



LABORATORIO DE REDES DE COMPUTADORAS – INF238

LABORATORIO 6

TEMA: IPv6

Objetivos:

- Familiarizarse con comandos básicos de configuración de IPv6.
- Realizar pruebas de conectividad en IPv6 usando el simulador Packet Tracer.
- Configurar y realizar pruebas de conectividad en IPv6 en el slice asignado en el VNRT.

DATOS:		
Nombres y apellidos: Christian Andre Carhuanchó Rodríguez		Códigos: 20172665
Horario: 0882		Fecha: 12/10/21
CALIFICACIÓN:		
Prueba (10 ptos.):	Trabajo en laboratorio (10 ptos.):	Nota Final:
OBSERVACIONES:		

PARTE TEÓRICA

1. Introducción: IPv4 vs. IPv6

En estos días los Protocolos de Internet versión 4 y versión 6 se vienen usando y conviviendo en algunas instituciones y empresas conectadas a Internet. El aumento de usuarios, aplicaciones, servicios y dispositivos está generando la migración a la última versión.

IPv4 soporta $4 \cdot 294\,967\,296$ (2^{32}) direcciones de red, mientras que IPv6 soporta $340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456$ (2^{128} , 340 sextillones) direcciones. Con esta enorme cantidad de direcciones el crecimiento en Internet no tendría inconvenientes.

Una dirección IP es un número que identifica de manera lógica y jerárquica a una interfaz de un dispositivo dentro de una red que utiliza protocolo IP.

Características de IPv6

Los aspectos básicos del protocolo IPv6 fueron especificados por la IETF cuando en diciembre de 1998 publicó la RFC 2460:

- **Mayor capacidad de direcciones:** El tamaño en bits para definir una dirección IP se incrementa de 32 en IPv4 hasta 128 bits en IPv6. Aquí se define un nuevo tipo de dirección denominado anycast, usado para enviar un paquete IP a un nodo perteneciente a un grupo de nodos.
- **Simplificación del formato de la cabecera:** Algunos campos de la cabecera de IPv4 como HLEN, suma de chequeo, entre otros, han sido eliminados simplificando el procesamiento del paquete IPv6 en cada nodo.
- **Introducción de las cabeceras de extensión:** Permite que en el protocolo IPv6 se introduzcan nuevas opciones de una manera eficiente; está pensado para ofrecer soluciones a las aplicaciones que surjan en el futuro.
- **Capacidad de etiquetar flujos:** Funcionalidad nueva que ofrece IPv6 para identificar a qué tráfico de flujo en particular pertenece un paquete IP, esto con el objetivo de ofrecer un mejor servicio en la red.

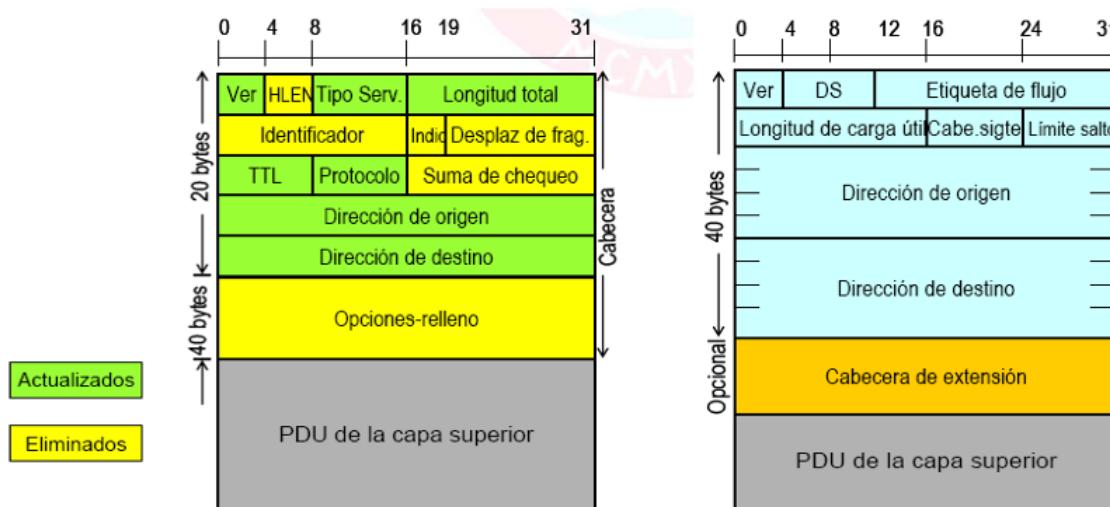


Figura 1.1 Estructura de los paquetes IPv4 e IPv6

2. Direcciones en IPv6 y asignación de dirección IPv6 a una interfaz

En febrero de 2006 la IETF publica la RFC 4291 donde se define la arquitectura de direcciones del protocolo IPv6. En esta RFC se definen tres tipos de direcciones IPv6: **unicast**, **multicast** y **anycast**. No se define direcciones broadcast en IPv6 ya que ésta es considerada como un subgrupo de las direcciones multicast.

Para representar una dirección IPv6 de 128 bits se utiliza el sistema de numeración hexadecimal. Cada dirección IPv6 está conformada por ocho (08) grupos de 16 bits, cada uno de ellos separada por el carácter “:”. El formato de una dirección IPv6 es **x:x:x:x:x:x:x**, donde cada x representa 16 bits (lo que es lo mismo cuatro dígitos hexadecimal).

Un ejemplo de una dirección IPv6 es 2001:ABC6:0000:0000:0068:1000:123B:FCA5 .

Para simplificar la escritura de este tipo de direcciones se puede omitir los dígitos hexadecimales a la izquierda de cada grupo. La dirección anterior quedaría 2001:ABC6:0:0:68:1000:123B:FCA5. Aun más, grupos adyacentes de cero (0) pueden ser reemplazados por “::”. Finalmente, la dirección anterior puede escribirse como 2001:ABC6::68:1000:123B:FCA5. El prefijo de una red en IPv6 sigue el formato CIDR:

Dirección IPv6/longitud de prefijo

Activación del protocolo IPv6 en un router(CISCO) - direcciones unicast

Antes de iniciar cualquier proceso de configuración IPv6 en los nodos de una red que soporta este protocolo, es necesario activar el protocolo IPv6 y las direcciones unicast. Para ello se debe usar el comando **ipv6 unicast-routing**.

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# ipv6 unicast-routing
```

Asignación de direcciones unicast IPv6

Para asignar una dirección IPv6 a una interfaz de un router se debe usar el comando **ipv6 address <prefijo de red/longitud de prefijo de red>**. Por ejemplo, para configurar la interfaz serial 0/0/0 de un router con la dirección 2001:13a0:1061::1/64 se debe ingresar:

```
Router(config)# interface serial 0/0/0
Router(config-if)# ipv6 address 2001:13a0:1061::1/64

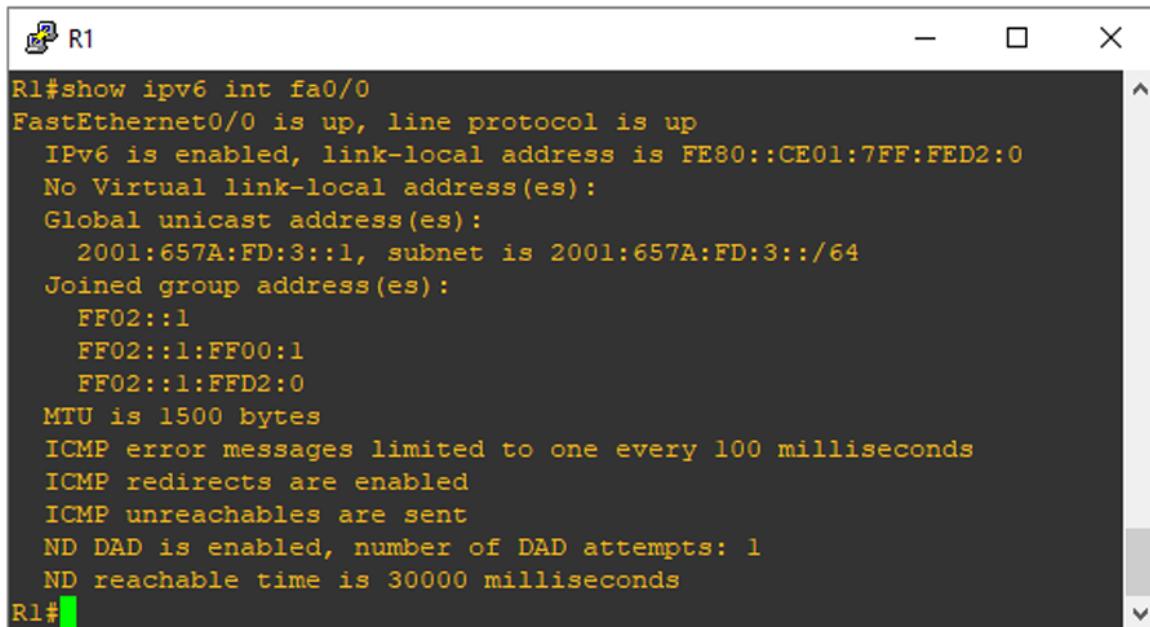
#Para ver el estado de las interfaces de un router
utilizar #el comando show ipv6 interface:

