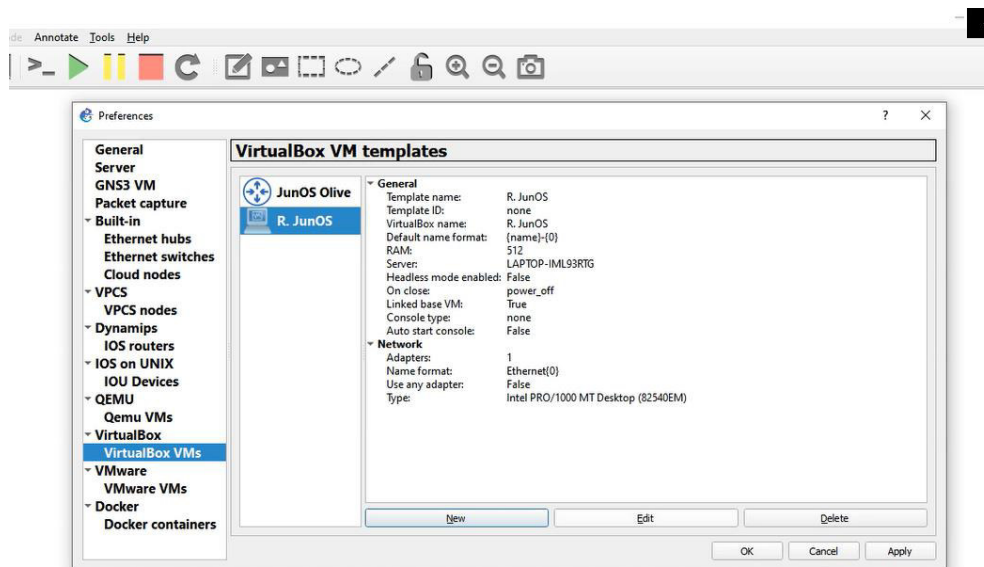


Figura 3.119 Vista del *router* Juniper instalado y listo para continuar con las configuraciones.

- El *router* ya se encuentra instalado, ver **Figura 3.119**, a continuación se realiza configuraciones adicionales en cuanto a su simbología y adaptadores; dando clic **Edit** aparecerá una nueva ventana emergente ver **Figura 3.120** en la pestaña **General Settings** y en la sección **Symbol** se puede buscar y seleccionar un nuevo símbolo para el dispositivo y en la pestaña **Network** se establece el número de adaptadores ver **Figura 3.121** y **Figura 3.122**, dar clic en **OK** aquí hay que tener en cuenta que el número de adaptadores a colocar debe coincidir con el número de adaptadores configurados anteriormente en la máquina del programa Virtual Box. El *router* ya aparece en la lista de dispositivos de VirtualBox VMs y del programa GNS3. Ver **Figura 3.123**.

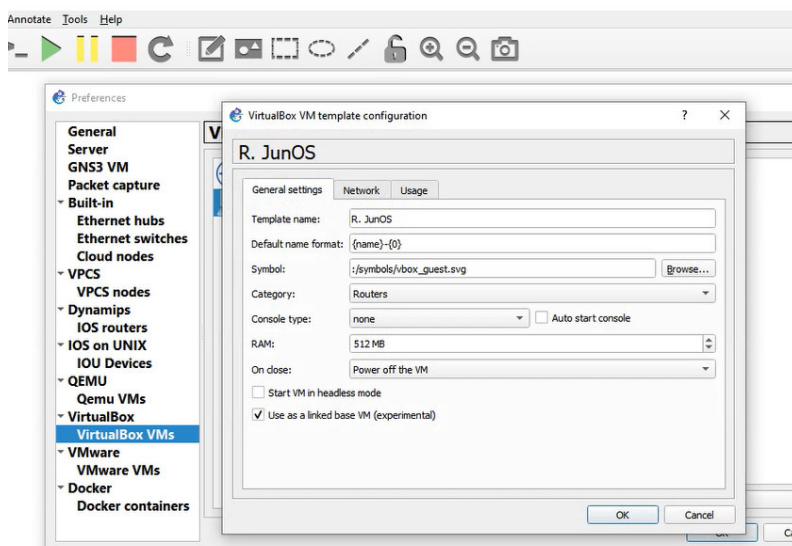


Figura 3.120 Ventana de Configuración para el *router* Juniper.

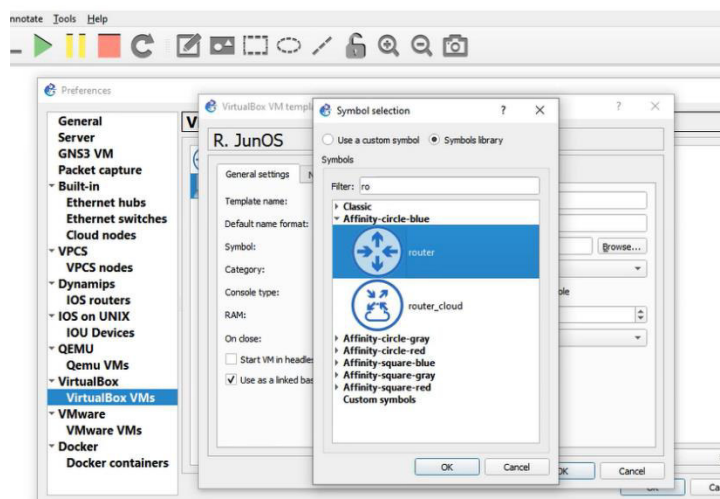


Figura 3.121 Modificación del símbolo del *router* Juniper.

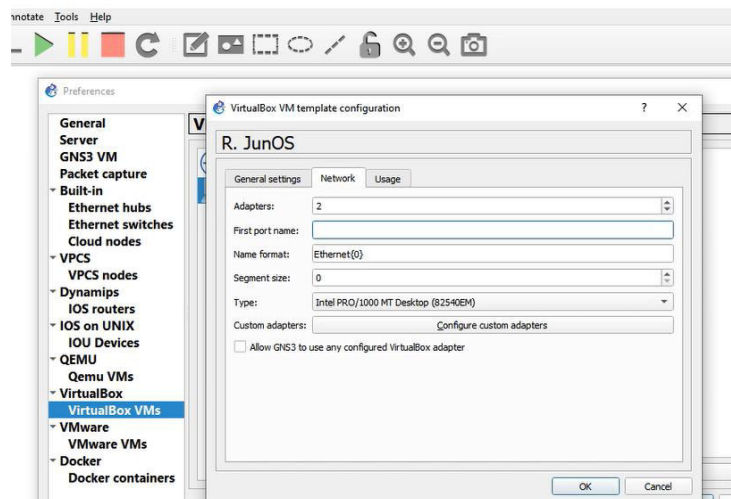


Figura 3.122 Configuración de los adaptadores (interfaces) del *router* Juniper.

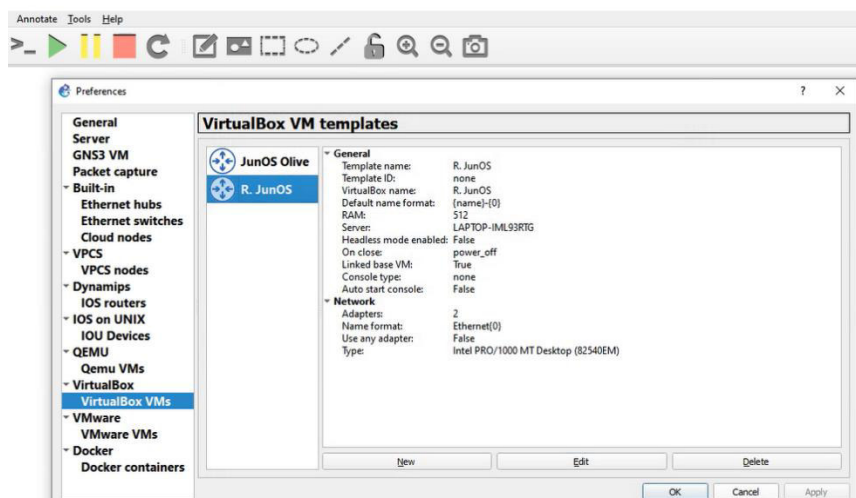


Figura 3.123 Vista final del *router* Juniper instalado en GNS3.

Paso 5: Agregar los elementos de la topología en GNS3

- Se selecciona y arrastra hacia el área de trabajo un *router* Cisco y dos VPCs, se indica las redes que se utilizarán en cada enlace aquí es conveniente añadir notas con las redes, luego se conectan los dispositivos en los puertos disponibles para este caso se usará enlaces tipo Ethernet y se deben iniciar los *routers* y las máquinas con el botón **Start**. Ver **Figura 3.124** y **Figura 3.125**. Este procedimiento se debe repetir para las topologías de Mikrotik y Juniper.

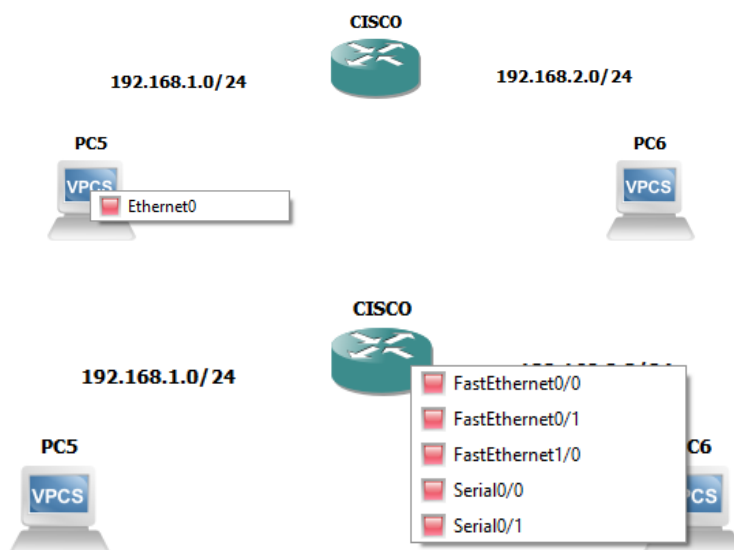


Figura 3.124 Interfaces disponibles de los dispositivos de la topología con el *router* Cisco.

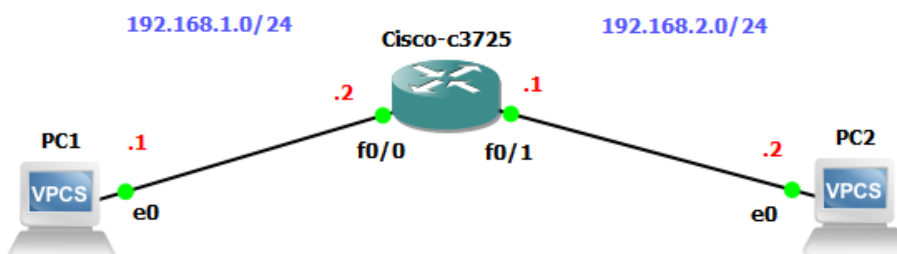


Figura 3.125 Topología para el Router de Cisco c3725.

Paso 6: Configuración de las interfaces del *router* Cisco y las VPCs en GNS3

- Para configurar el *router* se debe ingresar a la consola del *router* c3725 de Cisco dando clic derecho y seleccionando la opción **Console**, ver **Figura 3.126** y se despliega una ventana emergente. Se ingresa al modo privilegiado con el comando **configure terminal** para poder configurar el *router* ver **Figura 3.127**.

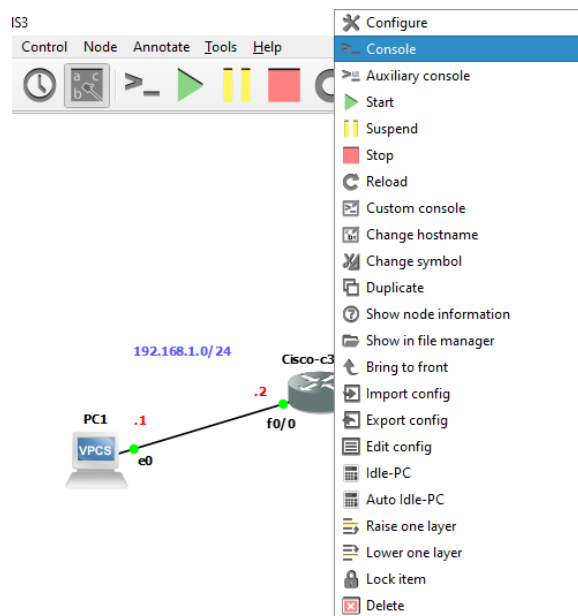


Figura 3.126 Ingreso a la Consola del *router* Cisco c3725.

```
Cisco-c3725 con0 is now available

Press RETURN to get started.

Cisco-c3725#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Cisco-c3725(config)#
```

Figura 3.127 Modo de Configuración del *router* Cisco.

- A continuación se inicia la configuración de las dos interfaces tipo Ethernet utilizadas, se ingresa a la configuración de la interfaz con el comando: **interface [Tipo de interfaz] [Numero de interfaz]** para **FastEthernet 0/0** asignar la dirección IP: 192.168.1.2/24 con el comando **ip address [dirección IP] [máscara]** y se la habilita utilizando el comando **no shutdown**. Se repite el procedimiento en la otra interfaz **FastEthernet 0/1**, configurándole la dirección IP correspondiente 192.168.2.1/24 y encendiéndola para que pueda trabajar. Ver **Figura 3.128** y **Figura 3.129**.

```
Cisco-c3725(config)#interface fastEthernet 0/0
Cisco-c3725(config-if)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
Cisco-c3725(config-if)#no shutdown
Cisco-c3725(config-if)#
*Mar 1 05:16:45.610: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 05:16:46.610: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state
Cisco-c3725(config-if)#
```

Figura 3.128 Configuración de la interfaz FastEthernet 0/0 del *router* Cisco.

```
Cisco-c3725(config-if)#exit
Cisco-c3725(config)#interface fastEthernet 0/1
Cisco-c3725(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Cisco-c3725(config-if)#no shutdown
Cisco-c3725(config-if)#
*Mar 1 05:18:38.942: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to up
*Mar 1 05:18:39.942: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state
Cisco-c3725(config-if)#exit
Cisco-c3725(config)#
```

Figura 3.129 Configuración de la interface FastEthernet 0/1 del *router* Cisco.

- Finalizada la configuración de las interfaces se procede a configurar a las *PCs* virtuales. Dando clic derecho en la *PC* y seleccionando la opción **Console** se abre su terminal. Ver **Figura 3.130**. En ambas *PCs* se indican sus respectivas direcciones utilizando el comando: **ip [dirección IP de la PC] [dirección IP Gateway] [máscara]**. Ver **Figura 3.131** y **Figura 3.132**.

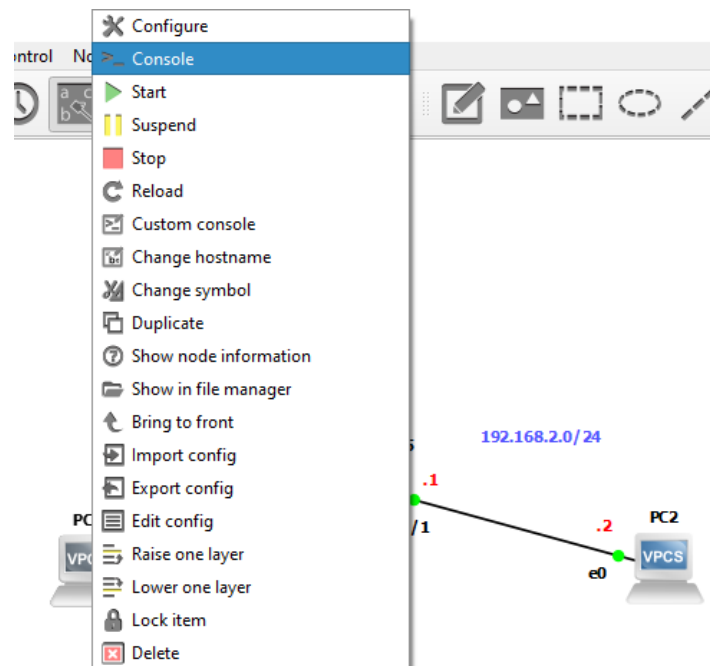


Figura 3.130 Ingreso a la terminal de la VPC en GNS3.

```
Cisco-c3725 PC1
PC1> ip 192.168.1.1 192.168.1.2 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.1.1 255.255.255.0 gateway 192.168.1.2
PC1>
```

Figura 3.131 Asignación de una dirección IP a la PC1.

```
Cisco-c3725  PC1  PC2
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.6.2
Dedicated to Daling.
Build time: Apr 10 2019 02:42:20
Copyright (c) 2007-2014, Paul Meng (mirnshi@gmail.com)
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD" licence.
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

PC2> ip 192.168.2.2 192.168.2.1 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.2.2 255.255.255.0 gateway 192.168.2.1

PC2>
```

Figura 3.132 Asignación de una dirección IP a la PC2.

- Para finalizar con el comando ping entre la *PC1* y la *PC2* se verifica la instalación y configuración. Ver **Figura 3.133** y **Figura 3.134**.

```
PC1> ping 192.168.2.2
192.168.2.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=30.511 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=30.483 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=31.349 ms
84 bytes from 192.168.2.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=30.295 ms
```

Figura 3.133 Prueba de conexión de la PC1 a la PC2.

```
PC2> ping 192.168.1.1
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=31.084 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=30.827 ms
192.168.1.1 icmp_seq=3 timeout
192.168.1.1 icmp_seq=4 timeout
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=32.183 ms
```

Figura 3.134 Prueba de conexión de la PC2 a PC1.

Paso 7: Configuración de las interfaces del *router* Mikrotik en GNS3.

- De la misma forma se crea una topología para configurar el Router Mikrotik en GNS3, indicando las redes a usarse y estableciendo los enlaces. Ver **Figura 3.135**.

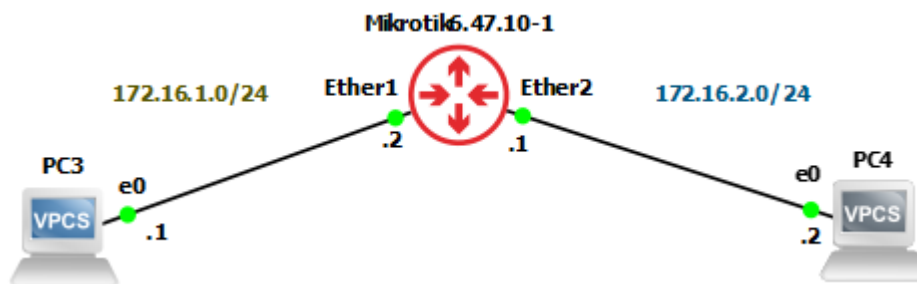


Figura 3.135 Topología para el *router* Mikrotik.

- Se da clic derecho en el *router* y se selecciona la opción **Console** para abrir el terminal en **SolarPutty** y empezar las configuraciones; el *router* requerirá de credenciales para poder configurarlo, por defecto en **Login** colocar **admin** y en **Password** dar un **enter**, luego se preguntará si se desea ver la licencia del dispositivo escribir **n** (No). Ver Figura 3.136.

```

Mikrotik6.47.10-1
Booting from Hard Disk...
Loading system with initrd
MikroTik 6.47.10 (long-term)
  roTik Login: admin
  assword:

MMM      MMM      KKK                      TTTTTTTTTT      KKK
MMMM    MMMM    KKK                      TTTTTTTTTT      KKK
MMM MMMM MMM III  KKK  KKK  RRRRRR    000000    TTT    III  KKK  KKK
MMM MM  MMM III  KKKKKK  RRR  RRR  000  000    TTT    III  KKKKKK
MMM      MMM  III  KKK  KKK  RRRRRR    000  000    TTT    III  KKK  KKK
MMM      MMM  III  KKK  KKK  RRR  RRR  000000    TTT    III  KKK  KKK

MikroTik RouterOS 6.47.10 (c) 1999-2021      http://www.mikrotik.com/

Do you want to see the software license? [Y/n]: n
[?]          Gives the list of available commands
command [?]  Gives help on the command and list of arguments

[Tab]       Completes the command/word. If the input is ambiguous,
            a second [Tab] gives possible options

/           Move up to base level
..         Move up one level
/command   Use command at the base level

```

Figura 3.136 Vista Inicial del terminal del *router* Mikrotik.

- Para configurar las interfaces Ethernet 1 y 2 del *router* se usa la siguiente línea de comandos **ip address add address=172.16.1.2/24 interface=ether1** ver Figura 3.137, las interfaces ya vienen habilitadas por defecto por lo que no se necesita un

comando adicional, si se desea verificar la configuración de las interfaces se puede ejecutar la línea de comandos **ip address print**. La configuración de las PCs se realizará como se indicó anteriormente en el paso 6, ver **Figura 3.138** y **Figura 3.139**.

```
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.16.1.2/24 interface=ether1
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.16.2.1/24 interface=ether2
[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
# ADDRESS NETWORK INTERFACE
0 172.16.1.2/24 172.16.1.0 ether1
1 172.16.2.1/24 172.16.2.0 ether2
```

Figura 3.137 Configuración de las interfaces físicas del *router* Mikrotik.

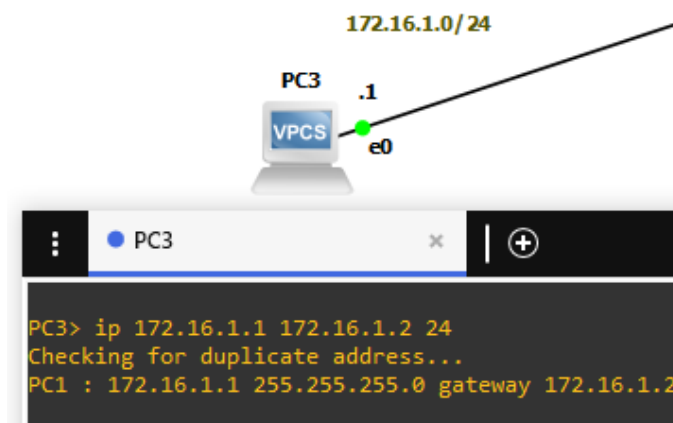


Figura 3.138 Asignación de una dirección IP a la PC3.

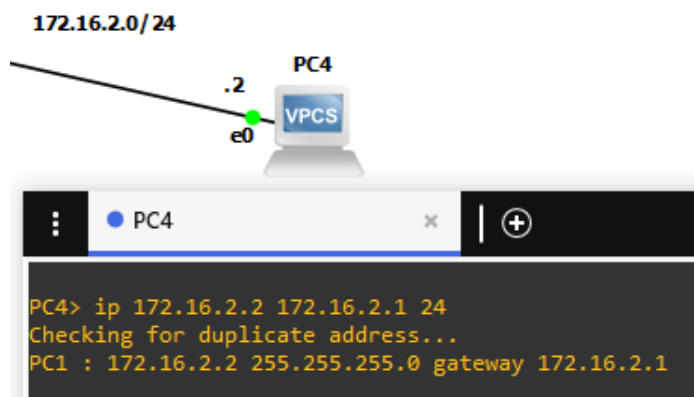


Figura 3.139 Asignación de una dirección IP a la PC4.

- Por último se realiza las prueba de conexión entre las VPCs con el comando **ping**.
Ver **Figura 3.140** y **Figura 3.141**

```

PC3> ping 172.16.2.2
84 bytes from 172.16.2.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.826 ms
84 bytes from 172.16.2.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.965 ms
84 bytes from 172.16.2.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=5.238 ms
84 bytes from 172.16.2.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=6.556 ms
84 bytes from 172.16.2.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=6.311 ms

```

Figura 3.140 Ping de PC3 a PC4.

```

PC4> ping 172.16.1.1
84 bytes from 172.16.1.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=4.866 ms
84 bytes from 172.16.1.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.865 ms
84 bytes from 172.16.1.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=9.947 ms
84 bytes from 172.16.1.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=7.314 ms
84 bytes from 172.16.1.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=4.543 ms

```

Figura 3.141 Ping de PC4 a PC3.

Paso 8: Configuración de las interfaces del *router* Juniper en GNS3

- Asimismo se crea una topología para configurar el *router* Juniper en GNS3, indicando las redes a usarse y estableciendo los enlaces, e iniciar los componentes dando clic en **Start**. Ver **Figura 3.142**.

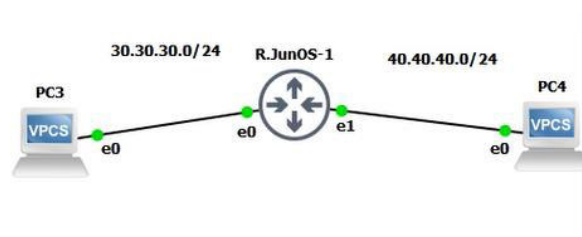
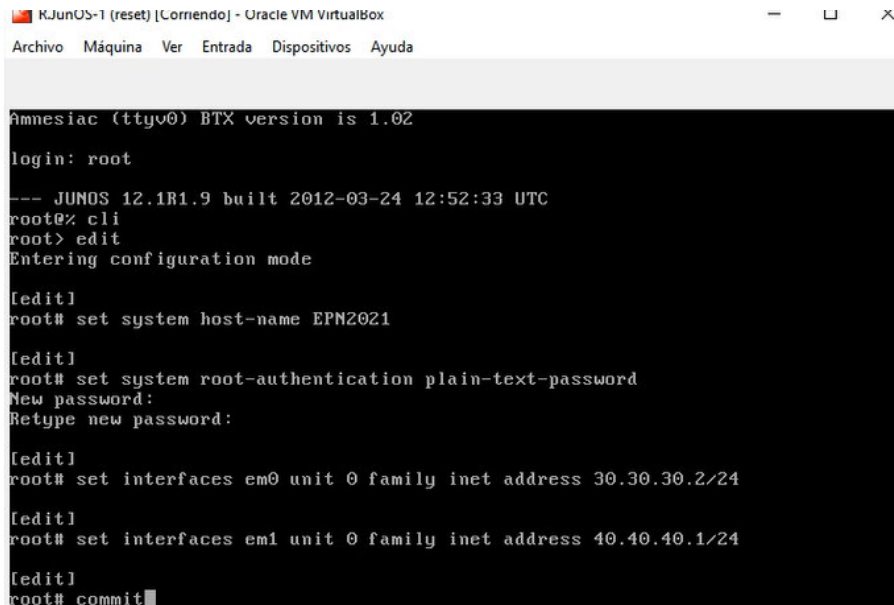


Figura 3.142 Topología para el *router* Juniper.

- En el terminal del *router* lo primero que se solicita será un usuario para el ingreso: **login**, el cual de forma predeterminada es **root**, luego se ingresa al modo de configuración utilizando el comando **cli** y después el comando **edit** después de esto se asigna un nombre para el dispositivo con la línea de comandos **set system host-name** en este caso se colocó **EPN2021** y una contraseña con la línea de comandos **set system root-authentication plain-text-password** para poder realizar cualquier cambio en el sistema. Ahora se configura las interfaces del *router*, indicando su unidad, familia, dirección y máscara correspondientes con la siguiente línea de comandos: **set interfaces em0 unit 0 family inet address** ver **Figura 3.143**. Es importante destacar

que las configuraciones del *router* primero deben guardarse con el comando **commit** antes de que se puedan ejecutar.



```

KJunOS-1 (reset) [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox
Archivo  Máquina  Ver  Entrada  Dispositivos  Ayuda

Amesiac (ttyv0) BTX version is 1.02

login: root

--- JUNOS 12.1R1.9 built 2012-03-24 12:52:33 UTC
root% cli
root> edit
Entering configuration mode

[edit]
root# set system host-name EPN2021

[edit]
root# set system root-authentication plain-text-password
New password:
Retype new password:

[edit]
root# set interfaces em0 unit 0 family inet address 30.30.30.2/24

[edit]
root# set interfaces em1 unit 0 family inet address 40.40.40.1/24

[edit]
root# commit
  
```

Figura 3.143 Ingreso al modo de configuración del router Juniper y configuraciones iniciales.

Paso 9: Configuración de las interfaces del *router* Huawei en eNSP.

- Se agrega un *router* AR3260 y dos PCs al área de trabajo en eNSP y se conecta los dispositivos entre sí con los enlaces disponibles, para este caso se usarán enlaces tipo GigabitEthernet. Ver **Figura 3.144**. Luego se inicia los *routers* y las PCs dando clic en el botón **Start**. Ver **Figura 3.145**.

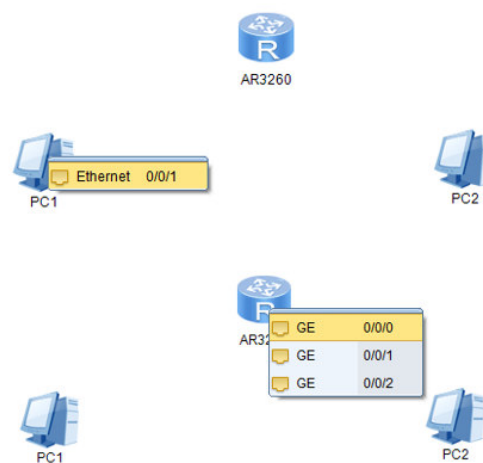


Figura 3.144 Interfaces disponibles en los componentes de eNSP.

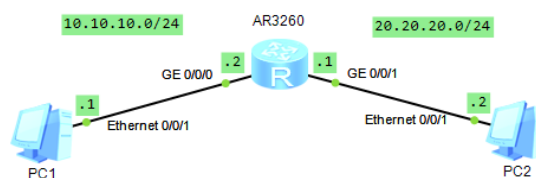


Figura 3.145 Topología para el *router* de Huawei.

- Para ingresar a la terminal del *router* se requiere dar clic derecho y escoger la opción **CLI** ver **Figura 3.146**, a continuación se ingresa al modo de configuración con el comando **system-view**, ver **Figura 3.147**.

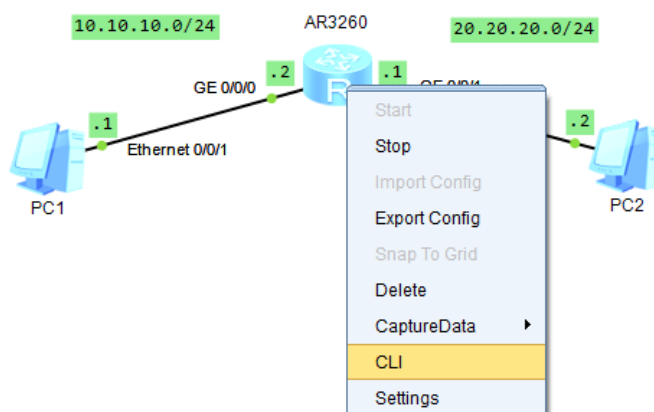


Figura 3.146 Ingreso a la Consola del *router* Huawei.

```
AR3260
AR3260
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]
```

Figura 3.147 Ingreso al modo de configuración del *router* Huawei.

- Ahora se procede a configurar las interfaces del *router* con el comando: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]** y después **ip address [dirección IP de la interfaz] [mascara]**, para **GigabitEthernet 0/0/0** se asigna su respectiva dirección IP y máscara: **10.10.10.2/24**. Ver **Figura 3.148** cabe señalar que no hace falta encender la interfaz porque ya está se activa de forma automática. El mismo procedimiento se sigue para configurar la interfaz **GigabitEthernet 0/0/1** pero en base a la dirección IP: **20.20.20.1/24** como se indica en la figura de la topología. Ver **Figura 3.149**.

```
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 10.10.10.2 24
Jul 22 2021 02:57:00-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]
```

Figura 3.148 Configuración de la interfaz GigabitEthernet 0/0/0 del *router* Huawei.

```
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]ip address 20.20.20.1 24
Jul 22 2021 03:12:18-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/1 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]quit
[Huawei]
```

Figura 3.149 Configuración de la interfaz GigabitEthernet 0/0/1 del *router* Huawei.

- Ahora se procede a configurar las direcciones IP y las máscaras de las PC mediante la interfaz gráfica en la pestaña **Basic Config**, la cual se extiende dando dos clics izquierdos. Ver **Figura 3.150** y **Figura 3.151**.

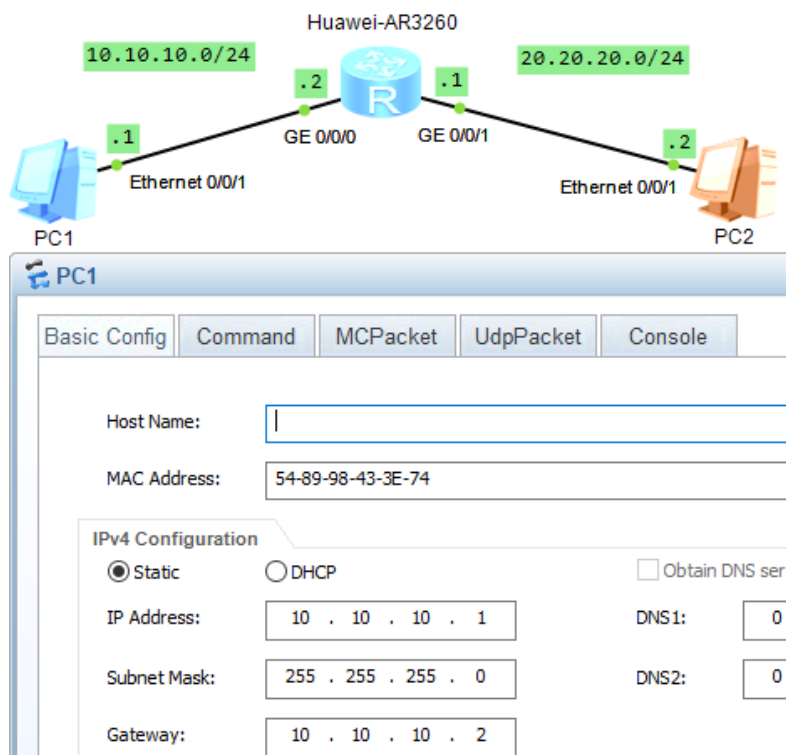


Figura 3.150 Asignación de una dirección IP a el PC1 en eNSP.

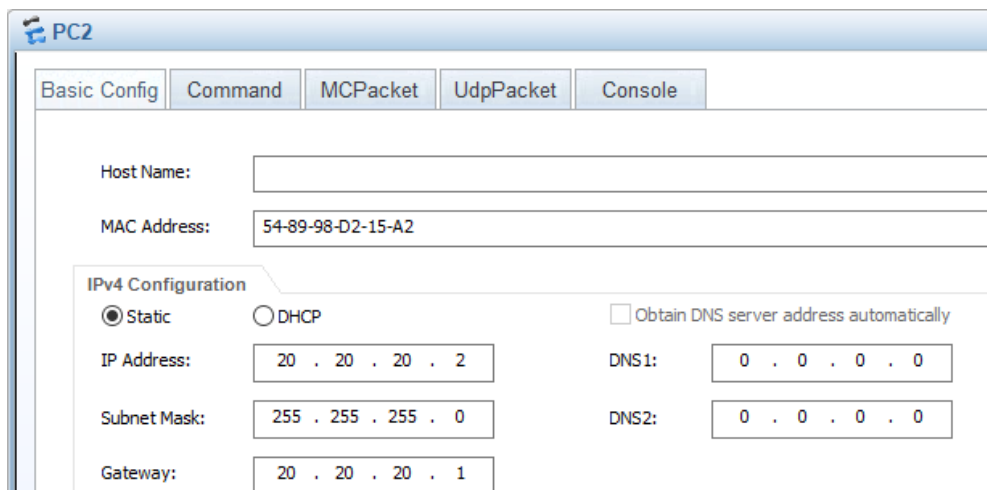


Figura 3.151 Asignación de una dirección IP a el PC2 en eNSP.

Paso 10: Guardar

- Se guardar la configuración en cada uno de los *routers* con los siguientes comandos en su modo de configuración global:

Cisco: *wr*

Huawei: *save*

Mikrotik: *system backup save*

Juniper: *commit*

- Por último se guardar los proyectos en GNS3 y eNSP, en GNS3 se da clic en **Stop** y luego en **Salir**, hay que resaltar que una vez que el proyecto ha sido creado se va guardando automáticamente y para el caso de eNSP se da clic en **Save** y se debe asignar un nombre al proyecto.

Desarrollo de la hoja guía 1

PRÁCTICA 1

PREPARATORIO

Tema: Configuración de enrutamiento estático con VLSM, protocolo MPLS y conexión a Internet

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Complete la siguiente tabla con los comandos que se utilizan para configurar un enrutamiento estático en un dispositivo CISCO, HUAWEI y MIKROTIK.

Comandos	Cisco	Huawei	Mikrotik
Entrar al modo privilegiado			
Entrar al modo de configuración			
Ingresar a una interfaz del Router			
Asignar una dirección IP en el Router			
Asignar una ruta estática			
Guardar configuración realizada			
Mostrar tabla de enrutamiento			

2. Consulte cómo se podría conectar el programa GNS3 y eNSP.

3. Consultar cómo es el funcionamiento de MPLS y las partes que poseen sus tramas.

HOJA GUÍA 1

ESTUDIANTE

Tema: Configuración de enrutamiento estático con VLSM, protocolo MPLS y conexión a Internet

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Realizar un enrutamiento estático en los *routers* de Mikrotik, Cisco y Huawei.
- Configurar el protocolo *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) en los *routers*.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei AR3260
- VPCs
- Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

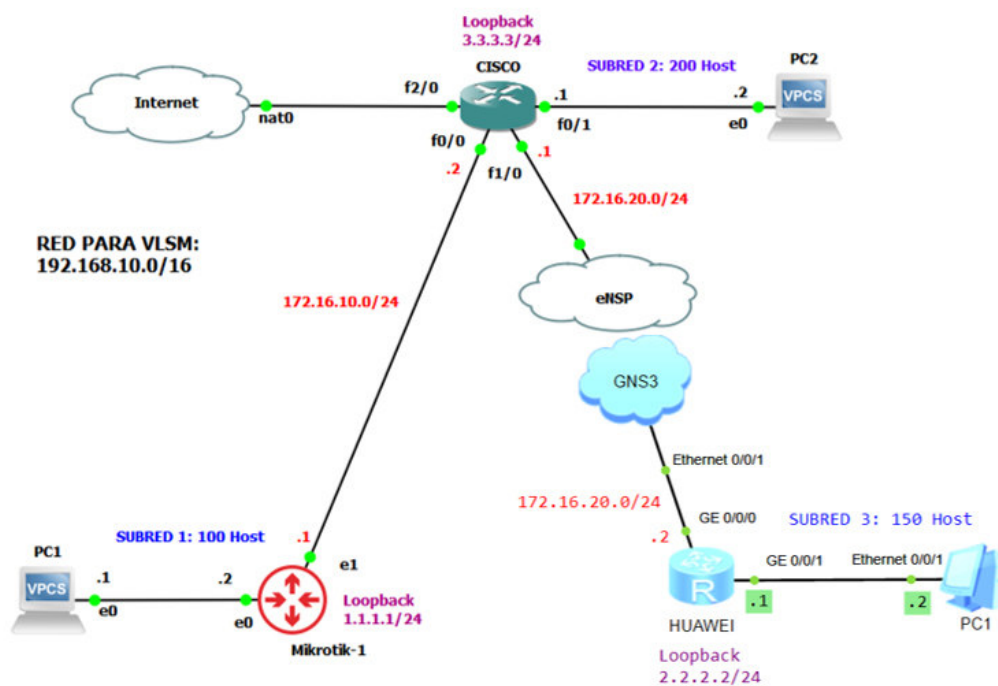


Figura 3.152 Topología para la Hoja Guía 1 Estudiante.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Configuración de las redes

Realizar VLSM para 200, 100 y 150 *hosts*. Para ello, se hará uso de la red **192.168.10.0/16**.

Paso 2: Conexión entre los *softwares* GNS3 y eNSP

- Ubicar las *Clouds*, una en GNS3 y una en eNSP.
- Configurar las nubes con los respectivos puertos locales y remotos para conectar GNS3 y eNSP.

Paso 3: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Seleccionar y arrastrar los ordenadores y los *routers*: Cisco, Mikrotik y Huawei al área de trabajo en GNS3 y eNSP respectivamente.
- Establecer los enlaces en los puertos disponibles.
- Iniciar los *routers* y los ordenadores dando clic en **Start** e ingresar a la Consola para configurarlos.

Paso 4: Configuración de las interfaces de los Routers

Configurar las interfaces de los *routers* con sus respectivas direcciones IP.