Router# show ipv6 interface serial 0/0/0
```

Después de realizar estos pasos, se puede ver que el router se ha unido a ciertos grupos multicast que se encuentran en un ámbito de espacio de direcciones previamente definidos por la IANA ([ver lista](#)).

A continuación, se muestra un ejemplo donde se explica a qué grupo multicast se ha unido el router:

Se tiene la siguiente imagen con dos direcciones IPv6 en la interfaz FastEthernet 0/0



R1#show ipv6 int fa0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::CE01:7FF:FED2:0
No Virtual link-local address(es):
Global unicast address(es):
 2001:657A:FD:3::1, subnet is 2001:657A:FD:3::/64
Joined group address(es):
 FF02::1
 FF02::1:FF00:1
 FF02::1:FFD2:0
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
ICMP redirects are enabled
ICMP unreachables are sent
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
R1#

Figura 2.1 Detalle de interfaz de router IPv6

La NIC del router cuenta con la dirección **IPv6 global** 2001:657A:FD:3::1, y con una dirección **link-local** FE80::CE01:7FF:FED2:0 definido por **EUI-64**. Basados en estas direcciones IPv6, el router se ha unido a los siguientes grupos multicast:

- FF02::1
- FF02::1:FF00:1
- FF02::1:FFD2:0

3. Autoconfiguración de IPv6

En IPv6 se pueden configurar las direcciones de manera manual o de forma automática. A diferencia de la forma manual, en donde un administrador de redes debe configurar las direcciones globales y puerta de enlace en cada dispositivo, existen también métodos para que los dispositivos conectados a la red obtengan una dirección de forma automática.

Autoconfiguración Stateful:

Esta configuración es la equivalente al usar DHCP en IPv4. Esta configuración requiere que exista un servicio DHCPv6 en la red el cual pueda proveer direcciones IPv6 a los dispositivos conectados, en donde, tanto el servidor como el cliente mantienen el estado de la conexión para que no existan conflictos dentro de la red.

Autoconfiguración Stateless (SLAAC):

Este tipo de configuración no requiere un servidor DHCPv6 en la red, y cada dispositivo adquiere una IPv6 de manera automática (auto-configurada) usando los avisos del router RA ([Router Advertisements](#)), en donde el router envía periódicamente información de los prefijos y parámetros de la red para que cada host pueda usarlo en la generación de sus direcciones.

Uno de los algoritmos más usados para que un dispositivo se **auto-asigne** una dirección **IPv6** en su interfaz es **EUI-64**. El principal beneficio que se obtiene, a comparación de IPv4, es que no se necesita realizar una configuración de un servidor DHCP para la red. El formato EUI-64 usa la dirección MAC de la NIC para generar una dirección IPv6. Esta dirección MAC se separa en 2 bloques de 24 bits cada uno, un bloque del OUI (Organizationally Unique Identifier) y el otro de la NIC. Posteriormente, se inserta el valor 0xFFFF (Valor reservado que solo puede aparecer con EUI-64) en medio de estos 2 bloques para formar una dirección de 64 bits. Finalmente, se invierte el bit 7 del OUI (De izquierda a derecha).

A continuación, se muestra un ejemplo del uso de una dirección MAC para generar un EUI:

MAC: **00-02-3F-76-A0-7D** (48 bits)

EUI: **00-02-3F-FF-FE-76-A0-7D** (64 bits) (Se agrega el valor 0xFFFF)

EUI: **02-02-3F-FF-FE-76-A0-7D** (64 bits) (Se invierte el bit 7 del OUI)

Dirección IPv6 final: FE80::202:3FFF:FE76:A07D

Comandos útiles en Linux

En primer lugar, antes de comenzar a experimentar con los comandos que se les brindarán a continuación, es necesario que tengan instalados los paquetes necesarios en sus 3 VM's, lo pueden hacer de la siguiente manera:

```
redes@worker-X:~$ sudo apt install net-tools
```

✓ Nota

En caso no pueda instalar ningún paquete, verifique el siguiente archivo de configuración:

sudo nano /etc/resolv.conf

Debe contener la siguiente línea:
nameserver 8.8.8.8

En caso no la tenga, agréguela.

A continuación, se le brindarán algunos comandos útiles para las actividades de la parte práctica:

```
redes@worker-X:~$ ifconfig ens3
redes@worker-X:~$ ip -6 address show ens3
redes@worker-X:~$ netstat -nr -6
redes@worker-X:~$ ping6
redes@worker-X:~$ traceroute6
redes@worker-X:~$ dig -6
```

4. Direccionamiento IPv6 en WINDOWS

Con el comando ipconfig se puede verificar que IPv6 se encuentra instalado. Luego se ingresa el comando netsh, en el cual podremos configurar el protocolo. En éste se añade la dirección IPv6 a la conexión previamente identificada (en este ejemplo se denomina “Conexión de área local” y la dirección IPv6 es la 2001:1348:1009::903) de la manera siguiente:

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - netsh
C:>netsh
netsh>interface ipv6 add address "Conexión de área local" 2001:1348:1009::903
Aceptar
```

Asimismo, se tiene que añadir el prefijo de red y la puerta de enlace, a través de los siguientes ejemplos se reconocen los comandos a usarse para tal fin:

```
netsh>interface ipv6 set interface "Conexión de área local" siteprefixlength=64
Aceptar
netsh>interface ipv6 add route ::/0 "Conexión de área local" 2001:1348:1009::901
Aceptar
```

A partir de Windows Vista, Microsoft implementó un método para la configuración de dirección IPv6, en el cual este usa un algoritmo de generación de direcciones al azar usando el identificador de la NIC. Un ejemplo de una dirección IPv6 es Windows es la siguiente:

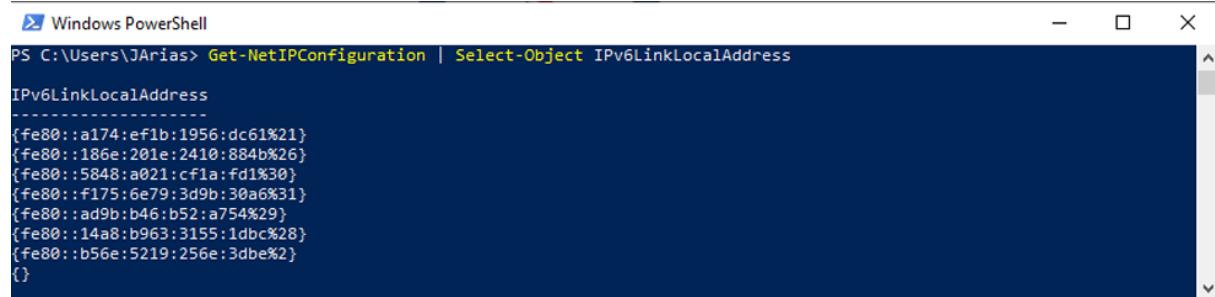
Link-local IPv6 Address . . . : fe80::a174:ef1b:1956:dc61%21

El formato mostrado tiene la siguiente sintaxis: <Dirección>%<ID de zona>. A diferencia de EUI-64, no se puede distinguir a simple vista a que NIC pertenece la dirección mostrada si es que el computador posee varias NIC conectadas a diferentes redes. Para este caso se usa la ID de zona (**Nótese el %21 al final de la dirección**). Esta ID identifica a la NIC que tiene dicha dirección.

Para conocer el ID de las NIC en el computador hay que seguir los siguientes pasos en una ventana de **PowerShell**:

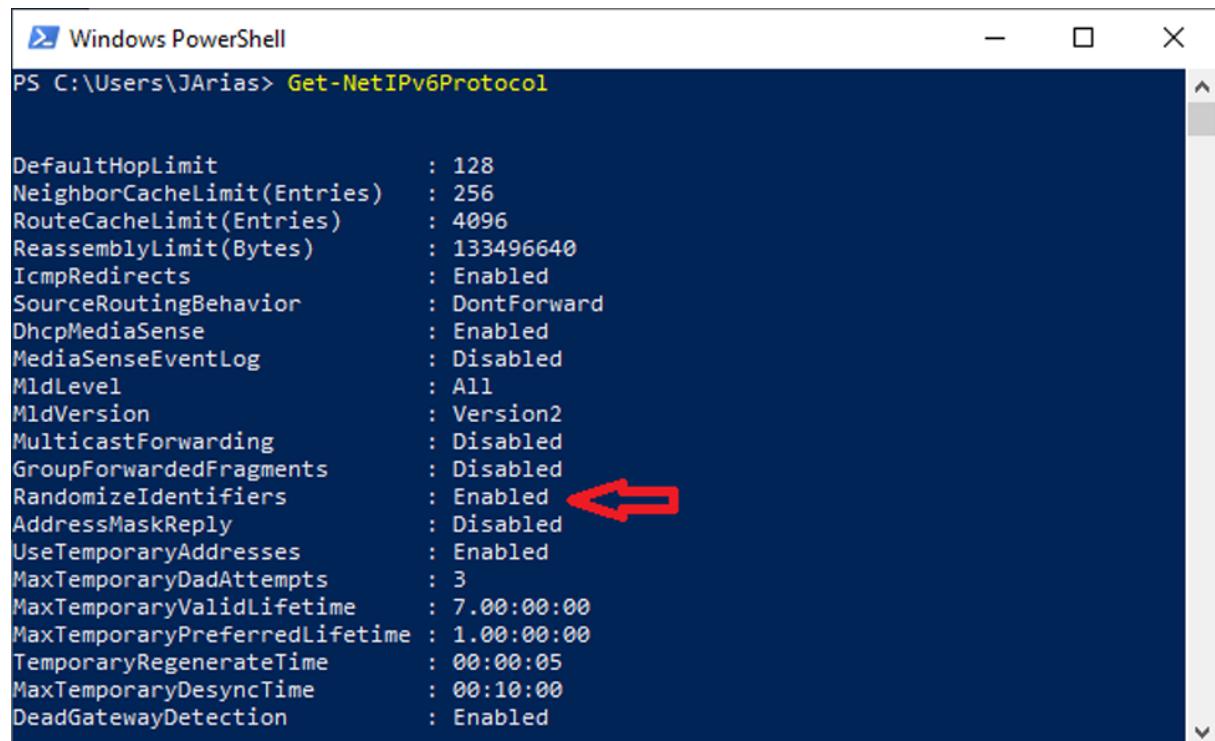
Name	InterfaceDescription	ifIndex	Status	MacAddress	LinkSpeed
VMware Network Adapter...8	VMware Virtual Ethernet Adapter for ...	31	Up	00-50-56-C0-00-08	100 Mbps
VMware Network Adapter...1	VMware Virtual Ethernet Adapter for ...	30	Up	00-50-56-C0-00-01	100 Mbps
Ethernet 4	Intel(R) I211 Gigabit Network Conn...#2	29	Disconnected	AC-9E-17-BA-07-B1	0 bps
Wi-Fi 2	Broadcom 802.11ac Network Adapter #2	28	Disconnected	40-E2-30-92-3C-01	0 bps
VirtualBox Host-Only ...2	VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter#2	26	Up	0A-00-27-00-00-1A	1 Gbps
Tunngle	TAP-Win32 Adapter V9 (Tunngle)	25	Disconnected	00-FF-AD-7E-43-03	100 Mbps
Ethernet 5	Microsoft KM-TEST Loopback Adapter	24	Not Present	02-00-4C-4F-4F-50	0 bps
Ethernet	Intel(R) Ethernet Connection (2) I218-V	21	Up	AC-9E-17-BA-05-71	1 Gbps
Bluetooth Network Conn...	Bluetooth Device (Personal Area Netw...	2	Disconnected	40-E2-30-98-8E-20	3 Mbps

Posteriormente, se usa el comando Get-NetIPConfiguration | Select-Object IPv6LinkLocalAddress para conocer las direcciones link-local de cada NIC:



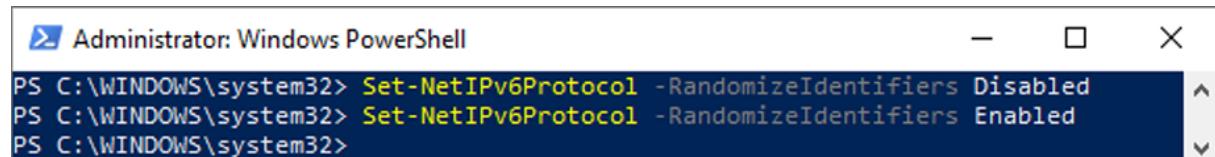
```
PS C:\Users\Jarias> Get-NetIPConfiguration | Select-Object IPv6LinkLocalAddress
IPv6LinkLocalAddress
-----
{fe80::a174:ef1b:1956:dc61%21}
{fe80::186e:201e:2410:884b%26}
{fe80::5848:a021:cfa:fd1k30}
{fe80::f175:6e79:3d9b:30a6%31}
{fe80::ad9b:b46:b52:a754%29}
{fe80::14a8:b963:3155:1dbc%28}
{fe80::b56e:5219:256e:3dbe%2}
{}
```

En caso se desee saber la forma de obtención de las direcciones link-local es mediante EUI-64 o generado de manera al azar por el OS, se ejecuta el comando Get-NetIPv6Protocol

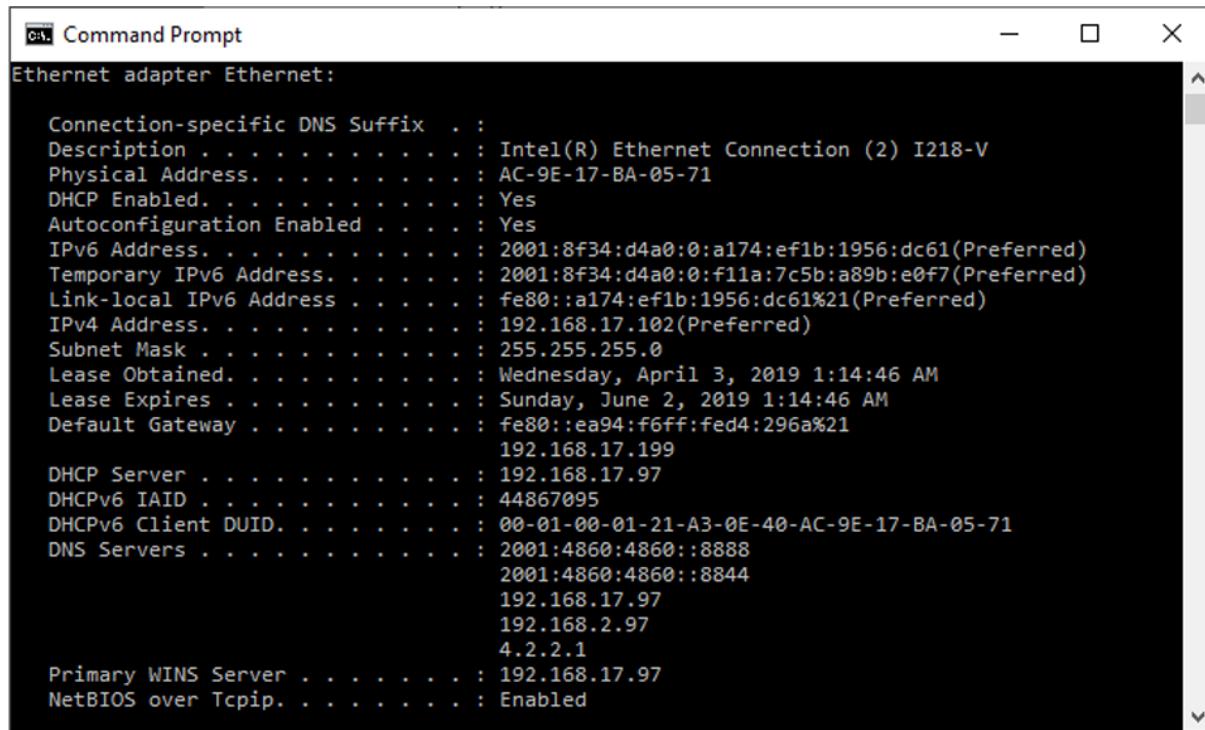


```
PS C:\Users\Jarias> Get-NetIPv6Protocol
DefaultHopLimit      : 128
NeighborCacheLimit(Entries) : 256
RouteCacheLimit(Entries) : 4096
ReassemblyLimit(Bytes)   : 133496640
IcmpRedirects        : Enabled
SourceRoutingBehavior : DontForward
DhcpMediaSense        : Enabled
MediaSenseEventLog    : Disabled
MldLevel              : All
MldVersion            : Version2
MulticastForwarding   : Disabled
GroupForwardedFragments : Disabled
RandomizeIdentifiers : Enabled ← Red arrow
AddressMaskReply     : Disabled
UseTemporaryAddresses : Enabled
MaxTemporaryDadAttempts : 3
MaxTemporaryValidLifetime : 7.00:00:00
MaxTemporaryPreferredLifetime : 1.00:00:00
TemporaryRegenerateTime : 00:00:05
MaxTemporaryDesyncTime : 00:10:00
DeadGatewayDetection   : Enabled
```

En este caso, se puede ver que la opción RandomizeIdentifiers se encuentra habilitada "Enabled". Para poder usar EUI-64, la opción debe encontrarse en modo "Disabled". Para habilitar o deshabilitar este modo se deben ejecutar los siguientes comandos en modo administrador:



```
PS C:\WINDOWS\system32> Set-NetIPv6Protocol -RandomizeIdentifiers Disabled
PS C:\WINDOWS\system32> Set-NetIPv6Protocol -RandomizeIdentifiers Enabled
PS C:\WINDOWS\system32>
```



```

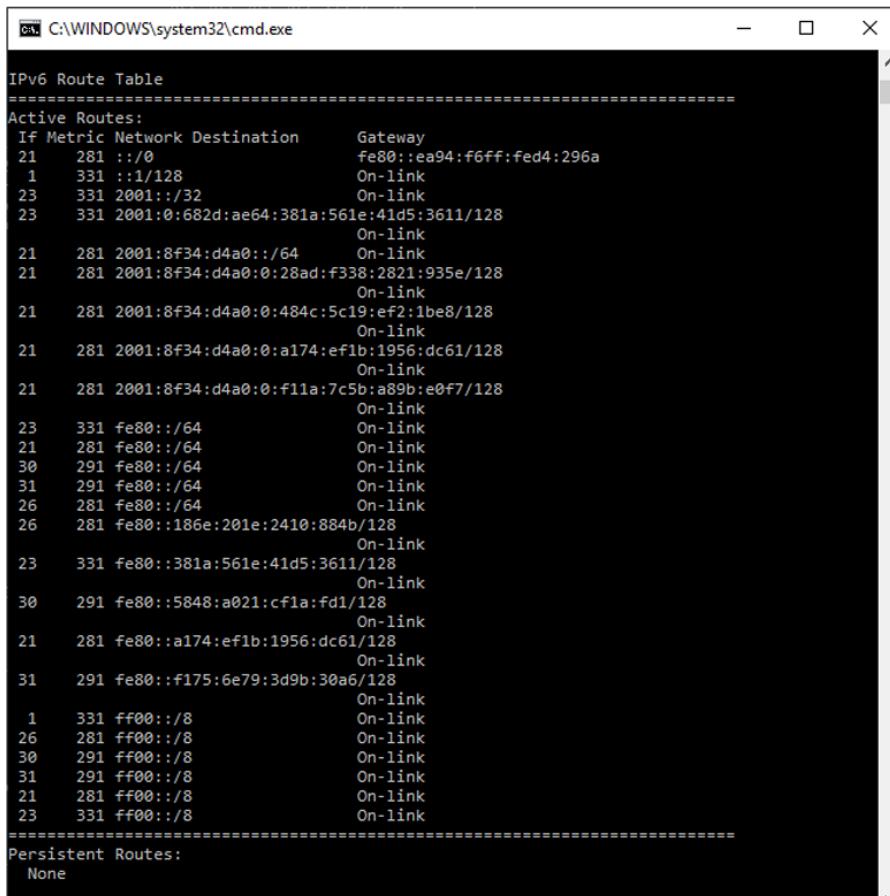
C:\ Command Prompt
Ethernet adapter Ethernet:

  Connection-specific DNS Suffix  . :
  Description . . . . . : Intel(R) Ethernet Connection (2) I218-V
  Physical Address. . . . . : AC-9E-17-BA-05-71
  DHCP Enabled. . . . . : Yes
  Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
  IPv6 Address. . . . . : 2001:8f34:d4a0:0:a174:ef1b:1956:dc61(PREFERRED)
  Temporary IPv6 Address. . . . . : 2001:8f34:d4a0:0:f11a:7c5b:a89b:e0f7(PREFERRED)
  Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::a174:ef1b:1956:dc61%21(PREFERRED)
  IPv4 Address. . . . . : 192.168.17.102(PREFERRED)
  Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
  Lease Obtained. . . . . : Wednesday, April 3, 2019 1:14:46 AM
  Lease Expires . . . . . : Sunday, June 2, 2019 1:14:46 AM
  Default Gateway . . . . . : fe80::ea94:f6ff:fed4:296a%21
                                192.168.17.199
  DHCP Server . . . . . : 192.168.17.97
  DHCPv6 IAID . . . . . : 44867095
  DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-21-A3-0E-40-AC-9E-17-BA-05-71
  DNS Servers . . . . . : 2001:4860:4860::8888
                          2001:4860:4860::8844
                          192.168.17.97
                          192.168.2.97
                          4.2.2.1
  Primary WINS Server . . . . . : 192.168.17.97
  NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