- **Mikrotik**: Configurar las interfaces ether1 (*Subred1*) y ether2 (*172.16.10.0/24*).
- **Cisco**: Configurar las interfaces FastEthernet 0/0 (*red:172.16.10.0/24*), f0/1 (*Subred 2*) y 1/0 (*red:172.16.20.0/24*).
- **Huawei**: Configurar las interfaces GigabitEthernet 0/0/0 (*red:172.16.20.0/24*), GE 0/0/1 (*Subred 3*).

Paso 5: Configuración de interfaces *Loopback* y ordenadores

- **Mikrotik**: *Loopback* con dirección IP: *1.1.1.1/24*.
- **Cisco**: *Loopback* con dirección IP: *3.3.3.3/24*.
- **Huawei**: *Loopback* con dirección IP *2.2.2.2/24*.
- Se asignan direcciones IP correspondientes a las VPCs.

Paso 6: Configuración de enrutamiento estático

- **Mikrotik**: Dar a conocer las redes conectadas al *router* Cisco y Huawei y las redes de sus interfaces de *Loopback*.
- **Cisco**: Dar a conocer las redes conectadas al *router* Mikrotik y Huawei y las redes de sus interfaces de *Loopback*.

- **Huawei:** Dar a conocer las redes conectadas al *router* Mikrotik y Cisco y las redes de sus interfaces de *Loopback*.

Paso 7: Configuración de MPLS

- **Mikrotik:** Configurar la interfaz de *Loopback* como el identificador y la dirección de transporte para el *router* Mikrotik dentro de la red MPLS y habilitar MPLS en las interfaces.
- **Cisco:** Configurar la interfaz de *Loopback* como Router-ID de MPLS y MPLS en las interfaces.
- **Huawei:** Configurar la interfaz de *Loopback* como el identificar del *router* Huawei dentro de la red MPLS, y habilitar MPLS de manera global y en cada interfaz.

Paso 8: Conexión a Internet

- Agregar una nube NAT.
- En la interfaz que conecta el *router* Cisco con la Nube NAT habilitar DHCP.
- Verificar la asignación de una dirección IP por DHCP.
- En los *routers* Mikrotik y Huawei configurar una ruta estática por defecto [0.0.0.0/0] hasta el *router* Cisco.
- Configurar DNS en las *VPCs* de GNS3 y eNSP.

HOJA GUÍA 1

DOCENTE

Tema: Configuración de enrutamiento estático con VLSM, protocolo MPLS y conexión a Internet

Docente:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Realizar un enrutamiento estático en los *routers* de Mikrotik, Cisco y Huawei.
- Configurar el protocolo *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) en los Routers.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei AR3260
- VPCs
- Clouds* para conectar GNS3 y eNSP.

3. Diagramas de red

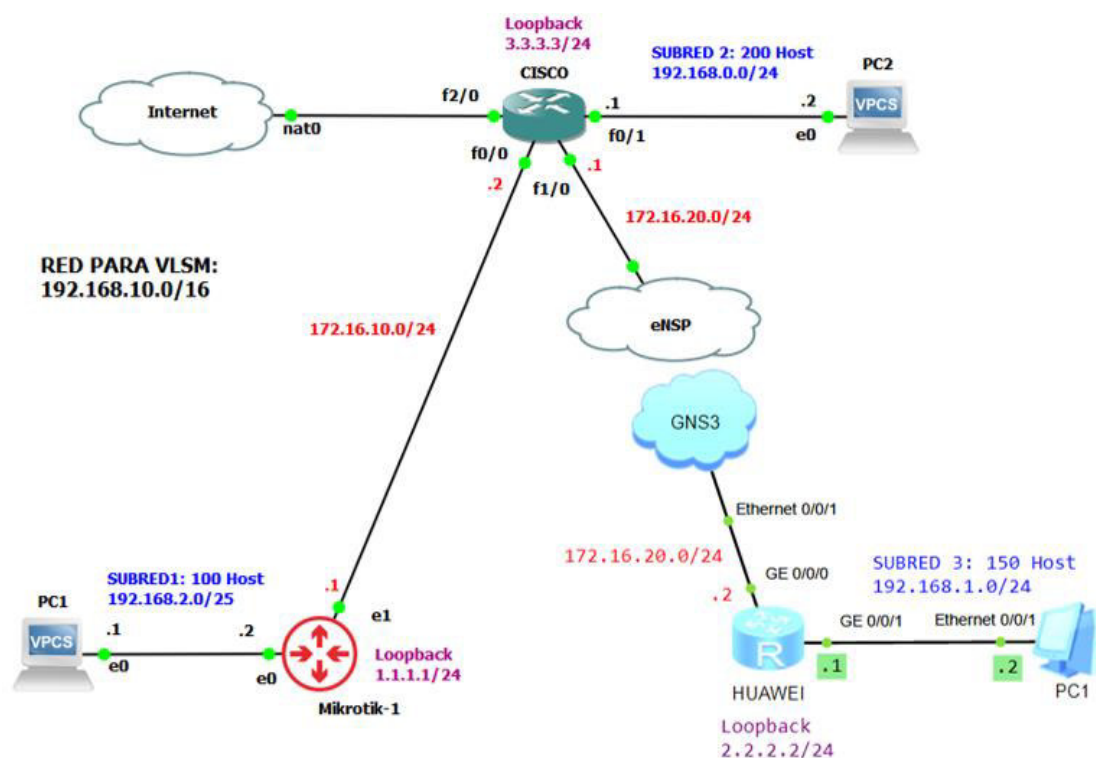


Figura 3.153 Topología para la Hoja Guía 1 Docente.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Configuración de las redes

- El estudiante debe realizar VLSM a la red 192.168.10.0/16 para 200, 100 y 150 *host* y deberá obtener las siguientes subredes:
 - Subred 1 (100 *host*): 192.168.2.0/25
 - Subred 2 (200 *host*): 192.168.0.0/24
 - Subred 3 (150 *host*): 192.168.1.0/24

Paso 2: Conexión entre los *softwares* GNS3 y eNSP

- Para realizar la conexión entre los *softwares* de los proveedores de Cisco y Huawei se usa un túnel UDP el cual requiere de la creación y configuración de nubes (*clouds*) en ambos programas, la transferencia de información entre GNS3 y eNSP se la obtiene mediante la configuración de puertos locales y remotos. Para empezar, en la configuración de la *cloud* de Huawei en la sección **Port Building** se agrega un puerto interno UDP de tipo Ethernet dando clic en **Add** (Añadir). Ver **Figura 3.154**.

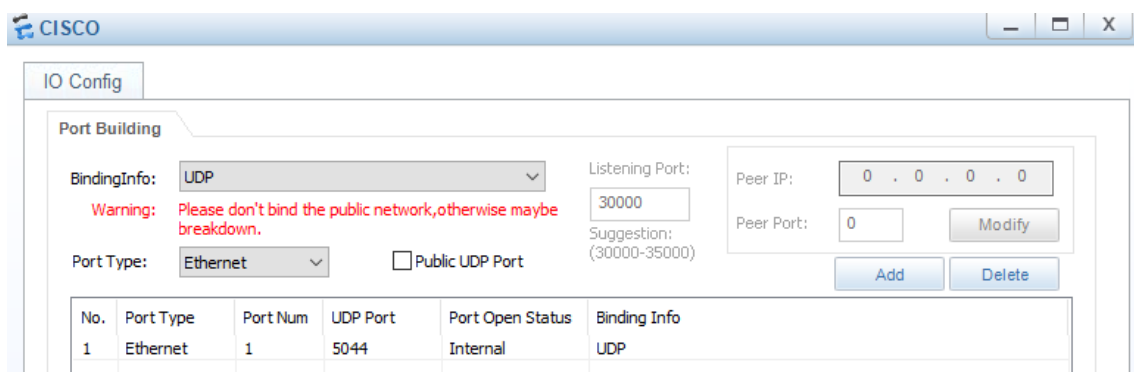


Figura 3.154 Configuración del puerto *Ethernet* tipo Internal.

- Luego del puerto interno UDP se configura el túnel de comunicación el cual requiere una dirección de *Loopback* y dos puertos, uno local y uno remoto que se recomienda estén dentro del rango de: 30000 a 35000; estos puertos son los que permitirán la conexión entre las nubes de los diferentes simuladores (GNS3 y eNSP). Para configurar los puertos, primero se habilita la casilla de la opción **Public UDP Port** (Puerto UDP público), luego se establece un **Listening Port** (puerto de escucha) que es equivalente al puerto remoto para eNSP (30001) este será por el cual se reciba información desde el simulador de GNS3, luego se establece una dirección *Loopback* que será igual para ambas nubes (127.0.0.1) y por último se establece un **Peer Port** (Puerto par) o puerto local para eNSP (30002), que será por el cual se envíe la información desde eNSP a GNS3. Ver **Figura 3.155**.

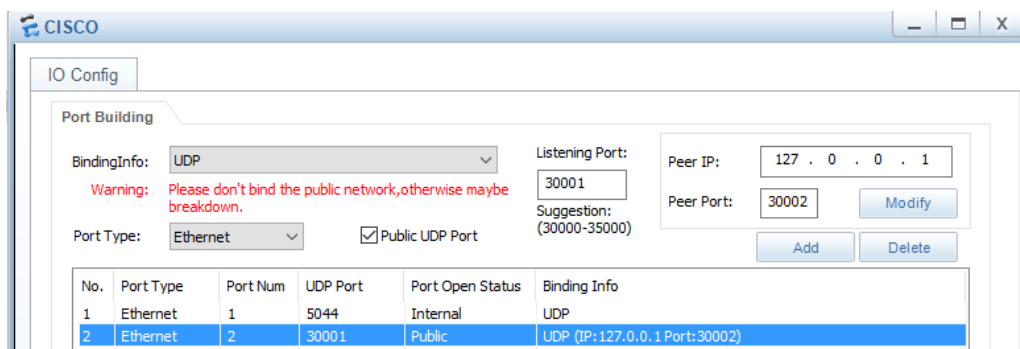


Figura 3.155 Configuración del Puerto Público en eNSP.

- Para terminar se configura la sección **Port Map Setting**, en la opción **Port Type** (tipo de puerto) se establece Ethernet, en el puerto local se mantiene 1, en el puerto remoto se indica 2, se selecciona la opción **Two-way Channel** para establecer una conexión con un canal bidireccional entre las nubes y por último se añade las configuraciones con **Add**. La configuración del mapeo se puede visualizar en la sección **Port Mapping**. Ver Figura 3.156.

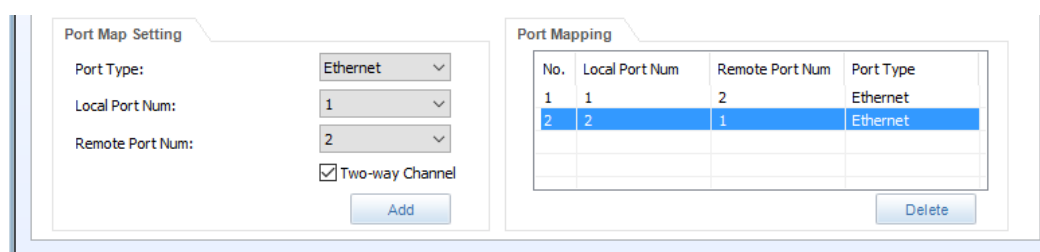


Figura 3.156 Configuración del canal bidireccional en eNSP.

- Para la configuración de la nube en GNS3, se ingresa a la pestaña **UDP tunnels**, se asigna un nombre, a continuación se indica el puerto local con el que se va a trabajar (30002) y un puerto remoto con el que recibirá información del simulador eNSP (30001) y la misma dirección de *loopback* indicada anteriormente porque ambos simuladores se encuentran en el mismo *host*. Para guardar la configuración se da clic en **Apply** (Aplicar) y por último en **OK**. Ver Figura 3.157.

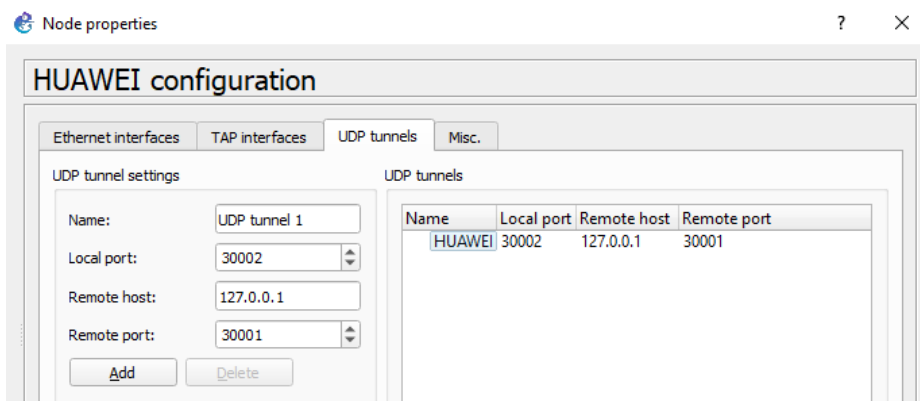


Figura 3.157 Configuración de los puertos en GNS3.

Paso 3: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Una vez obtenidas las redes con las que se va a trabajar y la conexión entre GNS3 y eNSP se coloca los elementos de las topologías.
- Se agregan los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei en GNS3 y eNSP respectivamente.
- Se establece los enlaces respectivos e inicia todos los componentes.
- Se ingresa a la Consola de los dispositivos para iniciar su configuración.

Paso 4: Configuración de las interfaces de los *routers* y ordenadores

- **Mikrotik:** Para el *router* Mikrotik se configura las interfaces ether 1 (e0) con dirección IP: 192.168.2.2/25 y ether 2 (e1) con la dirección IP: 172.16.10.1/24 con la línea de comandos: ***ip address add address=[dirección IP de la interfaz/máscara] interface=[Interfaz correspondiente]*** y se comprueba su configuración con el comando ***ip address print***. Ver Figura 3.158.

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=192.168.2.2/25 interface=ether1
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.16.10.1/24 interface=ether2
[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
# ADDRESS NETWORK INTERFACE
0 192.168.2.2/25 192.168.2.0 ether1
1 172.16.10.1/24 172.16.10.0 ether2
```

Figura 3.158 Configuración de las interfaces físicas del *router* Mikrotik.

- **Cisco:** Para el *router* Cisco se configura las tres interfaces FastEthernet (f0/0, f1/0 y f0/1) con las direcciones IP: 172.16.10.2/24, 172.16.20.1/24 y 192.168.0.1/24, estas interfaces servirán para conectar los *routers* y el ordenador, se ingresa a la configuración de cada interfaz con el comando: ***interface [Tipo de interfaz] [Número de interfaz]*** luego se indica la dirección IP y la máscara con el comando: ***ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara]***. Ver Figura 3.159.

```
CISCO#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
CISCO(config)#interface fastEthernet 0/0
CISCO(config-if)#ip address 172.16.10.2 255.255.255.0
CISCO(config-if)#no shutdown
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#interface fastEthernet 1/0
CISCO(config-if)#ip address 172.16.20.1 255.255.255.0
CISCO(config-if)#no shutdown
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#interface fastEthernet 0/1
CISCO(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
CISCO(config-if)#no shutdown
CISCO(config-if)#exit
```

Figura 3.159 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco.

- **Huawei:** Para el *router* Huawei se configura las dos interfaces tipo GigabitEthernet (g0/0/0 y g0/0/1) con las direcciones IP: 172.16.20.2/24, 192.168.1.1/24, estas servirán para conectar la nube y la PC al *router*. Se ingresa a la configuración de la interfaz con el comando: ***interface [tipo de interfaz] [número de la interfaz]*** y luego con el comando ***ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara]*** se establece las respectivas direcciones IP. Ver **Figura 3.160**.

```
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.16.20.2 24
Jul 30 2021 00:26:28-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]ip address 192.168.1.1 24
Jul 30 2021 00:27:08-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[5]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/1 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]quit
```

Figura 3.160 Configuración de las interfaces físicas del *router* Huawei.

Paso 5: Configuración de interfaces *Loopback* y ordenadores

- Las interfaces de *Loopback* a crearse servirán para identificar al *router* dentro de la red MPLS, estas interfaces ya vienen activadas por defecto por lo que no necesitan comandos adicionales para encenderlas
- **Mikrotik:** Se crea y configura una interfaz *Loopback* en el *router* Mikrotik con la dirección IP **1.1.1.1/24**, esta interfaz se crea a partir de una interfaz *Bridge* la cual permite interconectar varias interfaces físicas o lógicas. Ver **Figura 3.161**.

```
[admin@MikroTik] > interface bridge add name=loopback1 protocol-mode=none
[admin@MikroTik] > ip address add address=1.1.1.1/24 interface=loopback1
```

Figura 3.161 Configuración de una interfaz *Loopback* en el *router* Mikrotik.

- **Cisco:** Para el *router* Cisco también se crea y configura una interfaz *Loopback* con la

dirección IP más alta **3.3.3.3/24** respecto a las interfaces *Loopback* de los *routers* Mikrotik y Huawei con el fin de hacerlo el administrador de la red. Ver **Figura 3.162**.

```
CISCO(config)#interface loopback 3
CISCO(config-if)#
*Mar 1 00:10:16.275: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback3,
CISCO(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
CISCO(config-if)#exit
```

Figura 3.162 Configuración de una interfaz *Loopback* en el *router* Cisco.

- **Huawei:** Crear y configurar una interfaz *Loopback* con la dirección IP: 2.2.2.2/24 para el Router Huawei se crea la interfaz con el comando: ***interface Loopback [número de interfaz]*** y con el comando ***ip address [dirección IP] [máscara]*** se agrega la respectiva dirección IP. Ver **Figura 3.163**.

```
[Huawei]interface LoopBack 2
[Huawei-LoopBack2]ip add
[Huawei-LoopBack2]ip address 2.2.2.2 24
```

Figura 3.163 Configuración de una interfaz *Loopback* en el *router* Huawei.

- Para la PC1 y PC2 que están en el simulador de GNS3 se configura las direcciones IP indicando la dirección de la máquina, la dirección del *Gateway* y la máscara con el siguiente comando: ***ip [dirección IP de PC] [dirección IP Router] [máscara]***. Ver **Figura 3.164** y **Figura 3.165**.

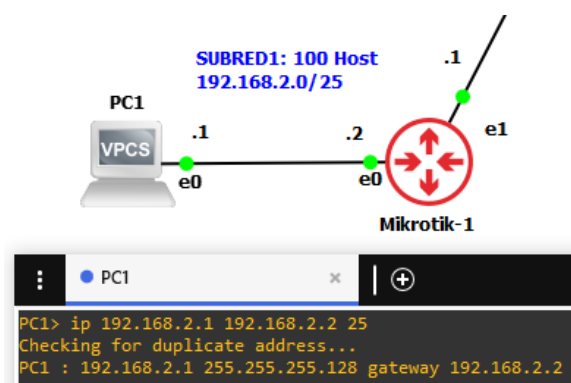


Figura 3.164 Configuración del PC conectado al *router* Mikrotik.

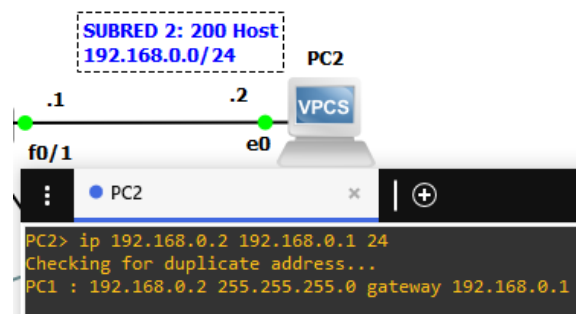


Figura 3.165 Configuración del PC conectado al *router* Cisco.

- La PC3 que se encuentra en el simulador de eNSP se configura mediante una interfaz gráfica, si se desea se puede asignar un nombre que identifique a la PC y en la sección **IPv4 Configuration** se establece la dirección IP que utilizará la máquina, la dirección del *router* y la máscara. Ver **Figura 3.166**.

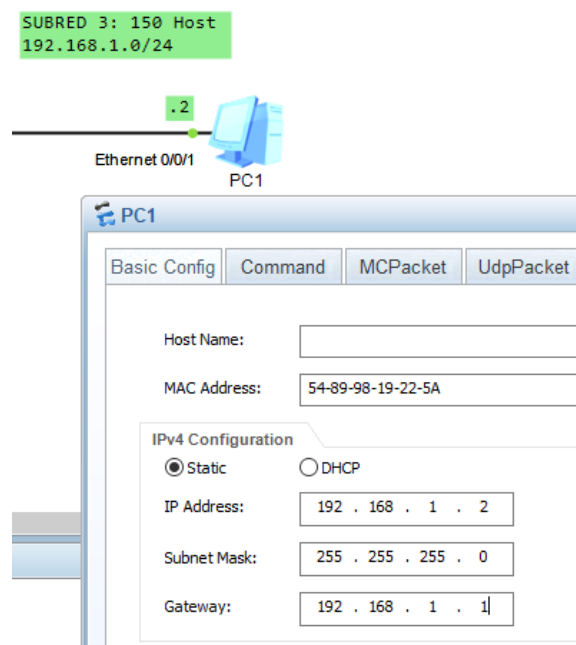


Figura 3.166 Configuración del PC de eNSP.

Paso 6: Configuración de enrutamiento estático

- Después de realizar la configuración de las interfaces en los *routers* se procede a realizar el enrutamiento estático para habilitar la comunicación en toda red.
- Se le “enseña” a los *routers* las redes que no tienen directamente conectadas y las redes de las interfaces de *Loopback* utilizando la dirección IP del siguiente “salto” del *router*.
- Mikrotik:** Configurar enrutamiento estático para dar a conocer las redes conectadas

al *router* Cisco (*Subred 2*) y 172.16.20.0/24 y al *router* Huawei (*Subred 3*) ver Figura X y las redes de las interfaces de *Loopback* del *router* Cisco (3.3.3.0/24) y Huawei (2.2.2.0/24), esto con la línea de comandos: ***ip route add dst-address=[dirección de red a conocer/máscara] gateway=[dirección IP próximo salto]***. Ver Figura 3.167 y Figura 3.168.

```
[admin@MikroTik] > ip route add dst-address=192.168.0.0/24 gateway=172.16.10.2
[admin@MikroTik] > ip route add dst-address=172.16.20.0/24 gateway=172.16.10.2
[admin@MikroTik] > ip route add dst-address=192.168.1.0/24 gateway=172.16.10.2
[admin@MikroTik] > system backup save
```

Figura 3.167 Enrutamiento estático en el *router* Mikrotik.

```
[admin@MikroTik] > ip route add dst-address=2.2.2.0/24 gateway=172.16.10.2
[admin@MikroTik] > ip route add dst-address=3.3.3.0/24 gateway=172.16.10.2
```

Figura 3.168 Enrutamiento estático para conocer las interfaces *Loopback* de los otros *routers* en el *router* Mikrotik.

- **Cisco:** Configurar enrutamiento estático para dar a conocer las redes conectadas al *router* Mikrotik (*Subred 1*) y al *router* Huawei (*Subred 3*) y las redes de las interfaces de *Loopback* del *router* Mikrotik (1.1.1.0/24) y Huawei (2.2.2.0/24) con la siguiente línea de comandos: ***ip route [dirección de red a conocer] [máscara] [dirección IP del próximo salto]***. Ver Figura 3.169 y Figura 3.170.

```
CISCO(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.128 172.16.10.1
CISCO(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.20.2
```

Figura 3.169 Enrutamiento estático en el *router* Cisco.

```
CISCO(config)#ip route 2.2.2.0 255.255.255.0 172.16.20.2
CISCO(config)#ip route 1.1.1.0 255.255.255.0 172.16.10.1
```

Figura 3.170 Enrutamiento estático para conocer las interfaces *Loopback* de los otros *routers* en el *Router* Cisco.

- **Huawei:** Configurar enrutamiento estático para dar a conocer las redes conectadas al *router* Mikrotik (*Subred 1*) y el *router* Cisco (*Subred 2*) y 172.16.10.0/24 y las redes de las interfaces de *Loopback* del *router* Mikrotik (1.1.1.0/24) y Huawei (2.2.2.0/24), esto con la línea de comandos: ***ip route-static [dirección de red a conocer] [máscara] [dirección IP del próximo salto]***. Ver Figura 3.171 y Figura 3.172.

```
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]ip route-static 192.168.2.0 255.255.255.128 172.16.20.1
[Huawei]ip route-static 172.16.10.0 255.255.255.0 172.16.20.1
[Huawei]ip route-static 192.168.0.0 255.255.255.0 172.16.20.1
```

Figura 3.171 Enrutamiento estático en el *router* Huawei.

```
[Huawei]ip route-static 1.1.1.0 24 172.16.20.1
[Huawei]ip route-static 3.3.3.0 24 172.16.20.1
```

Figura 3.172 Enrutamiento estático para conocer las interfaces *Loopback* de los otros *routers* en el *router* Huawei.

Paso 7: Configuración de MPLS

De forma general se configura a las interfaces *Loopback* como los identificadores de los *routers* dentro de la red MPLS y luego se activará el protocolo de MPLS y LDP.

- **Cisco:** Para el *router* Cisco su identificador (Router-ID) dentro de la red MPLS es su interfaz de *Loopback* 3.3.3.3/24 que se configuró anteriormente (Paso 5) con el comando: ***mpls ldp router-id loopback [número de interfaz Loopback]***. Luego se ingresa a cada una de las interfaces físicas y se activa el protocolo MPLS con el comando: ***mpls ip***. Ver **Figura 3.173**.

```
CISCO(config)#mpls ldp router-id loopback 3
CISCO(config)#interface fastethernet 0/0
CISCO(config-if)#mpls ip
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#interface fastethernet 1/0
CISCO(config-if)#mpls ip
CISCO(config-if)#exit
```

Figura 3.173 Configuración de MPLS en el *router* Cisco.

- **Huawei:** Para el *router* Huawei su identificador (LSR-ID) dentro de la red MPLS es su interfaz de *Loopback* 2.2.2.2/24 y se configura con el comando: ***mpls lsr-id [dirección IP de Loopback]***, luego se activa el protocolo MPLS y el protocolo LDP el cual establecerá las adyacencias dentro de la red MPLS de forma global y en cada una de la interfaces con los comandos: ***mpls*** y ***mpls ldp***. Ver **Figura 3.174**.

```
[Huawei]mpls lsr-id 2.2.2.2
[Huawei]mpls
Info: Mpls starting, please wait... OK!
[Huawei-mpls]mpls ldp
[Huawei-mpls-ldp]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]mpls
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]mpls ldp
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]mpls
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]mpls ldp
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]quit
```

Figura 3.174 Configuración de MPLS en el Router Huawei.

- **Mikrotik:** Para el *router* Mikrotik su identificador (LSR-ID) y dirección de transporte dentro de la red MPLS será la dirección IP de su interfaz de *Loopback* 1.1.1.1/24 y se

configura con la siguiente línea de comandos: ***mpls ldp set lsr-id=[dirección IP Loopback] transport-address=[dirección IP Loopback]*** luego se añaden las interfaces con la línea de comandos: ***mpls ldp interface add interface=[interfaz]*** y por último se indica que se active el protocolo MPLS LDP con el comando: ***mpls ldp set enable=yes***. Ver **Figura 3.175**.

```
[admin@mikroTik] > mpls ldp set lsr-id=1.1.1.1 transport-address=1.1.1.1
[admin@mikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether1
[admin@mikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether2
[admin@mikroTik] > mpls ldp set enabled=yes
[admin@mikroTik] > system backup save
```

Figura 3.175 Configuración de MPLS en el *router* Mikrotik.

Paso 8: Conexión a Internet

- Para realizar la conexión de la topología de red e Internet se usa una Nube NAT la cual se conecta al *router* Cisco con una interfaz de tipo FastEthernet ver **Figura 3.176**, a continuación se configura la interfaz (f2/0) la dirección IP de esta interfaz será asignada mediante DHCP por la Nube NAT los comandos a ejecutar son: ***ip address dhcp*** y ***no shutdown*** para activar la interfaz, en unos segundos el *router* desplegará un mensaje en el que se indica que se ha asignado una dirección IP y máscara a la interfaz (f2/0) por DHCP. Ver **Figura 3.177**.

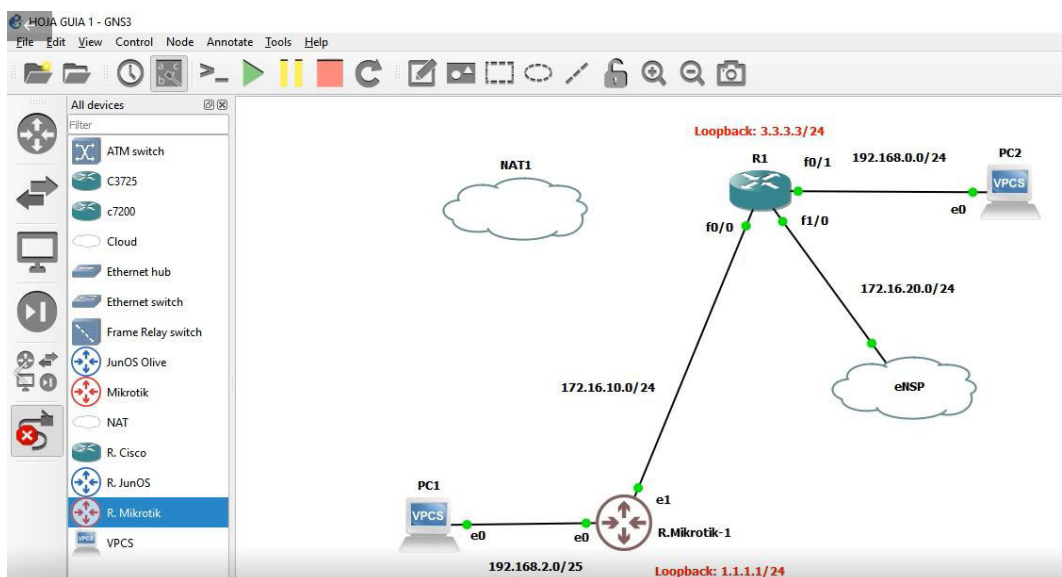


Figura 3.176 Agregar una nube NAT a la topología.

```
R1(config)#interface fastEthernet 2/0
R1(config-if)#ip add
R1(config-if)#ip address dh
R1(config-if)#ip address dhcp
R1(config-if)#no sh
R1(config-if)#exit
R1(config)#
*Mar 1 00:09:04.671: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet2/0, changed state to
up
*Mar 1 00:09:05.671: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
2/0, changed state to up
R1(config)#
*Mar 1 00:09:16.471: %DHCP-6-ADDRESS_ASSIGN: Interface FastEthernet2/0 assigned DHCP address 192.168.
152.143, mask 255.255.255.0, hostname R1
```

Figura 3.177 Habilitación del protocolo DHCP en la interfaz del *router* Cisco.

A continuación se debe configurar una ruta estática por defecto en los *routers* de Mikrotik y Huawei hacia el *router* Cisco esto para que cuando se envíen solicitudes a Internet los paquetes sean dirigidos a la interfaz del *router* Cisco el cual está conectado a la Nube NAT que permite la conexión a Internet.

- Para Mikrotik ejecutar la línea de comandos: ***ip route add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=[dirección IP del próximo salto]***, ver **Figura 3.178** y para el Router Huawei ejecutar lo siguiente: ***ip route-static 0.0.0.0 0 [dirección IP del próximo salto]***. Ver **Figura 3.179**.

```
[admin@mikroTik] >
[admin@mikroTik] > ip route add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=172.16.10.2
```

Figura 3.178 Configuración de una ruta estática por defecto en el *router* Mikrotik.

```
<Huawei>sys
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]ip rou
[Huawei]ip route-
[Huawei]ip route-static 0.0.0.0 0 172.16.20.1
[Huawei]
```

Figura 3.179 Configuración de una ruta estática por defecto en el *router* Huawei.

- Por último se configura el DNS en los ordenadores, en GNS3 en la consola de las VPCs ejecutar el comando: ***ip dns [dirección IP del servidor]***, en este caso se usará la dirección IP 8.8.8.8 la cual es la dirección del servidor público de resolución de nombres de Google ver **Figura 3.180** y en eNSP dando clic derecho en las *PCs* y en la sección ***Basic Config*** escribir la misma dirección como DNS. Ver **Figura 3.181**.

```
PC1> ip dns 8.8.8.8

PC1> ping www.google.com
www.google.com resolved to 142.250.189.132
84 bytes from 142.250.189.132 icmp_seq=1 ttl=126 time=75.115 ms
84 bytes from 142.250.189.132 icmp_seq=2 ttl=126 time=89.093 ms
84 bytes from 142.250.189.132 icmp_seq=3 ttl=126 time=121.599 ms
84 bytes from 142.250.189.132 icmp_seq=4 ttl=126 time=77.999 ms

PC1> █
```

Figura 3.180 Configuración del DNS en las PCs de GNS3.

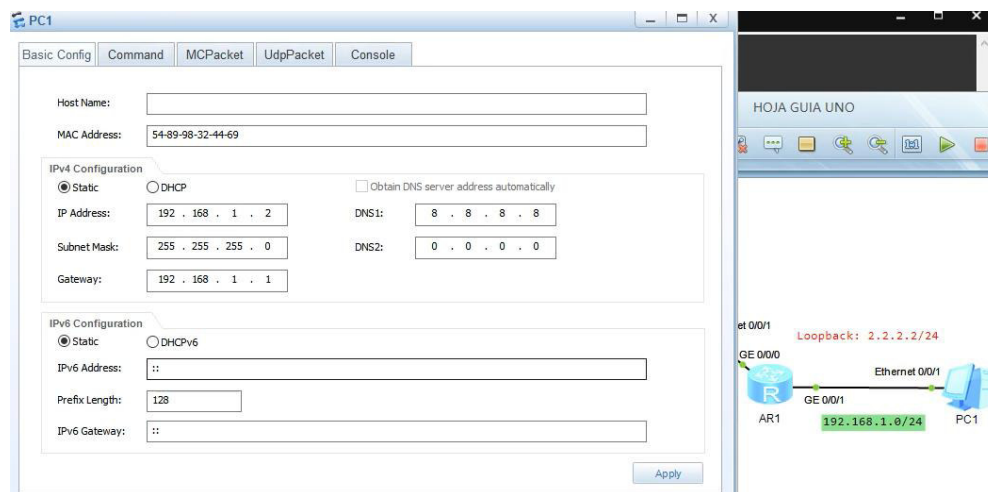


Figura 3.181 Configuración del DNS en las PC de eNSP.

Desarrollo de la hoja guía 2

PRÁCTICA 2

PREPARATORIO

Tema: Configuración de los protocolos RIPv2 y PPPoE con Cisco como servidor

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Complete la siguiente tabla con los comandos que se utilizan para configurar RIP versión 2 en un dispositivo Cisco, Huawei y Mikrotik.

Comandos	CISCO	HUAWEI	MIKROTIK
Crear un mensaje de bienvenida (<i>banner</i>)			
Configurar una contraseña			
Comando para activar el protocolo RIP			
Comando para establecer la versión 2.			No aplica
Comando para desactivar la autosumarización			No aplica
Para designar las redes conectas directamente			
Mostrar tabla de enrutamiento o interfaces con RIP			

2. Indique qué son las distancias administrativas y sus valores para RIP en Cisco, Huawei y Mikrotik.

Protocolo de enrutamiento	Distancia administrativa de CISCO	Preferencia de Ruta de Huawei	Distancia administrativa de Mikrotik
RIP			

3. Consultar cómo es el funcionamiento de PPPoE y las partes que poseen sus tramas.

HOJA GUÍA 2

ESTUDIANTE

Tema: Configuración de los protocolos RIPv2 y PPPoE con Cisco como servidor

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Realizar enrutamiento dinámico mediante el protocolo RIPv2 en los *routers* de Mikrotik, Cisco y Huawei.
- Configurar el protocolo punto a punto sobre Ethernet (PPPoE) en los *routers*.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei AR3260
- VPCs
- Clouds* para conectar GNS3 y eNSP.

3. Diagramas de red

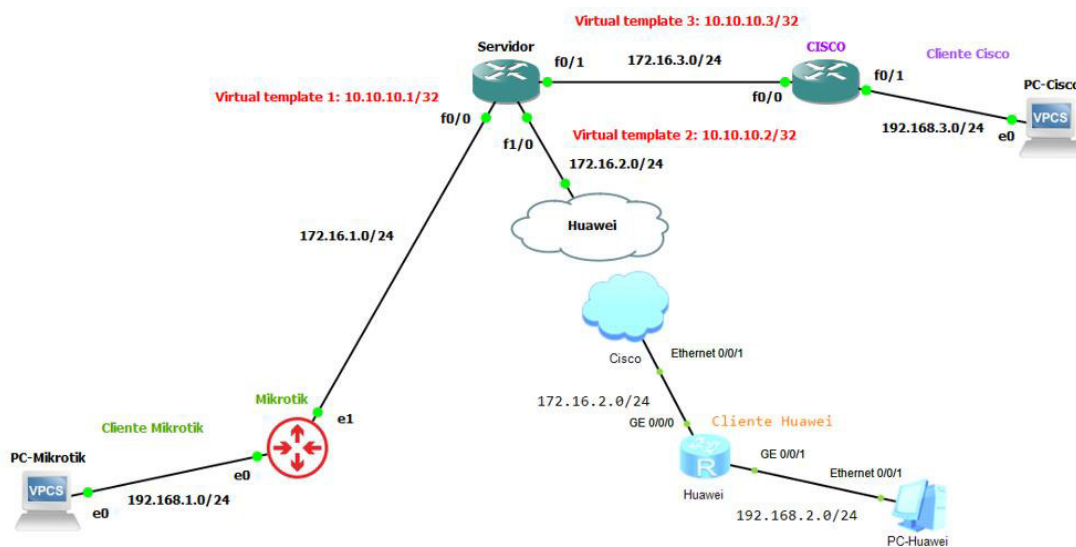


Figura 3.182 Topología en GNS3 y eNSP para la Hoja Guía 2 Estudiante.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Agregar los *routers* Cisco, Mikrotik y las VPCs en GNS3
- Agregar un *router* Huawei y una PCs en eNSP
- Agregar las *clouds*, una en GNS3 y otra en eNSP

Paso 2: Conexión entre GNS3 y eNSP

- Configurar los puertos para comunicar los *softwares* GNS y eNSP

Paso 3: Configuración de las interfaces de los *routers* y ordenadores

- Configurar las respectivas direcciones IP en los *routers* y los VPCs.
- **Cisco Servidor:** Configurar las interfaces FastEthernet 0/0 (172.16.1.0/24), FastEthernet 1/0 (172.16.2.0/24) y FastEthernet 0/1 (172.16.3.0/24).
- **Cisco Cliente:** Configurar las interfaces FastEthernet 0/0 (172.16.3.0/24) y FastEthernet 0/1 (192.168.3.0/24).
- **Mikrotik:** Configurar las interfaces ether0 (192.168.1.0/24) y ether1 (172.16.1.0/24).
- **Huawei:** Configurar las interfaces GigabitEthernet 0/0/0 (172.16.2.0/24) y 0/0/1 (192.168.2.0/24).

Paso 4: Configuración del protocolo de enrutamiento RIPv2 en todos los *routers*

- Habilitar el protocolo RIP versión 2 y declarar las redes en cada *router*.
- En los Routers de Cisco y Huawei deshabilitar la autosumarización.

Paso 5: Configuración del *router* Cisco como Servidor PPPoE

- Asignar un rango de direcciones IP.
- Agregar el nombre los Routers Clientes y sus contraseñas.
- Crear para cada cliente una interfaz virtual encapsulada con PPP.
- Habilitar PPPoE en las interfaces físicas del Router.

Paso 6: Configuración de los *routers* Mikrotik, Huawei y Cisco como clientes PPPoE

- Únicamente en el *router* Cisco y Huawei Clientes crear una interfaz de tipo *Dialer*.
- Hacer que los *routers* clientes negocien la dirección IP con el *router* Servidor.
- Establecer las contraseñas de los *routers* Clientes que se colocaron en el *router* Servidor.
- Habilitar PPPoE en todas las interfaces físicas de los *routers*.

HOJA GUÍA 2

DOCENTE

Tema: Configuración de los protocolos RIPv2 y PPPoE con Cisco como servidor

Docente:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Realizar enrutamiento dinámico mediante el protocolo RIPv2 en los *routers* de Mikrotik, Cisco y Huawei.
- Configurar el protocolo punto a punto sobre Ethernet (PPPoE) en los *routers*.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei AR3260
- VPCs
- Clouds* para conectar GNS3 y eNSP.

3. Diagramas de red

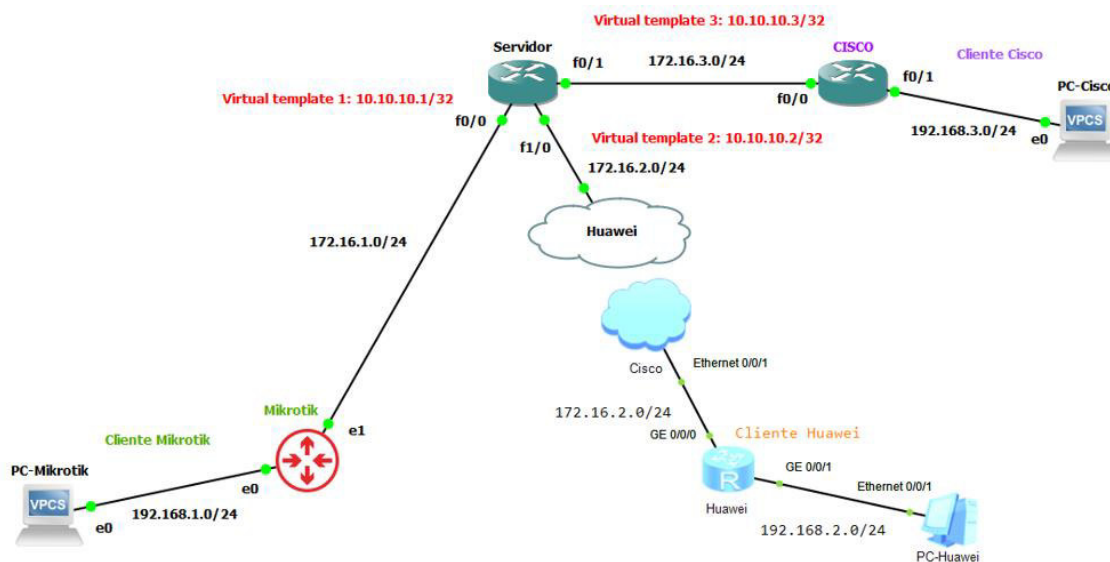


Figura 3.183 Topología en GNS3 y eNSP para la Hoja Guía 2 Docente.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- El primer paso es colocar los componentes en ambos *softwares*: un *router* Cisco, Mikrotik y Huawei luego se establece los enlaces en los puertos disponibles y para

evitar errores con la redes es preferible ubicar notas en las que se indican las redes que pertenecen a cada uno de los enlaces.

Paso 2: Conexión entre GNS3 y eNSP

- Se agrega las *clouds* en GNS3 y eNSP y se configura los puertos locales y remotos para conectar ambos *softwares*.

Paso 3: Configuración de las interfaces de los *routers* y ordenadores

A continuación, se configura las interfaces de los *routers* con sus respectivas direcciones IP:

- Router Cisco Servidor:** Se realiza la configuración de las interfaces físicas que conectan a este *router* con los otros tres *routers* que funcionaran como Clientes PPPoE; se configura los enlaces de tipo FastEthernet de la siguiente manera FastEthernet 0/0 con la dirección IP: 172.16.1.2/24, FastEthernet 1/0 con la dirección IP: 172.16.2.1/24 y FastEthernet 0/1 con la dirección IP: 172.16.3.2/24 con la siguiente línea de comandos: ***interface [tipo de interfaz] [número de la interfaz] e ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara] y no shutdown.*** Ver Figura 3.184.

```
Servidor(config)#interface fastethernet 0/0
Servidor(config-if)#ip address 172.16.1.2 255.255.255.0
Servidor(config-if)#no shu
Servidor(config-if)#no shutdown
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#
*Mar 1 00:03:27.731: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to
up
*Mar 1 00:03:28.731: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/0, changed state to up
Servidor(config)#interface fastethernet 1/0
Servidor(config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
Servidor(config-if)#no shutdown
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#
*Mar 1 00:03:56.859: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet1/0, changed state to
up
*Mar 1 00:03:57.859: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
1/0, changed state to up
Servidor(config)#interface fastethernet 0/1
Servidor(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
Servidor(config-if)#no shutdown
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#
*Mar 1 00:04:42.983: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to
up
*Mar 1 00:04:43.983: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/1, changed state to up
```

Figura 3.184 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco servidor.

- Router Mikrotik Cliente:** Se configura las dos interfaces físicas tipo Ethernet del *router* Mikrotik dentro los enlaces: e0 con la dirección IP: 192.168.1.1/24 y e1 con la dirección IP: 172.16.1.1/24, recordar que estas interfaces en el *router* Mikrotik se denominan como ether1 y ether2 respectivamente, la línea de comandos a utilizarse es: ***ip***

address add address=[dirección IP de la interfaz] interface=[interfaz respectiva].

Ver Figura 3.185.

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=192.168.1.1/24 interface=ether1
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.16.1.1/24 interface=ether2
```

Figura 3.185 Configuración de las interfaces físicas del *router* Mikrotik Cliente.

- **Router Cisco Cliente:** Se configura las dos interfaces físicas tipo FastEthernet, la f0/0 con la dirección IP: 172.16.3.2/24 y la f0/1 con la dirección IP: 192.168.3.1/24, cada interfaz luego de ser configurada debe ser encendida con el comando: **no shutdown**. Ver **Figura 3.186**.

```
CISCO(config)#interface fastethernet 0/0
CISCO(config-if)#ip address 172.16.3.2 255.255.255.0
CISCO(config-if)#no shu
CISCO(config-if)#no shutdown
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#
*Mar 1 00:14:10.187: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to
up
*Mar 1 00:14:11.187: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/0, changed state to up
CISCO(config)#interface fastethernet 0/1
CISCO(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
CISCO(config-if)#no shutdown
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#
*Mar 1 00:14:41.123: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to
up
*Mar 1 00:14:42.123: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/1, changed state to up
```

Figura 3.186 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco Cliente.

- **Router Huawei Cliente:** En el cliente Huawei se configura la interfaz g0/0/0 con la dirección IP: 172.16.2.2/24 y la interfaz g0/0/1 con la dirección IP: 192.168.2.1/24. Ver **Figura 3.187**.

```
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.16.2.2 24
Aug 9 2021 02:20:08-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]ip address 192.168.2.1 24
Aug 9 2021 02:20:46-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[1]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/1 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]|
```

Figura 3.187 Configuración de las interfaces del *router* Huawei Cliente.

- A continuación se asigna las direcciones IP correspondientes a las VPCs. En GNS3 se utiliza el comando **ip [dirección IP de la PC] [dirección IP del Router] [máscara]**

y en eNSP se hace uso de la interfaz gráfica. Ver **Figura 3.188**, **Figura 3.189** y **Figura 3.190**.

```
PC-Mikrotik> ip 192.168.1.2 192.168.1.1 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.1.2 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1

PC-Mikrotik> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

Figura 3.188 Asignación de una dirección IP a la PC conectada al *router* Mikrotik Cliente.

```
PC-Cisco> ip 192.168.3.2 192.168.3.1 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.3.2 255.255.255.0 gateway 192.168.3.1

PC-Cisco> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

Figura 3.189 Asignación de una dirección IP a la PC conectada al *router* Cisco cliente.

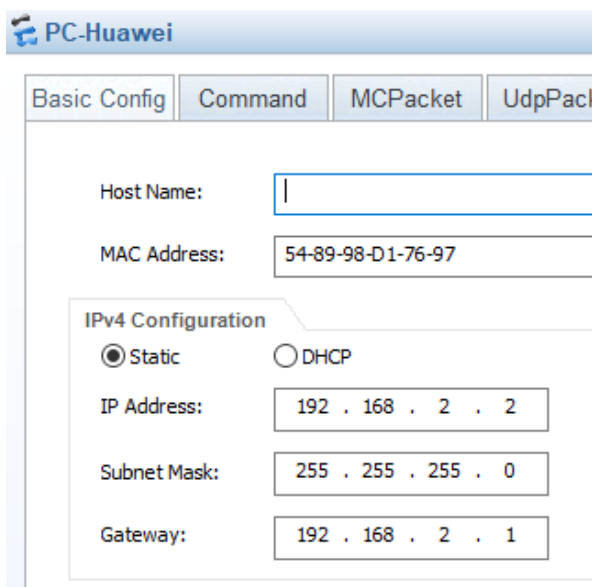


Figura 3.190 Asignación de una dirección IP a la PC conectada al *router* Huawei Cliente.

Paso 4: Configuración del protocolo de enrutamiento RIPv2 en todos los *routers*

- **Cisco:** Para el *routers* Cisco servidor y cliente se realiza el mismo procedimiento. Se habilita el protocolo RIP con el comando: **router rip**, luego se indica que trabaje con la versión 2 con el comando: **version 2**, después se declaran todas las redes directamente conectadas al *router* con el comando: **network [dirección de red]** y por último se deshabilita la autosumarización con el comando: **no auto-summary**. Ver

Figura 3.191 y Figura 3.192.

```
Servidor(config)#router rip
Servidor(config-router)#version 2
Servidor(config-router)#network 172.16.1.0
Servidor(config-router)#network 172.16.2.0
Servidor(config-router)#network 172.16.3.0
Servidor(config-router)#no auto-summary
Servidor(config-router)#exit
```

Figura 3.191 Configuración de RIP versión 2 en el *router* Cisco Servidor.

```
CISCO(config)#router rip
CISCO(config-router)#version 2
CISCO(config-router)#network 172.16.3.0
CISCO(config-router)#network 192.168.3.0
CISCO(config-router)#no auto-summary
CISCO(config-router)#exit
```

Figura 3.192 Configuración de RIP versión 2 en el *router* Cisco Cliente.

- **Mikrotik:** Así mismo, para la configuración del protocolo RIPv2 en Mikrotik, se ingresa a la configuración del protocolo de enrutamiento con el comando: **Routing rip** no es necesario indicar la versión ya que por defecto trabajará con RIP versión 2 luego se declara las dirección de las redes directamente conectadas junto a su máscara con la siguiente línea de comandos: **network add network=[dirección de red/máscara]**, en el *router* Mikrotik la automatización está desactivada por defecto. Ver **Figura 3.193**.

```
[admin@MikroTik] > routing rip
[admin@MikroTik] /routing rip> network add network=192.168.1.0/24
[admin@MikroTik] /routing rip> network add network=172.16.1.0/24
```

Figura 3.193 Configuración de RIP versión 2 en el *router* Mikrotik Cliente.

- **Huawei:** La configuración del protocolo RIPv2 en el *router* Huawei es similar a la configuración en el *router* Cisco, se debe activar el protocolo con el comando: **rip 1** luego se establece la versión que se va a utilizar con el comando: **version 2**, se deshabilita la autosumarización con: **undo summary** y por último se declaran las redes conectadas directamente: **network [dirección de red]**. Ver **Figura 3.194**.

```
[Huawei]rip 1
[Huawei-rip-1]version 2
[Huawei-rip-1]undo summary
[Huawei-rip-1]network 172.16.0.0
[Huawei-rip-1]network 192.168.2.0
```

Figura 3.194 Configuración de RIP versión 2 *router* Huawei Cliente.

Paso 5: Configuración del Router Cisco como Servidor PPPoE

- Lo primero a realizar es la asignación de un rango de direcciones IP, este rango es usado por el *router* Servidor para asignar dinámicamente direcciones IP a los *routers*

clientes con el comando: ***ip local pool [Nombre para el rango de direcciones IP] [dirección IP inicial] [dirección IP final]*** luego se establece los nombres y contraseñas de cada *router* Cliente con la línea de comandos: ***username [nombre del Router Cliente] password [Contraseña]***. Ver **Figura 3.195**.

```
Servidor(config)#ip local pool direcciones 10.10.10.10 10.10.10.15
Servidor(config)#username mikrotik password mikrotik
Servidor(config)#username huawei password huawei
Servidor(config)#username cisco password cisco
```

Figura 3.195 Configuración del rango de direcciones que se asignará a los clientes.

- Ahora se crea una interfaz de tipo plantilla virtual (*virtual-template*) por cada Cliente PPPoE con el comando: ***interface virtual-template 1***, con la creación de esta plantilla ya se puede configurar la interfaz de acceso virtual para cada cliente, las configuraciones a realizarse en la plantilla virtual son: el protocolo de encapsulación PPP con el comando: ***encapsulation ppp*** luego la unidad máxima de transferencia del protocolo PPP que es 1492 (bytes) con el comando: ***mtu 1492*** después se debe asignar una dirección IP a la interfaz con el comando: ***ip address [dirección IP] [máscara]*** por último con la línea de comandos ***peer default ip address pool [Nombre del rango de direcciones IP]*** el servidor podrá asignar dinámicamente una dirección IP a la interfaz remota del Cliente. Ver **Figura 3.196**.

```
Servidor(config)#interface virtual-template 1
Servidor(config-if)#encapsulation ppp
Servidor(config-if)#mtu 1492
Servidor(config-if)#ip address 10.10.10.1 255.255.255.0
Servidor(config-if)#peer default ip address pool direcciones
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#interface virtual-template 2
Servidor(config-if)#encapsulation ppp
Servidor(config-if)#mtu 1492
Servidor(config-if)#ip address 10.10.10.2 255.255.255.0
Servidor(config-if)#peer default ip address pool direcciones
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#interface virtual-template 3
Servidor(config-if)#encapsulation ppp
Servidor(config-if)#mtu 1492
Servidor(config-if)#ip address 10.10.10.3 255.255.255.0
Servidor(config-if)#peer default ip address pool direcciones
Servidor(config-if)#exit
```

Figura 3.196 Creación de las interfaces virtuales (*virtual-template*) para cada Cliente PPPoE.

- Ahora se crea los grupos *BroadBand Access* (BBA) que son básicamente un perfil de PPPoE con el comando: ***bba-group pppoe [Nombre del grupo]*** estos grupos se encargarán de los intentos de establecimiento de las sesiones PPPoE. Para la práctica se creó un grupo BBA por cada *router* Cliente es decir hay tres grupos: uno para Cisco, otro para Mikrotik y otro para Huawei, a cada grupo se le asocia una interfaz de plantilla

virtual esto únicamente declarando la interfaz con el comando: **virtual-template [número de interfaz]** dentro de la configuración de grupo BBA. Al grupo BBA del *router* Mikrotik se le asignó la interfaz **virtual template 1** y para los *routers* Huawei y Cisco las siguientes interfaces disponibles. Ver **Figura 3.197**.

```
Servidor(config)#bba-group pppoe mikrotik
Servidor(config-bba-group)#
*Mar 1 01:20:59.671: %LINK-3-UPDOWN: Interface Virtual-Access2, changed state to
up
*Mar 1 01:21:00.671: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Virtual-Acce
ss2, changed state to up
Servidor(config-bba-group)#virtual-template 1
Servidor(config-bba-group)#exit
Servidor(config)#bba-group pppoe huawei
Servidor(config-bba-group)#virtual-template 2
Servidor(config-bba-group)#exit
Servidor(config)#bba-group pppoe cisco
Servidor(config-bba-group)#virtual-template 3
Servidor(config-bba-group)#exit
```

Figura 3.197 Asociar una interfaz *virtual-template* a cada grupo BBA.

- A continuación se asocia la interfaz física del *router* al grupo BBA, por tanto se habilita el grupo BBA en las interfaces en las que están conectados los Clientes, primero se debe ingresar a la configuración de cada interfaz con el comando: **interface [Tipo de interfaz] [número de interfaz]** y luego ejecutar la línea de comando: **pppoe enable group [nombre del grupo BBA]**. Ver **Figura 3.198**.

```
Servidor(config)#interface fastethernet 0/0
Servidor(config-if)#pppoe enable group mikrotik
Servidor(config-if)#no shutdown
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#interface fastethernet 1/0
Servidor(config-if)#pppoe enable group huawei
Servidor(config-if)#no shutdown
Servidor(config-if)#exit
Servidor(config)#interface fastethernet 0/1
Servidor(config-if)#pppoe enable group cisco
Servidor(config-if)#no shutdown
Servidor(config-if)#exit
```

Figura 3.198 Habilitar PPPoE en las interfaces físicas del *router* Cisco Servidor.

Paso 6: Configuración de los *routers* Mikrotik, Huawei y Cisco como clientes PPPoE

Configurar los *routers* como clientes PPPoE teniendo en cuante los usuarios y contraseñas creados y configurados en el *router* Cisco Servidor PPPoE.

- **Mikrotik:** Se ingresa al modo de configuración de interfaz PPPoE modo cliente con el comando: **interface pppoe-client** luego se asigna un nombre, un usuario y la

contraseña a la interfaz que está conectado al *router* Servidor, el parámetro adicional hace referencia al nombre del servicio que se brindará con ese enlace PPPoE se ubicó Internet ya que era el recomendado; todas estas configuraciones se realizan con la siguiente línea de comandos: ***add name=[nombre] user=[nombre de usuario PPPoE] password=[contraseña] interface=[Interfaz física conectada al Router Servidor] service-name=[nombre del servicio] disabled=no***. Ver **Figura 3.199**.

```
[admin@mikroTik] > interface pppoe-client add name=mikrotik user=mikrotik
password=mikrotik interface=ether2 service-name=internet disabled=no
[admin@mikroTik] > interface enable
numbers: 2
```

Figura 3.199 Configuración de PPPoE en el *router* Mikrotik Cliente.

- **Cisco:** Primero se crea y configura una interfaz de tipo marcador (*dialer*) la cual es una interfaz virtual que sirve para realizar las configuraciones del protocolo PPPoE esto con el comando: ***interface dialer [número de la interfaz]*** luego se establece la autenticación y el mtu de PPP con los comandos: ***encapsulation ppp*** y ***mtu 1492***. La asignación de la dirección IP será de forma dinámica por parte del Servidor PPPoE y esto se logra con el comando: ***ip address negotiated***, luego con el comando ***ppp chap password [contraseña]*** se consigue autenticar al cliente. Posteriormente las líneas de comandos ***dialer pool [número del conjunto del marcador]*** y ***pppoe-client dial-pool number [número del conjunto del marcador]*** servirá para asociar la interfaz virtual con la interfaz física del *router* Cliente por tal razón los números del conjunto del marcador deben coincidir. Por último los comandos: ***pppoe enable*** y ***no shutdown*** sirven para habilitar PPPoE en la interfaz física. Ver **Figura 3.200**.

```
CISCO(config)#interface dialer 1
CISCO(config-if)#encapsulation ppp
CISCO(config-if)#ip address negotiated
CISCO(config-if)#mtu 1492
CISCO(config-if)#dialer pool 1
CISCO(config-if)#ppp chap password cisco
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#interface fastethernet 0/0
CISCO(config-if)#pppoe enable
CISCO(config-if)#ppp
*Mar 1 01:30:24.763: %LINK-3-UPDOWN: Interface Virtual-Access1, changed state to up
*Mar 1 01:30:25.763: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Virtual-Access1,
CISCO(config-if)#pppoe-client dial-pool-number 1
CISCO(config-if)#no shutw
*Mar 1 01:30:48.771: %DIALER-6-BIND: Interface Vi2 bound to profile Di1
*Mar 1 01:30:48.923: %LINK-3-UPDOWN: Interface Virtual-Access2, changed state to up
CISCO(config-if)#no shutdown
*Mar 1 01:30:49.991: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Virtual-Access2,
CISCO(config-if)#no shutdown
CISCO(config-if)#interface virtual-template 3
CISCO(config-if)#ppp authentication chap callin
CISCO(config-if)#exit
CISCO(config)#exit
CISCO#wr
```

Figura 3.200 Configuración de PPPoE en el *router* Cisco Cliente.

- **Huawei:** Para el *router* de Huawei la configuración del cliente PPPoE requiere en un

inicio tanto el primer paso es establecer que se pueda recibir paquetes IP en la interfaz de marcador esto con los comandos: **dialer-rule** y **dialer-rule [número de marcador] ip permit** luego ya se puede crear una interfaz de marcador (*dialer*) con el comando **interface dialer [número de interfaz]**. Con el comando: **dialer user [usuario]** se crea un perfil de usuario y con el comando: **dialer-group [número de grupo]** se crea un grupo de acceso para la interfaz del marcador. Con los comandos **ppp chap user [Nombre de usuario]** y **ppp chap password cipher [contraseña]** se autentifica al Cliente, la asignación de la dirección IP igualmente será de forma dinámica por el *router* Cisco Servidor PPPoE y esto gracias al comando: **ip address ppp-negotiate**, los comandos: **dialer bundle [número del conjunto del marcador]** y **pppoe-client dial-pool dial-bundle-number [número del conjunto del marcador]**, este último se ejecuta dentro de la configuración de las interfaces físicas del *router*, servirán para asociar la interfaz virtual con la interfaz física del *router* Cliente por tal razón los números del conjunto del marcador deben ser iguales. Ver **Figura 3.201**.

```
[Huawei]dialer-rule
[Huawei-dialer-rule]dialer-rule 1 ip permit
[Huawei-dialer-rule]quit
[Huawei]interface dialer 1
[Huawei-Dialer1]dialer user user1
[Huawei-Dialer1]dialer-group 1
[Huawei-Dialer1]dialer bundle 1
[Huawei-Dialer1]ppp chap user huawei
[Huawei-Dialer1]ppp chap password cipher huawei
[Huawei-Dialer1]dialer timer idle 300
INFO: The configuration will become effective after link reset.
[Huawei-Dialer1]dialer queue-length 8
[Huawei-Dialer1]ip address ppp-negotiate
[Huawei-Dialer1]quit
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]pppoe-client dial-bundle-number 1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]
Aug 9 2021 03:54:39-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line
PPP on the interface Dialer1:0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]
Aug 9 2021 03:54:40-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[1]:The line
PPP IPCP on the interface Dialer1:0 has entered the UP state.
```

Figura 3.201 Configuración de PPPoE en el *router* Huawei Cliente.

Desarrollo de la hoja guía 3

PRÁCTICA 3

PREPARATORIO

Tema: Configuración de los protocolos: OSPF, PPP CHAP, HDLC y MPLS.

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Complete la siguiente tabla con los comandos que se utilizan para configurar OSPF en un dispositivo CISCO, HUAWEI y MIKROTIK.

Comandos	Cisco	Huawei	Mikrotik
Comando para activar o configurar el protocolo OSPF			
Declarar o configurar un área con la que trabajar (OSPF Multitareas)			
Declarar una red del router que trabaja con OSPF			
Mostrar tabla de enrutamiento o interfaces con OSPF			

2. Consultar cómo es el funcionamiento de PPP CHAP

3. Consultar cómo es el funcionamiento de HDLC y las partes que poseen sus tramas.

HOJA GUÍA 3

ESTUDIANTE

Tema: Configuración de los protocolos: OSPF, PPP CHAP, HDLC y MPLS.

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Aprender a configurar OSPF con múltiples áreas.
- Configurar encapsulamiento PPP y HDLC en Cisco y Huawei.
- Configurar MPLS en Cisco, Mikrotik y Huawei.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- VPCs
- *Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

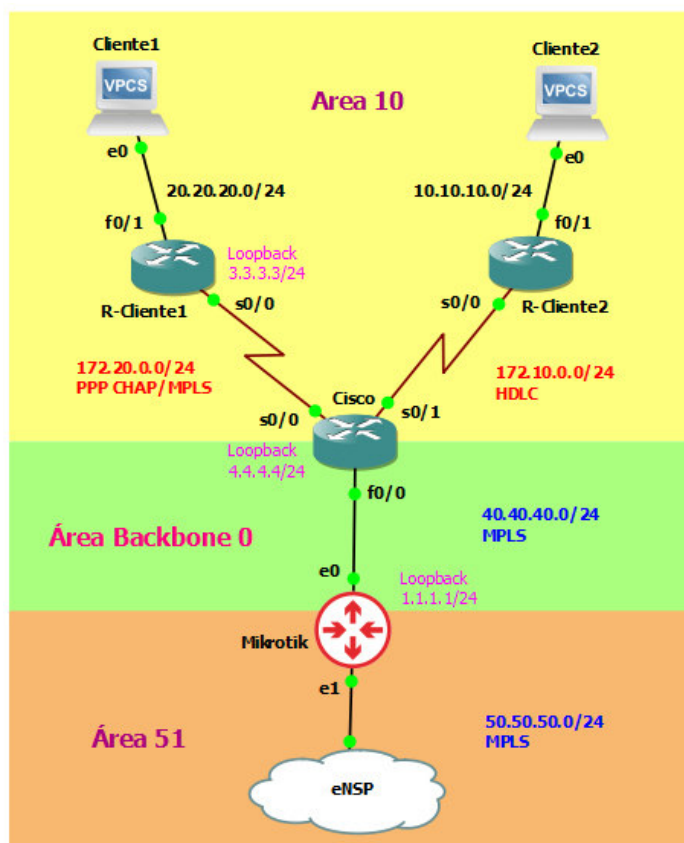


Figura 3.202 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 3 Estudiante.

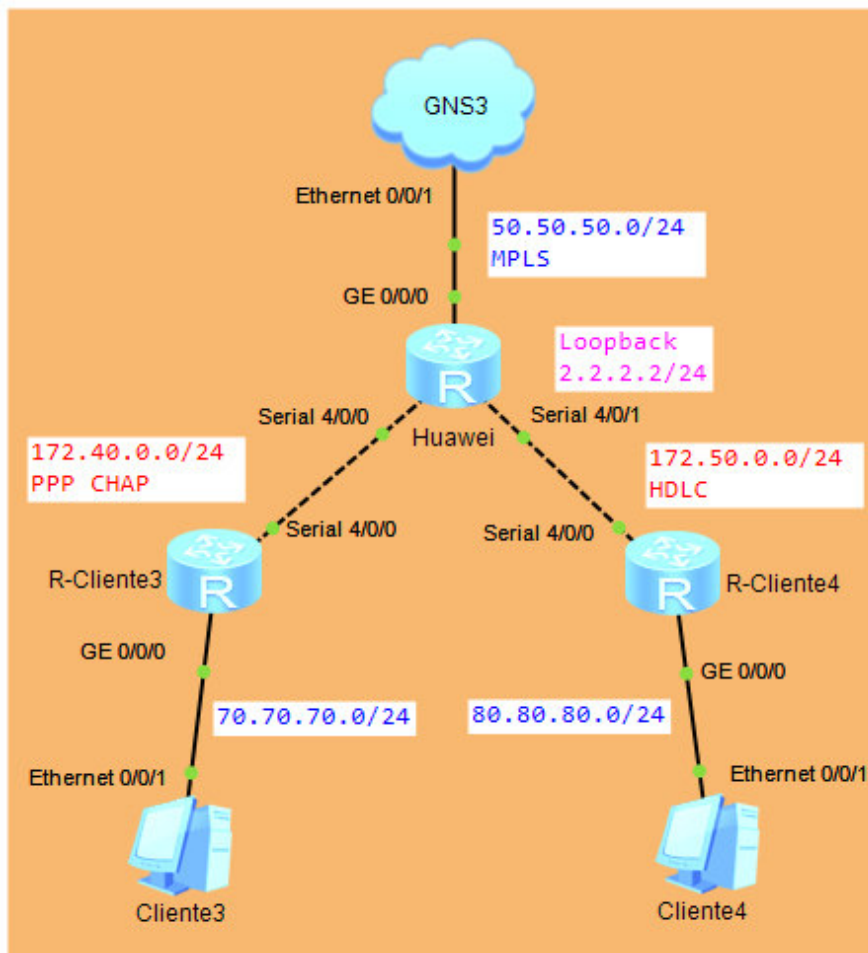


Figura 3.203 Topología en eNSP para la Hoja Guía 3 Estudiante.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Colocar los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei y las VPCs.
- Agregar los enlaces seriales en Cisco (WIC-2T) y Huawei (2SA) y Ethernet en Mikrotik (e).

Paso 2: Configuración de las *cloud*

- Configurar los puertos locales y remotos y el enlace bidireccional en eNSP y configurar el túnel UDP en GNS3.

Paso 3: Configuración de las interfaces de los *routers*

Configurar las interfaces con sus respectivas direcciones IP:

- **Cisco:** Configurar la interfaz **Serial 0/0** con la dirección **172.20.0.2/24**, la interfaz **Serial 0/1** con la dirección **172.10.0.2/24** y la interfaz **f0/0** con la dirección **40.40.40.1/24**.

- **R-Cliente 1:** Configurar la interfaz **f0/1** con la dirección **20.20.20.2/24** y la interfaz **s0/0** con la dirección **172.20.0.1/24**.
- **R-Cliente 2:** Configurar la interfaz **f0/1** con la dirección **10.10.10.2/24** y la interfaz **s0/0** con la dirección **172.10.0.1/24**.
- **Mikrotik:** Configurar la interfaz ether1 (**e0**) se configura con la dirección **40.40.40.2/24** y la interfaz ether2 (**e1**) se configura con la dirección **50.50.50.1/24**.
- **Huawei:** Configurar la interfaz **GE 0/0/0** con la dirección **50.50.50.2/24**, la interfaz **Serial 4/0/0** con la dirección **172.40.0.1/24** y la interfaz **Serial 4/0/1** con la dirección **172.50.0.1/24**.
- **R-Cliente 3:** Configurar la interfaz **Serial 4/0/0** con la dirección **172.40.0.2/24** y la interfaz **GE 0/0/0** con la dirección **70.70.70.1/24**.
- **R-Cliente 4:** Configurar la interfaz **Serial 4/0/0** con la dirección **172.50.0.2/24** y la interfaz **GE 0/0/0** con la dirección **80.80.80.1/24**.

Paso 4: Configuración de los ordenadores

Asignar las direcciones IP a las PC virtuales como se indica a continuación:

- **Cliente 1:** 20.20.20.1/24.
- **Cliente 2:** 10.10.10.1/24.
- **Cliente 3:** 70.70.70.2/24.
- **Cliente 4:** 80.80.80.2/24.

Paso 5: Configuración del Protocolo OSPF

- Habilitar el protocolo en los *routers*.
- Declarar las redes correspondientes y especificar el área.

Paso 6: Configuración de PPP CHAP en los routers Cisco

- Asignar un nombre a los *routers*.
- Crear los usuarios en base a los nombres de los *routers* vecinos.
- Habilitar en las interfaces el protocolo PPP y la autenticación CHAP.

Paso 7: Configuración de PPP CHAP en los routers Huawei

Para el *router* Huawei Cliente:

- Ingresar a la interfaz y crear un usuario y contraseña que trabaje con PPP CHAP

Para el *router* Huawei Servidor:

- Activar de manera global AAA (autenticación-autorización y contabilización), añadir el usuario anteriormente creado y establecer a CHAP como el tipo de servicio.

- Habilitar el protocolo PPP en las interfaces y la autenticación CHAP.

Paso 8: Configuración de HDLC en los *routers* Cisco y Huawei

- Habilitar el protocolo HDLC en las interfaces.

Paso 9: Configuración de las interfaces *Loopback* para los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei

Crear una interfaz de *Loopback* con las siguientes direcciones IP:

- **Cisco:** 4.4.4.4/24.
- **R-Cliente1:** 3.3.3.3/24.
- **Mikrotik:** 1.1.1.1/24.
- **Huawei:** 2.2.2.2/24.

Paso 10: Configuración de MPLS en los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei

- Configurar la interfaz de *Loopback* como el identificador LSR en los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei.
- Habilitar MPLS en todas las interfaces de los *routers* y en caso del *router* Huawei también habilitar MPLS de manera global.

HOJA GUÍA 3

DOCENTE

Tema: Configuración de los protocolos: OSPF, PPP CHAP, HDLC y MPLS.

Docente:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Aprender a configurar OSPF con múltiples áreas.
- Configurar encapsulamiento PPP y HDLC en Cisco y Huawei.
- Configurar MPLS en Cisco, Mikrotik y Huawei.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- VPCs
- *Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

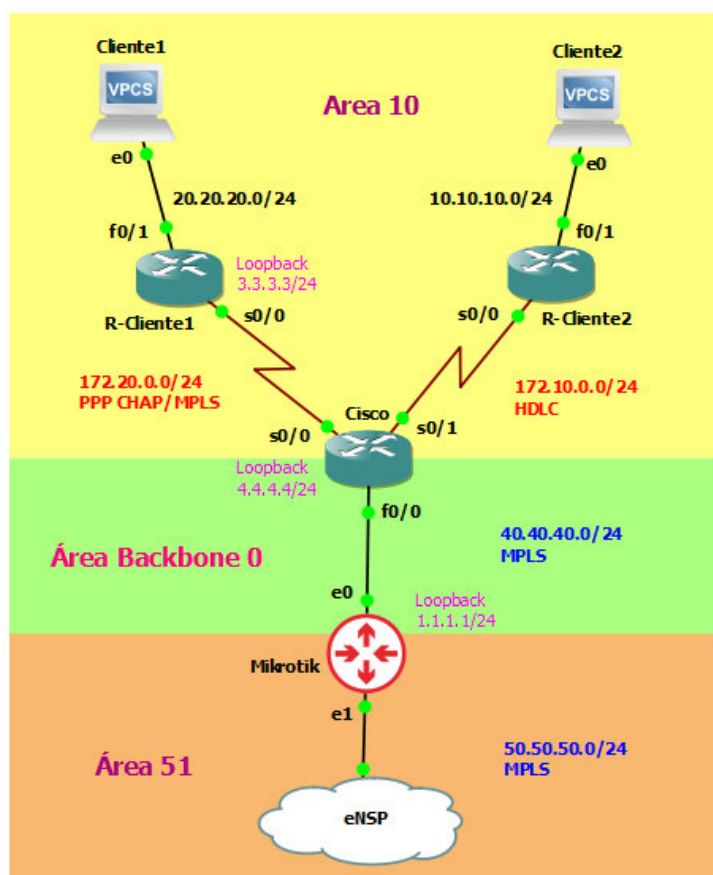


Figura 3.204 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 3 Docente.

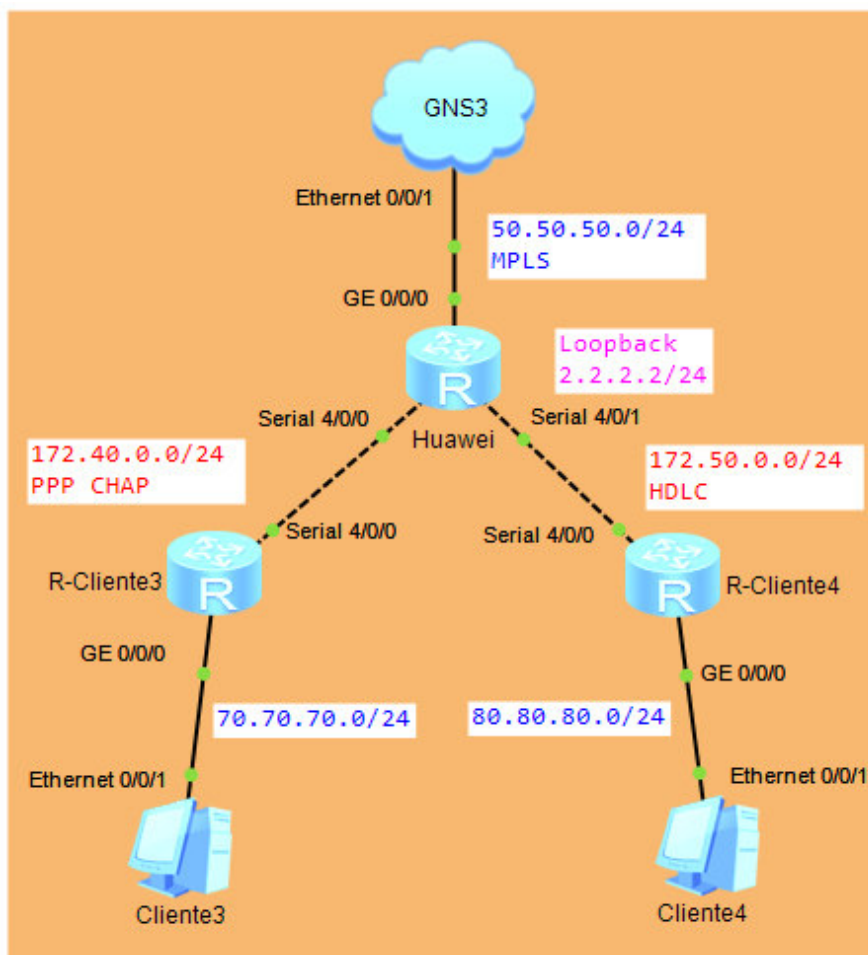


Figura 3.205 Topología en eNSP para la Hoja Guía 3 Docente.

4. Desarrollo de la práctica.

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Colocar tres *routers* Cisco, un *router* Mikrotik y dos VPCs al área de trabajo en GNS3.
- Colocar tres *routers* Huawei y dos PCs en el área de trabajo en eNSP.
- En esta práctica se trabajará con enlaces seriales por tanto hay que configurarlos: La imagen del *router* Cisco ya posee enlaces seriales esto debido a que ya se configuraron en un inicio al momento de la instalación pero el *router* Huawei no los posee por tanto es necesario agregarle los puertos seriales.
- Sobre el *router* Huawei dar clic derecho y escoger la opción **Settings**.
- En la ventana emergente en la sección **View** se muestra la parte delantera y posterior del *router* que se está usando, en la sección **Cards supported by eNSP** se selecciona y agrega al *router* una tarjeta **2SA** la cual proporciona dos enlaces de tipo serial que serán suficiente para desarrollar la práctica si es necesario más puertos seriales se agregan más tarjetas de este tipo. Ver **Figura 3.206**.

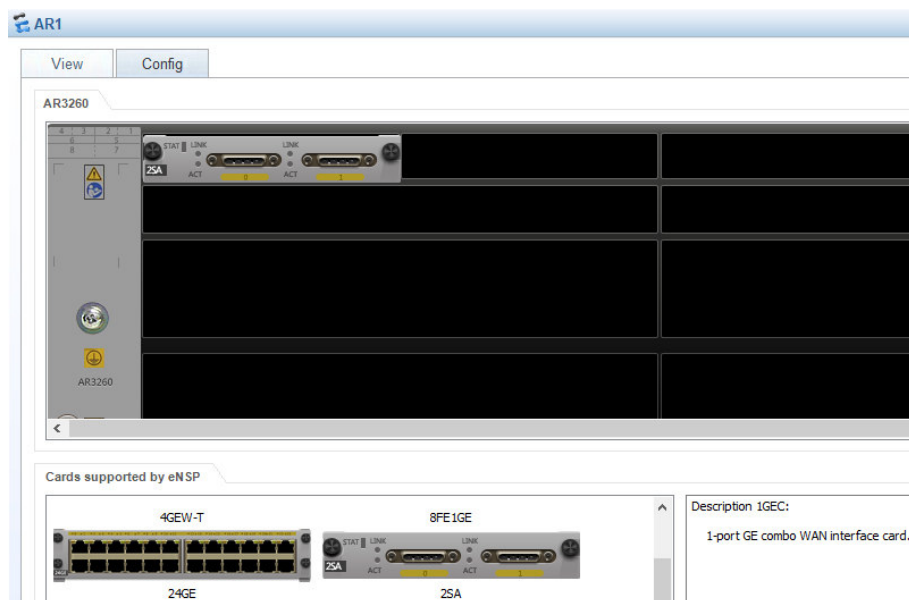


Figura 3.206 Configuración de los puertos para agregar interfaces seriales al *router* Huawei.

Paso 2: Configuración de las *clouds*

- Agregar una *cloud* en GNS3 y eNSP y configurar los puertos locales y remotos para establecer el túnel UDP de comunicación.

Paso 3: Configurar de las interfaces de los *routers*

- **Cisco:** Ingresar al modo de configuración con el comando: ***conf t*** o ***configure terminal*** y configurar las interfaces del *router* ingresando a su modo de configuración con el comando: ***interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]*** luego asignar la respectiva dirección IP con el comando: ***ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara]*** y por último con el comando ***no shutdown*** activar la interfaz
- **R-Cliente1:** Para este *router* configurar las dos interfaces que tiene conectadas, una de tipo serial y una de tipo FastEthernet: Serial 0/0 con la dirección IP:172.20.0.1/24 y FastEthernet 0/1 con la dirección IP: 20.20.20.2/24. Ver **Figura 3.208**.

```
R-Cliente1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R-Cliente1(config)#interface fastethernet 0/1
R-Cliente1(config-if)#ip address 20.20.20.2 255.255.255.0
R-Cliente1(config-if)#no shutdown
R-Cliente1(config-if)#exit
*Mar 1 00:22:20.403: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to
up
*Mar 1 00:22:21.403: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/1, changed state to up
R-Cliente1(config)#interface serial 0/0
R-Cliente1(config-if)#ip address 172.20.0.1 255.255.255.0
R-Cliente1(config-if)#no shutdown
R-Cliente1(config-if)#exit
R-Cliente1(config)#
*Mar 1 00:23:47.055: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
R-Cliente1(config)#
*Mar 1 00:23:48.059: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, c
hanged state to up
```

Figura 3.207 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco del Cliente1.