```

A continuación, se muestran algunos comandos útiles:

- Route print: Nos muestra la tabla de rutas de nuestro computador:



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
IPv6 Route Table
=====
Active Routes:
If Metric Network Destination      Gateway
21    281 ::/0                      fe80::ea94:f6ff:fed4:296a
1     331 ::1/128                  On-link
23    331 2001::/32                On-link
23    331 2001:0:682d:ae64:381a:561e:41d5:3611/128
21    281 2001:8f34:d4a0::/64      On-link
21    281 2001:8f34:d4a0:0:28ad:f338:2821:935e/128
21    281 2001:8f34:d4a0:0:484c:5c19:ef2:1be8/128
21    281 2001:8f34:d4a0:0:a174:ef1b:1956:dc61/128
21    281 2001:8f34:d4a0:0:f11a:7c5b:a89b:e0f7/128
23    331 fe80::/64                On-link
21    281 fe80::/64                On-link
30    291 fe80::/64                On-link
31    291 fe80::/64                On-link
26    281 fe80::/64                On-link
26    281 fe80::186e:201e:2410:884b/128
23    331 fe80::381a:561e:41d5:3611/128
30    291 fe80::5848:a021:cf1a:fd1/128
21    281 fe80::a174:ef1b:1956:dc61/128
31    291 fe80::f175:6e79:3d9b:30a6/128
1     331 ff00::/8                 On-link
26    281 ff00::/8                 On-link
30    291 ff00::/8                 On-link
31    291 ff00::/8                 On-link
21    281 ff00::/8                 On-link
23    331 ff00::/8                 On-link
=====
Persistent Routes:
  None

```

- netsh int ipv6 show neigh: Nos muestra las direcciones de los dispositivos conectados dentro de nuestra red.

Internet Address	Physical Address	Type
2001:8f34:d4a0:0:10b2:6232:b551:69e6	4c-57-ca-01-b0-03	Reachable
2001:8f34:d4a0:0:600e:6586:80f3:8735	4c-57-ca-01-b0-03	Stale
2001:8f34:d4a0:0:65d0:ac82:6692:beff8	4c-57-ca-01-b0-03	Reachable
2001:8f34:d4a0:0:a174:ef1b:1956:dc61	00-00-00-00-00-00	Unreachable
2001:8f34:d4a0:0:ae9e:17ff:feba:571	00-00-00-00-00-00	Unreachable
2001:8f34:d4a0:0:c199:ccdc:17e9:405c	00-00-00-00-00-00	Unreachable
2001:8f34:d4a0:0:ea94:f6ff:fed4:296a	e8-94-f6-d4-29-6a	Stale (Router)
fe80::250:56ff:fea0:1	00-00-00-00-00-00	Unreachable
fe80::250:56ff:fea0:8	00-00-00-00-00-00	Unreachable
fe80::800:27ff:fe00:1a	00-00-00-00-00-00	Unreachable
fe80::88d:57d5:e6db:1da5	4c-57-ca-01-b0-03	Reachable
fe80::186e:201e:2410:884b	00-00-00-00-00-00	Unreachable
fe80::318e:b4ba:b6d3:d2e5	c8-3d-d4-83-8e-c1	Stale
fe80::32b5:c2ff:fe78:a7c9	30-b5-c2-78-a7-c9	Stale (Router)
fe80::5848:a021:cf1a:fd1	00-00-00-00-00-00	Unreachable
fe80::74a3:4af7:78d9:f137	68-f7-28-d7-6b-37	Stale
fe80::ea94:f6ff:fed4:296a	e8-94-f6-d4-29-6a	Probe (Router)
fe80::f175:6e79:3d9b:30a6	00-00-00-00-00-00	Unreachable
ff02::1	33-33-00-00-00-01	Permanent
ff02::2	33-33-00-00-00-02	Permanent
ff02::c	33-33-00-00-00-0c	Permanent
ff02::16	33-33-00-00-00-16	Permanent
ff02::fb	33-33-00-00-00-fb	Permanent
ff02::1:2	33-33-00-01-00-02	Permanent
ff02::1:3	33-33-00-01-00-03	Permanent
ff02::1:ff21:935e	33-33-ff-21-93-5e	Permanent
ff02::1:ff51:69e6	33-33-ff-51-69-e6	Permanent
ff02::1:ff56:dc61	33-33-ff-56-dc-61	Permanent
ff02::1:ff9b:e0f7	33-33-ff-9b-e0-f7	Permanent
ff02::1:ffba:571	33-33-ff-ba-05-71	Permanent
ff02::1:ffd4:296a	33-33-ff-d4-29-6a	Permanent
ff02::1:ffd9:f137	33-33-ff-d9-f1-37	Permanent
ff02::1:ffdb:1da5	33-33-ff-db-1d-a5	Permanent
ff02::1:ffff2:1be8	33-33-ff-f2-1b-e8	Permanent

PARTE PRÁCTICA

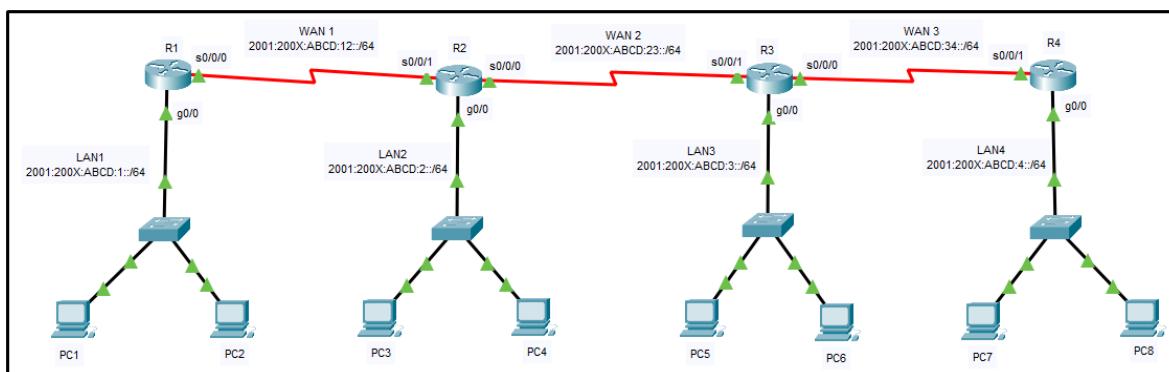
Se recomienda que el alumno revise la teoría y los comandos para las configuraciones de los dispositivos antes de presentarse al laboratorio.

Experiencia # 1: Configuración de dispositivos con IPv6 y Enrutamiento



Puntaje: 6.0 puntos

Implementar la siguiente topología. Conecte los dispositivos de acuerdo a la topología mostrada. Para realizar esta primera experiencia de laboratorio y responder algunas de las preguntas que se solicitan, deberá haber revisado la guía teórica que se adjunta en el laboratorio.



Topología Laboratorio 6

Las redes IPv6 de la topología tienen el formato: 2001:200X:ABCD::/64

Donde X debe ser reemplazado por el **último dígito de su código de alumno**.

Modelo de Router: 2901

Modelo de Switch: 2960

Indicaciones Generales:

Se indicó durante la asesoría del día martes de 5 a 7 p.m. que se debe adjuntar el archivo .pkt del packet tracer.

1. Configurar las direcciones IPv6 en las interfaces de los routers de acuerdo a la siguiente información **(0.50)**
 - a. Para las interfaces g0/0, deberá configurar la **primera** dirección IP de la red ipv6 asignada a la red LAN a la que pertenece.
 - b. Para las interfaces s0/0/0, deberá configurar la **primera** dirección IP de la red ipv6 asignada a la red WAN a la que pertenece.
 - c. Para las interfaces s0/0/1, deberá asignar la **segunda** dirección IP de la red ipv6 asignada a la red WAN a la que pertenece.

- d. Para todas las interfaces anteriores, deberá configurar manualmente una dirección ipv6 link-local. **No debe usar la misma dirección link-local en todas las interfaces del router.**
2. Configurar todas las PCs para que aprendan las direcciones IPv6 de manera automática. **(0.25)**
 3. Con la información anterior, llenar la Tabla 1 y Tabla 2. En packet tracer, se puede ver la información de direcciones IPv6 en las PCs desde la línea de comandos con: **ipv6config (1.0)**

TABLA 1: Direcciones IPv6 de Routers

Router	Interface	Dirección IPv6 / Prefijo	Tipo
R1	G0/0	FE80::1/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:1::1/64	Unicast Global
	S0/0/0	FE80::2/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:12::1/64	Unicast Global
R2	G0/0	FE80::3/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:2::1/64	Unicast Global
	S0/0/0	FE80::4/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:23::1/64	Unicast Global
	S0/0/1	FE80::5/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:12::2/64	Unicast Global
R3	G0/0	FE80::6/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:3::1/64	Unicast Global
	S0/0/0	FE80::7/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:34::1/64	Unicast Global
	S0/0/1	FE80::8/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:23::2/64	Unicast Global
R4	G0/0	FE80::9/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:4::1/64	Unicast Global
	S0/0/1	FE80::A/64	Link-local
		2001:2005:ABCD:34::2/64	Unicast Global

TABLA 2: Direcciones IPv6 de PCs

PC	Dirección IPv6 / Prefijo	Tipo
PC1	FE80::204:9AFF:FE42:D3B4/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4/64	Unicast Global
	FE80::1/64	Gateway
PC2	FE80::2E0:B0FF:FE41:E24A/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:1:2E0:B0FF:FE41:E24A/64	Unicast Global
	FE80::1/64	Gateway
PC3	FE80::201:97FF:FEC1:D2D5/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5/64	Unicast Global
	FE80::3/64	Gateway
PC4	FE80::2E0:B0FF:FE61:1C93/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93/64	Unicast Global
	FE80::3/64	Gateway
PC5	FE80::250:FFF:FE60:1503/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503/64	Unicast Global
	FE80::6/64	Gateway
PC6	FE80::2E0:F7FF:FE97:5A6A/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A/64	Unicast Global
	FE80::6/64	Gateway
PC7	FE80::2E0:A3FF:FEEA:248C/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEEA:248C/64	Unicast Global
	FE80::9/64	Gateway
PC8	FE80::203:E4FF:FE34:4A06/64	Link-local
	2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06/64	Unicast Global
	FE80::9/64	Gateway

4. Una vez configurados los routers, para comprobar la configuración de las direcciones IPv6 puede utilizar el comando.

RX# **show ipv6 interface brief**

(Adjunte captura de pantalla de configuración de uno de los routers de la topología mostrada y **comente resultados**) (0.5)

Escogí el router R2:

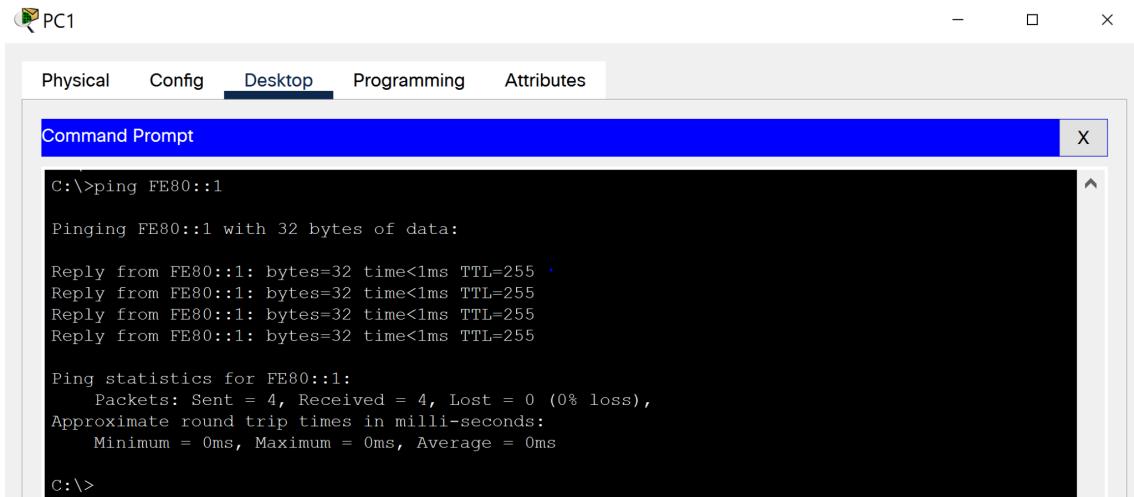
```
R2>show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0          [up/up]
    FE80::3
    2001:2005:ABCD:2::1
GigabitEthernet0/1          [administratively down/down]
    unassigned
Serial0/0/0                 [up/up]
    FE80::4
    2001:2005:ABCD:23::1
Serial0/0/1                 [up/up]
    FE80::5
    2001:2005:ABCD:12::2
Vlan1                       [administratively down/down]
    unassigned
R2>
```

Se puede observar que para el router R2, se muestran 5 interfaces, de las cuales 3 están asignadas y configuradas (up/up), mientras que las 2 restantes no han sido asignadas ni configuradas.

La información de cada interfaz configurada consiste en 2 líneas en la cual la primera indica la dirección ipv6 unicast link-local y la segunda línea indica la dirección ipv6 unicast-global. Ninguna de estas direcciones muestra la longitud del prefijo de red, por lo que se asume que fue configurado correctamente.

- De las interfaces configuradas, se tiene la interfaz GigabitEthernet 0/0 que corresponde a la red LAN2 con ambas direcciones ipv6 acorde a las elegidas y configuradas; la interfaz serial 0/0/0 que corresponde a la red WAN2 que lo conecta con el router R3 también con ambas direcciones verificadas con las configuradas; y finalmente, la interfaz serial 0/0/1 que corresponde a la red WAN1 que lo conecta con el router R1 y que también indica las direcciones ipv6 acorde a las elegidas y configuradas.
- Las interfaces no asignadas ni configuradas GigabitEthernet 0/0/1 y Vlan1 muestran el estado administratively down/down pues no se usaron para realizar conexiones en la topología.

5. Verificar conectividad desde cada una de las PCs hacia la dirección IP que aparece configurada como Gateway, utilizando el comando ping. Adjunte capturas de pantalla de **PC1** y **PC8**. (0.25).

PC1:

PC1

Physical Config Desktop Programming Attributes

Command Prompt X

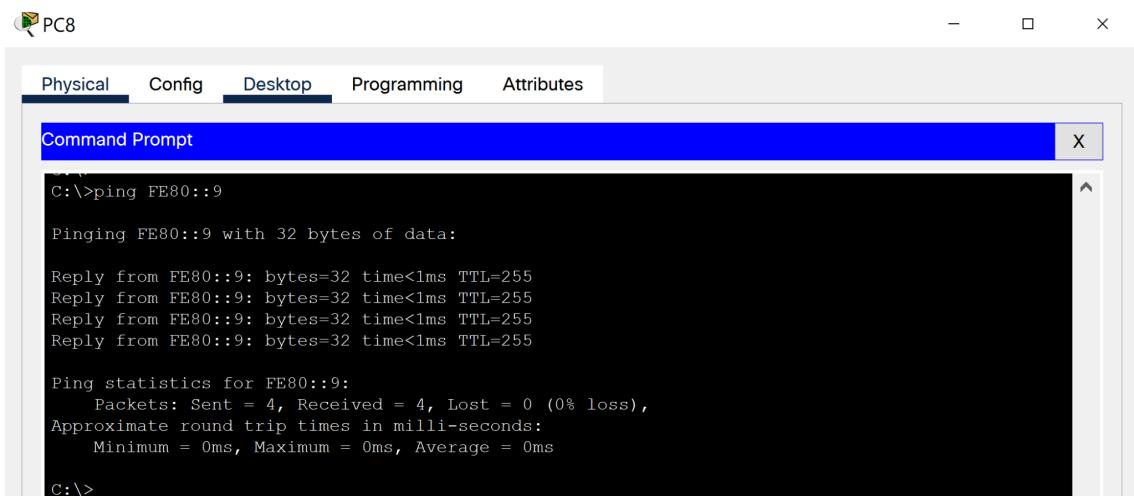
```
C:\>ping FE80::1