- **R-Cliente2:** Para este *router* configurar las dos interfaces que tiene conectadas, una de tipo serial y una de tipo FastEthernet: Serial 0/0 con la dirección IP:172.10.0.1/24 y FastEthernet 0/1 con la dirección IP: 10.10.10.2/24. Ver **Figura 3.208**.

```
R-Cliente2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R-Cliente2(config)#interface fastethernet 0/1
R-Cliente2(config-if)#ip address 10.10.10.2 255.255.255.0
R-Cliente2(config-if)#no shutdown
R-Cliente2(config-if)#exit
*Mar 1 00:24:17.759: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to
up
*Mar 1 00:24:18.759: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/1, changed state to up
R-Cliente2(config)#interface serial 0/0
R-Cliente2(config-if)#ip address 172.10.0.1 255.255.255.0
R-Cliente2(config-if)#no shutdown
R-Cliente2(config-if)#exit
R-Cliente2(config)#
*Mar 1 00:24:54.603: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
R-Cliente2(config)#
*Mar 1 00:24:55.607: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, c
hanged state to up
```

Figura 3.208 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco del Cliente2.

- **Router Cisco:** Para este *router* configurar las tres interfaces que tiene conectadas, dos de tipo serial y una de tipo FastEthernet: Serial 0/0 con la dirección IP:172.20.0.2/24, Serial 0/1 con la dirección IP: 172.10.0.2/24 y FastEthernet 0/0 con la dirección IP: 40.40.40.1/24. Ver **Figura 3.209**.


```
Cisco(config)#interface serial 0/0
Cisco(config-if)#ip address 172.20.0.2 255.255.255.0
Cisco(config-if)#no shutdown
Cisco(config-if)#exit
Cisco(config)#
*Mar 1 00:27:15.335: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
Cisco(config)#
*Mar 1 00:27:16.339: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, c
hanged state to up
Cisco(config)#interface serial 0/1
Cisco(config-if)#ip address 172.10.0.2 255.255.255.0
Cisco(config-if)#no shutdown
Cisco(config-if)#exit
Cisco(config)#
*Mar 1 00:27:51.451: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/1, changed state to up
Cisco(config)#
*Mar 1 00:27:52.455: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/1, c
hanged state to up
Cisco(config)#interface fastethernet 0/0
Cisco(config-if)#ip address 40.40.40.1 255.255.255.0
Cisco(config-if)#no shutdown
Cisco(config-if)#exit
Cisco(config)#
*Mar 1 00:28:51.879: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to
up
*Mar 1 00:28:52.879: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/0, changed state to up
```

Figura 3.209 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco.

- **Mikrotik:** se debe configurar las dos interfaces que tiene conectadas tipo Ethernet con la línea de comandos: ***ip address add address=[dirección IP de la interfaz/máscara] interface=[interfaz correspondiente]***; para la interfaz e0 (ether1) configurar la dirección IP: 40.40.40.2/24 y para la interfaz e1 (ether2) configurar la dirección IP: 50.50.50.1/24. Ver **Figura 3.210**.

```
[admin@mikroTik] > ip address add address=40.40.40.2/24 interface=ether1
[admin@mikroTik] > ip address add address=50.50.50.1/24 interface=ether2
[admin@mikroTik] > system backup save
```

Figura 3.210 Configuración de las interfaces físicas del *router* Mikrotik.

- **Huawei:** Ingresar al modo de configuración con el comando: ***system view*** y configurar las interfaces del *router* ingresando a su modo de configuración con el comando: ***interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]*** luego asignar la respectiva dirección IP con el comando: ***ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara]*** aquí no es necesario un comando adicional para activar las interfaces debido a que se habilitan automáticamente
- **Router Huawei:** Para este *router* configurar las tres interfaces que tiene conectadas, dos de tipo serial y una de tipo GigabitEthernet: Serial 4/0/0 con la dirección

IP:172.40.0.1/24, Serial 4/0/1 con la dirección IP: 172.50.0.1/24 y GigabitEthernet 0/0/0 con la dirección IP: 50.50.50.2/24. Ver **Figura 3.211**.

```
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 50.50.50.2 24
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]
Aug 12 2021 09:07:36-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[8]:The line
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]interface serial 4/0/0
[Huawei-Serial4/0/0]ip address 172.40.0.1 24
[Huawei-Serial4/0/0]quit
[Huawei]interface serial 4/0/1
[Huawei-Serial4/0/1]ip address 172.50.0.1 24
[Huawei-Serial4/0/1]quit
```

Figura 3.211 Configuración de las interfaces físicas del *router* Huawei.

- **R-Cliente3:** Para este *router* configurar las dos interfaces que tiene conectadas, una de tipo serial y una de tipo GigabitEthernet: Serial 4/0/0 con la dirección IP:172.40.0.2/24 y GigabitEthernet 0/0/0 con la dirección IP: 70.70.70.1/24. Ver **Figura 3.212**.

```
[Huawei]interface serial 4/0/0
[Huawei-Serial4/0/0]ip address 172.40.0.2 24
[Huawei-Serial4/0/0]
Aug 12 2021 09:13:09-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line
PPP IPCP on the interface Serial4/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-Serial4/0/0]quit
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 70.70.70.1 24
Aug 12 2021 09:14:01-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[1]:The line
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
```

Figura 3.212 Configuración de las interfaces físicas del *router* Huawei del Cliente3.

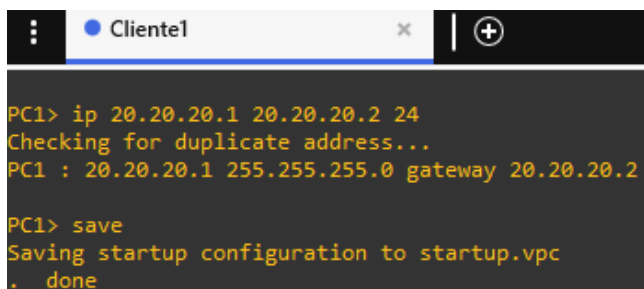
- **R-Cliente4:** Para este *router* configurar las dos interfaces que tiene conectadas, una de tipo serial y una de tipo GigabitEthernet: Serial 4/0/0 con la dirección IP:172.50.0.2/24 y GigabitEthernet 0/0/0 con la dirección IP: 80.80.80.1/24. Ver **Figura 3.213**.

```
[Huawei]interface serial 4/0/0
[Huawei-Serial4/0/0]ip address 172.50.0.2 24
[Huawei-Serial4/0/0]
Aug 12 2021 09:26:10-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1) [0]:The line protocol
PPP IPCP on the interface Serial4/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-Serial4/0/0]quit
[Huawei]interface gigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 80.80.80.1 24
Aug 12 2021 09:28:29-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1) [1]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
```

Figura 3.213 Configuración de las interfaces físicas del *router* Huawei del Cliente4.

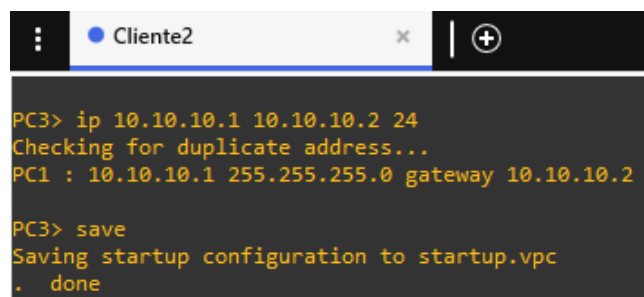
Paso 4: Configuración de los ordenadores

- Para los ordenadores que se encuentran en GSN3 dar clic derecho y escoger la opción **Console**, a continuación con el comando **ip [dirección IP PC] [dirección Gateway] [máscara]** asignar la respectiva dirección IP, configurar: la PC del Cliente1 con la dirección IP: 20.20.20.1/24 y la PC del Cliente2 con la dirección IP: 10.10.10.1/24. Para los ordenadores que están en eNSP dar doble clic izquierdo y en la ventana emergente en la sección **Basic Config** asignar las direcciones IP: para la PC del Cliente3 asignar: 70.70.70.2/24 y para la PC del Cliente4 asignar 80.80.80.2/24. Ver **Figura 3.214**, **Figura 3.215**, **Figura 3.216** y **Figura 3.217**.



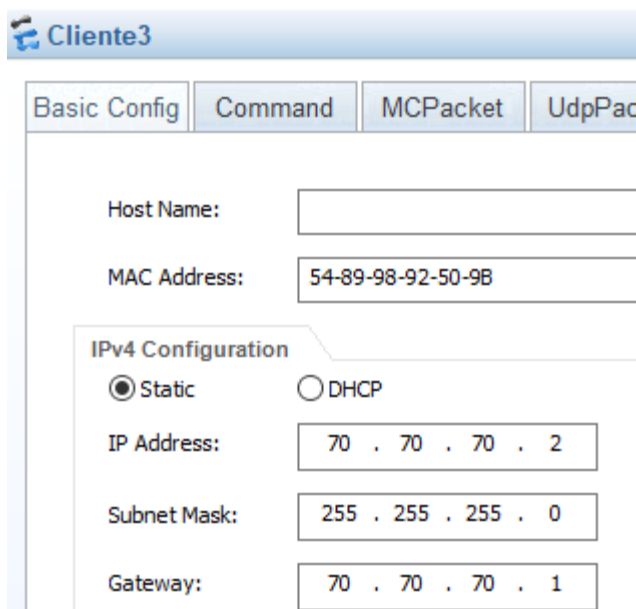
```
Cliente1
PC1> ip 20.20.20.1 20.20.20.2 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 20.20.20.1 255.255.255.0 gateway 20.20.20.2
PC1> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

Figura 3.214 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente1.



```
Cliente2
PC3> ip 10.10.10.1 10.10.10.2 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.10.10.1 255.255.255.0 gateway 10.10.10.2
PC3> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

Figura 3.215 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente2.



Cliente3

Basic Config | Command | MCPacket | UdpPac

Host Name:

MAC Address:

IPv4 Configuration

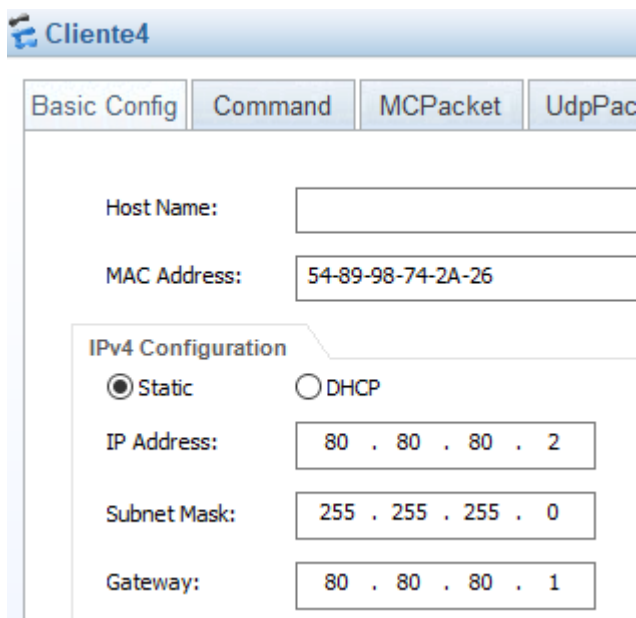
Static DHCP

IP Address:

Subnet Mask:

Gateway:

Figura 3.216 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente3.



Cliente4

Basic Config | Command | MCPacket | UdpPac

Host Name:

MAC Address:

IPv4 Configuration

Static DHCP

IP Address:

Subnet Mask:

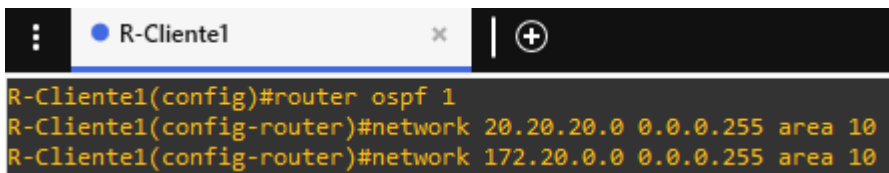
Gateway:

Figura 3.217 Configuración de las direcciones IP para la PC del Cliente4.

Paso 5: Configuración del Protocolo OSPF

- **Cisco:** Se debe habilitar e ingresar al modo de configuración del protocolo OSPF junto con el identificador del proceso con el comando: ***router ospf [ID del proceso]***, luego se debe declarar las redes directamente conectadas junto con su *Wildcard* y el área todo esto con la línea de comandos: ***network [dirección de red] [Wildcard] área [número de área]***.
- **Router Cliente1:** Declarar sus dos redes directamente conectadas: 20.20.20.0 y

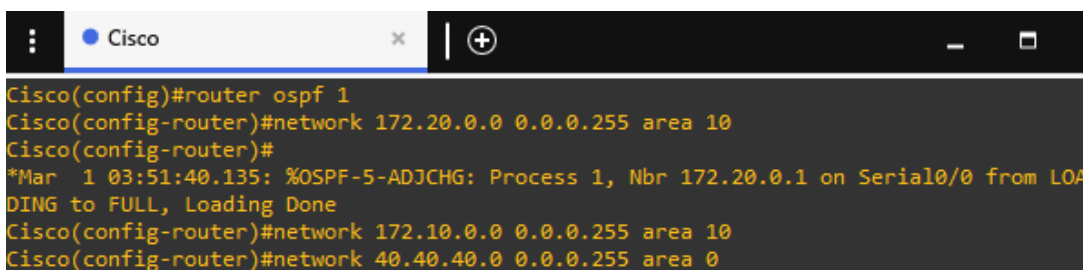
172.20.0.0 con la *Wildcard* 0.0.0.255 ambas dentro del área 10. Ver **Figura 3.218**.



```
R-Cliente1
R-Cliente1(config)#router ospf 1
R-Cliente1(config-router)#network 20.20.20.0 0.0.0.255 area 10
R-Cliente1(config-router)#network 172.20.0.0 0.0.0.255 area 10
```

Figura 3.218 Configuración del protocolo OSPF en el *router* del Cliente1.

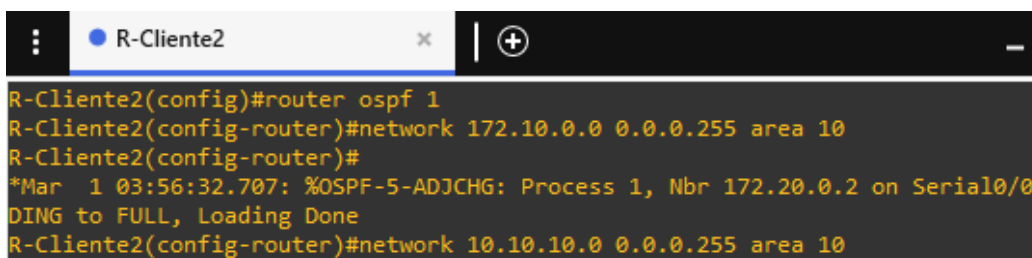
- **Router Cisco:** Declarar sus tres redes directamente conectadas: 172.20.0.0, 172.10.0.0 y 40.40.40.0, con la *Wildcard* 0.0.0.255 las primeras redes dentro del área 10 y la última dentro del área 0 o también llamada área de *Backbone*. Ver **Figura 3.219**.



```
Cisco
Cisco(config)#router ospf 1
Cisco(config-router)#network 172.20.0.0 0.0.0.255 area 10
Cisco(config-router)#
*Mar 1 03:51:40.135: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.20.0.1 on Serial0/0 from LOA
DING to FULL, Loading Done
Cisco(config-router)#network 172.10.0.0 0.0.0.255 area 10
Cisco(config-router)#network 40.40.40.0 0.0.0.255 area 0
```

Figura 3.219 Configuración del protocolo OSPF en el *router* Cisco.

- **Router Cliente1:** Declarar sus dos redes directamente conectadas: 10.10.10.0 y 172.10.0.0 con la máscara *Wildcard*: 0.0.0.255 ambas dentro de una misma área la 10. Ver **Figura 3.220**.

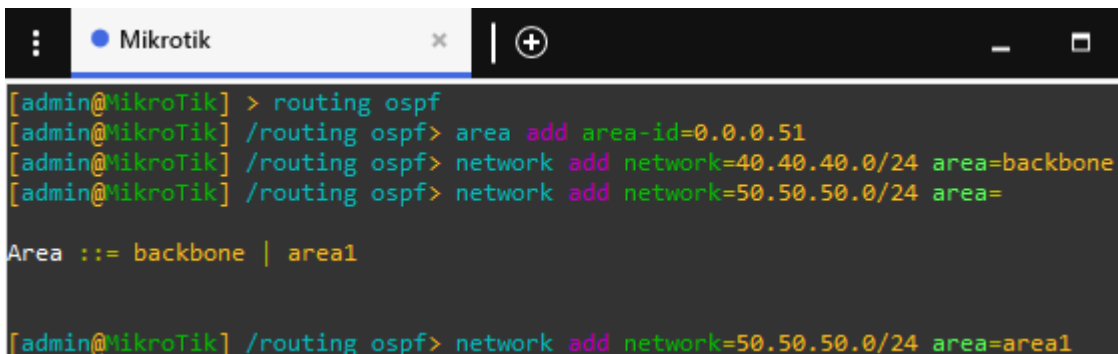


```
R-Cliente2
R-Cliente2(config)#router ospf 1
R-Cliente2(config-router)#network 172.10.0.0 0.0.0.255 area 10
R-Cliente2(config-router)#
*Mar 1 03:56:32.707: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.20.0.2 on Serial0/0
DING to FULL, Loading Done
R-Cliente2(config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 10
```

Figura 3.220 Configuración del protocolo OSPF en el *router* del Cliente2.

- **Mikrotik:** Para el *router* Mikrotik lo primero que se debe hacer es crear las áreas para OSPF puesto que por defecto solo tiene creada el área 0 o también conocida como el área de *Backbone* por tanto se ingresa a la configuración del protocolo OSPF con el comando: **routing ospf** y luego con la siguiente línea de comandos se crea el área: **área add área-id=[área a crear con formato de dirección IP: 0.0.0.X]** aquí se debe tener en cuenta que la nueva área creada se denominará area1 y así sucesivamente luego se debe declarar las redes directamente conectadas junto con la máscara aquí no se usa la máscara *Wildcard* y el área respectiva con la siguiente línea de comandos: **network add network=[dirección de red/máscara] área=[área correspondiente],**

declarar sus dos redes directamente conectadas: 40.40.40.0/24 y 50.50.50.0/24 en las áreas 0 (*Backbone*) y área 51 (*area1*) respectivamente. Ver **Figura 3.221**.



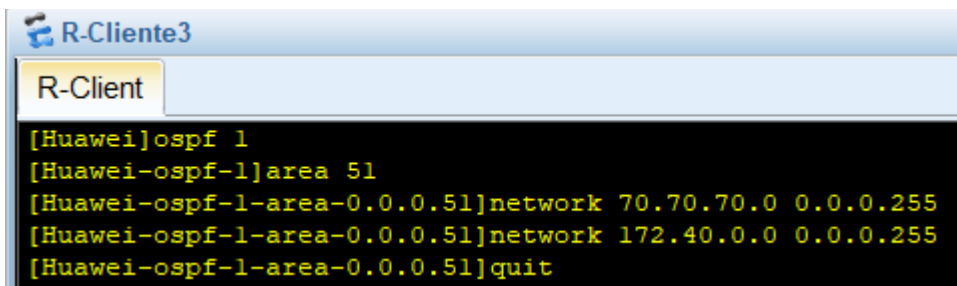
```
[admin@MikroTik] > routing ospf
[admin@MikroTik] /routing ospf> area add area-id=0.0.0.51
[admin@MikroTik] /routing ospf> network add network=40.40.40.0/24 area=backbone
[admin@MikroTik] /routing ospf> network add network=50.50.50.0/24 area=

Area ::= backbone | area1

[admin@MikroTik] /routing ospf> network add network=50.50.50.0/24 area=area1
```

Figura 3.221 Configuración de OSPF en el Router Mikrotik.

- **Huawei:** En estos *routers* también se configura el protocolo OSPF, se ingresa al modo de configuración del protocolo con el comando: **ospf [ID del proceso]** luego se especifica el área con el comando **área [número de área]** y después se declara las redes directamente conectadas con la línea de comandos: **network [dirección de red] [máscara Wildcard]**.
- **Router Cliente3:** Declarar sus dos redes directamente conectadas: 70.70.70.0 y 172.40.0.0 con la máscara *Wildcard*: 0.0.0.255 ambas dentro de una misma área la 51. Ver **Figura 3.222**.



```
R-Cliente3
R-Client
[Huawei]ospf 1
[Huawei-ospf-1]area 51
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 70.70.70.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 172.40.0.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]quit
```

Figura 3.222 Configuración de OSPF en el *router* Huawei del Cliente 3.

- **Router Cliente4:** Declarar sus dos redes directamente conectadas: 80.80.80.0 y 172.50.0.0 con la máscara *Wildcard*: 0.0.0.255 ambas dentro de una misma área la 51. Ver **Figura 3.223**.

```
R-Cliente4
R-Client
[Huawei]ospf 1
[Huawei-ospf-1]area 51
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 80.80.80.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 172.50.0.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]quit
```

Figura 3.223 Configuración de OSPF en el *router* Huawei del Cliente 4.

- **Router Huawei:** Declarar sus tres redes directamente conectadas: 50.50.50.0, 172.40.0.0 y 172.50.0.0 con la máscara *Wildcard*: 0.0.0.255 ambas dentro del área 51. Ver Figura 3.224, Figura 3.225 y Figura 3.226.

```
Huawei
Huawei
[Huawei]ospf 1
[Huawei-ospf-1]area 51
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 50.50.50.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]
Aug 12 2021 10:20:29-08:00 Huawei %%01OSPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[0]:Neighbor changes
event: neighbor status changed. (ProcessId=256, NeighborAddress=1.50.50.50, Nei
ghborEvent=HelloReceived, NeighborPreviousState=Down, NeighborCurrentState=Init)
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]
Aug 12 2021 10:20:29-08:00 Huawei %%01OSPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[1]:Neighbor changes
event: neighbor status changed. (ProcessId=256, NeighborAddress=1.50.50.50, Nei
ghborEvent=2WayReceived, NeighborPreviousState=Init, NeighborCurrentState=2Way)
```

Figura 3.224 Configuración de OSPF en el *router* Huawei parte 1.

```
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 172.40.0.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]
Aug 12 2021 10:20:57-08:00 Huawei %%01OSPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[6]:Neighbor changes
event: neighbor status changed. (ProcessId=256, NeighborAddress=2.0.40.172, Nei
ghborEvent=HelloReceived, NeighborPreviousState=Down, NeighborCurrentState=Init)
```

Figura 3.225 Configuración de OSPF en el *router* Huawei parte 2.

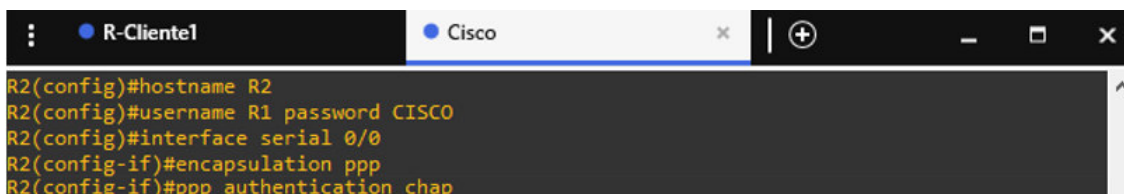
```
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 172.50.0.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]
Aug 12 2021 10:21:11-08:00 Huawei %%01OSPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[11]:Neighbor change
s event: neighbor status changed. (ProcessId=256, NeighborAddress=2.0.50.172, Ne
ighborEvent=HelloReceived, NeighborPreviousState=Down, NeighborCurrentState=Init
)
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]
Aug 12 2021 10:21:11-08:00 Huawei %%01OSPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[12]:Neighbor change
s event: neighbor status changed. (ProcessId=256, NeighborAddress=2.0.50.172, Ne
ighborEvent=2WayReceived, NeighborPreviousState=Init, NeighborCurrentState=ExSta
```

Figura 3.226 Configuración de OSPF en el *router* Huawei parte 3.

Paso 6: Configuración de PPP CHAP en los *routers* Cisco

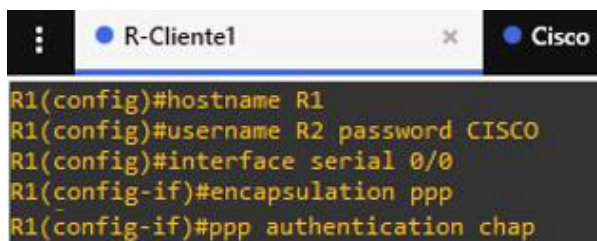
- Lo primero a realizar es asignar un nombre a los *routers* con el comando: **hostname**

[nombre del router] luego se debe crear los usuarios en base al *router* vecino junto a una contraseña que será la misma para ambos *routers* esto para que se pueda realizar la autenticación CHAP con la línea de comandos: **username [nombre del Router vecino] password [Contraseña]**, para esta práctica el *router* Cisco se llamará R2 y el *router* Cisco Cliente1 será R1 la contraseña a ser configurada en ambos será: CISCO. A continuación, dentro de las interfaces físicas de los *routers* (Serial 0/0) se habilita la encapsulación PPP y la autenticación CHAP con los comandos: **encapsulation ppp** y **ppp authentication chap**. Ver **Figura 3.227** y **Figura 3.228**.



```
R2(config)#hostname R2
R2(config)#username R1 password CISCO
R2(config)#interface serial 0/0
R2(config-if)#encapsulation ppp
R2(config-if)#ppp authentication chap
```

Figura 3.227 Configuración del protocolo PPP CHAP en el *router* Cisco.

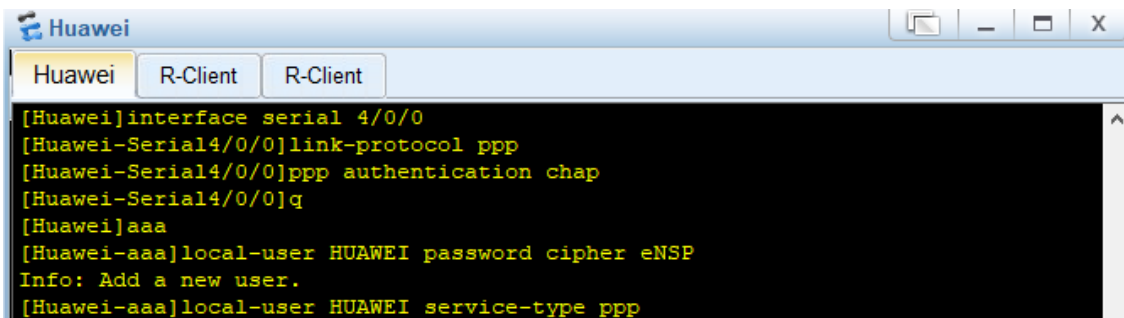


```
R1(config)#hostname R1
R1(config)#username R2 password CISCO
R1(config)#interface serial 0/0
R1(config-if)#encapsulation ppp
R1(config-if)#ppp authentication chap
```

Figura 3.228 Configuración del protocolo PPP CHAP en el *router* Cisco del Cliente1.

Paso 7: Configuración de PPP CHAP en los *routers* Huawei

- Para configurar el protocolo PPP CHAP en los *routers* Huawei se debe identificar qué *router* trabaja como Servidor y cuál trabajará como cliente.
- En el *router* servidor se ingresa a la configuración de la interfaz física del *router* que trabajará con PPP CHAP con el comando: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]** luego se habilita el protocolo PPP y la autenticación CHAP con los comandos: **link-protocol ppp** y **ppp authentication chap** posteriormente con el comando: **quit** se regresa a la configuración global del *router* y aquí se ejecuta el comando: **aaa** el cual habilita las funciones de seguridad de red: autenticación-autorización y contabilización y es en donde se creará y agregará el usuario y su contraseña y se establecerá qué tipo de servicio utilizará este usuario en este caso PPP estas configuraciones se las realiza con las siguientes líneas de comandos: **local-user [Nombre de usuario] password cipher [contraseña]** y **local-user [nombre de usuario] service-type ppp**, para esta práctica el nombre de usuario del *router* cliente será **HUAWEI** y la contraseña a usarse será **eNSP**. Ver **Figura 3.229**.

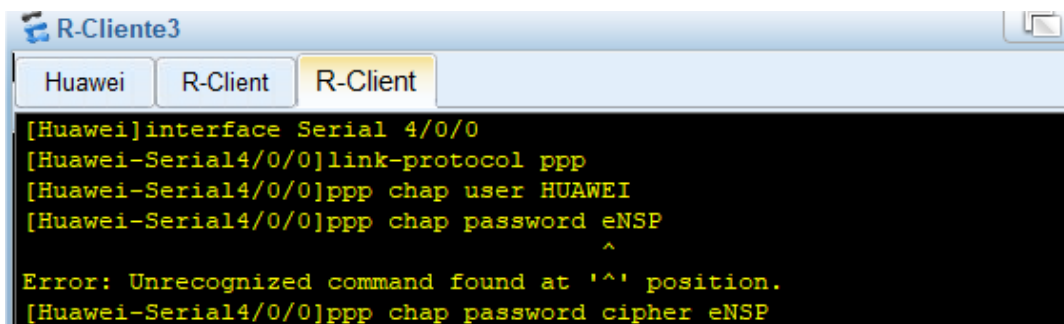


```

Huawei
Huawei  R-Client  R-Client
[Huawei]interface serial 4/0/0
[Huawei-Serial4/0/0]link-protocol ppp
[Huawei-Serial4/0/0]ppp authentication chap
[Huawei-Serial4/0/0]q
[Huawei]aaa
[Huawei-aaa]local-user HUAWEI password cipher eNSP
Info: Add a new user.
[Huawei-aaa]local-user HUAWEI service-type ppp
  
```

Figura 3.229 Configuración del protocolo PPP CHAP en el *router* Huawei.

- Para el *router* Huawei Cliente las configuraciones del protocolo PPP CHAP se realizan dentro de la interfaz física del *router*, una vez dentro de la interfaz (Serial 4/0/0) se habilita el protocolo PPP con el comando: **link-protocol ppp** y por último se configura el usuario y contraseña respectivo teniendo en cuenta la información que se colocó en el servidor esto con las líneas de comandos: **ppp chap user [nombre de usuario]** y **ppp chap password [contraseña]**. Ver Figura 3.230.



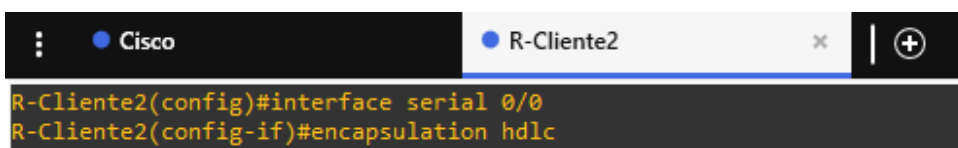
```

R-Cliente3
Huawei  R-Client  R-Client
[Huawei]interface Serial 4/0/0
[Huawei-Serial4/0/0]link-protocol ppp
[Huawei-Serial4/0/0]ppp chap user HUAWEI
[Huawei-Serial4/0/0]ppp chap password eNSP
^
Error: Unrecognized command found at '^' position.
[Huawei-Serial4/0/0]ppp chap password cipher eNSP
  
```

Figura 3.230 Configuración del protocolo PPP CHAP en el *router* Huawei del Cliente3.

Paso 8: Configuración de HDLC en los *routers* Cisco y Huawei

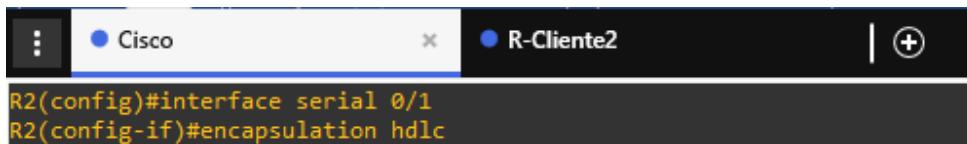
- Para la configuración del protocolo HDLC en los *routers* Cisco y Huawei únicamente se ingresa a la interfaz física del *router* con los comandos: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]** en Cisco (Serial 0/0) y Huawei (Serial 4/0/1 y 4/0/0) y luego se habilita la encapsulación HDLC con los comandos: **encapsulation hdlc** en Cisco y **link-protocol hdlc** en Huawei. Ver Figura 3.231, Figura 3.232, Figura 3.233 y Figura 3.234.



```

Cisco  R-Cliente2
R-Cliente2(config)#interface serial 0/0
R-Cliente2(config-if)#encapsulation hdlc
  
```

Figura 3.231 Configuración del protocolo de HDLC en el *router* Cisco del Cliente 2.

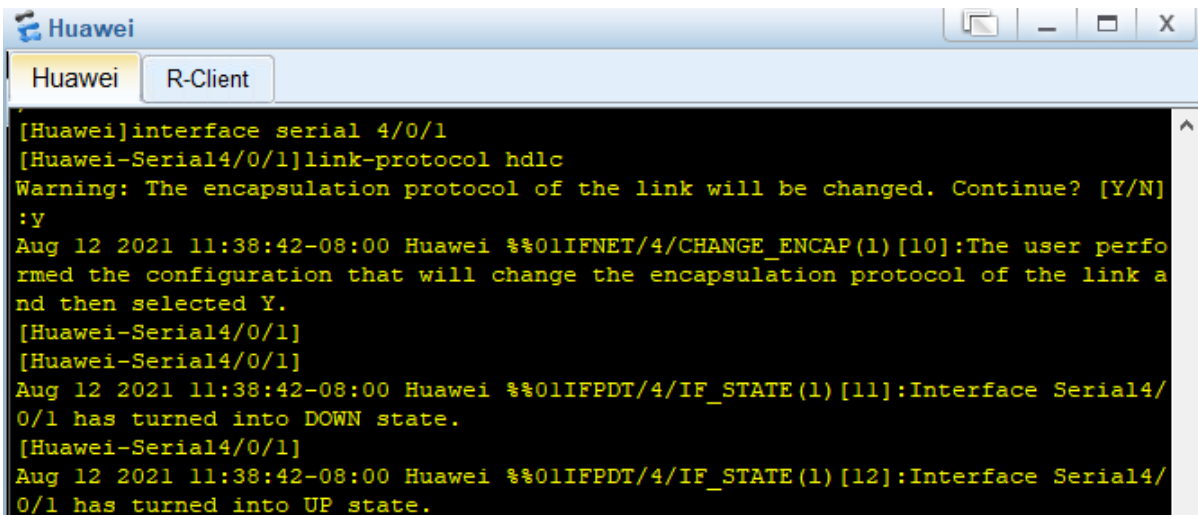


```

Cisco
R-Cliente2
R2(config)#interface serial 0/1
R2(config-if)#encapsulation hdlc

```

Figura 3.232 Configuración del protocolo de HDLC en el *router* Cisco.

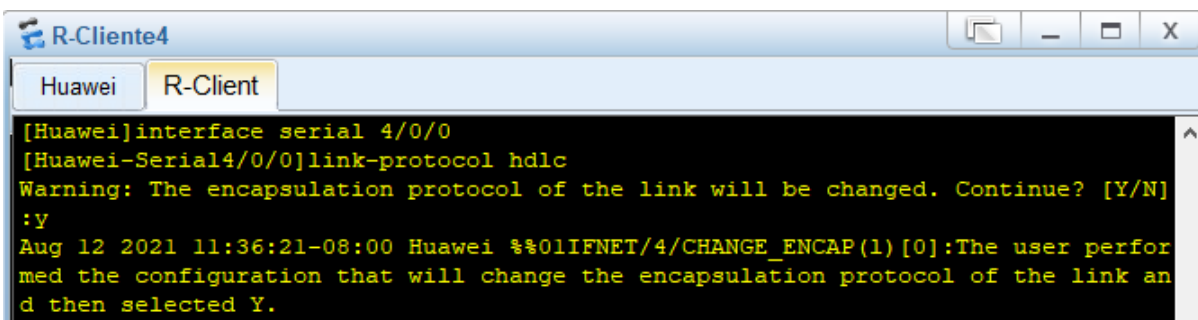


```

Huawei
R-Client
[Huawei]interface serial 4/0/1
[Huawei-Serial4/0/1]link-protocol hdlc
Warning: The encapsulation protocol of the link will be changed. Continue? [Y/N]
:y
Aug 12 2021 11:38:42-08:00 Huawei %%01IFNET/4/CHANGE_ENCAP(1)[10]:The user performed the configuration that will change the encapsulation protocol of the link and then selected Y.
[Huawei-Serial4/0/1]
[Huawei-Serial4/0/1]
Aug 12 2021 11:38:42-08:00 Huawei %%01IFPDT/4/IF_STATE(1)[11]:Interface Serial4/0/1 has turned into DOWN state.
[Huawei-Serial4/0/1]
Aug 12 2021 11:38:42-08:00 Huawei %%01IFPDT/4/IF_STATE(1)[12]:Interface Serial4/0/1 has turned into UP state.

```

Figura 3.233 Configuración del protocolo de HDLC en el *router* Huawei.



```

R-Cliente4
Huawei
R-Client
[Huawei]interface serial 4/0/0
[Huawei-Serial4/0/0]link-protocol hdlc
Warning: The encapsulation protocol of the link will be changed. Continue? [Y/N]
:y
Aug 12 2021 11:36:21-08:00 Huawei %%01IFNET/4/CHANGE_ENCAP(1)[0]:The user performed the configuration that will change the encapsulation protocol of the link and then selected Y.

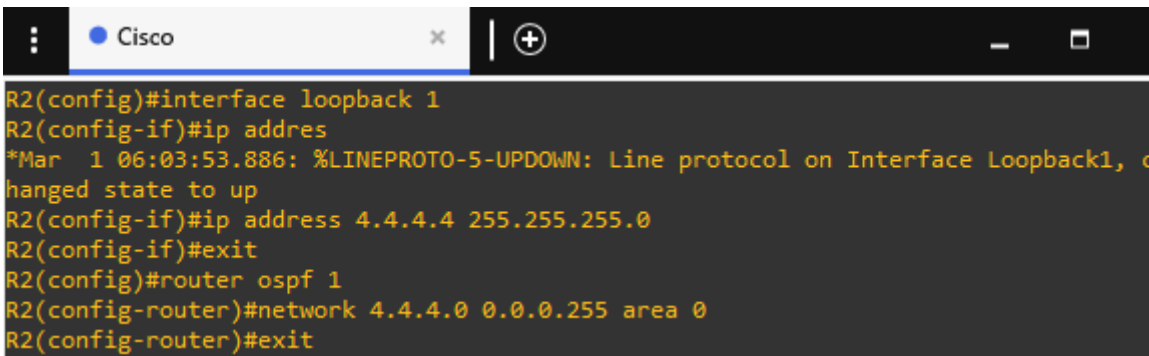
```

Figura 3.234 Configuración del protocolo de HDLC en el *router* Huawei del Cliente 4.

Paso 9: Configuración de las interfaces de *Loopback* para los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei

- La creación y configuración de estas interfaces *Loopback* servirán para identificar a los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei dentro de la red MPLS.
- La dirección de *Loopback* no necesitan un comando para su activación ya que por defecto vienen activadas.
- Luego con el protocolo OSPF se da a conocer las redes de las interfaces de *Loopback* entre los *routers*.
- Cisco:** Crear la interfaz de *Loopback* con el comando: **interface loopback [número de interfaz]** luego con el comando: **ip address [dirección IP] [máscara]** asignar la dirección IP para este caso: 4.4.4.4/24. A continuación se ingresa a la configuración


del protocolo OSPF y se declara la red de la interfaz de *Loopback* con su máscara *Wildcard* y el área para que los demás *routers* la conozcan. Ver **Figura 3.235**.



```
R2(config)#interface loopback 1
R2(config-if)#ip address
*Mar 1 06:03:53.886: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback1, c
hanged state to up
R2(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
R2(config-if)#exit
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 4.4.4.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#exit
```

Figura 3.235 Configuración de la interfaz de *Loopback* en el *router* Cisco.

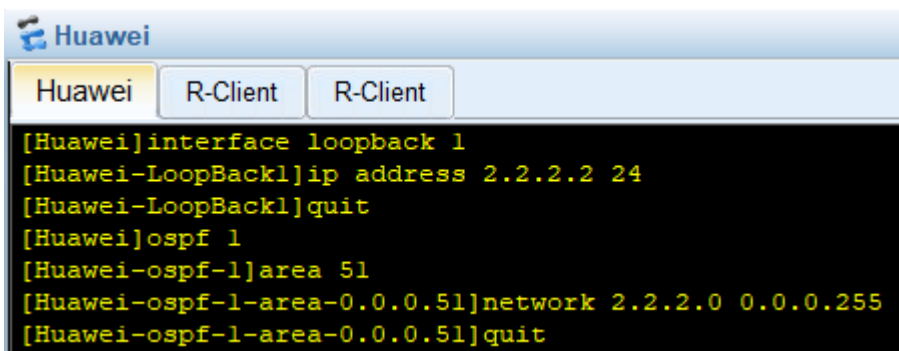
- **Mikrotik:** Crear la interface de *Loopback* con la interface *bridge* con la siguiente dirección IP: 1.1.1.1/24 y con la siguiente línea de comandos: ***interface bridge add name=Loopback[número de interfaz] protocol-mode=none*** e ***ip address add address=[dirección IP de la Loopback/máscara] interface=Loopback[número de interfaz]*** luego se debe declarar la red de la interfaz *Loopback* dentro del protocolo OSPF con el comando: ***routing ospf network add network=[dirección de red de la interfaz de Loopback/máscara] área=[nombre de área]***. Ver **Figura 3.236**.



```
[admin@mikrotik] > interface bridge add name=loopback1 protocol-mode=none
[admin@mikrotik] > ip address add address=1.1.1.1/24 interface=loopback1
[admin@mikrotik] > routing ospf
[admin@mikrotik] /routing ospf> network add network=1.1.1.0/24 area=backbone
```

Figura 3.236 Configuración de la interfaz de *Loopback* en el *router* Mikrotik.

Huawei: Se crea la dirección de *Loopback* con la dirección IP: 2.2.2.2/24 y se la declara dentro del protocolo OSPF. Ver **Figura 3.237**.

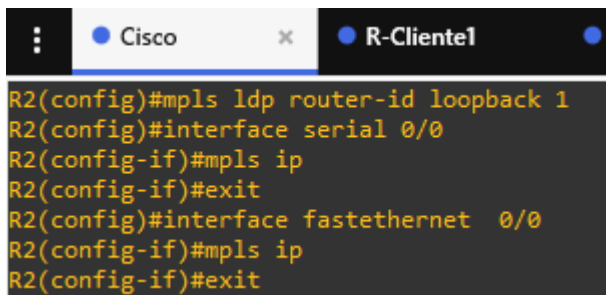


```
Huawei
Huawei R-Client R-Client
[Huawei]interface loopback 1
[Huawei-LoopBack1]ip address 2.2.2.2 24
[Huawei-LoopBack1]quit
[Huawei]ospf 1
[Huawei-ospf-1]area 51
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]network 2.2.2.0 0.0.0.255
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.51]quit
```

Figura 3.237 Configuración de la interfaz de *Loopback* en el *router* Huawei.

Paso 10: Configuración de MPLS en los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei

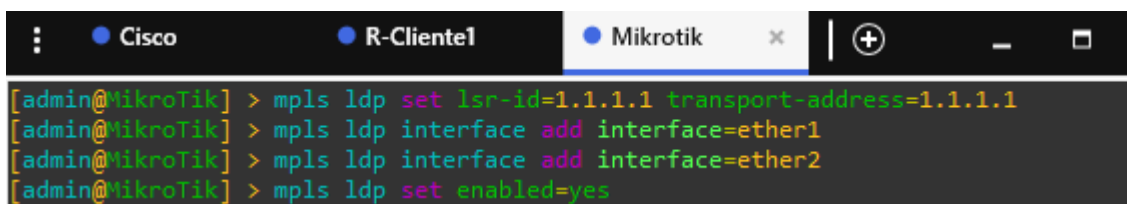
- Configurar la interfaz de *Loopback* como el identificador de los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei dentro de la red MPLS.
- Cisco:** establecer a la *Loopback* como identificador del *router* dentro de la red MPLS con el comando: ***mpls ldp router-id loopback [número de interfaz]*** luego dentro de cada interfaz física del *router* habilitar el protocolo de MPLS con el comando: ***mpls ip***. Ver **Figura 3.238**.



```
R2(config)#mpls ldp router-id loopback 1
R2(config)#interface serial 0/0
R2(config-if)#mpls ip
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface fastethernet 0/0
R2(config-if)#mpls ip
R2(config-if)#exit
```

Figura 3.238 Configuración del protocolo MPLS en el *router* Cisco.

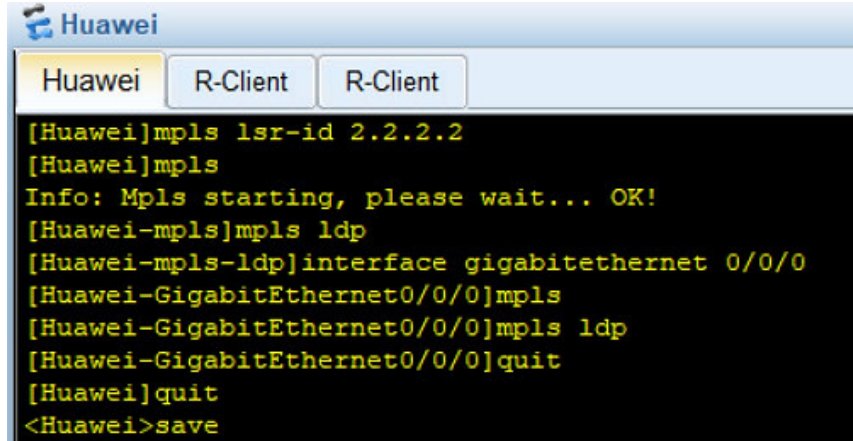
- Mikrotik:** Establecer a la *Loopback* 1.1.1.1/24 como el identificador y la dirección de transporte del Router dentro de la red MPLS con la línea de comandos: ***mpls ldp set lsr-id=[dirección IP de la Loopback] transport-address=[dirección IP de la Loopback]*** luego establecer qué interfaces físicas del *router* trabajarán con MPLS con la línea de comandos: ***mpls ldp interface add interface=[interfaz]*** y por último se habilita de forma general MPLS con el comando: ***mpls ldp set enabled=yes***. Ver **Figura 3.239**.



```
[admin@MikroTik] > mpls ldp set lsr-id=1.1.1.1 transport-address=1.1.1.1
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether1
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether2
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes
```

Figura 3.239 Configuración del protocolo MPLS en el *router* Mikrotik.

- Huawei:** Establecer a la *Loopback* 2.2.2.2/24 como el identificador del *router* con el comando: ***mpls lsr-id [dirección IP de la Loopback]*** luego se habilita el Protocolo MPLS y LDP de forma global y luego dentro de cada interfaz física con los comandos: ***mpls*** y ***mpls ldp***. Ver **Figura 3.240**.



```
Huawei
Huawei  R-Client  R-Client
[Huawei]mpls lsr-id 2.2.2.2
[Huawei]mpls
Info: Mpls starting, please wait... OK!
[Huawei-mpls]mpls ldp
[Huawei-mpls-ldp]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]mpls
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]mpls ldp
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]quit
<Huawei>save
```

Figura 3.240 Configuración del protocolo MPLS en el *router* Mikrotik.

Desarrollo de la hoja guía 4

PRÁCTICA 4

PREPARATORIO

Tema: Configuración del protocolo *Frame Relay* mediante *Switches* y redistribución de OSPF e IS-IS.

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Complete la siguiente tabla con los comandos que se utilizan para configurar IS-IS en un dispositivo CISCO y HUAWEI.

Comandos	CISCO	HUAWEI
Comando para activar o configurar el protocolo IS-IS		
Comando para establecer la entidad de red de IS-IS		
Comando para habilitar IS-IS en las interfaces		

2. Consultar cómo es el funcionamiento de *Frame Relay* y las partes que poseen sus tramas.

3. Consultar cómo es el funcionamiento de un *Switch Frame Relay*.

HOJA GUÍA 4

ESTUDIANTE

Tema: Configuración del protocolo *Frame Relay* mediante *Switches* y redistribución de OSPF e IS-IS.

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Aprender a configurar OSPF con múltiples áreas en los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei.
- Configurar el protocolo de encapsulamiento *Frame Relay* con *Switches* y *routers* Cisco y Huawei.
- Aprender a redistribuir los protocolo OSPF e IS-IS.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- VPCs
- *Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

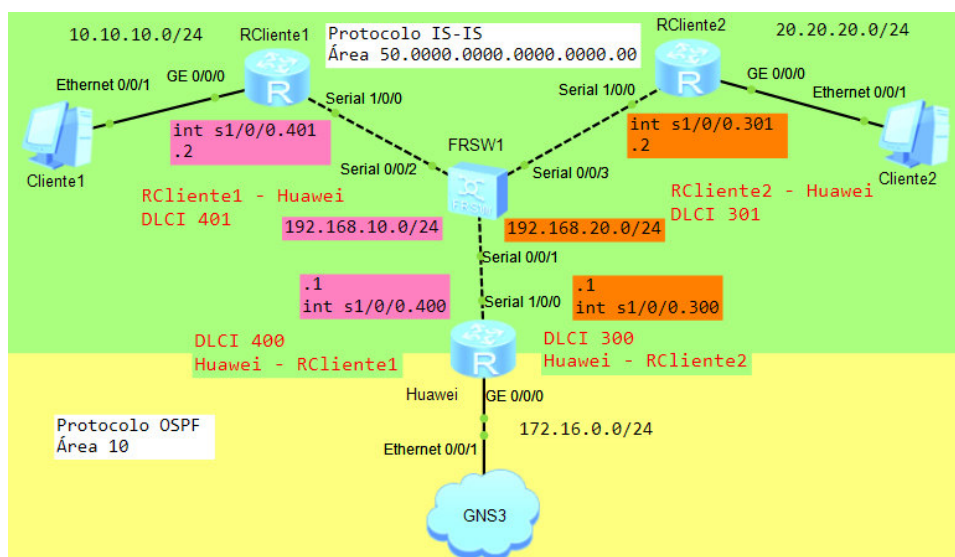


Figura 3.241 Topología en eNSP para la Hoja Guía 4 Estudiante.

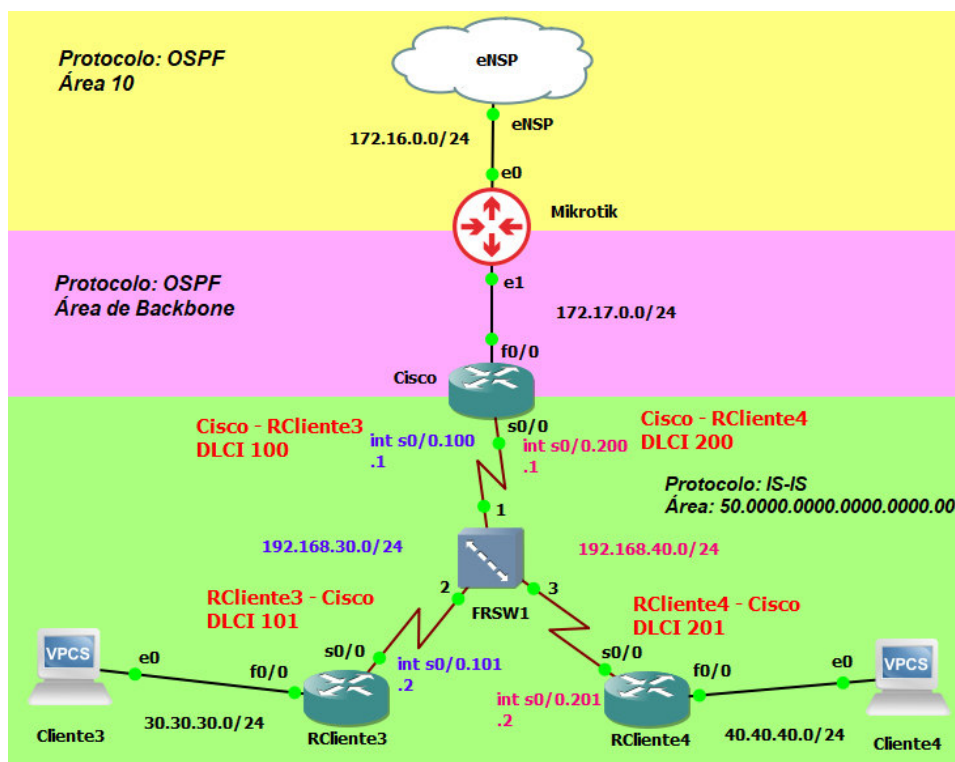


Figura 3.242 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 4 Estudiante.

4. Desarrollo de la práctica

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Agregar los *routers* Huawei, las PCs y un *switch Frame Relay* en eNSP.
- Agregar los *routers* Cisco y Mikrotik, un *switch Frame Relay* y las VPCs en GNS3.

Paso 2: Configuración de las *clouds*

- Agregar una *cloud* en GNS3 y una en eNSP.
- Configurar los puertos locales y remotos para conectar GNS3 y eNSP.

Paso 3: Configuración de las interfaces de los *Switches Frame Relay* y los *routers* conectados a los *Switches FR*

- Establecer los identificadores de los canales de los circuitos (DLCI) entre los *routers*.
- Configurar la tabla de mapeo de los *Switches Frame Relay* de GNS3 y eNSP con los DLCI.
- Establecer los enlaces en los puertos disponibles del *Switch FR*.
- En los *routers* conectados al *Switch Frame Relay* configurar subinterfaces lógicas seriales punto a punto.

Paso 4: Configuración de las interfaces de los *routers* y los ordenadores

Configurar las interfaces con las siguientes direcciones IP

- **Huawei:** Configurar la interfaz **GE 0/0/0** con la red: **172.16.0.0/24**.
- **RCiente1:** Configurar la interfaz **GE 0/0/0** con la red: **10.10.10.0/24**.
- **RCiente2:** Configurar la interfaz **GE 0/0/0** con la dirección **20.20.20.0/24**.
- **Mikrotik:** Configurar la interfaz **e0** (ether1) con la dirección **172.16.0.2/24** y la interfaz **e1** (ether2) con la dirección **172.17.0.1/24**.
- **Cisco:** Configurar la interfaz **f0/0** con la red: **172.17.0.0/24**.
- **RCiente3:** Configurar la interfaz **f0/0** con la red: **30.30.30.0/24**.
- **RCiente4:** Configurar la interfaz **f0/0** con la red: **40.40.40.0/24**.
- Configurar las direcciones IP correspondientes a cada ordenador en GNS3 y eNSP.

Paso 5: Configuración del protocolo IS-IS en los *routers* Huawei y Cisco

- Habilitar el protocolo IS-IS en cada *router* y establecer el área correspondiente.
- Habilitar el protocolo IS-IS en las interfaces físicas y las subinterfaces lógicas seriales.

Paso 6: configuración del protocolo OPSF en los *routers* Huawei, Mikrotik y Cisco

- Habilitar el protocolo OSPF en cada *router*.
- Declarar las redes correspondientes y el área.

Paso 7: Configuración de la redistribución en los *routers* Cisco y Huawei

- Ingresar a la configuración del protocolo IS-IS y realizar la redistribución del protocolo OSPF y viceversa.

HOJA GUÍA 4

DOCENTE

Tema: Configuración del protocolo *Frame Relay* mediante *Switches* y redistribución de OSPF e IS-IS.

Docente:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Aprender a configurar OSPF con múltiples áreas en los *routers* Cisco, Mikrotik y Huawei
- Configurar el protocolo de encapsulamiento *Frame Relay* con *Switches* y *routers* Cisco y Huawei
- Aprender a redistribuir los protocolo OSPF e IS-IS

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- VPCs
- *Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

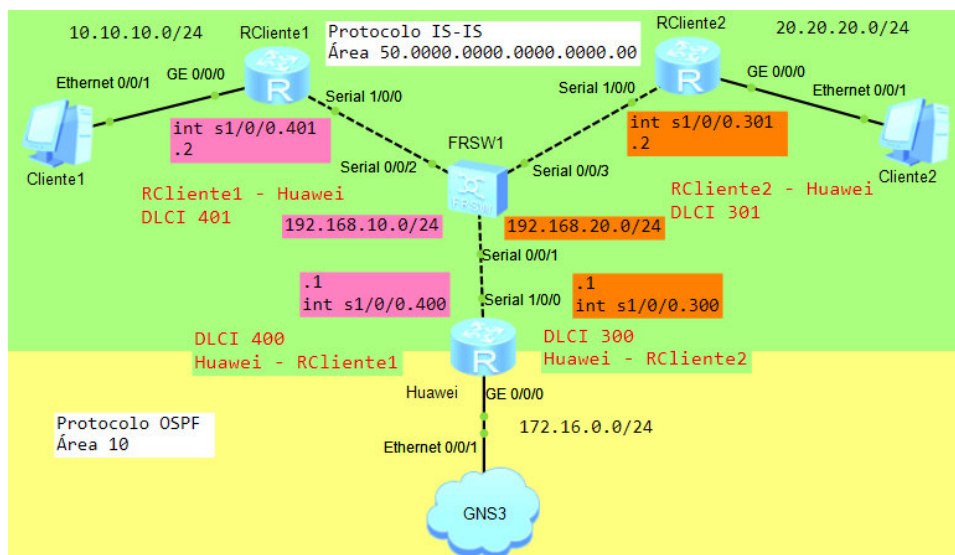


Figura 3.243 Topología en eNSP para la Hoja Guía 4 Docente.

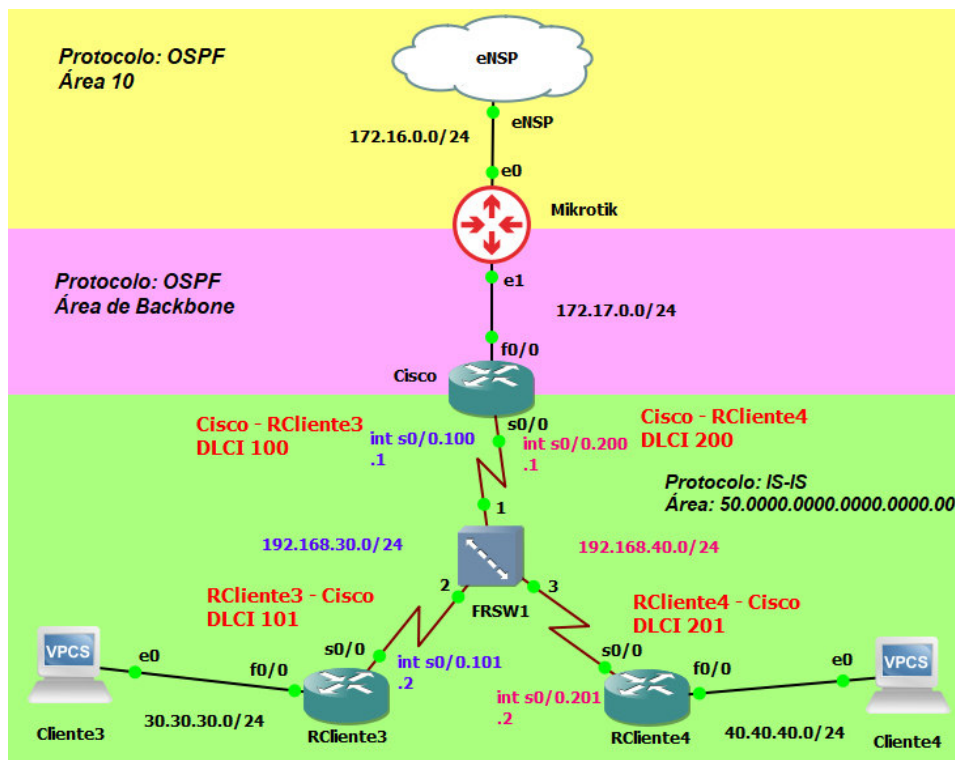


Figura 3.244 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 4 Docente.

4. Desarrollo de la práctica

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP

- Agregar los *routers* Huawei, las PCs y un *switch Frame Relay* en eNSP y agregar los *routers* Cisco y Mikrotik, un *switch Frame Relay* y las VPCs en GNS3.
- Para esta práctica los *routers* Cisco y Huawei usarán enlaces seriales para poder conectar los *routers* con los *Switches Frame Relay* por tanto se debe agregarlos, para el caso de los *routers* Cisco estos ya tienen agregados los enlaces seriales así que lo que faltaría sería configurar los enlaces seriales en los *routers* Huawei por tanto se hace un doble clic izquierdo sobre el ordenador y en la ventana emergente en la sección **View** buscar y agregar el módulo 2SA que proporciona dos enlaces seriales. Ver **Figura 3.245**.

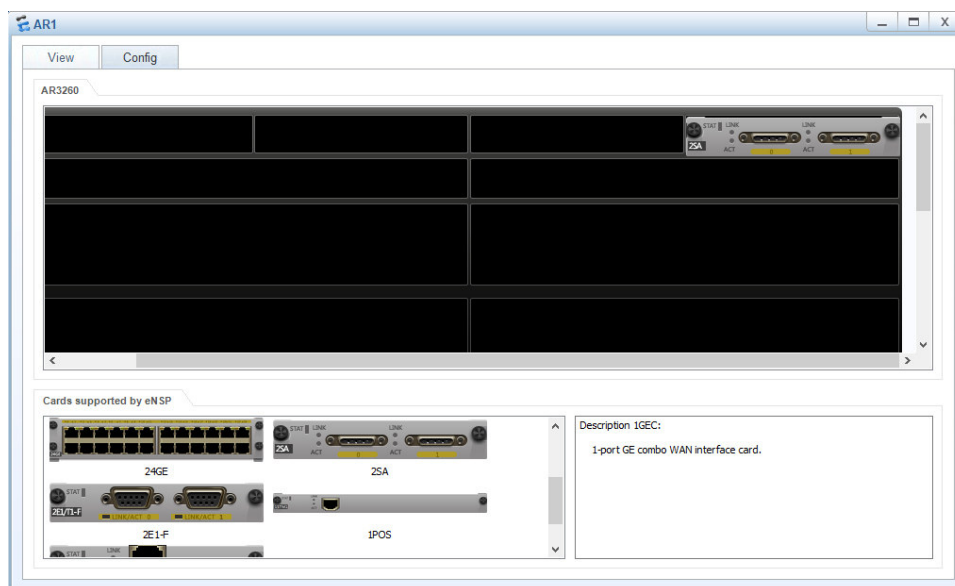


Figura 3.245 Configuración de los puertos seriales en el router Huawei.

Paso 2: Configuración de las *clouds*

- Agregar una *cloud* en GNS3 y una en eNSP.
- Configurar los puertos locales y remotos para establecer el túnel UDP que permitirá la conexión entre GSN3 y eNSP; en la *cloud* de eNSP agregar los dos puertos tipo *Ethernet Internal* y *Public*, este último con los siguientes puertos: *Listening port* (30001) y el *Peer Port* (30002) y en la *cloud* de GNS3 en la pestaña *UDP Tunnels* configurar: *local port* (30001) y *remote port* (30002) ambas con las misma dirección IP: 127.0.0.1. Ver Figura 3.246 y Figura 3.247.

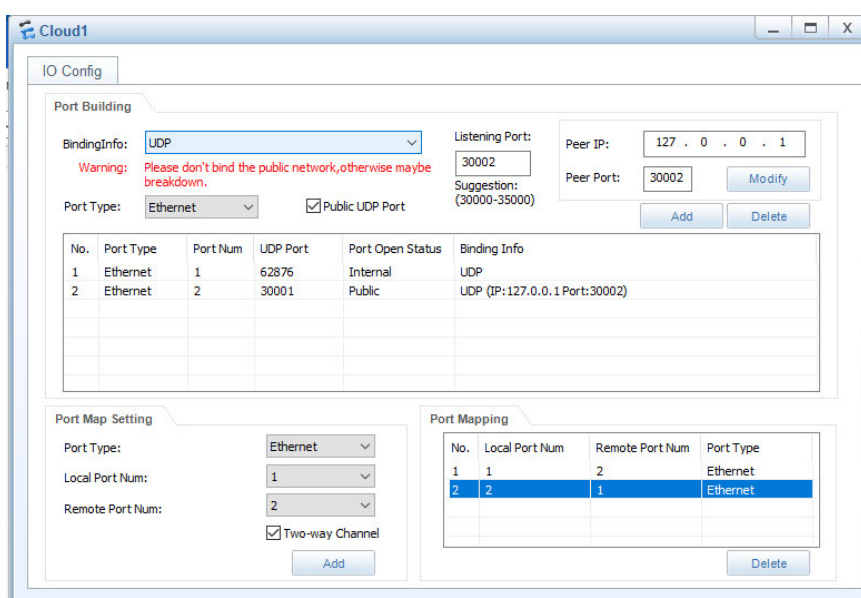


Figura 3.246 Configuración de la *cloud* de eNSP.

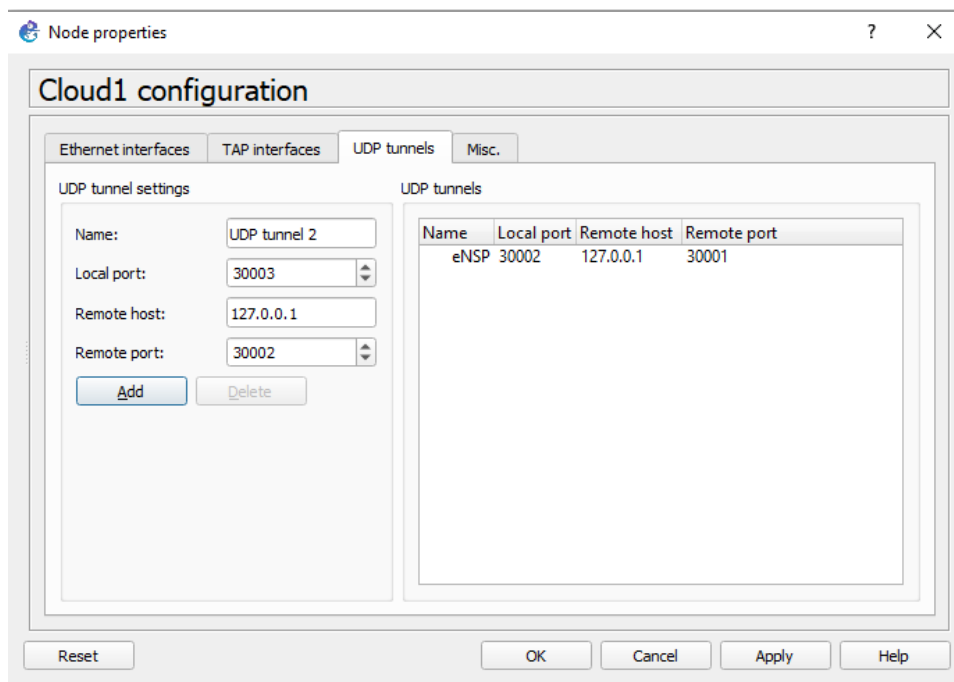


Figura 3.247 Configuración de la *cloud* de GNS3.

Paso 3: Configuración de las interfaces de los *Switches Frame Relay* y los *routers* conectados a los *switches FR*

Frame Relay es un protocolo de encapsulamiento el cual asigna un identificador (DLCI) a los circuitos que se establecen (PVC: Circuito virtual permanente) entre *routers* por tanto:

- Lo primero a realizar es establecer los identificadores de los canales de los circuitos (DLCI) entre los *routers* para que luego se pueda configurar el *Switch Frame Relay* debido a que estos *switches* tanto en GNS3 como eNSP configuran su tabla de mapeo de acuerdo con los DLCI.
- En GNS3 se da clic derecho sobre el *switch FR* y se escoge la opción **Settings** y en eNSP se hace doble clic sobre el *switch*, en la ventana emergente en las secciones **Source** y **Destination** se establecerán los DLCI correspondiente para que el *router* Cisco y Huawei se puedan comunicar con sus respectivos *routers* clientes. Para este caso se necesita configurar tres puertos o interfaces para cada *switch* (en GNS3: 1,2 y 3 y en eNSP: serial 0/0/1, 0/0/2 y 0/0/3). Ver **Figura 3.248** y **Figura 3.249**.
- El procedimiento que se siguió para configurar el *switch FR* en GNS3 es el mismo que se usó para el *switch FR* de eNSP. Primero se conectó el *router Cisco* al puerto 1, el *router Cisco RCliente3* al puerto 2 y el *router Cisco RCliente4* al puerto 3 teniendo en cuenta esto, se estableció la tabla de mapeo: para el primer caso se comunicarán el

router Cisco con DLCI 100 y el RCliente3 con DLCI 101 por tanto en la sección fuente (*Source*) se establece: *Port: 1* y DLCI 100 y en la sección destino (*Destination*) se establece: *Port: 2* y DLCI 101, este procedimiento se repite para el otro enlace y para el switch FR de eNSP.

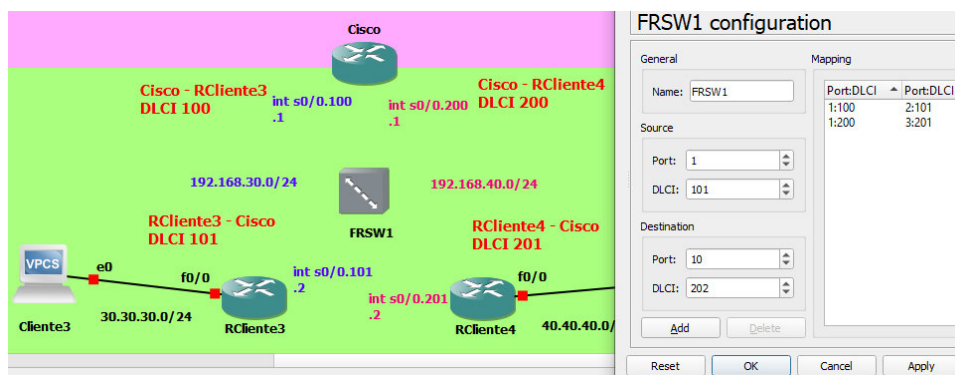


Figura 3.248 Configuración del *Switch Frame Relay* de GNS3.

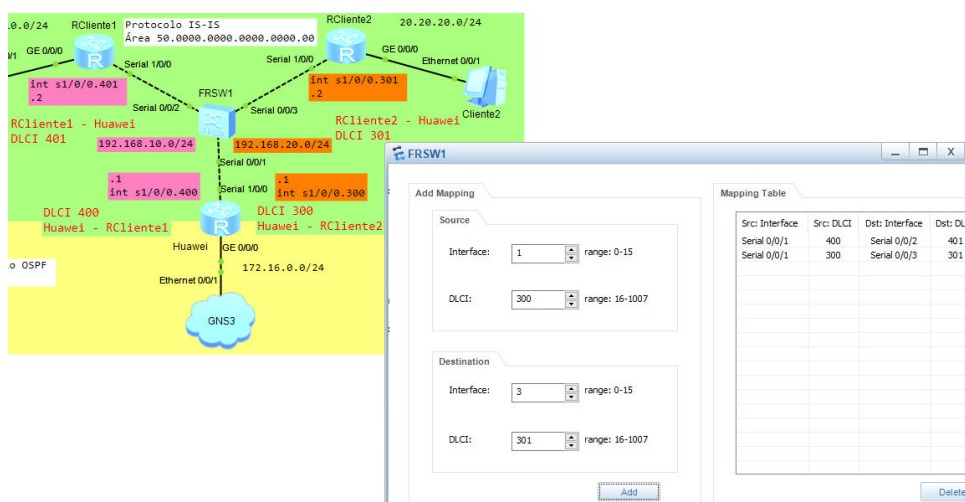


Figura 3.249 Configuración del *Switch Frame Relay* de eNSP.

- A continuación se procede a configurar los *routers* Cisco y Huawei que están conectados al *Switch Frame Relay*. En *routers* Cisco y Huawei lo primero a realizar es ingresar al modo de configuración de las interfaces físicas del *router* con el comando: ***interface [tipo de interfaz] [número de la interfaz]*** y habilitar la encapsulación *Frame Relay* en Cisco con el comando: ***encapsulation frame-relay*** y en Huawei con el comando: ***link-protocol fr*** y adicionalmente solo en los *Routers* Cisco se debe activar las interfaces con el comando: ***no shutdown***, en los *routers* Huawei no es necesario porque las interfaces ya se activan automáticamente. Ver **Figura 3.250** y **Figura 3.251**.

```
Cisco#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Cisco(config)#interface serial 0/0
Cisco(config-if)#encapsulation frame-relay
Cisco(config-if)#no shutdown
Cisco(config-if)#exit
Cisco(config)#
*Mar 1 00:08:26.859: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
Cisco(config-if)#
```

Figura 3.250 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física del *router* Cisco.

```
Huawei
Huawei
[Huawei]interface serial 1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]link-protocol fr
Warning: The encapsulation protocol of the link will be changed. Continue? [Y/N]
:y
Aug 19 2021 12:07:22-08:00 Huawei %%01IFNET/4/CHANGE_ENCAP(1)[0]:The user performed the configuration that will change the encapsulation protocol of the link and then selected Y.
[Huawei-Serial1/0/0]
Aug 19 2021 12:07:22-08:00 Huawei %%01IFPDT/4/IF_STATE(1)[1]:Interface Serial1/0/0 has turned into DOWN state.
[Huawei-Serial1/0/0]
[Huawei-Serial1/0/0]
Aug 19 2021 12:07:22-08:00 Huawei %%01IFPDT/4/IF_STATE(1)[2]:Interface Serial1/0/0 has turned into UP state.
[Huawei-Serial1/0/0]
Aug 19 2021 12:07:22-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[3]:The line protocol IP on the interface Serial1/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-Serial1/0/0]
Aug 19 2021 12:07:22-08:00 Huawei FR/4/TRAP:OID 16777216.50331648.100663296.16777216.33554432.16777216.16777216.536870912.0.16777216 Interface 100663296 DLCI - 1878982656 turns into 33554432 state (invalid(1), active(2), inactive(3)).
[Huawei-Serial1/0/0]
Aug 19 2021 12:07:22-08:00 Huawei FR/4/TRAP:OID 16777216.50331648.100663296.16777216.33554432.16777216.16777216.536870912.0.16777216 Interface 100663296 DLCI 738263040 turns into 33554432 state (invalid(1), active(2), inactive(3)).
[Huawei-Serial1/0/0]quit
```

Figura 3.251 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física del *router* Huawei.