Pinging FE80::1 with 32 bytes of data:

Reply from FE80::1: bytes=32 time<1ms TTL=255 

Ping statistics for FE80::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>
```

PC8:

PC8

Physical Config Desktop Programming Attributes

Command Prompt X

```
C:\>ping FE80::9

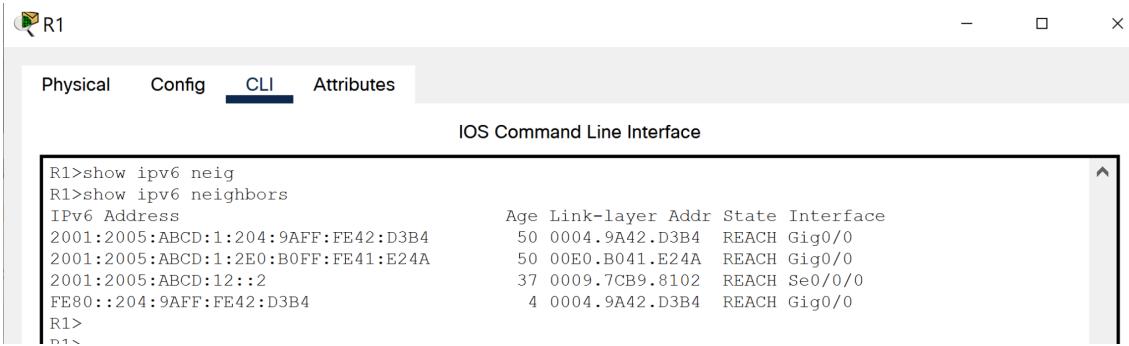
Pinging FE80::9 with 32 bytes of data:

Reply from FE80::9: bytes=32 time<1ms TTL=255 

Ping statistics for FE80::9:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>
```

6. En el router R1, ejecute el siguiente comando: R1# **show ipv6 neighbors**
Adjunte la captura de pantalla y **explique qué información es la que muestra.** (El puntaje se asignará sólo si explica/comenta la captura de pantalla) **(0.5)**