- Ahora para los *routers* Cisco y Huawei que están conectados al *switch FR* y van a trabajar con el protocolo *Frame Relay* se procede a crear interfaces seriales virtuales punto a punto junto al DLCI por cada circuito virtual. Para el *router* Cisco se usa el comando: ***interface serial[número de interfaz].[DLCI] point-to-point*** y para el *router* Huawei se usa el comando: ***interface serial[número de interfaz].[DLCI] p2p*** luego se procede a asignar la respectiva dirección IP en Cisco y Huawei con el comando ***ip address [dirección IP] [máscara]*** y por último se procede a determinar el DLCI con los comandos: para Cisco: ***frame-relay interface-dlci [DLCI]*** y para Huawei: ***fr dlci [DLCI]***. Ver figuras: Figura 3.252, Figura 3.253, Figura 3.254, Figura 3.255, Figura 3.256 y Figura 3.257.

```
Cisco
Cisco(config)#interface seria0/0.100 point-to-point
Cisco(config-subif)#bandwidth 1000
Cisco(config-subif)#ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
Cisco(config-subif)#frame-relay interface-dlci 100
Cisco(config-fr-dlci)#exit
Cisco(config-subif)#exit
Cisco(config)#interface seria0/0.200 point-to-point
Cisco(config-subif)#bandwidth 1000
Cisco(config-subif)#ip address 192.168.40.1 255.255.255.0
Cisco(config-subif)#frame-relay interface-dlci 200
Cisco(config-fr-dlci)#exit
Cisco(config-subif)#exit
```

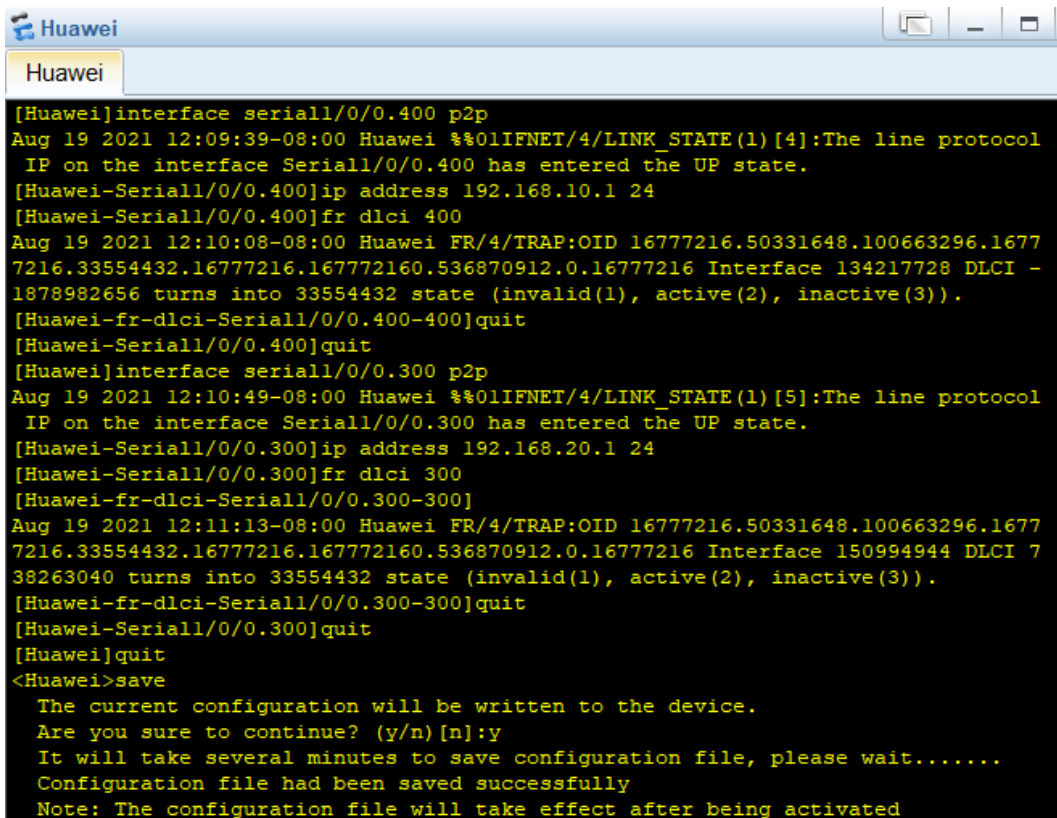
Figura 3.252 Configuración de las interfaces seriales lógicas en el *router* Cisco.

```
RCliente3
RCliente3(config)#interface serial 0/0
RCliente3(config-if)#encapsulation frame-relay
RCliente3(config-if)#no shutdown
RCliente3(config-if)#exit
RCliente3(config)#
*Mar 1 00:12:30.147: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
RCliente3(config)#
*Mar 1 00:12:41.147: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, changed state to up
RCliente3(config)#interface serial0/0.101 point-to-point
RCliente3(config-subif)#bandwidth 1000
RCliente3(config-subif)#ip address 192.168.30.2 255.255.255.0
RCliente3(config-subif)#frame-relay interface-dlci 101
RCliente3(config-fr-dlci)#exit
RCliente3(config-subif)#exit
RCliente3(config)#exit
RCliente3#wr
Building configuration...
```

Figura 3.253 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del *router* Cisco del Cliente3.

```
RCliente4
RCliente4(config)#interface serial 0/0
RCliente4(config-if)#encapsulation frame-relay
RCliente4(config-if)#no shutdown
RCliente4(config-if)#exit
RCliente4(config)#
*Mar 1 00:14:53.771: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
RCliente4(config)#
*Mar 1 00:15:04.771: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, changed state to up
RCliente4(config)#interface serial0/0.201 point-to-point
RCliente4(config-subif)#bandwidth 1000
RCliente4(config-subif)#ip address 192.168.40.2 255.255.255.0
RCliente4(config-subif)#frame-relay interface-dlci 201
RCliente4(config-fr-dlci)#exit
RCliente4(config-subif)#exit
RCliente4(config)#exit
RCliente4#wr
Building configuration...
[OK]
```

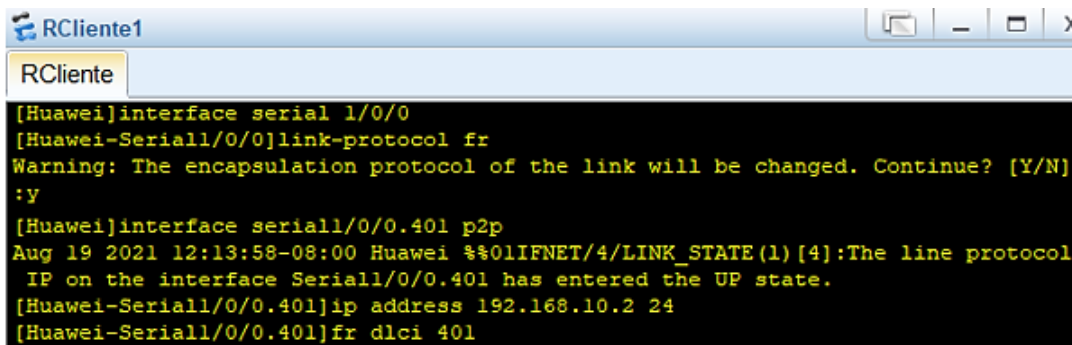
Figura 3.254 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del *router* Cisco del Cliente4.



```

Huawei
[Huawei]interface serial1/0/0.400 p2p
Aug 19 2021 12:09:39-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol
IP on the interface Serial1/0/0.400 has entered the UP state.
[Huawei-Serial1/0/0.400]ip address 192.168.10.1 24
[Huawei-Serial1/0/0.400]fr dlci 400
Aug 19 2021 12:10:08-08:00 Huawei FR/4/TRAP:OID 16777216.50331648.100663296.1677
7216.33554432.16777216.167772160.536870912.0.16777216 Interface 134217728 DLCI -
1878982656 turns into 33554432 state (invalid(1), active(2), inactive(3)).
[Huawei-fr-dlci-Serial1/0/0.400-400]quit
[Huawei-Serial1/0/0.400]quit
[Huawei]interface serial1/0/0.300 p2p
Aug 19 2021 12:10:49-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[5]:The line protocol
IP on the interface Serial1/0/0.300 has entered the UP state.
[Huawei-Serial1/0/0.300]ip address 192.168.20.1 24
[Huawei-Serial1/0/0.300]fr dlci 300
[Huawei-fr-dlci-Serial1/0/0.300-300]
Aug 19 2021 12:11:13-08:00 Huawei FR/4/TRAP:OID 16777216.50331648.100663296.1677
7216.33554432.16777216.167772160.536870912.0.16777216 Interface 150994944 DLCI 7
38263040 turns into 33554432 state (invalid(1), active(2), inactive(3)).
[Huawei-fr-dlci-Serial1/0/0.300-300]quit
[Huawei-Serial1/0/0.300]quit
[Huawei]quit
<Huawei>save
The current configuration will be written to the device.
Are you sure to continue? (y/n)[n]:y
It will take several minutes to save configuration file, please wait.....
Configuration file had been saved successfully
Note: The configuration file will take effect after being activated
  
```

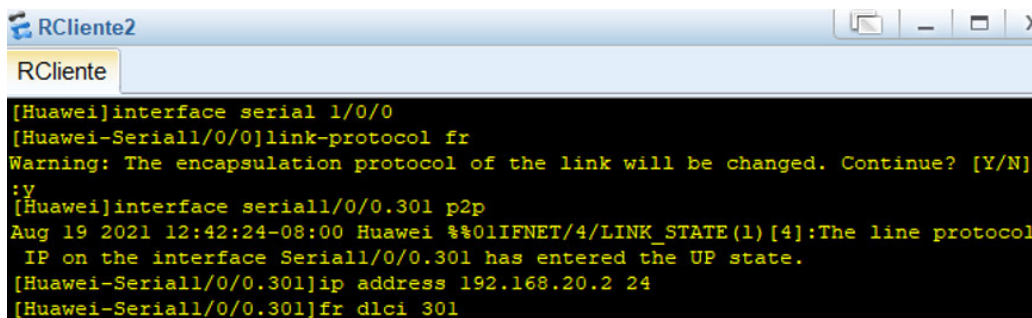
Figura 3.255 Configuración de las interfaces seriales lógicas en el *router* Cisco.



```

RCliente
[Huawei]interface serial 1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]link-protocol fr
Warning: The encapsulation protocol of the link will be changed. Continue? [Y/N]
:y
[Huawei]interface serial1/0/0.401 p2p
Aug 19 2021 12:13:58-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol
IP on the interface Serial1/0/0.401 has entered the UP state.
[Huawei-Serial1/0/0.401]ip address 192.168.10.2 24
[Huawei-Serial1/0/0.401]fr dlci 401
  
```

Figura 3.256 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del *router* Huawei del Cliente1.



```

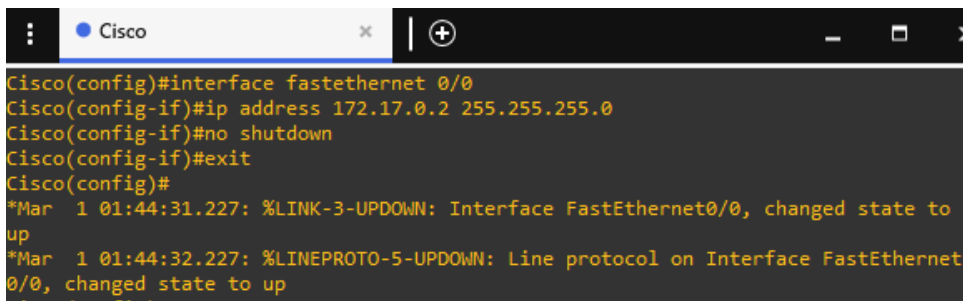
RCliente
[Huawei]interface serial 1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]link-protocol fr
Warning: The encapsulation protocol of the link will be changed. Continue? [Y/N]
:y
[Huawei]interface serial1/0/0.301 p2p
Aug 19 2021 12:42:24-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol
IP on the interface Serial1/0/0.301 has entered the UP state.
[Huawei-Serial1/0/0.301]ip address 192.168.20.2 24
[Huawei-Serial1/0/0.301]fr dlci 301
  
```

Figura 3.257 Configuración de la encapsulación FR en la interfaz serial física y la configuración de la interfaz serial lógica del *router* Huawei del Cliente2.

Paso 4: Configuración de las interfaces de los *routers* y los ordenadores

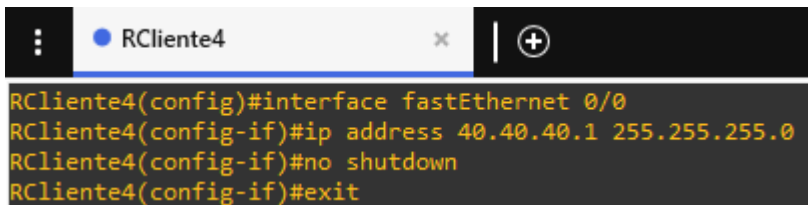
Lo siguiente es configurar las interfaces físicas de los *routers* y los ordenadores con las respectivas direcciones IP

- **Cisco:** Configurar las interfaces de los *routers* Cisco con el comando: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]**, luego se establece la dirección IP y se activa la interfaz con los comandos: **ip address [dirección IP] [máscara]** y **no shutdown** y posteriormente se configura las direcciones de los ordenadores con el comando: **ip [dirección IP PC] [dirección Gateway] [máscara]**; para el *router* Cisco configurará la interfaz FastEthernet 0/0 con la dirección IP: 172.17.0.2/24, para el *router* RCliente3 la interfaz f0/0 con la dirección IP: 30.30.30.1/24 y la interfaz f0/0 del *router* RCliente4 con la dirección IP: 40.40.40.1/24. Ver **Figura 3.258**, **Figura 3.259** y **Figura 3.260**. Por último los ordenadores Cliente3 con la dirección IP: 30.30.30.2/24 y Cliente4 con la dirección IP: 40.40.40.2/24. Ver **Figura 3.261** y **Figura 3.262**.



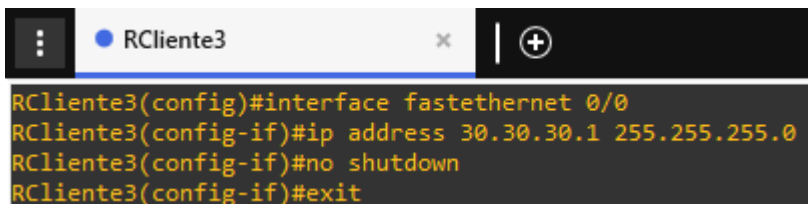
```
Cisco
Cisco(config)#interface fastEthernet 0/0
Cisco(config-if)#ip address 172.17.0.2 255.255.255.0
Cisco(config-if)#no shutdown
Cisco(config-if)#exit
Cisco(config)#
*Mar 1 01:44:31.227: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 01:44:32.227: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet 0/0, changed state to up
```

Figura 3.258 Configuración de la interfaz física del *router* Cisco.



```
RCliente4
RCliente4(config)#interface fastEthernet 0/0
RCliente4(config-if)#ip address 40.40.40.1 255.255.255.0
RCliente4(config-if)#no shutdown
RCliente4(config-if)#exit
```

Figura 3.259 Configuración de la interfaz física del *router* Cisco del Cliente 4.



```
RCliente3
RCliente3(config)#interface fastEthernet 0/0
RCliente3(config-if)#ip address 30.30.30.1 255.255.255.0
RCliente3(config-if)#no shutdown
RCliente3(config-if)#exit
```

Figura 3.260 Configuración de la interfaz física del *router* Cisco del Cliente 3.

```

Cliente3
Cliente3> ip 30.30.30.2 30.30.30.1 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 30.30.30.2 255.255.255.0 gateway 30.30.30.1

Cliente3> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

```

Figura 3.261 Configuración de las direcciones IP del PC Cliente3.

```

Cliente4
Cliente4> ip 40.40.40.2 40.40.40.1 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 40.40.40.2 255.255.255.0 gateway 40.40.40.1

Cliente4> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

```

Figura 3.262 Configuración de las direcciones IP del PC Cliente4.

- **Mikrotik:** Configurar las interfaces e0 (ether1) y e1 (ether2) con las siguientes direcciones IP: 172.16.0.2/24 y 172.17.0.1/24 respectivamente esto con la línea de comandos: **ip address add address=[dirección IP interfaz/máscara] interface=[interfaz]**. Ver Figura 3.263.

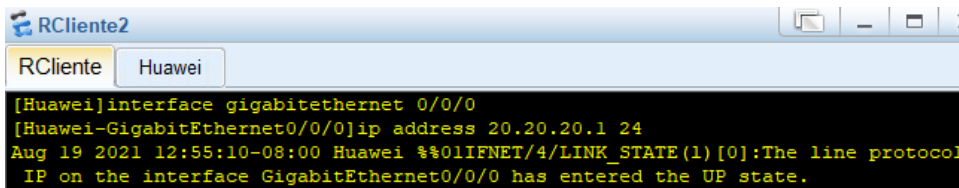
```

Mikrotik
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.16.0.2/24 interface=ether1
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.17.0.1/24 interface=ether2
[admin@MikroTik] > system backup save
Saving system configuration
Configuration backup saved

```

Figura 3.263 Configuración de las interfaces físicas del *router* Mikrotik.

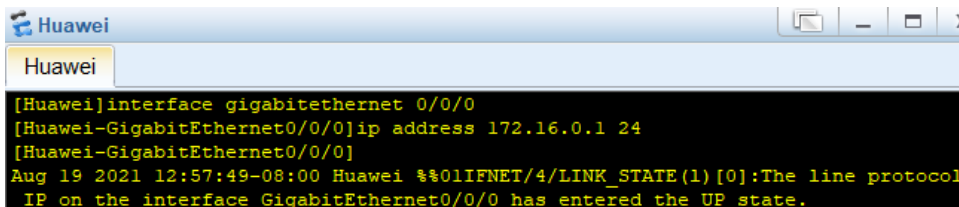
- **Huawei:** Configurar las interfaces de los *routers* Huawei con el comando: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]** y luego se establece la dirección IP con el comando: **ip address [dirección IP] [máscara]** posteriormente se configura las direcciones de los ordenadores desde la interfaz gráfica, para el *router* Huawei se configurará la interfaz GigabitEthernet 0/0/0 con la dirección IP: 172.16.0.1/24, para el *router* RCliente1 la interfaz g0/0/0 con la dirección IP: 10.10.10.2/24 y la interfaz f0/0 del *router* RCliente2 con la dirección IP: 20.20.20.1/24. Ver Figura 3.264, Figura 3.265 y Figura 3.266. Por último, los ordenadores Cliente1 con la dirección IP: 10.10.10.2/24 y Cliente2 con la dirección IP: 20.20.20.2/24. Ver Figura 3.267 y Figura 3.268.



```

RCliente2
RCliente Huawei
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 20.20.20.1 24
Aug 19 2021 12:55:10-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
  
```

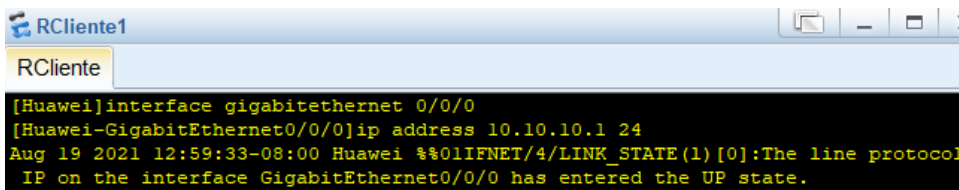
Figura 3.264 Configuración de la interfaz física del *router* Huawei del Cliente 2.



```

Huawei
Huawei
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.16.0.1 24
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]
Aug 19 2021 12:57:49-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
  
```

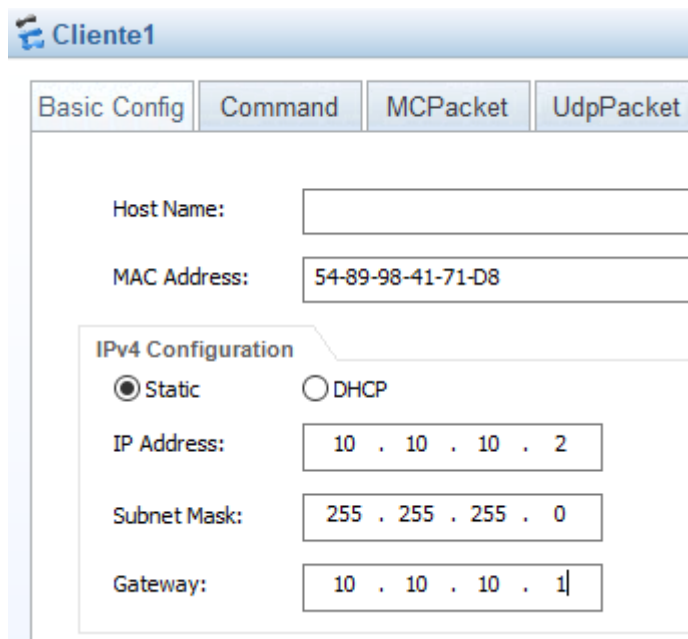
Figura 3.265 Configuración de la interfaz física del *router* Huawei.



```

RCliente1
RCliente
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 10.10.10.1 24
Aug 19 2021 12:59:33-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
  
```

Figura 3.266 Configuración de la interfaz física del *router* Huawei del Cliente 1.



Cliente1

Basic Config Command MCPacket UdpPacket

Host Name:

MAC Address:

IPv4 Configuration

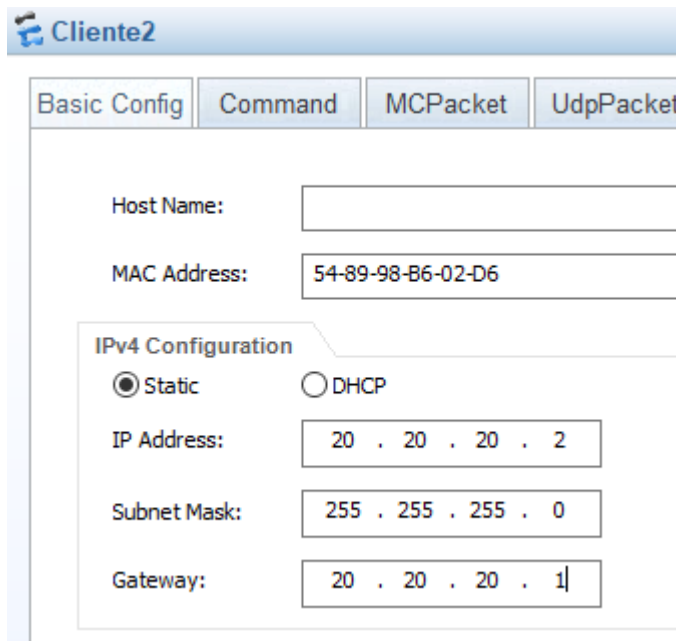
Static DHCP

IP Address:

Subnet Mask:

Gateway:

Figura 3.267 Configuración de las direcciones IP del ordenador Cliente1.



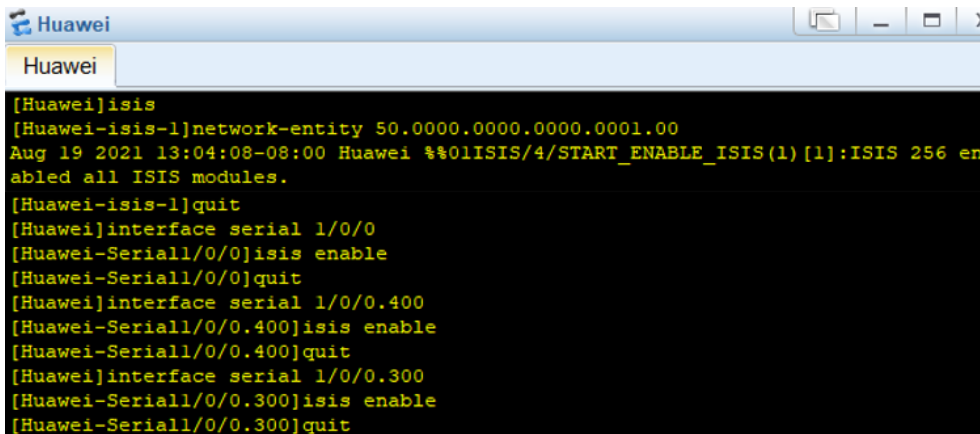
The screenshot shows a configuration window titled 'Cliente2' with four tabs: 'Basic Config', 'Command', 'MCPacket', and 'UdpPacket'. The 'Basic Config' tab is active. It contains the following fields:

- Host Name: (empty text box)
- MAC Address: 54-89-98-B6-02-D6
- IPv4 Configuration section:
 - Static (selected) and DHCP (unselected) radio buttons.
 - IP Address: 20 . 20 . 20 . 2
 - Subnet Mask: 255 . 255 . 255 . 0
 - Gateway: 20 . 20 . 20 . 1

Figura 3.268 Configuración de las direcciones IP del ordenador Cliente2.

Paso 5: Configuración del protocolo IS-IS en los *routers* Huawei y Cisco

- En los *routers* Cisco y Huawei lo primero a realizar es habilitar el protocolo IS-IS con los comandos: **router isis** e **isis** respectivamente luego se establece la entidad de red en Cisco con el comando **net [AA.0000.0000.0000.000B.00]** y en Huawei con el comando: **network-entity [AA.0000.0000.0000.000C.00]** posteriormente se habilita el protocolo IS-IS en cada interfaz física de los *routers*, en Cisco con el comando: **ip router isis** y en Huawei con el comando: **isis enable**, aquí tener en cuenta que se debe habilitar el protocolo IS-IS en las interfaces virtuales seriales creadas anteriormente en los *routers* que están conectados a los *switches* FR. Ver figuras: **Figura 3.269, Figura 3.270, Figura 3.271, Figura 3.272, Figura 3.273 y Figura 3.274.**



```

Huawei
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]network-entity 50.0000.0000.0000.0001.00
Aug 19 2021 13:04:08-08:00 Huawei %%01ISIS/4/START_ENABLE_ISIS(1)[1]:ISIS 256 en
abled all ISIS modules.
[Huawei-isis-1]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0.400
[Huawei-Serial1/0/0.400]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0.400]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0.300
[Huawei-Serial1/0/0.300]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0.300]quit
  
```

Figura 3.269 Configuración del protocolo IS-IS en el *router* Huawei.

```

RCliente1
RCliente
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]network-entity 50.0000.0000.0000.0002.00
Aug 19 2021 13:08:19-08:00 Huawei %%01ISIS/4/START_ENABLE_ISIS(1)[0]:ISIS 256 en
abled all ISIS modules.
[Huawei-isis-1]
[Huawei-isis-1]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0.401
[Huawei-Serial1/0/0.401]isis enable
Aug 19 2021 13:08:51-08:00 Huawei %%01ISIS/4/ADJ_CHANGE_LEVEL(1)[1]:The neighbor
of ISIS was changed. (IsisProcessId=256, Neighbor=0000.0000.0001, InterfaceName
=S1/0/0.401, CurrentState=init, ChangeType=NEW_ADJ_CREATE, Level=Unknown)
[Huawei-Serial1/0/0.401]
Aug 19 2021 13:08:51-08:00 Huawei %%01ISIS/4/ADJ_CHANGE_LEVEL(1)[2]:The neighbor
of ISIS was changed. (IsisProcessId=256, Neighbor=0000.0000.0001, InterfaceName
=S1/0/0.401, CurrentState=up, ChangeType=3_WAY_UP, Level=Level-1-2)
[Huawei-Serial1/0/0.401]quit
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]isis enable
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit

```

Figura 3.270 Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei del Cliente 1.

```

RCliente2
RCliente
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]network-entity 50.0000.0000.0000.0003.00
Aug 19 2021 13:11:21-08:00 Huawei %%01ISIS/4/START_ENABLE_ISIS(1)[0]:ISIS 256 en
abled all ISIS modules.
[Huawei-isis-1]
[Huawei-isis-1]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0]quit
[Huawei]interface serial 1/0/0.301
[Huawei-Serial1/0/0.301]isis enable
Aug 19 2021 13:11:56-08:00 Huawei %%01ISIS/4/ADJ_CHANGE_LEVEL(1)[1]:The neighbor
of ISIS was changed. (IsisProcessId=256, Neighbor=0000.0000.0001, InterfaceName
=S1/0/0.301, CurrentState=init, ChangeType=NEW_ADJ_CREATE, Level=Unknown)
[Huawei-Serial1/0/0.301]
Aug 19 2021 13:11:56-08:00 Huawei %%01ISIS/4/ADJ_CHANGE_LEVEL(1)[2]:The neighbor
of ISIS was changed. (IsisProcessId=256, Neighbor=0000.0000.0001, InterfaceName
=S1/0/0.301, CurrentState=up, ChangeType=3_WAY_UP, Level=Level-1-2)
[Huawei-Serial1/0/0.301]quit
[Huawei]interface gigabitethernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]isis enable
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]quit

```

Figura 3.271 Configuración del protocolo IS-IS en el router Huawei del Cliente 2.

```
Cisco
Cisco(config)#router isis
Cisco(config-router)#net 50.0000.0000.0000.0001.00
Cisco(config-router)#exit
Cisco(config-if)#interface serial0/0.100
Cisco(config-subif)#ip router isis
Cisco(config-subif)#exit
Cisco(config)#interface serial0/0.200
Cisco(config-subif)#ip router isis
```

Figura 3.272 Configuración del protocolo IS-IS en el *router* Cisco.

```
RCliente3
RCliente3(config)#router isis
RCliente3(config-router)#net 50.0000.0000.0000.0002.00
RCliente3(config-router)#exit
RCliente3(config)#interface serial0/0.101
RCliente3(config-subif)#ip router isis
RCliente3(config-subif)#exit
RCliente3(config)#interface fastethernet 0/0
RCliente3(config-if)#ip router isis
RCliente3(config-if)#exit
RCliente3(config)#exit
RCliente3#wr
*Mar 1 01:46:47.175: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
RCliente3#wr
Building configuration...
[OK]
```

Figura 3.273 Configuración del protocolo IS-IS en el *router* Cisco del Cliente 3.

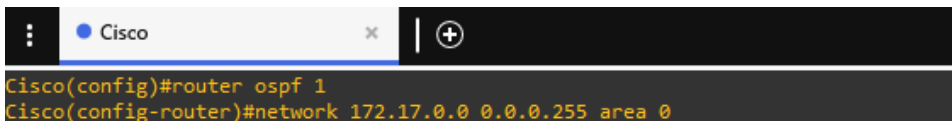
```
RCliente4
RCliente4(config)#router isis
RCliente4(config-router)#net 50.0000.0000.0000.0003.00
RCliente4(config-router)#exit
RCliente4(config)#interface serial0/0.201
RCliente4(config-subif)#ip router isis
RCliente4(config-subif)#exit
RCliente4(config)#interface fastethernet 0/0
RCliente4(config-if)#ip router isis
RCliente4(config-if)#exit
RCliente4(config)#exit
RCliente4#wr
Building configuration...
```

Figura 3.274 Configuración del protocolo IS-IS en el *router* Cisco del Cliente 3.

Paso 6: Configuración del protocolo OPSF en los *routers* Huawei, Mikrotik y Cisco

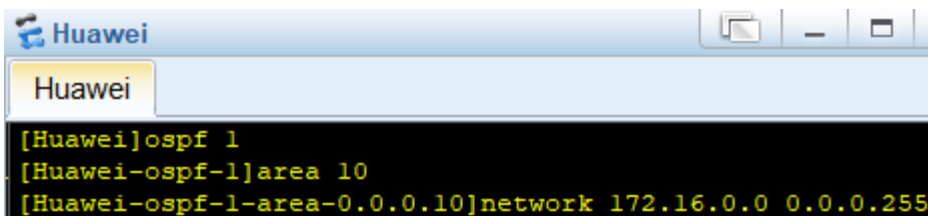
- **Cisco y Huawei:** Para los *routers* Cisco y Huawei lo primero a realizar es habilitar y entrar a la configuración del protocolo OSPF con los siguientes comandos, para Cisco *router ospf [ID del proceso]* y Huawei *ospf [ID del proceso]*, para el *router* Cisco con el comando *network [dirección de red] [máscara Wildcard] área [número de área]* se declara las redes directamente conectadas con su área respectiva, ver **Figura**

3.275. En el caso de Huawei con el comando: **área [número de área]** se indica el área correspondiente y luego con el comando: **network [dirección de red] [máscara Wildcard]** se declaran las redes. Ver **Figura 3.276**.



```
Cisco
Cisco(config)#router ospf 1
Cisco(config-router)#network 172.17.0.0 0.0.0.255 area 0
```

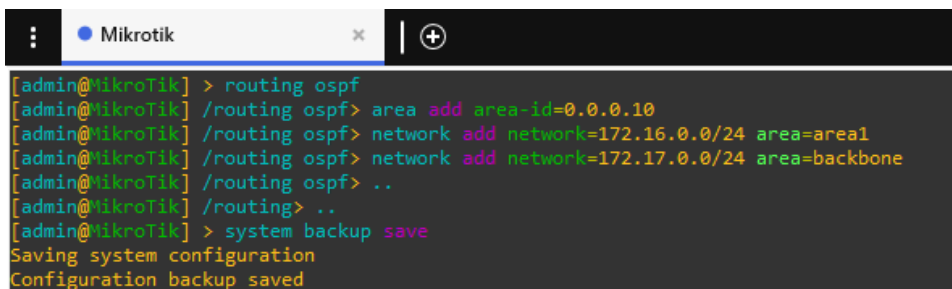
Figura 3.275 Configuración del protocolo OSPF en el *router* Cisco.



```
Huawei
[Huawei]ospf 1
[Huawei-ospf-1]area 10
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.10]network 172.16.0.0 0.0.0.255
```

Figura 3.276 Configuración del protocolo OSPF en el *router* Huawei.

- **Mikrotik:** para el caso del *router* Mikrotik lo primero a realizarse es la creación del área se ingresa al modo de configuración del protocolo: **routing ospf** y con la siguiente línea de comandos se agrega el área: **área add área-id=[área en formato de dirección IP]** y con la línea de comandos **network add network=[dirección de red/máscara] área=[nombre del área]** se declara las redes directamente conectadas. Ver **Figura 3.277**.



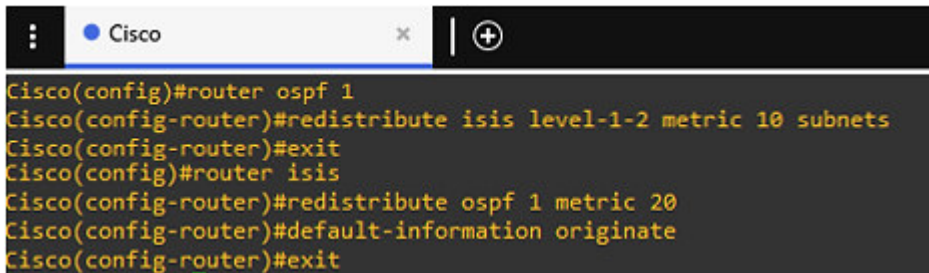
```
[admin@MikroTik] > routing ospf
[admin@MikroTik] /routing ospf> area add area-id=0.0.0.10
[admin@MikroTik] /routing ospf> network add network=172.16.0.0/24 area=area1
[admin@MikroTik] /routing ospf> network add network=172.17.0.0/24 area=backbone
[admin@MikroTik] /routing ospf> ..
[admin@MikroTik] /routing> ..
[admin@MikroTik] > system backup save
Saving system configuration
Configuration backup saved
```

Figura 3.277 Configuración del protocolo OSPF en el *router* Mikrotik.

Paso 6: Configuración de la redistribución en los *routers* Cisco y Huawei

- A continuación se procede a ingresar a la configuración del protocolo IS-IS y realizar la redistribución del protocolo OSPF y viceversa.
- **Cisco:** Primero se ingresa a la configuración del protocolo OSPF y con la línea de comandos: **redistribute isis level-1-2 metric 10 subnets** se realiza la redistribución aquí como se establece level-1-2 para que los *routers* intra e inter área se comuniquen la métrica se establece en 10 ya que es la métrica por defecto de los enlaces IS-IS y **subnets** sirve para que se declaren también la rutas externas sin clase, posteriormente se ingresa a IS-IS y se hace la redistribución con la línea de comandos: **redistribute**

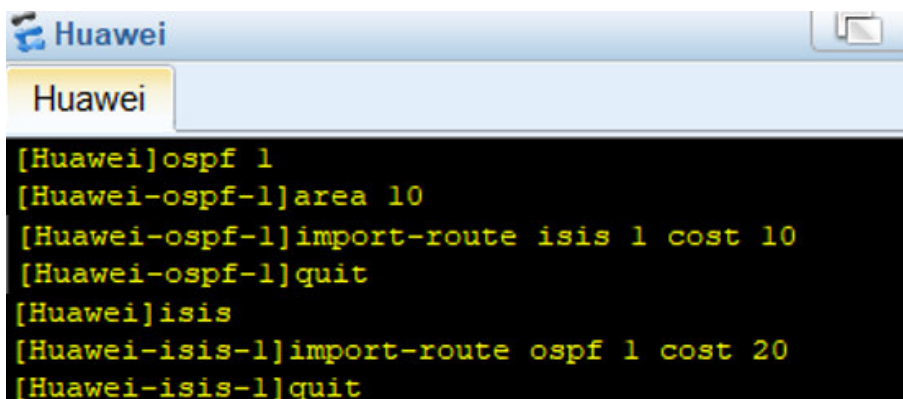
ospf 1 metric 20 se usa una métrica de 20 porque es la predeterminada para los protocolos y con: **default-information originate** se pudo redistribuir las redes. Ver **Figura 3.278**.



```
Cisco(config)#router ospf 1
Cisco(config-router)#redistribute isis level-1-2 metric 10 subnets
Cisco(config-router)#exit
Cisco(config)#router isis
Cisco(config-router)#redistribute ospf 1 metric 20
Cisco(config-router)#default-information originate
Cisco(config-router)#exit
```

Figura 3.278 Configuración de la redistribución de protocolos en el *router* Cisco.

- **Huawei:** Para este caso se usa el comando: **import-route** seguido del protocolo su identificador del proceso y el valor de la métrica. Ver **Figura 3.279**.



```
[Huawei]ospf 1
[Huawei-ospf-1]area 10
[Huawei-ospf-1]import-route isis 1 cost 10
[Huawei-ospf-1]quit
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]import-route ospf 1 cost 20
[Huawei-isis-1]quit
```

Figura 3.279 Configuración de la redistribución de protocolo en el *router* Huawei.

Desarrollo de la hoja guía 5

HOJA GUÍA 5

PREPARATORIO

Tema: Configuración de los protocolos: PPP PAP, PPPoE (Huawei como Servidor), MPLS y redistribución de EIGRP, OSPF, RIPv2 y IS-IS

Nombre: Estudiante

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Complete la siguiente tabla con los comandos que se utilizan para configurar EIGRP en un dispositivo Cisco.

Comandos	Cisco
Comando para activar o configurar el protocolo EIGRP	
Declarar las redes	
Desactivar a autosumarización	

2. Consultar cómo es el funcionamiento de PPP PAP.

3. Consultar cómo se realiza la redistribución de protocolos y los parámetros que se utilizan.

Comandos	Cisco	Huawei	Juniper
Redistribuciones dentro del protocolo RIPv2			
Redistribuciones dentro del protocolo OSPF			
Redistribuciones dentro del protocolo EIGRP		No aplica	No aplica
Redistribuciones dentro del protocolo IS-IS			

HOJA GUÍA 5

ESTUDIANTE

Tema: Configuración de los protocolos: PPP PAP, PPPoE (Huawei como Servidor), MPLS y redistribución de EIGRP, OSPF, RIPv2 y IS-IS

Estudiante:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Aprender a configurar varios protocolos de enrutamiento dinámico y su redistribución.
- Configurar encapsulamiento PPP PAP en los Routers Cisco y Huawei.
- Configurar MPLS en los Routers Cisco, Mikrotik y Juniper.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- IOS *router* Juniper
- VPCs
- *Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

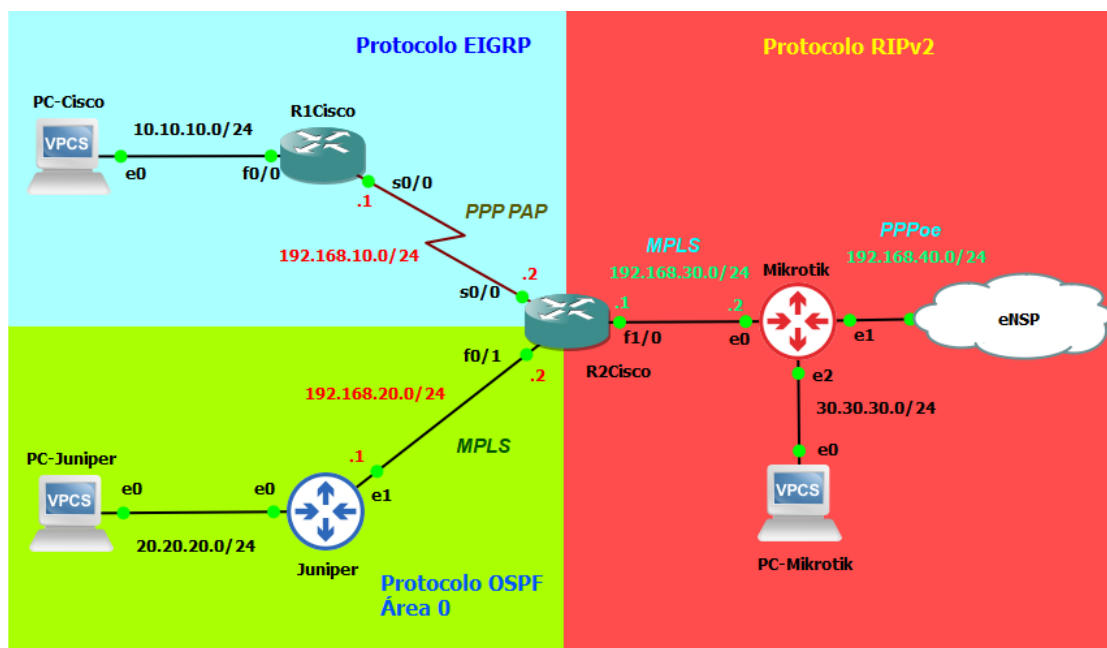


Figura 3.280 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 5 Estudiante.

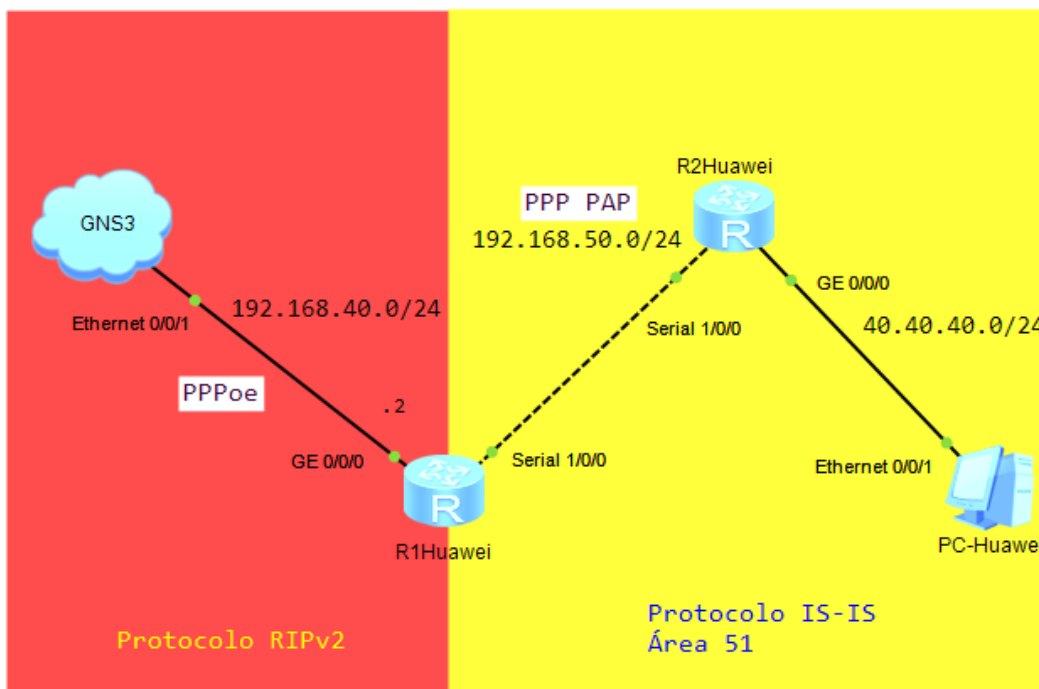


Figura 3.281 Topología en eNSP para la Hoja Guía 5 Estudiante.

4. Desarrollo de la practica

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GSN3 y eNSP e interconectar GNS3 y eNSP

- Agregar dos *routers* Cisco, un *router* Mikrotik, un *router* Juniper y tres VPCs al área de trabajo en GNS3 y dos *routers* Huawei y una PC en eNSP, se usarán enlaces seriales por tanto agregar los módulos necesarios en los *router* Huawei.
- Agregar una *cloud* en GNS3 y una eNSP y configurar los puertos locales y remotos para su conexión.
- Establecer la conexiones en los puertos disponibles

Paso 2: configuración de las interfaces de los *routers* y los ordenadores

Configurar las interfaces con sus respectivas direcciones IP:

- **R1Cisco:** configurar las interfaces f0/0 y s0/0 con la direcciones de red: 10.10.10.0/24 y 192.168.10.0/24.
- **R2Cisco:** configurar las interfaces s0/0, f0/1 y f1/0 con las direcciones de red: 192.168.10.0/24, 192.168.20.0/24 y 192.168.30.0/24.
- **Juniper:** configurar las interfaces e0 (em0) y e1 (em1) con la direcciones de red: 20.20.20.0/24 y 192.168.20.0/24.
- **Mikrotik:** configurar las interfaces e0 (ether1) y e1 (ether2) con la direcciones de red:

192.168.30.0/24 y 192.168.40.0/24.