```
R1>show ipv6 neig
R1>show ipv6 neighbors
IPv6 Address          Age Link-layer Addr State Interface
2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4    50 0004.9A42.D3B4  REACH Gig0/0
2001:2005:ABCD:1:2E0:B0FF:FE41:E24A    50 00E0.B041.E24A  REACH Gig0/0
2001:2005:ABCD:12::2                  37 0009.7CB9.8102  REACH Se0/0/0
FE80::204:9AFF:FE42:D3B4              4 0004.9A42.D3B4  REACH Gig0/0
R1>
n1~
```

Según la documentación de Cisco, el comando muestra la información en cache de todos los vecinos del Router. Un vecino es aquel host que pertenece a la misma red lógica que alguna de las redes configuradas en el router.

Luego de ejecutar el comando se obtiene un listado de 4 filas y 5 columnas. Las columnas indican la dirección ipv6 unicast global o link local, la edad (en minutos), la dirección de capa de enlace o MAC address, el estado y el nombre de la interfaz.

1. La primera dirección corresponde a la PC1 y es una dirección ipv6 unicast global, la edad es 50 minutos desde que se confirmó como alcanzable, su dirección MAC coincide con la que se muestra en la configuración de la PC, presenta el estado alcanzable y a través de la interfaz Gig0/0.
2. La segunda dirección corresponde a la PC2, presenta la misma edad que la dirección ipv6 unicast global de la PC1, la dirección MAC también corresponde a la indicada en la configuración y también es alcanzable a través de la interfaz Gig0/0 pues la PC1 y PC2 pertenecen a la misma red LAN1.
3. La tercera dirección corresponde a la interfaz serial 0/0/1 del Router R2 y es ipv6 unicast global. La edad es 37 minutos, su dirección MAC coincide con la que se indica en la configuración y es alcanzable a través de la interfaz serial 0/0/0 a través de la red WAN 1.
4. La cuarta dirección es una dirección unicast link local correspondiente a la PC1. Esta dirección tiene la menor edad entre todos los vecinos, tiene la misma dirección MAC que la primera dirección pues ambas corresponden a la misma interfaz FastEthernet de la PC1 y es alcanzable a través de la interfaz Gig0/0.

Como observación final, noté que luego de guardar el archivo y reabrirlo después para probar los comandos, solo aparecían las 2 primeras líneas del listado. Además, noté que cada vez que hacía un ping desde la PC1, PC2 o Router R2 hacia el Router 1, se registraba la dirección unicast global de la interfaz serial 0/0/1 del Router R2 y las direcciones unicast link local de las PCs 1 y 2.

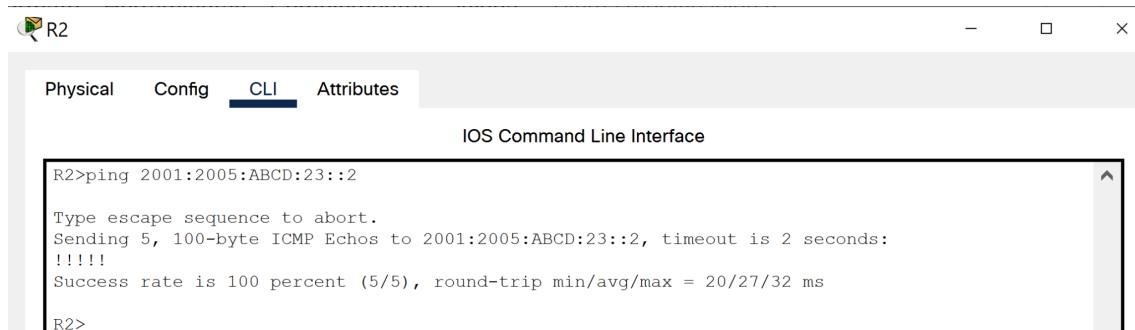
Para la captura de pantalla que adjunté, realicé un ping del Router R2 a R1 para probar la conectividad y de la PC1 al gateway, mas no de la PC2, obteniéndose el listado de cache adjuntado arriba que se reinicia con cada reapertura del archivo pkt.

7. Antes de seguir con el paso 8, es necesario que verifique la conectividad entre routers. Para ello desde cada router puede hacer ping a la dirección IPv6 de la interfaz serial del router vecino. Adjunte capturas de pantalla de R1 haciendo ping a R2, de R2 haciendo ping a R3 y de R3 haciendo ping a R4. (0.5)

La sintaxis del comando es RX# **ping** dirección_IPv6_de_interface_serial_router_vecino

R1 a R2:

```
R1>ping 2001:2005:ABCD:12::2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:2005:ABCD:12::2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/17/31 ms
R1>
```

R2 a R3:

```
R2>ping 2001:2005:ABCD:23::2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:2005:ABCD:23::2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 20/27/32 ms
R2>
```

R3 a R4:

```
R3>ping 2001:2005:ABCD:34::2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:2005:ABCD:34::2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 20/28/32 ms
R3>
```

8. Configure enrutamiento estático a fin de tener conectividad entre todas las PCs de todas las redes LAN de la topología. La sintaxis es similar que en IPv4. **(1.0)**

RX(config)# **ipv6 route dirección_red_ipv6_destino/prefijo dirección_ipv6_siguiente_salto**

Las rutas estáticas configuradas son las siguientes:

- R1:


```
R1(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:2::/64 2001:2005:ABCD:12::2
R1(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:3::/64 2001:2005:ABCD:12::2
R1(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:4::/64 2001:2005:ABCD:12::2
```
- R2:

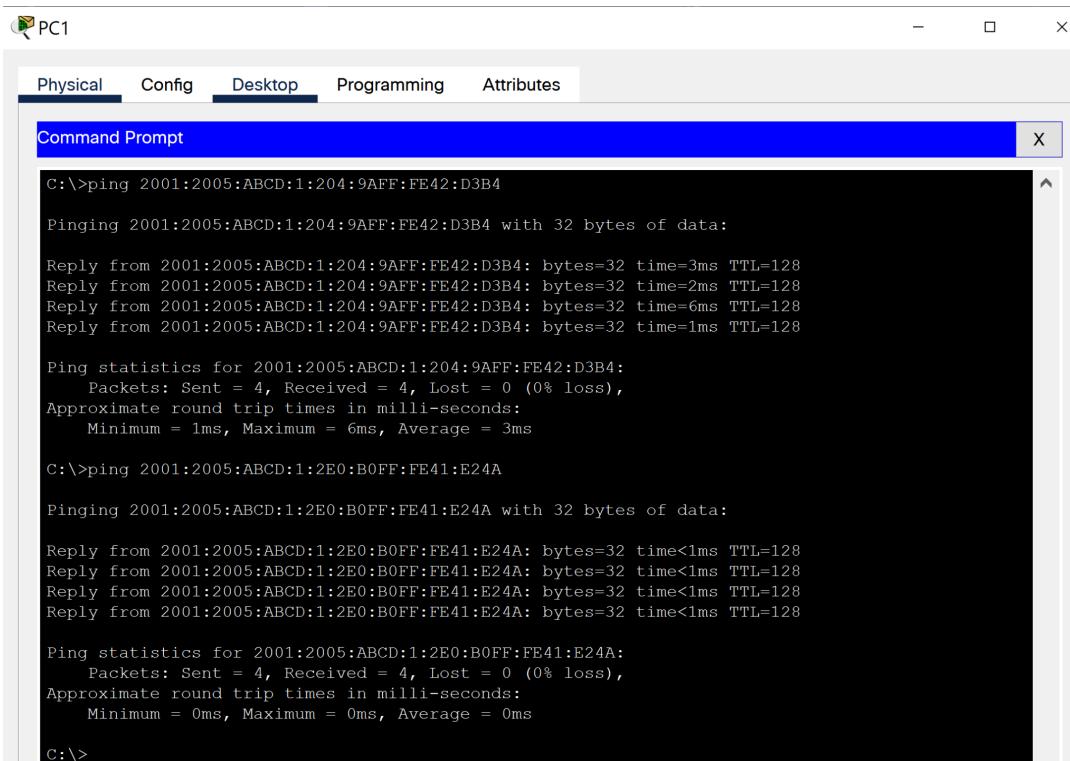

```
R2(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:1::/64 2001:2005:ABCD:12::1
R2(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:3::/64 2001:2005:ABCD:23::2
R2(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:4::/64 2001:2005:ABCD:23::2
```
- R3:


```
R3(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:1::/64 2001:2005:ABCD:23::1
R3(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:2::/64 2001:2005:ABCD:23::1
R3(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:4::/64 2001:2005:ABCD:34::2
```
- R4:


```
R4(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:1::/64 2001:2005:ABCD:34::1
R4(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:2::/64 2001:2005:ABCD:34::1
R4(config)# ipv6 route 2001:2005:ABCD:3::/64 2001:2005:ABCD:34::1
```

9. En PC1, desde la línea de comandos, debe poder hacer ping hacia todas las PCs de la topología. Adjunte las capturas de pantalla donde se evidencia que todos los pines son exitosos. **(0.5)**

PC1 y PC2:



```
C:\>ping 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4

Pinging 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4: bytes=32 time=1ms TTL=128

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:1:204:9AFF:FE42:D3B4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 6ms, Average = 3ms

C:\>ping 2001:2005:ABCD:1:2E0:B0FF:FE41:E24A

Pinging 2001:2005:ABCD:1:2E0:B0FF:FE41:E24A with 32 bytes of data:

Reply from 2001:2005:ABCD:1:2E0:B0FF:FE41:E24A: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:1:2E0:B0FF:FE41:E24A:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>
```

PC3 y PC4:

```
C:\>ping 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5

Pinging 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5: bytes=32 time=23ms TTL=126
Reply from 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5: bytes=32 time=15ms TTL=126
Reply from 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:2:201:97FF:FEC1:D2D5:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 1ms, Maximum = 23ms, Average = 10ms

C:\>ping 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93

Pinging 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93: bytes=32 time=28ms TTL=126
Reply from 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:2:2E0:B0FF:FE61:1C93:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 1ms, Maximum = 28ms, Average = 7ms

C:\>
```

PC5 y PC6:

```
C:\>ping 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503

Pinging 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503: bytes=32 time=33ms TTL=125
Reply from 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503: bytes=32 time=58ms TTL=125
Reply from 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503: bytes=32 time=41ms TTL=125

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:3:250:FFF:FE60:1503:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 2ms, Maximum = 58ms, Average = 33ms

C:\>ping 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A

Pinging 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A with 32 bytes of data:

Reply from 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A: bytes=32 time=27ms TTL=125
Reply from 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A: bytes=32 time=41ms TTL=125
Reply from 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A: bytes=32 time=2ms TTL=125