- **R1Huawei:** configurar las interfaces GE 0/0/0 y serial 1/0/0 con la direcciones de red: 192.168.40.0/24 y 192.168.50.0/24.
- **R2Huawe:** configurar las interfaces serial 1/0/0 y GE 0/0/0 con la direcciones de red: 192.168.50.0/24 y 40.40.40.0/24.

Configurar los ordenadores con sus respectivas direcciones IP:

- **PC-Cisco:** dirección de red: 10.10.10.0/24.
- **PC-Mikrotik:** dirección de red: 30.30.30.0/24.
- **PC-Juniper:** dirección de red: 20.20.20.0/24.
- **PC-Huawei:** dirección de red: 40.40.40.0/24.

Paso 3: Configuración del protocolo EIGRP en los *routers* Cisco y para el *router* R2Cisco también configurar OSPF y RIPv2 y la redistribución de los protocolos: RIPv2, OSPF y EIGRP respectivamente

- Configurar el protocolo EIGRP en el *router* R1Cisco.
- Configurar los protocolos EIGRP, OSPF y RIPv2 en el R2Cisco con las respectivas redistribuciones.

Paso 4: Configuración del protocolo OSPF en el *router* Juniper

- Configurar el protocolo OSPF en *el router* Juniper, habilitar el protocolo y declarara las redes respectivas.

Paso 5: Configuración del protocolo RIPv2 en el *router* Mikrotik

- Configurar el protocolo RIPv2 en el *router* Mikrotik, habilitar el protocolo y declarara las redes respectivas.

Paso 6: Configuración del protocolo IS-IS en los *routers* Huawei y para el Huawei R1Huawei también configurar el protocolo RIPv2 y la redistribución de ambos protocolos: IS-IS y RIPv2

- Configurar el protocolo IS-IS en el *router* R1Huawei.
- Configurar los protocolos RIPv2 e IS-IS en el R2Huawei con las respectivas redistribuciones.

Paso 7: Configuración del protocolo PPP PAP los *routers* Cisco

- Asignar un nombre a los *routers*.
- Crear los usuarios en base a los nombres de los *routers* vecinos.
- Habilitar en las interfaces el protocolo PPP y la autenticación PAP

Paso 8: configuración del protocolo PPP PAP en los *routers* Huawei

Para el *router* Huawei Cliente:

- Ingresar a la interfaz y crear un usuario y contraseña que trabaje con PPP PAP.

Para el *router* Huawei Servidor:

- Activar de manera global AAA (autenticación-autorización y contabilización), añadir el usuario anteriormente creado y establecer a PPP como el tipo de servicio.
- Habilitar el protocolo PPP y la autenticación PAP en las interfaces.

Paso 9: configuración de las interfaces de *Loopback* y del protocolo MPLS

- Crear las *Loopback* y establecerlas como los identificadores de los routers.
- Declara las *Loopback* con los protocolos para darlas a conocer.
- Habilitar el protocolo MPLS y LDP.

Paso 10: Configuración del *router* Huawei como Servidor PPPoE y del *router* Mikrotik como cliente PPPoE

Para el *router* Huawei servidor

- Crear el rango de direcciones IP.
- Crear una interfaz de tipo *virtual-template* para cada cliente.
- Crear el usuario y contraseña para cada cliente.
- Asociar la interfaz física con la interfaz *virtual-template* para el cliente.

Para el *router* Mikrotik cliente:

- Habilitar la interfaz de configuración de cliente PPPoE.
- Agregar e nombre y contraseña del cliente.

HOJA GUÍA 5

DOCENTE

Tema: Configuración de los protocolos: PPP PAP, PPPoE (Huawei como Servidor), MPLS y redistribución de EIGRP, OSPF, RIPv2 y IS-IS.

Docente:

Fecha: XX-XX-XXXX

1. Objetivos

- Aprender a configurar varios protocolos de enrutamiento dinámico y su redistribución.
- Configurar encapsulamiento PPP PAP en los *routers* Cisco y Huawei.
- Configurar MPLS en los *routers* Cisco, Mikrotik y Juniper.

2. Componentes requeridos

- IOS *router* CISCO c3725
- IOS *router* Mikrotik Chr 6.44.6
- IOS *router* Huawei Ar3260
- IOS *router* Juniper
- VPCs
- *Clouds* para conectar GNS3 y eNSP

3. Diagramas de red

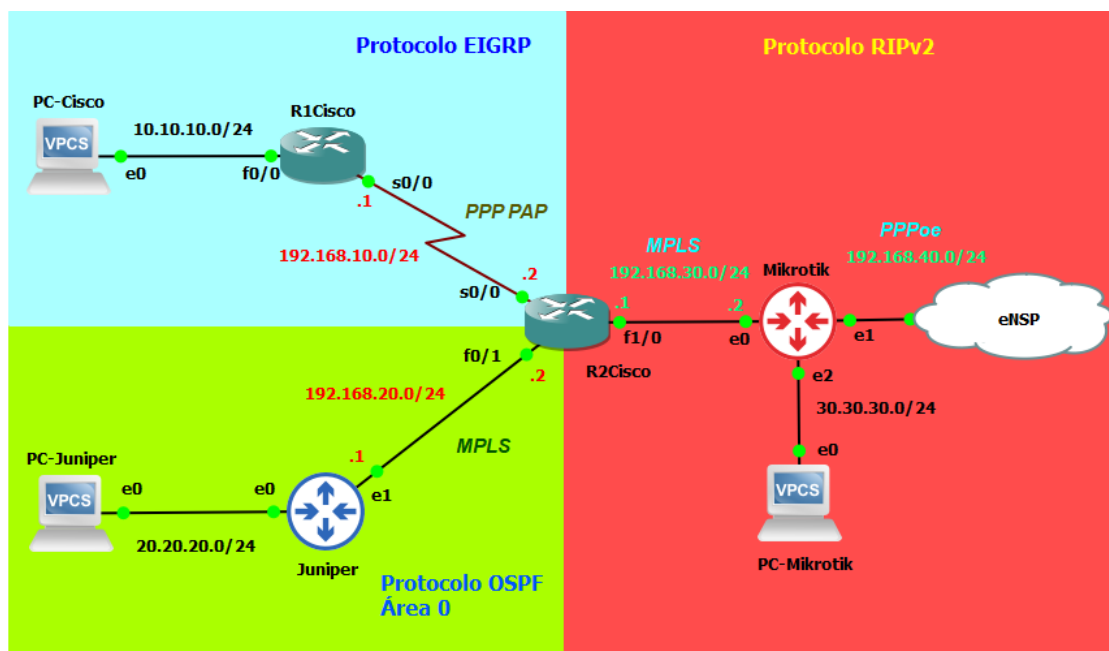


Figura 3.282 Topología en GNS3 para la Hoja Guía 5 Docente.

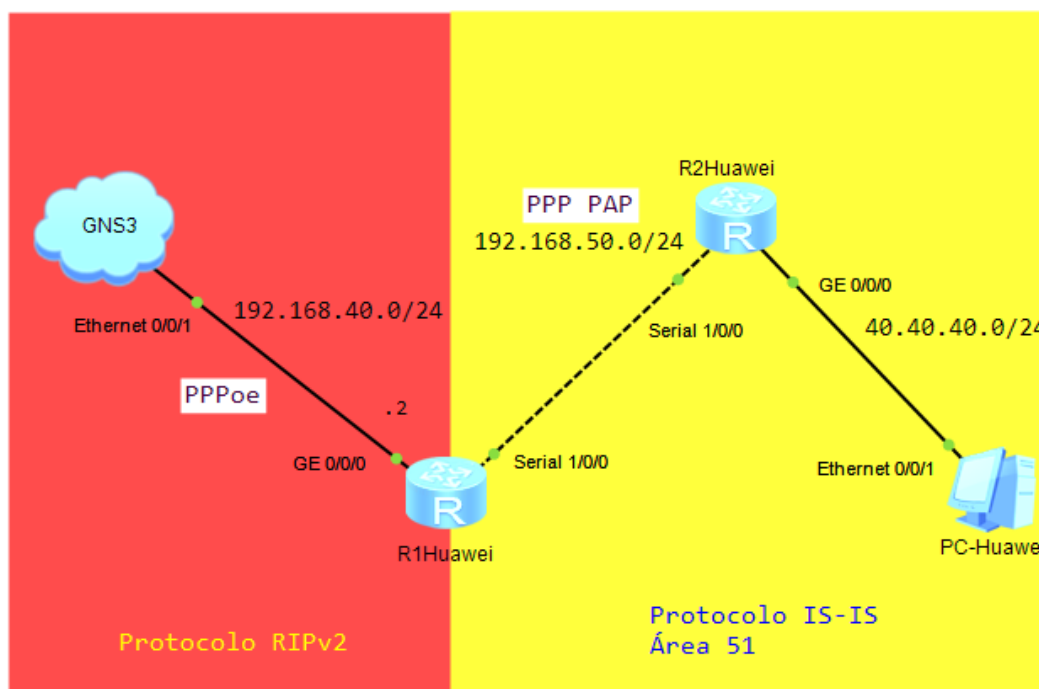


Figura 3.283 Topología en eNSP para la Hoja Guía 5 Docente.

4. Desarrollo de la practica

Paso 1: Agregar los elementos de la topología en GNS3 y eNSP e interconectar GNS3 y eNSP

- Agregar dos *routers* Cisco, un *router* Mikrotik, un *router* Juniper y tres VPCs al área de trabajo en GNS3 y dos *routers* Huawei y una PC en eNSP, se usarán enlaces seriales por tanto se debe agregar los módulos necesarios en los *routers* Huawei. Ver **Figura 3.284**.

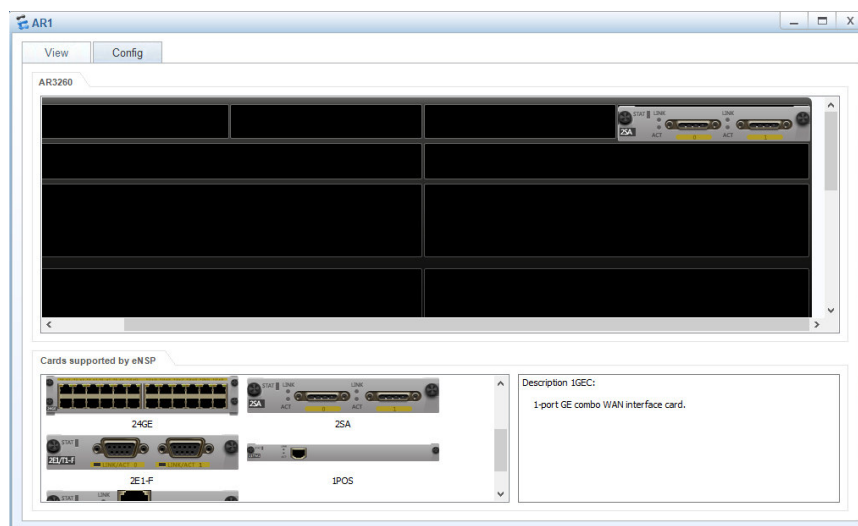
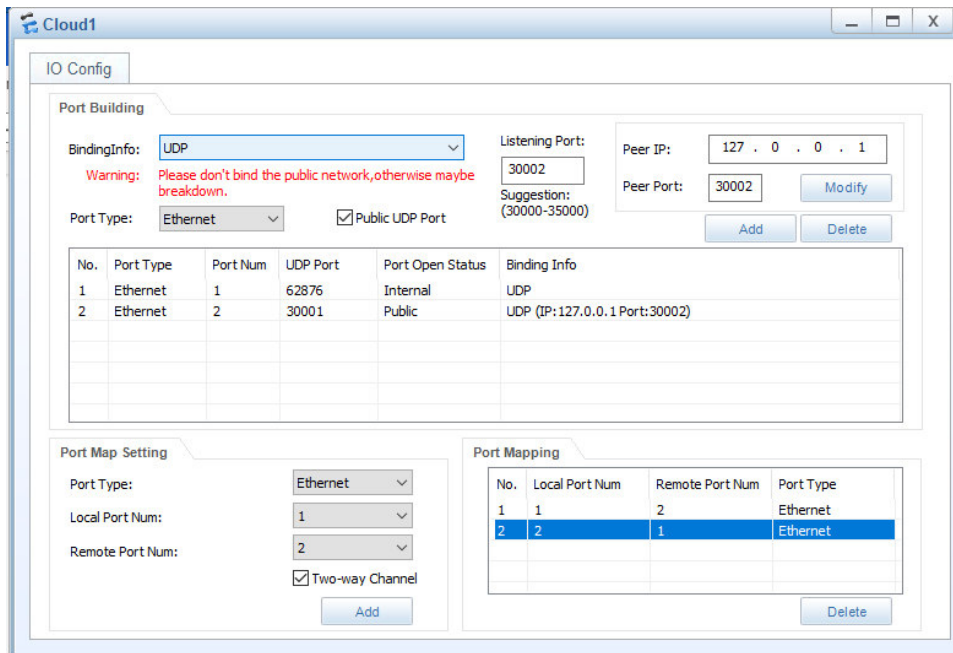


Figura 3.284 Configuración de las interfaces seriales para el *router* Huawei.

- Agregar una *cloud* en GNS3 y una eNSP y configurar los puertos locales y remotos para su conexión. Ver **Figura 3.285** y **Figura 3.286**.
- Establecer la conexiones en los puertos disponibles.



Cloud1

IO Config

Port Building

BindingInfo: UDP

Warning: Please don't bind the public network, otherwise maybe breakdown.

Listening Port: 30002

Peer IP: 127.0.0.1

Peer Port: 30002

Suggestion: (30000-35000)

Port Type: Ethernet

Public UDP Port

No.	Port Type	Port Num	UDP Port	Port Open Status	Binding Info
1	Ethernet	1	62876	Internal	UDP
2	Ethernet	2	30001	Public	UDP (IP:127.0.0.1 Port:30002)

Port Map Setting

Port Type: Ethernet

Local Port Num: 1

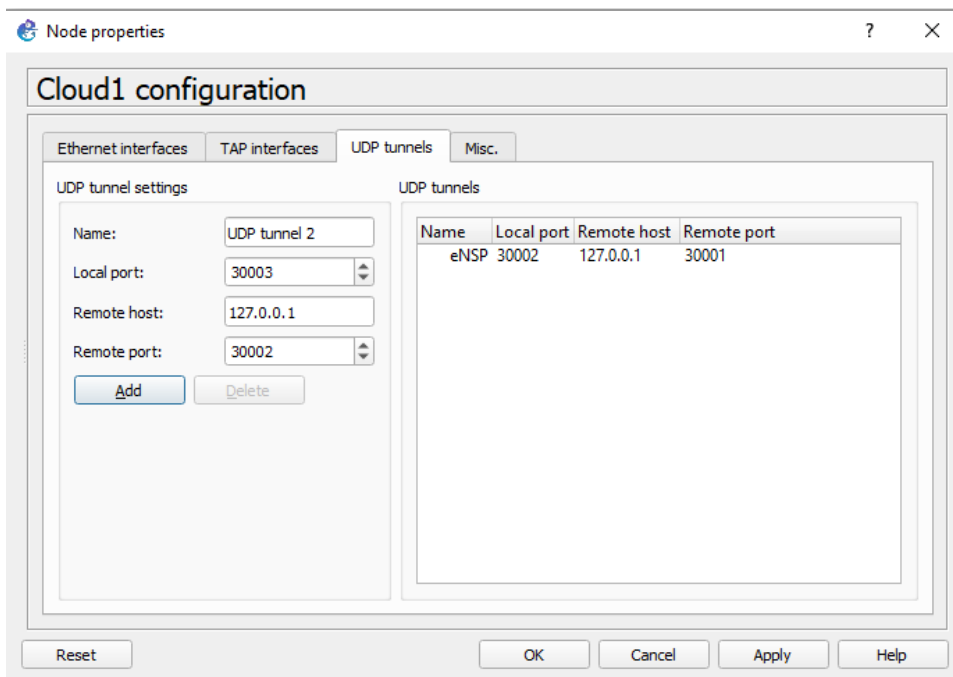
Remote Port Num: 2

Two-way Channel

Port Mapping

No.	Local Port Num	Remote Port Num	Port Type
1	1	2	Ethernet
2	2	1	Ethernet

Figura 3.285 Configuración de la *cloud* en eNSP.



Node properties

Cloud1 configuration

Ethernet interfaces TAP interfaces UDP tunnels Misc.

UDP tunnel settings

Name: UDP tunnel 2

Local port: 30003

Remote host: 127.0.0.1

Remote port: 30002

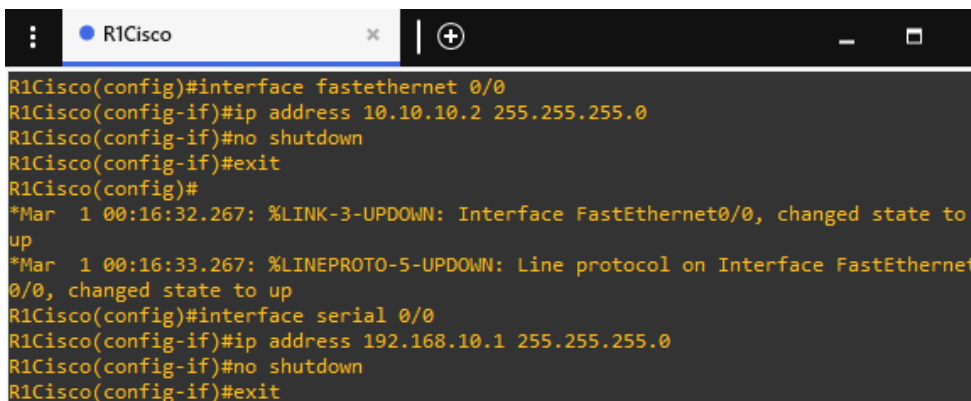
UDP tunnels

Name	Local port	Remote host	Remote port
eNSP	30002	127.0.0.1	30001

Configuración de la *cloud* en GNS3.

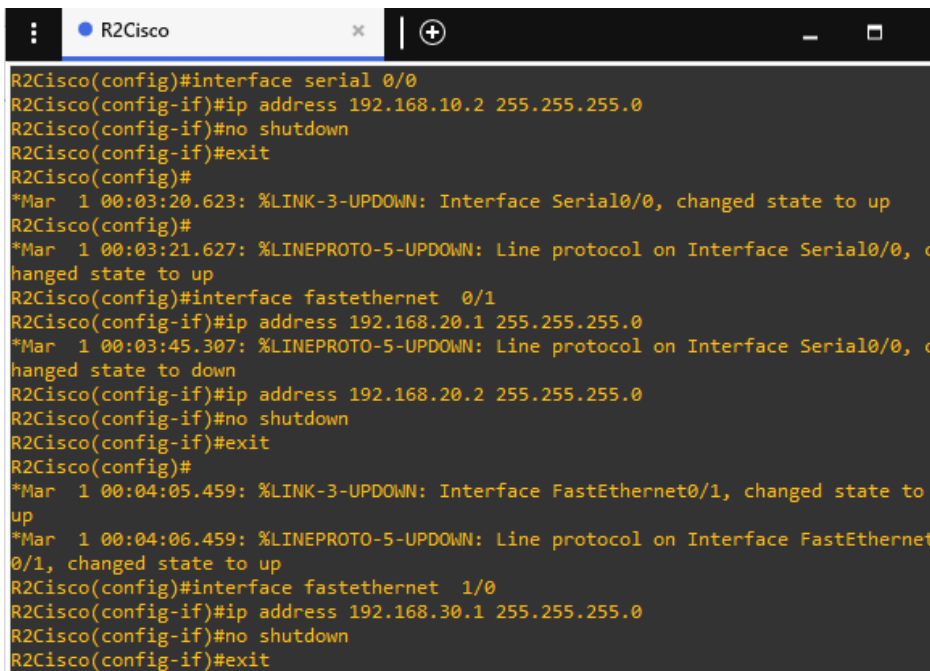
Paso 2: configuración de las interfaces de los *routers* y los ordenadores

- **Cisco:** A continuación se configura las direcciones IP de las interfaces de los *routers* Cisco con el comando: ***interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] e ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara]***
- Para el *router* R1Cisco configurar las interfaces: FastEthernet: 0/0 con la dirección IP 10.10.10.2/24 y serial 0/0 con la dirección IP: 192.168.10.1/24 ver **Figura 3.286**; para el *router* R2Cisco se configura las tres interfaces: s0/0 con la dirección IP: 192.168.10.2/24, f0/1 con la dirección IP: 192.168.20.2/24 y f1/0 con la dirección IP: 192.168.30.1/24. Ver **Figura 3.287**.



```
R1Cisco
R1Cisco(config)#interface fastethernet 0/0
R1Cisco(config-if)#ip address 10.10.10.2 255.255.255.0
R1Cisco(config-if)#no shutdown
R1Cisco(config-if)#exit
R1Cisco(config)#
*Mar 1 00:16:32.267: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 00:16:33.267: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet 0/0, changed state to up
R1Cisco(config)#interface serial 0/0
R1Cisco(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
R1Cisco(config-if)#no shutdown
R1Cisco(config-if)#exit
```

Figura 3.286 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco: R1Cisco.

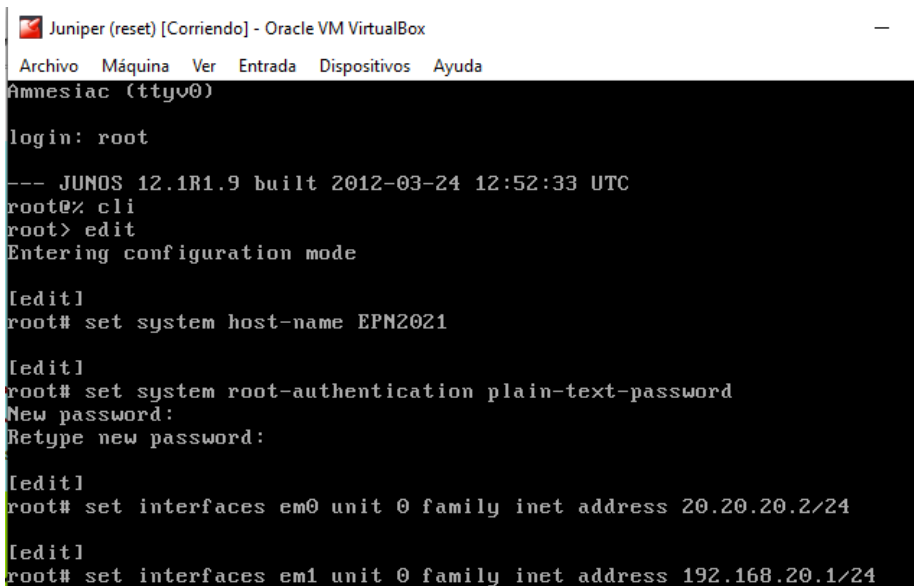


```
R2Cisco
R2Cisco(config)#interface serial 0/0
R2Cisco(config-if)#ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
R2Cisco(config-if)#no shutdown
R2Cisco(config-if)#exit
R2Cisco(config)#
*Mar 1 00:03:20.623: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0, changed state to up
R2Cisco(config)#
*Mar 1 00:03:21.627: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, c
hanged state to up
R2Cisco(config)#interface fastethernet 0/1
R2Cisco(config-if)#ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
*Mar 1 00:03:45.307: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, c
hanged state to down
R2Cisco(config-if)#ip address 192.168.20.2 255.255.255.0
R2Cisco(config-if)#no shutdown
R2Cisco(config-if)#exit
R2Cisco(config)#
*Mar 1 00:04:05.459: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed state to
up
*Mar 1 00:04:06.459: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet
0/1, changed state to up
R2Cisco(config)#interface fastethernet 1/0
R2Cisco(config-if)#ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
R2Cisco(config-if)#no shutdown
R2Cisco(config-if)#exit
```

Figura 3.287 Configuración de las interfaces físicas del *router* Cisco: R2Cisco.

- **Juniper:** En el *router* Juniper se configura las dos interfaces e0 (em0) y e1 (em1) con

la direcciones IP; 20.20.20.2/24 y 192.168.20.1/24 con la línea de comandos: **set interfaces [interfaz correspondiente] unit 0 family inet address [dirección IP de la interfaz/máscara]**. Ver **Figura 3.288**.



```
Juniper (reset) [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox
Archivo Máquina Ver Entrada Dispositivos Ayuda
Amnesiac (ttyv0)

login: root

--- JUNOS 12.1R1.9 built 2012-03-24 12:52:33 UTC
root@% cli
root> edit
Entering configuration mode

[edit]
root# set system host-name EPN2021

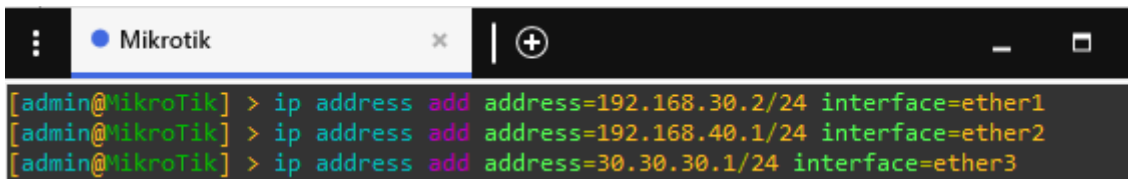
[edit]
root# set system root-authentication plain-text-password
New password:
Retype new password:

[edit]
root# set interfaces em0 unit 0 family inet address 20.20.20.2/24

[edit]
root# set interfaces em1 unit 0 family inet address 192.168.20.1/24
```

Figura 3.288 Configuración de las interfaces físicas del *router* Juniper.

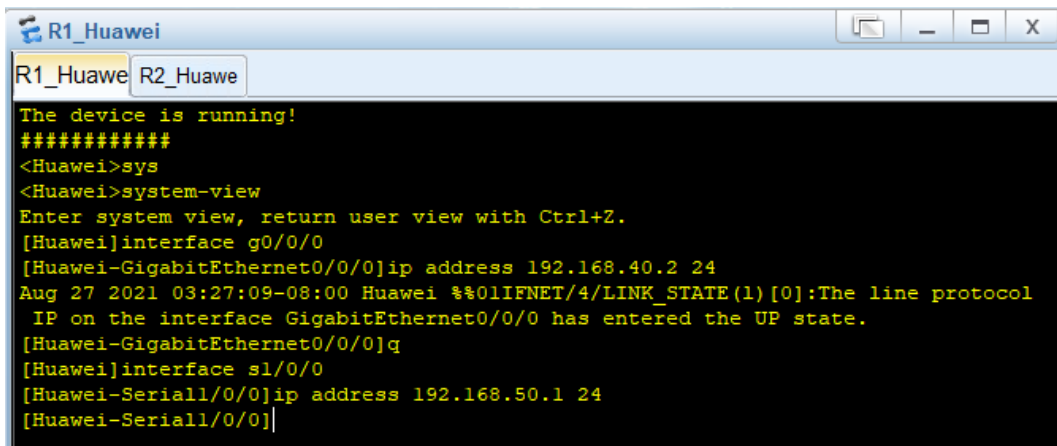
- **Mikrotik:** Se configura las tres interfaces con la siguiente línea de comandos: **ip address add address=[dirección IP de la interfaz/máscara] interface=[interfaz respectiva]**, para e0 (ether1) la dirección IP: 192.168.30.2/24, para e1 (ether2) la dirección IP: 192.168.40.1/24 y por último para e2 (ether3) la dirección IP: 30.30.30.1/24. Ver **Figura 3.289**.



```
Mikrotik
[admin@mikroTik] > ip address add address=192.168.30.2/24 interface=ether1
[admin@mikroTik] > ip address add address=192.168.40.1/24 interface=ether2
[admin@mikroTik] > ip address add address=30.30.30.1/24 interface=ether3
```

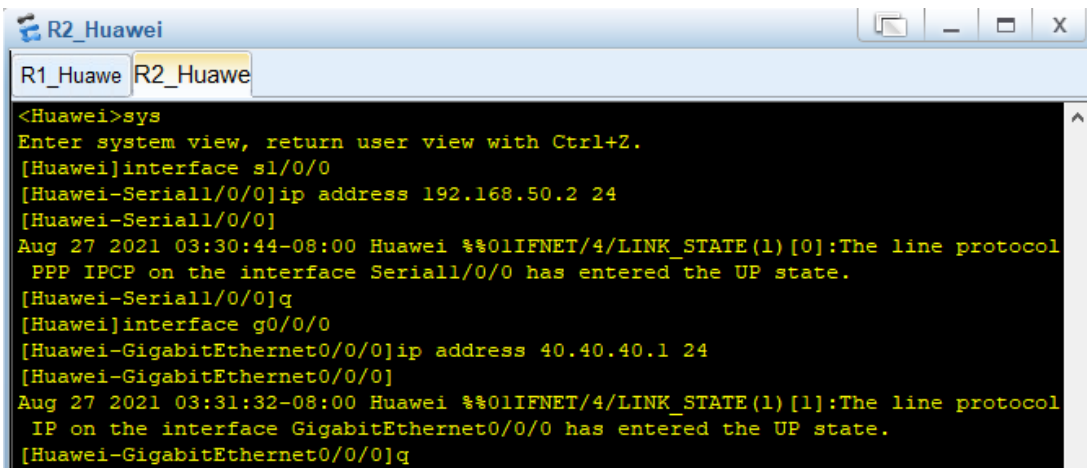
Figura 3.289 Configuración de la interfaces físicas del *router* Mikrotik.

- **Huawei:** La configuración de este *router* es similar a los *routers* Cisco primero se ingresa a la interfaz y luego se asigna la respectiva dirección IP esto con las siguientes líneas de comandos: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz] e ip address [dirección IP de la interfaz] [máscara]**. Ver **Figura 3.290** y **Figura 3.291**.



```
R1_Huawei R2_Huawei
The device is running!
#####
<Huawei>sys
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]interface g0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.40.2 24
Aug 27 2021 03:27:09-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]q
[Huawei]interface s1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]ip address 192.168.50.1 24
[Huawei-Serial1/0/0]
```


Figura 3.290 Configuración de la interfaces físicas del *router* Huawei: R1_Huawei.



```
R1_Huawei R2_Huawei
<Huawei>sys
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]interface s1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]ip address 192.168.50.2 24
[Huawei-Serial1/0/0]
Aug 27 2021 03:30:44-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[0]:The line protocol
PPP IPCP on the interface Serial1/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-Serial1/0/0]q
[Huawei]interface g0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 40.40.40.1 24
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]
Aug 27 2021 03:31:32-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[1]:The line protocol
IP on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]q
```

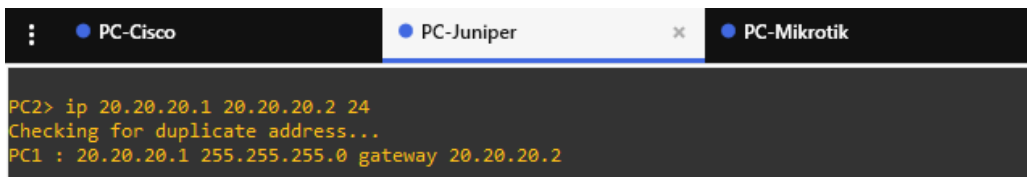
Figura 3.291 Configuración de la interfaces físicas del *router* Huawei: R2_Huawei.

- Se configura las direcciones IP de los ordenadores, en GNS3 mediante el terminal y en eNSP mediante la interfaz gráfica. Ver **Figura 3.292**, **Figura 3.293**, **Figura 3.294** y **Figura 3.295**.



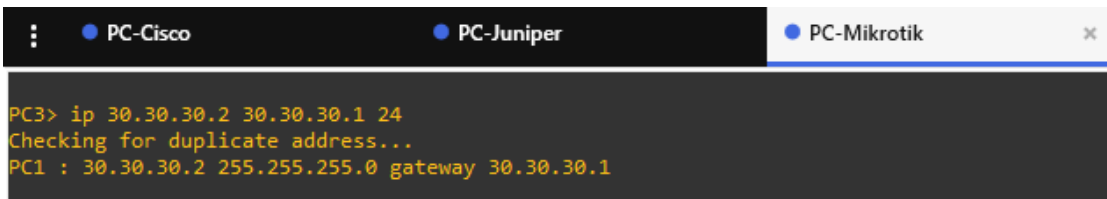
```
PC-Cisco PC-Juniper PC-Mikrotik
PC1> ip 10.10.10.1 10.10.10.2 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.10.10.1 255.255.255.0 gateway 10.10.10.2
```

Figura 3.292 Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Cisco.



```
PC-Cisco PC-Juniper PC-Mikrotik
PC2> ip 20.20.20.1 20.20.20.2 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 20.20.20.1 255.255.255.0 gateway 20.20.20.2
```

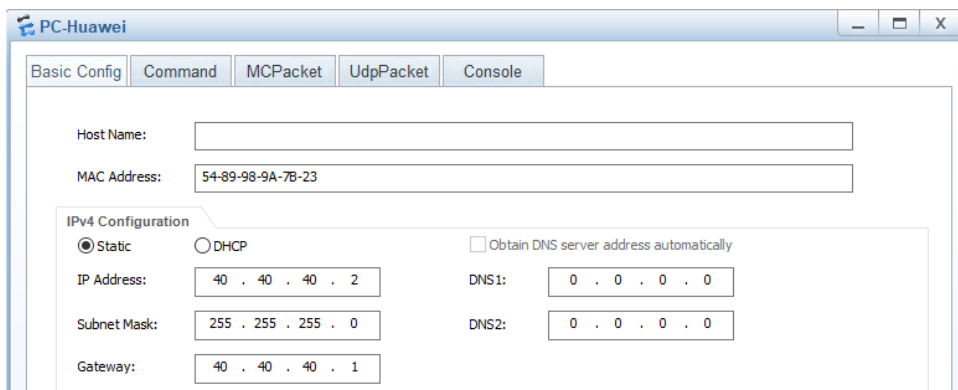
Figura 3.293 Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Juniper.



```

PC3> ip 30.30.30.2 30.30.30.1 24
Checking for duplicate address...
PC1 : 30.30.30.2 255.255.255.0 gateway 30.30.30.1
  
```

Figura 3.294 Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Mikrotik.



PC-Huawei

Basic Config | Command | MCPacket | UdpPacket | Console

Host Name:

MAC Address:

IPv4 Configuration

Static DHCP Obtain DNS server address automatically

IP Address: DNS1:

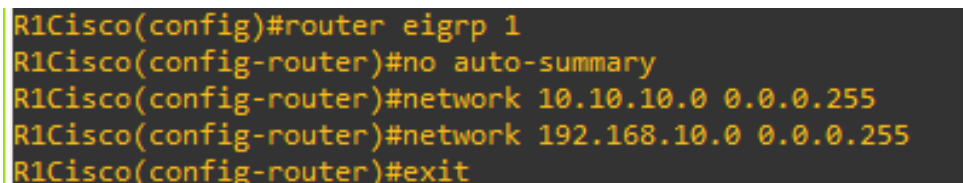
Subnet Mask: DNS2:

Gateway:

Figura 3.295 Configuración de la dirección IP de la PC: PC-Huawei.

Paso 3: Configuración del protocolo EIGRP en los *routers* Cisco y para el *router* R2Cisco también configurar OSPF y RIPv2 y la redistribución de los protocolos: RIPv2, OSPF y EIGRP respectivamente

- **R1Cisco, EIGRP** : Lo primero a realizar es habilitar el protocolo EIGRP con el comando: ***router eigrp [ID del proceso]*** luego se deshabilita la autosummarización con el comando: ***no auto-summary*** y luego se declara las redes directamente conectadas junto con su máscara *Wildcard* esto con el comando: ***network [dirección de red] [máscara Wildcard]***. Ver Figura 3.296.



```

R1Cisco(config)#router eigrp 1
R1Cisco(config-router)#no auto-summary
R1Cisco(config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.255
R1Cisco(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255
R1Cisco(config-router)#exit
  
```

Figura 3.296 Configuración del protocolo EIGRP en el *router* Cisco: R1Cisco.

- **R2Cisco, EIGRP y redistribuciones:** Para el caso del *router* Cisco R2Cisco luego de habilitar el protocolo EIGRP, se configura la redistribución para OSPF con la línea de comandos: ***redistribute ospf 1 metric 100 100 255 200 1500*** y para RIP: ***redistribute rip metric 100 100 255 200 1500***, Ver Figura 3.297.

```
R2Cisco(config)#router eigrp 1
R2Cisco(config-router)#no auto-summary
R2Cisco(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255
R2Cisco(config-router)#
*Mar 1 18:05:18.175: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.1 (Serial0/0) is up: new adjacency
R2Cisco(config-router)#redistribute ospf 1 metric 100 100 255 200 1500
R2Cisco(config-router)#redistribute rip metric 100 100 255 200 1500
```

Figura 3.297 Configuración del protocolo EIGRP y las respectivas redistribuciones en el *router* Cisco: R2Cisco.

- **R2Cisco, OSPF y redistribuciones:** Se habilita el protocolo OSPF con el comando: ***router ospf [ID del proceso]*** y luego se declara las redes juntos con su máscara *Wildcard* y el área con la línea de comandos: ***network [dirección de red] [máscara wildcard] área [número de área correspondiente]*** y luego se establece la redistribución. Ver **Figura 3.298**.

```
R2Cisco(config)#router ospf 1
R2Cisco(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255 a 0
R2Cisco(config-router)#redistribute eigrp 1 metric 100 subnets
R2Cisco(config-router)#redistribute rip metric 100 subnets
```

Figura 3.298 Configuración del protocolo OSPF y las respectivas distribuciones en el *router* Cisco R2Cisco.

- **R2Cisco, RIPv2 y redistribución:** Se habilita el protocolo RIP con el comando: ***router rip [ID del proceso]*** luego se habilita la versión 2 con el comando: ***version 2*** posteriormente se declara las redes el comando: ***network [dirección de red]*** por último se deshabilita la autosumarización y se establece la redistribución. Ver **Figura 3.299**.

```
R2Cisco(config)#router rip
R2Cisco(config-router)#version 2
R2Cisco(config-router)#no auto-summary
R2Cisco(config-router)#network 192.168.30.0
R2Cisco(config-router)#redistribute ospf 1 metric 3
R2Cisco(config-router)#redistribute eigrp 1 metric 3
```

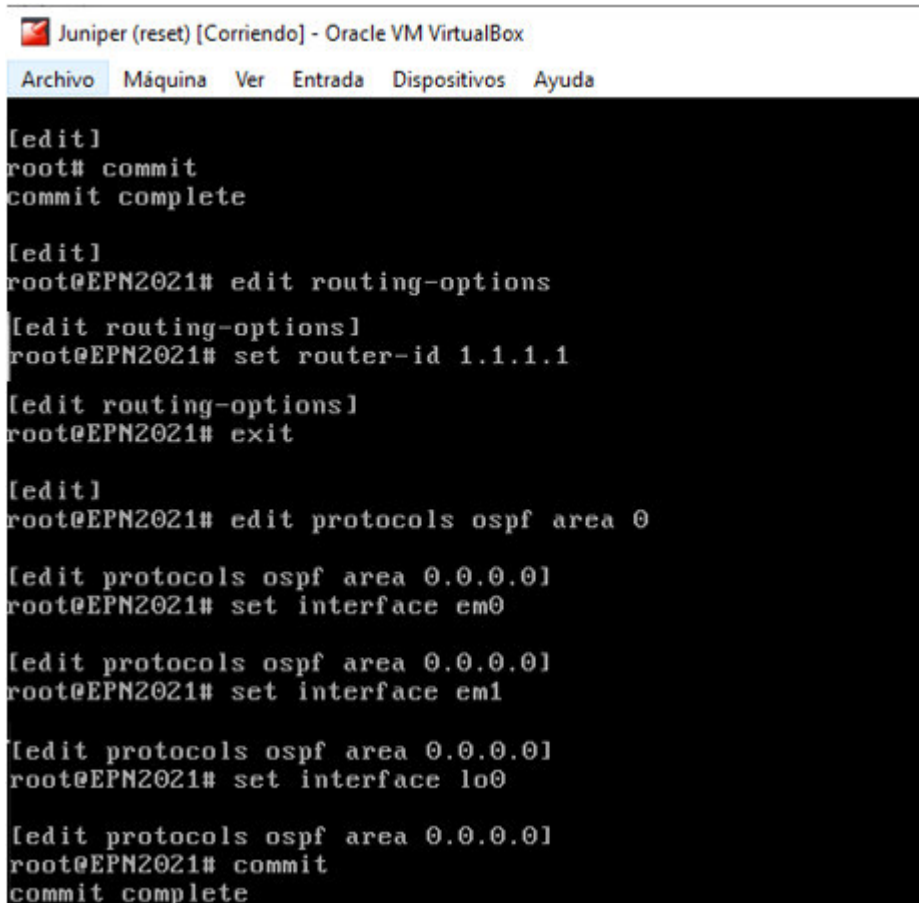
Figura 3.299 Configuración del protocolo RIPv2 y las respectivas distribuciones en el *router* Cisco R2Cisco.