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:3:2E0:F7FF:FE97:5A6A:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 2ms, Maximum = 41ms, Average = 18ms

C:\>
```

PC7 y PC8:

```
C:\>ping 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C
Pinging 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C with 32 bytes of data:
Reply from 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C: bytes=32 time=48ms TTL=124
Reply from 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C: bytes=32 time=78ms TTL=124
Reply from 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C: bytes=32 time=37ms TTL=124
Reply from 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C: bytes=32 time=65ms TTL=124

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:4:2E0:A3FF:FEAA:248C:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 37ms, Maximum = 78ms, Average = 57ms

C:\>ping 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06
Pinging 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06 with 32 bytes of data:
Reply from 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06: bytes=32 time=49ms TTL=124
Reply from 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06: bytes=32 time=3ms TTL=124
Reply from 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06: bytes=32 time=53ms TTL=124
Reply from 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06: bytes=32 time=4ms TTL=124

Ping statistics for 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 3ms, Maximum = 53ms, Average = 27ms

C:\>
```

10. En PC1, desde la línea de comandos, realizar un tracert a la dirección IPv6 de PC8. Adjunte la captura de pantalla con el resultado de lo solicitado y **comente**. (El puntaje se asignará sólo si explica/comenta la captura de pantalla) (0.5)

```
C:\>tracert 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06
Tracing route to 2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06 over a maximum of 30 hops:
  1  0 ms      0 ms      0 ms      2001:2005:ABCD:1::1
  2  0 ms      0 ms      0 ms      2001:2005:ABCD:12::2
  3  19 ms     0 ms      1 ms      2001:2005:ABCD:23::2
  4  1 ms       0 ms      3 ms      2001:2005:ABCD:34::2
  5  1 ms      10 ms     1 ms      2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06

Trace complete.

C:\>
```

La ruta escogida coincide con las rutas previamente configuradas en todos los routers. Las rutas corresponden a las direcciones IPv6 unicast global de cada interfaz.
El orden de paso por interfaces o hops es el siguiente:

Dirección IPv6	Interfaz	Dispositivo
2001:2005:ABCD:1::1	GigabitEthernet 0/0	Router R1
2001:2005:ABCD:12::2	Serial 0/0/1	Router R2
2001:2005:ABCD:23::2	Serial 0/0/1	Router R3
2001:2005:ABCD:34::2	Serial 0/0/1	Router R4
2001:2005:ABCD:4:203:E4FF:FE34:4A06	FastEthernet 0/0	PC8

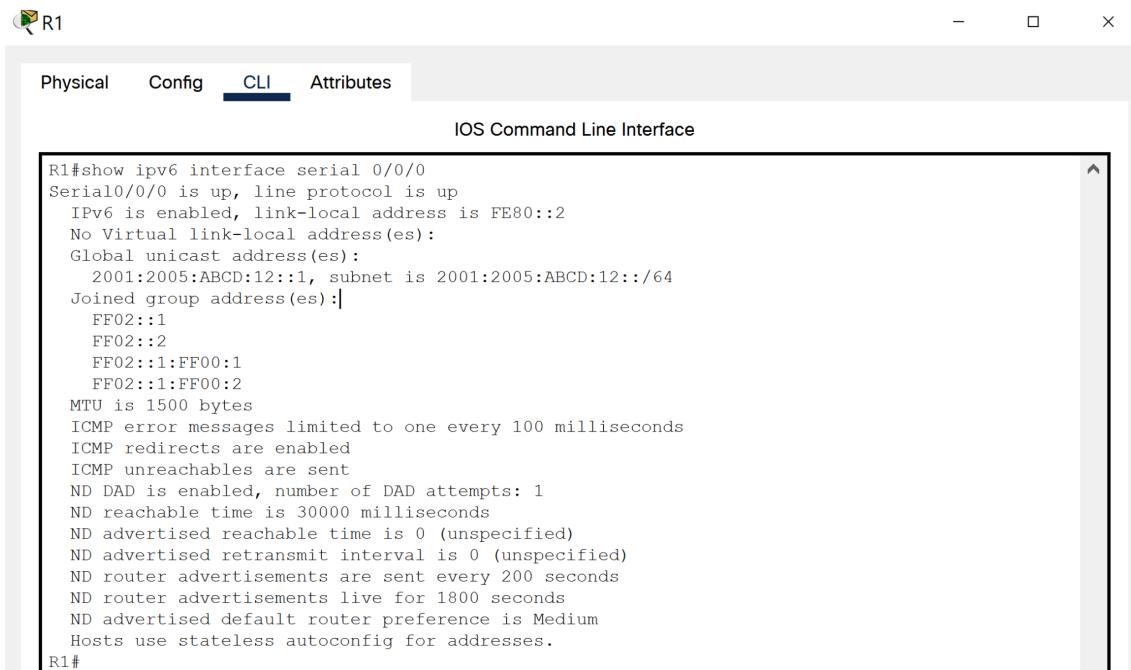
El sentido escogido coincide con el configurado pues se configuró que para llegar a la LAN8 desde la PC1, se pase al gateway que es el Router R1 y se vaya a la derecha en línea recta desde el Router R1 al R4 a través de las interfaces seriales de llegada en cada salto que son siempre las 0/0/1 acorde al cableado en la topología. Los tiempos de latencia por paquete no son elevados.

11. Cuál es el MTU de la interfaz que está configurado en la interfaz serial 0/0/0 de R1. Indique el valor, qué significa, con qué comando lo obtuvo y adjunte una captura de pantalla como evidencia. (0.5)

- El valor de MTU es de 1500 bytes.
- MTU es Unidad Máxima de Transferencia y es una configuración avanzada que permite determinar el tamaño máximo de los datos que se pueden transmitir en la conexión. Si el valor de MTU es muy grande para la conexión, entonces la computadora experimentará la pérdida o caída de la conexión. Por otro lado, si el valor es muy pequeño, entonces los envíos de paquetes se rechazarán y se pedirá que se realice la fragmentación respectiva. En nuestro caso, para los pines realizados se envían paquetes de 32 bytes cada uno, siendo este valor menor al de 1500 bytes de MTU, por lo tanto no se solicitó a fragmentación; sin embargo, si se hubiera especificado enviar un ping con un tamaño mayor a 1500 desde el Router R1 al R2, se hubiera fragmentado automáticamente o enviado una solicitud.
- Obtuve el valor ejecutando el siguiente comando en el Router R1 para ver la información de la interfaz serial 0/0/0:

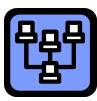
```
R1# show ipv6 interface serial 0/0/0
```

- Se obtuvo como evidencia la siguiente salida en la que se indica la línea “MTU is 1500 bytes” debajo de la sección de “Joined group address(es)”:



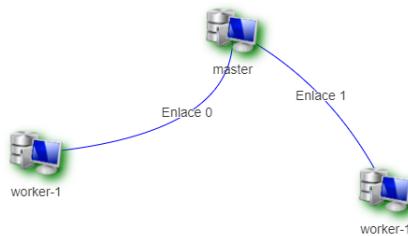
R1#show ipv6 interface serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::2
No Virtual link-local address(es):
Global unicast address(es):
 2001:2005:ABCD:12::1, subnet is 2001:2005:ABCD:12::/64
Joined group address(es):|
 FF02::1
 FF02::2
 FF02::1::FF00:1
 FF02::1:FF00:2
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
ICMP redirects are enabled
ICMP unreachables are sent
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
ND advertised reachable time is 0 (unspecified)
ND advertised retransmit interval is 0 (unspecified)
ND router advertisements are sent every 200 seconds
ND router advertisements live for 1800 seconds
ND advertised default router preference is Medium
Hosts use stateless autoconfig for addresses.
R1#

Experiencia # 2: Desafío – Configuración IPv6 en VNRT



Puntaje: 3.5 puntos

Cada alumno, posee un slice en el **VNRT** con una topología similar a la mostrada en la siguiente imagen:



Por defecto, estas Máquinas Virtuales ya están configuradas a nivel de IPv4, se solicita que realice las configuraciones necesarias para que las máquinas virtuales tengan comunicación a nivel de IPv6, para eso deberá seguir los siguientes pasos:

- Verificar que las interfaces de las máquinas virtuales tengan una dirección Link-Local Scope asignada, adjuntar un screenshot de alguna de las máquinas virtuales. **(0.5ptos)**

```
redes@worker-X:~$ ip addr
```

Todas las máquinas presentan una dirección ipv6 unicast link local y se indica en cada interfaz en la línea:
inet6 DIRECCIÓN_IPV6 scope link.