Paso 4: Configuración del protocolo OSPF en el *router* Juniper

- Lo primero a realizar es crear una interfaz de *Loopback* que servirá como la identificación del *router* dentro del protocolo OSPF y dentro de la red MPLS que se configurará más adelante; se ingresa a la configuración del protocolo con el comando: ***edit routing-options*** y con el comando: ***set router-id [dirección IP de la Loopback]*** se establece a la *Loopback* como el identificador luego se indica el área con el comando: ***edit protocols ospf área [número de área]*** y dentro de esta se especifican las interfaces a trabajar con este protocolo con la siguiente línea de comandos: ***set interface [nombre de interfaz]***. Ver **Figura 3.300** y **Figura 3.301**.

```
[edit]
root@EPN2021# set interfaces lo0 unit 0 family inet address 1.1.1.1/24
```

Figura 3.300 Configuración de una interfaz de *Loopback* en el *router* Juniper.



```
Juniper (reset) [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox
Archivo Máquina Ver Entrada Dispositivos Ayuda

[edit]
root# commit
commit complete

[edit]
root@EPN2021# edit routing-options
[edit routing-options]
root@EPN2021# set router-id 1.1.1.1

[edit routing-options]
root@EPN2021# exit

[edit]
root@EPN2021# edit protocols ospf area 0

[edit protocols ospf area 0.0.0.0]
root@EPN2021# set interface em0

[edit protocols ospf area 0.0.0.0]
root@EPN2021# set interface em1

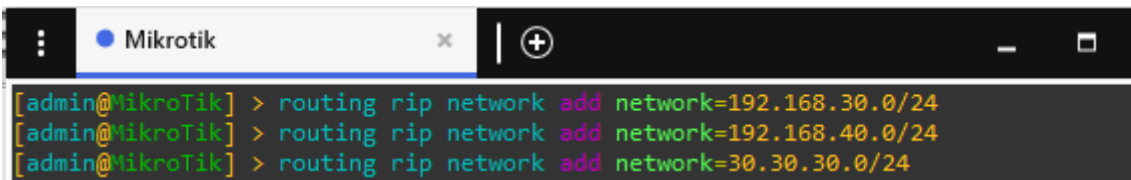
[edit protocols ospf area 0.0.0.0]
root@EPN2021# set interface lo0

[edit protocols ospf area 0.0.0.0]
root@EPN2021# commit
commit complete
```

Figura 3.301 Configuración del protocolo OSPF en el *router* Juniper.

Paso 5: Configuración del protocolo RIPv2 en el *router* Mikrotik

- Se habilita el protocolo RIP y se declara las redes directamente conectadas cabe destacar que aquí no es necesario un comando para habilitar la versión 2 del protocolo RIP y deshabilitar la autosumarización puesto que el *router* trabaja por defecto con RIP versión 2 y sin autosumarización, la línea de comandos a usar es la siguiente: ***routing rip network add network=[dirección de red/máscara]***. Ver Figura 3.302.

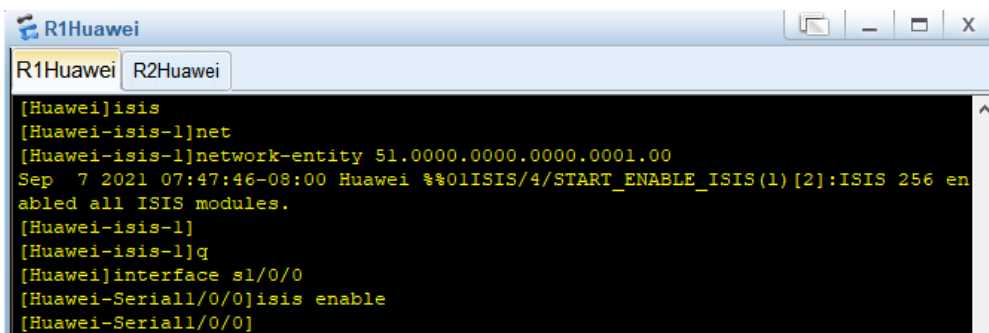


```
Mikrotik
[admin@MikroTik] > routing rip network add network=192.168.30.0/24
[admin@MikroTik] > routing rip network add network=192.168.40.0/24
[admin@MikroTik] > routing rip network add network=30.30.30.0/24
```

Figura 3.302 Configuración del protocolo RIPv2 en el Router Mikrotik.

Paso 6: Configuración del protocolo IS-IS en los *routers* Huawei y para el Huawei R1Huawei también configurar el protocolo RIPv2 y la redistribución ambos protocolos: IS-IS y RIPv2.

- **R1Huawei y R2Huawei:** Se habilita el protocolo IS-IS con el comando: *isis* luego se establece la entidad de red con el comando *network-entity* y por último se habilita el protocolo dentro de cada interfaz física del *router* con el comando: *isis enable*. Ver **Figura 3.303** y **Figura 3.304**.

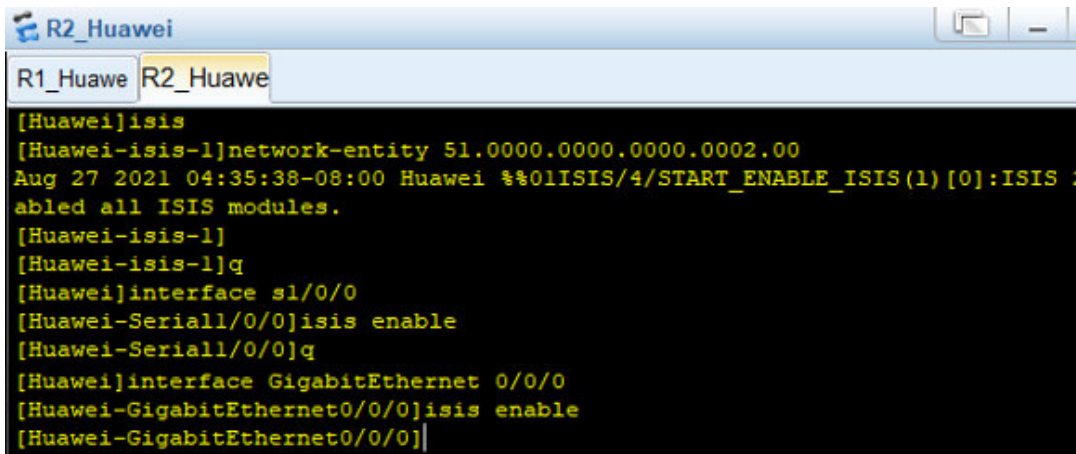


```

R1Huawei
R1Huawei R2Huawei
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]net
[Huawei-isis-1]network-entity 51.0000.0000.0000.0001.00
Sep  7 2021 07:47:46-08:00 Huawei %%01ISIS/4/START_ENABLE_ISIS(1)[2]:ISIS 256 en
abled all ISIS modules.
[Huawei-isis-1]
[Huawei-isis-1]q
[Huawei]interface s1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0]

```

Figura 3.303 Configuración del protocolo IS-IS en el *router* Huawei: R1Huawei.



```

R2_Huawei
R1_Huawe R2_Huawe
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]network-entity 51.0000.0000.0000.0002.00
Aug 27 2021 04:35:38-08:00 Huawei %%01ISIS/4/START_ENABLE_ISIS(1)[0]:ISIS 2
abled all ISIS modules.
[Huawei-isis-1]
[Huawei-isis-1]q
[Huawei]interface s1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]isis enable
[Huawei-Serial1/0/0]q
[Huawei]interface GigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]isis enable
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]

```

Figura 3.304 Configuración del protocolo IS-IS en el *router* Huawei: R2Huawei.

- **R1Huawei:** Se habilita el protocolo RIP con el comando: *rip* luego con el comando *version 2* se establece que el *router* trabaje con la versión 2 y se deshabilita la autosumarización con el comando: *undo summary* por último se declara las redes con el comando: *network [dirección de red]*. Ver **Figura 3.305**.


```
R1_Huawei
R1_Huawei R2_Huawei
[Huawei]rip
[Huawei-rip-1]version 2
[Huawei-rip-1]undo summary
[Huawei-rip-1]network 192.168.40.0
```

Figura 3.305 Configuración del protocolo RIPv2 en el *router* Huawei: R1Huawei.

- **R1Huawei:** Para el caso del *router* Huawei R1Huawei este debe tener configurado ambos protocolos: RIPv2 y IS-IS y para que ambos protocolos conozcan todas las redes debe configurarse la redistribución. Ver Figura 3.306.

```
[Huawei]isis
[Huawei-isis-1]import-route rip cost 10 level-1-2
[Huawei-isis-1]q
[Huawei]rip
[Huawei-rip-1]import-route isis cost 3
[Huawei-rip-1]q
```

Figura 3.306 Configuración de la redistribución en el *router* Huawei: R1Huawei.

Paso 7: Configuración del protocolo PPP PAP de los *routers* Cisco

- Primero se establece nombres para los *routers* con el comando: **hostname [nombre del Router]** luego con el comando: **username [nombre del Router vecino] password [contraseña del Router vecino]** se indica cuál es el nombre y la contraseña del *router* con el que establecer la encapsulación PAP. A continuación se ingresa a la configuración de la interfaz con el comando: **interface [tipo de interfaz] [número de interfaz]** y se establece la encapsulación PPP y la autenticación PAP con las siguientes líneas de comandos: **encapsulation ppp** y **ppp authentication pap** por último se envía cuál es el nombre y contraseña del propio *router* con la línea de comandos: **ppp pap sent-username [nombre del Router] password [contraseña del Router]**. Ver Figura 3.307 y Figura 3.308.

```
R1Cisco#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1Cisco(config)#username R2Cisco password cisco
R1Cisco(config)#interface s0/0
R1Cisco(config-if)#encapsulation ppp
*Mar 1 23:34:04.398: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.2 (Serial0/0) is down: holding time expired
R1Cisco(config-if)#encapsulation ppp
R1Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:34:09.174: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.2 (Serial0/0) is up: new adjacency
R1Cisco(config-if)#ppp authentication pap
R1Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:34:25.594: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, changed state to down
R1Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:34:26.994: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.2 (Serial0/0) is down: interface down
R1Cisco(config-if)#ppp pap sent-username R1Cisco password cisco
R1Cisco(config-if)#
```

Figura 3.307 Configuración del protocolo PPP PAP en el *router* Cisco: R1Cisco.

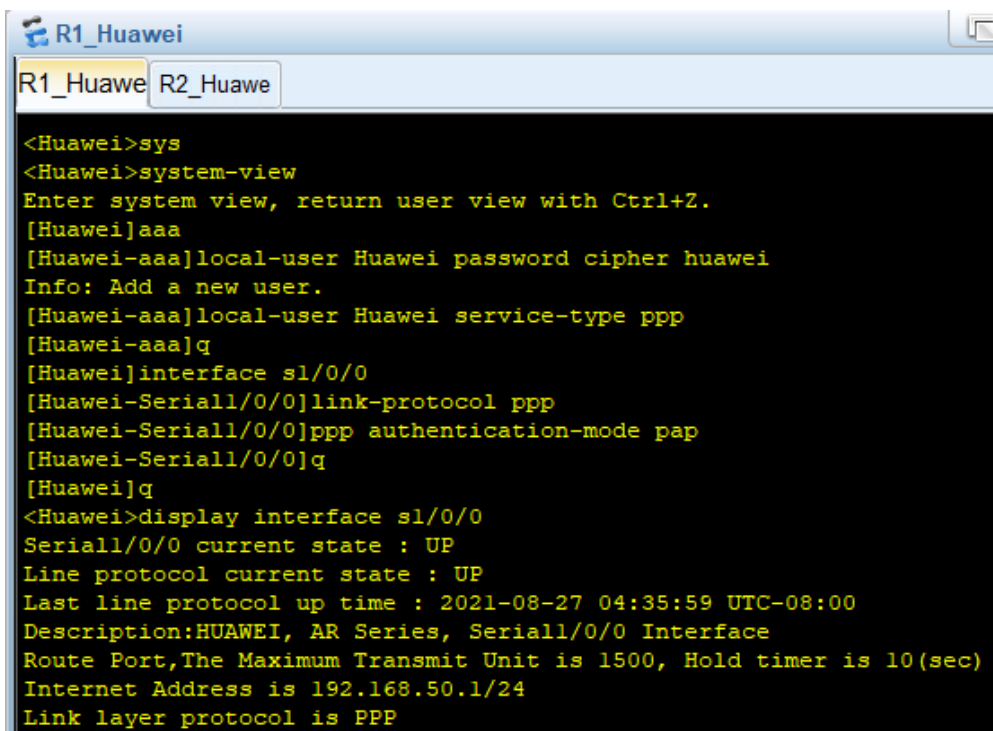
```
R2Cisco#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2Cisco(config)#username R1Cisco password cisco
R2Cisco(config)#interface s0/0
R2Cisco(config-if)#encapsulation ppp
R2Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:46:22.394: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.1 (Serial0/0) is down: interface down
R2Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:46:25.206: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, changed state to down
R2Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:46:39.174: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.1 (Serial0/0) is up: new adjacency
*Mar 1 23:46:39.370: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, changed state to up
R2Cisco(config-if)#
*Mar 1 23:46:55.718: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0, changed state to down
*Mar 1 23:46:55.854: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.10.1 (Serial0/0) is down: interface down
R2Cisco(config-if)#ppp authentication pap
R2Cisco(config-if)#ppp pap sent-username R2Cisco password cisco
R2Cisco(config-if)#
```

Figura 3.308 Configuración del protocolo PPP PAP en el *router* Cisco: R2Cisco.

Paso 8: configuración del protocolo PPP PAP en los Routers Huawei

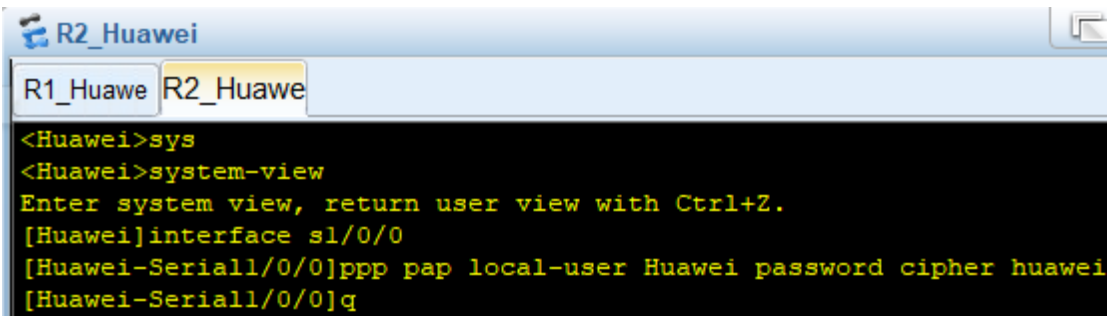
Aquí se debe establecer que *router* será: servidor y cliente

- Para esta práctica el servidor será el *router* Huawei: R1Huawei se ejecuta el comando: **aaa** para las funciones de seguridad de red: autenticación-autorización y contabilización y con la línea de comandos: **ppp pap local-user [Nombre del cliente] password cipher [contraseña del cliente]** se crea y agrega el usuario luego con el comando: **local-user [nombre del cliente] service-type ppp** se establece el tipo de servicio que es PPP por último se ingresa a la interfaz física del *router* y se establece la encapsulación PPP y la autenticación PAP con las líneas de comandos: **link-protocol ppp** y **ppp authentication –mode pap**. Ver Figura 3.309 y Figura 3.310.



```
R1_Huawei
R1_Huawei R2_Huawei
<Huawei>sys
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]aaa
[Huawei-aaa]local-user Huawei password cipher huawei
Info: Add a new user.
[Huawei-aaa]local-user Huawei service-type ppp
[Huawei-aaa]q
[Huawei]interface s1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]link-protocol ppp
[Huawei-Serial1/0/0]ppp authentication-mode pap
[Huawei-Serial1/0/0]q
[Huawei]q
<Huawei>display interface s1/0/0
Serial1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-08-27 04:35:59 UTC-08:00
Description:HUAWEI, AR Series, Serial1/0/0 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 192.168.50.1/24
Link layer protocol is PPP
```

Figura 3.309 Configuración del R1Huawei como servidor PPP PAP.



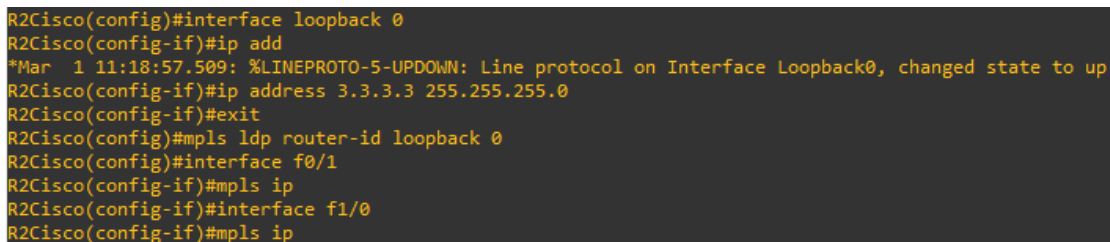
```
R2_Huawei
R1_Huawei R2_Huawei
<Huawei>sys
<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]interface s1/0/0
[Huawei-Serial1/0/0]ppp pap local-user Huawei password cipher huawei
[Huawei-Serial1/0/0]q
```

Figura 3.310 Configuración del R2Huawei como cliente PPP PAP.

Paso 9: Configuración de las interfaz de *Loopback* y el protocolo MPLS

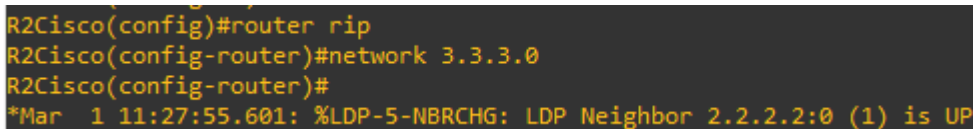
Se crea interfaces de *Loopback* debido a que estas trabajan como los identificadores de los *routers* dentro la red MPLS, luego por medio de los protocolos de enrutamiento se da a conocer las interfaces de *Loopback* a los demás *routers* y luego se habilita MPLS.

- **Cisco:** se crea la *Loopback* con la dirección IP: 3.3.3.3/24 y por medio del protocolo RIPv2 se la da a conocer luego se establece a la *Loopback* como el identificador con el comando: ***mpls ldp router-id loopback [número de interfaz]*** y por último, dentro de cada interfaz física del *router* se habilita MPLS con el comando: ***mpls ip***. Ver **Figura 3.311** y **Figura 3.312**.



```
R2Cisco(config)#interface loopback 0
R2Cisco(config-if)#ip add
*Mar 1 11:18:57.509: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0, changed state to up
R2Cisco(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
R2Cisco(config-if)#exit
R2Cisco(config)#mpls ldp router-id loopback 0
R2Cisco(config)#interface f0/1
R2Cisco(config-if)#mpls ip
R2Cisco(config)#interface f1/0
R2Cisco(config-if)#mpls ip
```

Figura 3.311 Creación de la interfaz *Loopback* y configuración del protocolo MPLS en el *router* Cisco: R2Cisco.



```
R2Cisco(config)#router rip
R2Cisco(config-router)#network 3.3.3.0
R2Cisco(config-router)#
*Mar 1 11:27:55.601: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 2.2.2.2:0 (1) is UP
```

Figura 3.312 Declaración de la dirección de red de la interfaz *Loopback* dentro del protocolo RIPv2 en el *router* Cisco.

- **Mikrotik:** de igual forma se crea una interfaz de *Loopback* con la dirección IP: 2.2.2.2/24 mediante una interface puente (*bridge*) con la línea de comandos: luego se establece a la *Loopback* como el identificador y ruta de transporte del *router* ***mpls ldp set lsr-id=[dirección IP de la Loopback] transport-address=[dirección IP de la Loopback]***, luego se indica las interfaces físicas del *router* a trabajar con MPLS, ***mpls ldp interface add interface=[interfaz]*** y por último se habilita MPLS de forma global;

dentro del protocolo RIPv2 declarar la dirección de red de la *Loopback* para que los demás *routers* la conozcan y se pueden establecer la adyacencias dentro de MPLS.

Ver **Figura 3.313** y **Figura 3.314**

```
[admin@MikroTik] > interface bridge add name=loopback0 protocol-mode=none
[admin@MikroTik] > ip address add address=2.2.2.2/24 interface=loopback0
[admin@MikroTik] > mpls ldp set lsr-id=2.2.2.2 transport-address=2.2.2.2
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether1
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether3
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes
```

Figura 3.313 Creación de la interfaz *Loopback* y configuración del protocolo MPLS en el *router* Mikrotik.

```
[admin@MikroTik] > routing rip network add network=2.2.2.0/24
[admin@MikroTik] >
```

Figura 3.314 Declaración de la dirección de red de la interfaz *Loopback* dentro del protocolo RIPv2 en el *router* Mikrotik.

- **Juniper:** para este caso se agrega las interfaces a trabajar con el protocolo MPLS dentro de una misma familia denominada MPLS con las siguiente línea de comandos: **set interfaces [interfaz] unit 0 family mpls** luego se establece que las interfaces trabajen con el protocolo MPLS con las líneas de comandos: **edit protocols mpls** y **set interface [interfaz]** y por último se establece que también trabaje el protocolo LDP con las líneas de comandos: **top edit protocols ldp** y **set interface [interfaz]**, ver **Figura 3.315** y **Figura 3.316**. Recodar que se debe guardar las configuraciones para que se ejecuten.

```
[edit]
root@EPN2021# set interfaces em0 unit 0 family mpls

[edit]
root@EPN2021# set interfaces em1 unit 0 family mpls

[edit]
root@EPN2021# edit protocols mpls

[edit protocols mpls]
root@EPN2021# set interface em0

[edit protocols mpls]
root@EPN2021# set interface em1
```

Figura 3.315 Configuración del protocolo MPLS en el *router* Juniper.

```
[edit protocols mpls]
root@EPN2021# top edit protocols ldp

[edit protocols ldp]
root@EPN2021# set interface em0

[edit protocols ldp]
root@EPN2021# set interface em1

[edit protocols ldp]
root@EPN2021# commit
commit complete
```

Figura 3.316 Configuración del protocolo LDP en el *router* Juniper.

Paso 10: Configuración del *router* Huawei como Servidor PPPoE y del *router* Mikrotik como cliente PPPoE

Para el *router* Huawei servidor se debe asignarle un rango de direcciones IP, este rango tendrá un nombre, la dirección de red y la primera dirección IP de la lista será para el *router* Servidor, esto se lo realiza con los comandos: ***ip pool [nombre del rango de direcciones], network [dirección de red para el rango] mask [máscara]*** y con ***gateway-list [primera dirección IP del rango]*** luego para cada cliente PPPoE se crea una interfaz virtual con el comando: ***interface virtual-template [número de interfaz]*** aquí se especifica la autenticación y la dirección y se negociará una dirección IP del rango de direcciones creado anteriormente con el comando: ***remote address pool [nombre del rango de direcciones]***.

A continuación se crea el usuario y se establece el servicio PPP, dentro de ***aaa*** y con las líneas de comandos: ***local-user [nombre de cliente] password cipher [contraseña del cliente]*** y ***local-user [nombre del cliente] service-type ppp***. Por último, dentro de la interfaz física del *router* que está conectada al *router* cliente PPPoE indicar que le corresponde trabajar con la interfaz *virtual-template* que se le haya asignado anteriormente esto con el comando: ***pppoe-server bind virtual-template [número de interfaz]***. Ver Figura 3.317.

```
R1Huawei
[Huawei]ip pool direcciones
Info: It's successful to create an IP address pool.
[Huawei-ip-pool-direcciones]network 100.100.100.0 mask 24
[Huawei-ip-pool-direcciones]gateway-list 100.100.100.1
[Huawei-ip-pool-direcciones]quit
[Huawei]interface virtual-template 1
Sep 10 2021 04:11:39-08:00 Huawei %%01IFPDT/4/IF_STATE(1)[11]:Interface Virtual-
Templatel has turned into UP state.
[Huawei-Virtual-Templatel]ppp authentication-mode chap
[Huawei-Virtual-Templatel]ip address 100.100.100.1 24
[Huawei-Virtual-Templatel]remote address pool direcciones
[Huawei-Virtual-Templatel]quit
[Huawei]aaa
[Huawei-aaa]local-user mikrotik password cipher mikrotik
Info: Add a new user.
[Huawei-aaa]local-user mikrotik service-type ppp
[Huawei-aaa]quit
[Huawei]interface g0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]pppoe-server bind virtual-template 1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
[Huawei]
Sep 10 2021 04:13:49-08:00 Huawei %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[12]:The line protoco
l PPP on the interface Virtual-Templatel:0 has entered the UP state.
```

Figura 3.317 Configuración del *router* Huawei como Servidor PPPoE.

Para el *router* Mikrotik cliente en una sola línea de comandos se ingresa al modo de configuración de PPPoE como cliente se establece el nombre del cliente y su contraseña y se indica qué interfaz física del *router* trabaja con PPPoE todo esto ejecutando lo siguiente: ***interface pppoe-client add name=[nombre del cliente] user=[nombre del cliente] password=[contraseña del cliente] interface=[interfaz] service-name=[nombre del servicio] disabled=no***. Ver **Figura 3.318**.

```
[admin@mikrotik] > interface pppoe-client add name=mikrotik user=mikrotik password=mikrotik interface=ether2 service-name=inet
ernet disabled=no
```

Figura 3.318 Configuración del *router* Mikrotik como cliente PPPoE.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los mejores emuladores para aprender a trabajar con dispositivos de los proveedores: Cisco, Juniper, Mikrotik y Huawei en un mismo proyecto son GNS3 y eNSP, debido a que son programas intuitivos y que se puede lograr una conexión entre ellos. Estas herramientas pueden ser utilizadas por los estudiantes para familiarizarse con la configuración de múltiples dispositivos y prepararse en caso de que deseen rendir exámenes para obtener certificaciones internacionales como: CCNA, JNCIA, MTCNA o HCNA.
- Estas prácticas fueron creadas para el componente práctico de la materia de Redes de Computadoras tomando temas relacionados a las redes WAN, indicados en su PEA. Se abordaron temas de la materia TCP/IP, los cuales fueron desarrollados en las prácticas, por ejemplo: protocolos de enrutamiento estático, protocolos de enrutamiento dinámico (RIPv2, OSPF, EIGRP o IS-IS), protocolos punto a punto (PPP, HDLC, PPPoE), protocolos MPLS y *Frame Relay*.
- Los sistemas operativos de los *routers*: Cisco y Huawei presentan una gran compatibilidad con la mayoría de los protocolos, debido a que ambos permitieron trabajar con interfaces seriales los cuales permiten utilizar los protocolos WAN. Los comandos son similares únicamente diferenciándose en su sintaxis, lo que facilitó el aprendizaje y el proceso de configuración.
- Las últimas versiones del sistema operativo de los *routers* Juniper utilizan una gran cantidad de recursos de una máquina física. Por ello, se utilizó una versión del año 2012 la cual es suficiente para que los estudiantes puedan aprender las bases de su configuración sin embargo una de las limitaciones fue la carencia de interfaces seriales que impidió utilizar todos los protocolos disponibles. La estructura y sintaxis de los comandos son diferentes al resto de proveedores usados e incluso en comparación a los otros *routers* son más extensos y menos intuitivos.
- El sistema operativo del *router* Mikrotik no utiliza muchos recursos del ordenador y se pueden utilizar varios simultáneamente, sin embargo, posee las mismas limitantes que Juniper sin interfaces seriales no se puede aprender a configurar protocolos punto a punto, por ejemplo, de forma práctica y se requiere de un aprendizaje en base a la teoría que le corresponda. Otro de los

inconvenientes es que no se desarrollan muchos laboratorios de Mikrotik mediante comandos sino por la interfaz gráfica WinBox.

- Las prácticas desarrolladas en este documento amplían el conocimiento de los estudiantes en el área de telecomunicaciones, porque familiariza al estudiante en la creación y configuración de topologías con *routers* de múltiples fabricantes. De este modo también tienen una visión general de su funcionamiento, mejora la experiencia que tendrá en el mundo laboral y le ayuda a elegir la marca en la que desea certificarse, si desea hacer los exámenes correspondientes para ello.
- Para el presente documento se crearon en total seis prácticas conformadas de: preparatorio, Hojas guías para el estudiante y hojas guías para el docente con esto en el primer documento se engloba los conocimientos básicos que el estudiante debe tener antes de realizar las prácticas. Con el segundo los estudiantes tienen una guía general de cómo se va a desarrollar la práctica y en el último se explican los pasos detalladamente.

4.2 Recomendaciones

- Se deben descargar primero los programas VirtualBox y GNS3 antes que eNSP, debido a que los dos primeros instalan complementos necesarios para el funcionamiento del último. Las versiones de los programas y los sistemas operativos de los *routers* indicados en este documento son las recomendadas porque son las que tuvieron total compatibilidad entre sí y no presentaron errores.
- Para la configuración de todos los dispositivos se requiere de un conocimiento básico en inglés, debido a que todos los comandos e instrucciones que se tiene de los mismos se realizan en este idioma. Se pueden recrear múltiples laboratorios o seguir tutoriales en la red pero en la mayoría de los casos se requiere ampliar la configuración, por lo que se debe conocer los parámetros de los comandos y la función que tienen en cada sistema operativo.
- Para poder desarrollar las prácticas se recomienda utilizar una máquina física con una capacidad mínima de 4 (GB) de memoria RAM, incluso así podría tener problemas de rendimiento si tiene más programas activos que no sean los que necesita.
- Hay una diferencia en la forma en que GNS3 y Mikrotik nombran a las interfaces, por ejemplo, ethernet0 en GNS3 se configura como ether1 en Mikrotik y así sucesivamente. Esto puede dificultar la configuración, es posible modificar el nombre de las interfaces pero no se recomienda porque esto puede ocasionar

que la imagen se corrompa después de utilizarla varias veces. Lo mejor es simplemente que el estudiante conozca la denominación de cada interfaz y se adapte a ella.

- Una recomendación muy importante es siempre asegurarse que los programas se guarden correctamente, debido a que está demostrado que son archivos sensibles. En el caso de eNSP, si se mueve la carpeta donde fueron creados los archivos se pueden corromper, el archivo de la topología puede transformarse en una carpeta y quedar inutilizado, pueden perderse los progresos y la siguiente vez que se abra el archivo estará en blanco. En GNS3 si se utiliza una máquina virtual y no se cierra correctamente puede dañar el proyecto, la siguiente vez que se intente abrir el proyecto tendrá errores de lectura y técnicamente todo el trabajo queda inutilizado porque arreglarlo puede ser complejo.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Networking,» [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/consejo/Networking-redes-cableado-similitudes-y-diferencias>.
- [2] «Mercado de Routers,» MordorIntelligence, [En línea]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/enterprise-routers-market>.
- [3] «Conozca a Cisco, la empresa líder en redes para Internet,» Cisco Systems, 2008. [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/docs/pdf/Conozca_Cisco.pdf.
- [4] «Información del Huawei y sus certificados,» Huawei, 2021. [En línea]. Available: <https://www.intitec.org/huawei-hcna-y-hntd/>.
- [5] «Información sobre la empresa SIA Mikrotik,» Mikrotik, 2015. [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/aboutus>.
- [6] «Información sobre Juniper y sus certificados,» Juniper, [En línea]. Available: <https://echaleunvistazo.wordpress.com/2013/09/27/certificacion-jncia-junos/>.

- [7] «Tipos de Routing-IGP,» Netacad, [En línea]. Available: <https://www.itesa.edu.mx/netacad/switching/course/module7/7.1.4.2/7.1.4.2.html>
- [8] «Protocolos de enrutamiento dinámico - RIP,» NetAcad, [En línea]. Available: <https://www.itesa.edu.mx/netacad/switching/course/module7/7.1.4.3/7.1.4.3.html>
- [9] «Enhanced Interior Gateway Routing Protocolo EIGRP,» Cisco Systems, 2005. [En línea]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/enhanced-interior-gateway-routing-protocol-eigrp/13669-1.html>.
- [10] «Open Shortest Path First Protocolo OSPF,» [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/7039-1.html#t6.
- [11] «Intermediate System to Intermediate System Protocolo IS-IS,» Cisco Systems, 2005. [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/integrated-intermediate-system-to-intermediate-system-is-is/13795-is-is-ip-config.html.
- [12] M. Raio, «Conexión entre eNSP y GNS3 mediante clouds,» GNS3, [En línea]. Available: <https://gns3.com/community/blog/connecting-huawei-ensp-to-gns3>.
- [13] «Nodos Cloud y nodos NAT en GNS3,» GNS3, 2017. [En línea]. Available: <https://gns3.com/community/featured/what-is-difference-between-cloud>.
- [14] «Guía de GNS3 - Dynamics,» GNS3, 2018. [En línea]. Available: <https://www.ucm.es/pimcd2014-free-software/gns3>.
- [15] «Emuladores en GNS3 - QEMU,» GNS3, 2021. [En línea]. Available: <https://docs.gns3.com/docs/emulators/which-emulators-should-i-use/>.
- [16] «Encapsulación HDLC,» NetAcad, 2018. [En línea]. Available: <https://www.itesa.edu.mx/netacad/networks/course/module3/3.1.2.2/3.1.2.2.html>

- [17] «Protocolo punto a punto PPP,» IBM, [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.2?topic=communications-asynchronous-point-point-protocol-subsystem>.
- [18] D. García, «Protocolos PAP y CHAP,» 2010. [En línea]. Available: <https://davidgarcia7.wordpress.com/2010/02/04/pap-y-chap/>.
- [19] «Protocolo PPPoE,» Linksys, [En línea]. Available: <https://www.linksys.com/bo/support-article?articleNum=132773>.
- [20] «Comparación entre Frame Relay y ATM,» informatica.uv.es, [En línea]. Available: <http://informatica.uv.es/iiguia/AER/Tema9.pdf>.
- [21] L. Pazmiño, «Diapositivas - Redes de siguiente generación - MPLS,» Quito, 2021.
- [22] «Emuladores de redes informáticas,» Apuntes Julio, [En línea]. Available: <https://apuntesjulio.com/emuladores-de-redes-informaticas/>.
- [23] «Características de Packet Tracer,» Ambit, [En línea]. Available: <https://www.ambit-bst.com/blog/todo-lo-que-debes-saber-de-cisco-packet-tracer>.
- [24] «Requisitos de Instalación de Packet Tracer,» NetAcad, [En línea]. Available: <https://www.netacad.com/es/courses/packet-tracer/faq>.
- [25] «Características de GNS3 y requisitos,» Teletronika, [En línea]. Available: <https://www.telectronika.com/articulos/ti/que-es-gns3/>.
- [26] «Características de eNSP,» Comunidad de Huawei, [En línea]. Available: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/introducci%C3%B3n-al-simulador-de-red-de-huawei-ensp/thread/540753-100265>.
- [27] «Laboratorios,» PNetLab, [En línea]. Available: <https://user.pnetlab.com/store/labs/detail?id=15943928409306>.
- [28] «What is PNetLab,» PNetLab, [En línea]. Available: <https://pnetlab.com/pages/documentation?slug=what-is-PNETlab>.
- [29] «Ejemplo de un proyecto en la plataforma,» PNetLab, [En línea]. Available: <https://user.pnetlab.com/store/labs/detail?id=15943928409306>.

- [30] M. Fernandez, «Emulador de Red CORE,» Blog Informática, 2018. [En línea]. Available: <https://blog.marcelofernandez.info/2018/01/core-network-emulator/#:~:text=C.O.R.E.%2C%20acr%C3%B3nimo%20de%20Common%20Open,Naval%20de%20los%20Estados%20Unidos..>
- [31] «Ejemplo de interfaz en CORE,» CCNADESDE0, [En línea]. Available: <https://ccnadesdezero.es/emuladores-de-redes-informaticas/>.
- [32] «Características de Core,» CoreEmu, [En línea]. Available: <http://coreemu.github.io/core/>.
- [33] J. Gonzalez, «Características EVE-NG,» [En línea]. Available: <https://www.josemariagonzalez.es/vmware-nsx/eve-emulated-virtual-environment.html>.
- [34] «Requisitos de EVE-NG,» EVE-NG, [En línea]. Available: <https://www.eve-ng.net/index.php/documentation/installation/system-requirement/>.
- [35] «Proyecto en EVE-NG,» Brianlinkletter, 2017. [En línea]. Available: <https://www.brianlinkletter.com/2017/02/how-to-set-up-the-eve-ng-network-emulator-on-a-linux-system/>.
- [36] «Tipos de topología,» Itroque, [En línea]. Available: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module4/4.4.3.1/4.4.3.1.html>.
- [37] «Tipos de topología 2,» NetAcad, [En línea]. Available: <https://www.itesa.edu.mx/netacad/networks/course/module9/9.1.1.2/9.1.1.2.html>.
- [38] «Topologías de red,» TecnoCompu, [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnocompu32/home/topologias-de-red>.
- [39] «Información de Routers,» Huawei, [En línea]. Available: <https://support.huawei.com/hedex/hdx.do?docid=EDOC1000163385&lang=en&idPath=24030814%7C21432787%7C7923148%7C252010533>.
- [40] «Módulos disponibles para las imágenes en eNSP,» Huawei, [En línea]. Available: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1000127105/4c2cd221/>.

- [41] «Router AR3260,» Huawei, [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/huawei-hig-end-enterprise-router-ar3260-with-3u-height-60815959267.html>.
- [42] «Imágenes ISO de Cisco,» GNS3, [En línea]. Available: <https://docs.gns3.com/docs/emulators/cisco-ios-images-for-dynamips/>.
- [43] «Modulos de las imagenes de Cisco,» CISCO, [En línea]. Available: <https://www.cisco.com/web/ANZ/cpp/refguide/hview/router/3700.html>.
- [44] «Características CISCO c3725,» CISCO, [En línea]. Available: <https://www.andovercg.com/datasheets/cisco-3700-routers.pdf>.
- [45] «Router Cisco c3725,» TechBuyer, [En línea]. Available: <https://www.techbuyer.com/us/47-12596-02-cisco-3725-multiservice-access-router-102324>.
- [46] «Modulo NM-1FE-TX,» TEC-INT, [En línea]. Available: <https://www.tec-int.com/cisco-nm-1fe-tx.html>.
- [47] «Modulo NM-4T,» CISCO, [En línea]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/cisco-nm-4t-4-port-serial-network-module-11132045262.html>.
- [48] «Modulo NM-16ESW,» CISCO, [En línea]. Available: <https://manualsbrain.com/es/manuals/1377567/>.
- [49] «Modulo WIC,» CISCO, [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/interfaces-modules/1700-2600-3600-3700-1-port-serial-wan-interface-card/7265-hw-1t-wic.pdf.
- [50] «RouterOS - Mikrotik,» Mikrotik, [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/software>.
- [51] «Router JunOS-Olive,» Juniper, [En línea]. Available: <https://www.juniper.net/mx/es/products/network-operating-system.html>.
- [52] «Router JunOS-Olive,» Juniper, [En línea]. Available: <https://networkengineering.stackexchange.com/questions/30770/is-olive-the-same-as-vmx>.

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 16 de septiembre de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, *Fernando Vinicio Becerra Camacho*, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de las topologías desarrolladas en las hojas guías, las cuales fueron creadas por los estudiantes Andrés Escobar y Maylee Pineda.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los estudiantes de la ESFOT puedan aprender los fundamentos en la configuración de dispositivos de red de múltiples fabricantes.

Una firma manuscrita en tinta azul que corresponde al nombre del director.

DIRECTOR

Ing. Fernando Vinicio Becerra Camacho, MSc.

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 15. EXT: 2720
email: fernando.becerrac@epn.edu.ec Quito-Ecuador