```
redes@worker1:~$ ip addr
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 ::1/128 scope host
            valid_lft forever preferred_lft forever
2: ens3: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP group default qlen 1000
    link/ether fa:16:3e:69:48:16 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.1.2/30 brd 192.168.1.3 scope global ens3
        valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 fe80::f816:3eff:fe69:4816/64 scope link
            valid_lft forever preferred_lft forever
redes@worker1:~$ =
```

Adjunto la captura de pantalla de worker1 que se une al master mediante el enlace 0.

- Recuerde usar el formato 2001:200X:ABCD::/64 para asignar las ips a sus máquinas virtuales (master y workers) **(0.5ptos)**

```
redes@worker-X:~$ sudo ip -6 addr add Dirección_IPv6/prefijo dev ens3
```

Tip

En la imagen mostrada, puede visualizar dos enlaces:

- Enlace 0: Une worker 1 con Master
- Enlace 1: Une worker 2 con Master

Recordar que estos enlaces deben tener redes diferentes, por ejemplo:

- Red enlace 0: 2001:2001:ABCD::/64
- Red enlace 1: 2001:2002:ABCD::/64

Direcciones asignadas:

(Se me indicó en la asesoría del día sábado que puedo utilizar las direcciones del ejemplo Tip)

Sigo el estándar de asignar la primera dirección válida al Router (master) y la segunda a las PCs (workers).

1. Worker1 ens3 (Enlace 0): 2001:2001:ABCD::2/64
 2. Master:
 - ens4 (Enlace 0): 2001:2001:ABCD::1/64
 - ens5 (Enlace 1): 2001:2002:ABCD::1/64
 3. Worker2 ens3 (Enlace 1): 2001:2002:ABCD::2/64
- Luego de configurar las IPv6 en cada una de las máquinas virtuales de su slice, verifique que puede realizar un ping entre las máquinas virtuales directamente conectadas, adjuntar screenshot de la operación realizada **(0.5ptos)**

Ping de worker1 al ens4 del enlace 0 del master:

```
redes@worker1:~$ ping 2001:2001:ABCD::1 -c 4
PING 2001:2001:ABCD::1(2001:2001:abcd::1) 56 data bytes
64 bytes from 2001:2001:abcd::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.87 ms
64 bytes from 2001:2001:abcd::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.345 ms
64 bytes from 2001:2001:abcd::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.569 ms
64 bytes from 2001:2001:abcd::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.393 ms

--- 2001:2001:ABCD::1 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.345/0.793/1.866/0.624 ms
redes@worker1:~$
```

Ping de worker2 al ens5 del enlace 1 del master:

```
redes@worker2:~$ ping 2001:2002:ABCD::1 -c 4
PING 2001:2002:ABCD::1(2001:2002:abcd::1) 56 data bytes
64 bytes from 2001:2002:abcd::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.89 ms
64 bytes from 2001:2002:abcd::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.562 ms
64 bytes from 2001:2002:abcd::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.593 ms
64 bytes from 2001:2002:abcd::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.588 ms

--- 2001:2002:ABCD::1 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.562/0.909/1.893/0.568 ms
redes@worker2:~$ _
```

Se comprueba la conexión entre las PCs conectadas directamente.

- Realice ping entre las máquinas que se encuentran en los extremos(worker 1 - worker 2), adjuntar screenshot. ¿El ping es exitoso? ¿Por qué? (0.5ptos)

Ping de worker1 al worker2 (NO EXITOSO) :

```
redes@worker1:~$ ping 2001:2002:ABCD::2 -c 4
ping: connect: Network is unreachable
redes@worker1:~$ _
```

Ping del worker2 al worker1 (NO EXITOSO) :

```
redes@worker2:~$ ping 2001:2001:ABCD::2 -c 4
ping: connect: Network is unreachable
redes@worker2:~$
```

Ingrese aquí su respuesta:

El ping no es exitoso debido a lo siguiente:

- Las instancias worker **pertenecen a redes lógicas distintas**, por lo que necesitarán de un dispositivo que actúe como router para poder conectar ambas redes.
- Las instancias worker **no tienen definido un default gateway**, por lo tanto, en caso de redes lógicas diferentes, no se sabrá a dónde enviar los paquetes. Es por esta razón que se obtiene el mensaje de "Network is unreachable" cuando se intenta verificar la conexión entre workers.
- En caso se configure el default gateway en los workers, aún no se podrá establecer la conexión entre ellos debido a que el dispositivo que actúa como router, que en este caso es el master, **no tiene definidas las rutas** para enviar los paquetes, por lo que los paquetes enviados de un worker se quedarán en el master y no llegarán al otro worker.

- Es necesario habilitar el enrutamiento IPv6 en el master, ya que hará la función de **router** para que el worker1 pueda llegar al worker2 y viceversa. Deberá modificar el fichero “/etc/sysctl.conf”, dentro de este fichero deberá **descomentar** la opción **net.ipv6.conf.all.forwarding** y setearla como 1. Luego deberá reiniciar el servicio de red con el siguiente comando: **(0.5ptos)**

```
redes@master:~$ sudo systemctl restart systemd-networkd.service
```

- Finalmente, deberá agregar las rutas necesarias para lograr la comunicación(ping) entre el worker1 y worker2. **(0.5ptos)**

Para agregar rutas en IPv6 puede usar el siguiente comando:

```
# Para agregar una ruta cualquiera  
redes@master:~$ sudo ip -6 route add direccion_IPv6/prefijo via  
direccion_IPv6  
  
# Para agregar una ruta por defecto  
redes@worker-x:~$ sudo ip -6 route add default via direccion_IPv6  
  
#####  
Rutas configuradas  
#####  
  
Master:  
sudo ip -6 route add 2001:2001:ABCD::/64 via 2001:2001:ABCD::2  
sudo ip -6 route add 2001:2002:ABCD::/64 via 2001:2002:ABCD::2  
  
Worker1:  
sudo ip -6 route add default via 2001:2001:ABCD::1  
  
Worker2:  
sudo ip -6 route add default via 2001:2002:ABCD::1
```

- Insertar screenshot de la prueba de conexión exitosa entre el worker1 y el worker2 (0.5ptos)

Ping y traceroute de worker1 al worker2:

```
redes@worker1:~$ ping 2001:2002:ABCD::2 -c 4
PING 2001:2002:ABCD::2(2001:2002:abcd::2) 56 data bytes
64 bytes from 2001:2002:abcd::2: icmp_seq=1 ttl=63 time=2.45 ms
64 bytes from 2001:2002:abcd::2: icmp_seq=2 ttl=63 time=0.714 ms
64 bytes from 2001:2002:abcd::2: icmp_seq=3 ttl=63 time=0.741 ms
64 bytes from 2001:2002:abcd::2: icmp_seq=4 ttl=63 time=4.55 ms

--- 2001:2002:ABCD::2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.714/2.114/4.550/1.572 ms
redes@worker1:~$ traceroute 2001:2002:ABCD::2
traceroute to 2001:2002:ABCD::2 (2001:2002:abcd::2), 30 hops max, 80 byte packet
s
 1 _gateway (2001:2001:abcd::1)  0.700 ms  0.528 ms  0.476 ms
 2 2001:2002:abcd::2 (2001:2002:abcd::2)  1.055 ms  1.026 ms  1.007 ms
redes@worker1:~$ _
```

Se puede observar que la conexión es exitosa y la ruta seguida consta de dos saltos, pasando primero por la interfaz del enlace 0 del master etiquetada como `_gateway` y llegando al destino worker2.

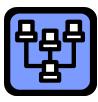
Ping y traceroute del worker2 al worker1:

```
redes@worker2:~$ ping 2001:2001:ABCD::2 -c 4
PING 2001:2001:ABCD::2(2001:2001:abcd::2) 56 data bytes
64 bytes from 2001:2001:abcd::2: icmp_seq=1 ttl=63 time=2.51 ms
64 bytes from 2001:2001:abcd::2: icmp_seq=2 ttl=63 time=0.818 ms
64 bytes from 2001:2001:abcd::2: icmp_seq=3 ttl=63 time=0.752 ms
64 bytes from 2001:2001:abcd::2: icmp_seq=4 ttl=63 time=0.787 ms

--- 2001:2001:ABCD::2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.752/1.216/2.507/0.745 ms
redes@worker2:~$ traceroute 2001:2001:ABCD::2
traceroute to 2001:2001:ABCD::2 (2001:2001:abcd::2), 30 hops max, 80 byte packet
s
 1 _gateway (2001:2002:abcd::1)  0.565 ms  0.482 ms  0.448 ms
 2 2001:2001:abcd::2 (2001:2001:abcd::2)  0.982 ms  0.938 ms  0.904 ms
redes@worker2:~$ _
```

Se puede observar que la conexión es exitosa y la ruta seguida consta de dos saltos, pasando primero por la interfaz del enlace 1 del master etiquetada como `_gateway` y llegando al destino worker1.

Conclusiones.



Puntaje: 0.5 puntos

Indicar brevemente como mínimo dos conclusiones distintas acerca de lo aprendido al realizar las experiencias en este laboratorio y qué otras aplicaciones prácticas podría realizar en base a lo aprendido.

Sobre la experiencia de Packet Tracer:

- Observé que al intentar hacer ping desde una pc a la dirección ipv6 unicast link-local de algún dispositivo que no pertenece a la misma red lógica, se obtiene un resultado de falla en el intento de conexión. Puedo concluir que sólo es posible utilizar las direcciones Link-Local en redes conectadas directamente (mismo enlace) o que pertenecen a la misma red lógica como el caso del presente laboratorio que conecta 2 PCs y un router mediante un switch.
- Observé que por defecto, una PC adquiere la dirección link-local del router al que se conecta como gateway. Puedo concluir que dado que esta dirección no se repite en un mismo enlace, es más simple reconocerla y utilizarla que una unicast global.
- Noté que el protocolo de neighbor discovery de IPv6 está activado por defecto en los routers puesto que se realizaban las actualizaciones en la cache del router; sin embargo, el tiempo que requería para enviar señales para descubrir vecinos y actualizar la cache era elevado, por ello se actualizaba más rápido cuando se realizaba un ping a un dispositivo vecino. Puedo concluir que es posible modificar estos parámetros del protocolo en el router para actualizar esta cache de vecinos con mayor frecuencia.
- Observé que también es posible implementar el protocolo OSPF para IPv6; sin embargo, dado que la topología entre routers es de tipo bus, la resistencia a fallos del protocolo no resulta útil y la cantidad de configuraciones que se realizan en cada router es mayor a la que se realizaron con enrutamiento estático. Puedo concluir que para la topología bus con una poca cantidad de dispositivos que la conforman, resulta más conveniente emplear enrutamiento estático que dinámico debido a que no se aprovechan las ventajas del enrutamiento dinámico.
- En base a lo aprendido, ahora puedo configurar direcciones IPv6 unicast globales y link-local entre mis computadoras y router de proveedor de servicio de internet. Otra aplicación es que ahora puedo reconocer tipos de direcciones unicast por el prefijo en dispositivos configurados y puedo configurar enrutamientos y probar conexiones IPv6 entre ellos.

Sobre la experiencia de VNRT:

- Noté que una PC puede ser utilizada como router. Puedo concluir que es posible utilizar dispositivos diferentes al router (incluso smartphones) para que cumplan con las propiedades que tiene un router y sus protocolos (OSPF, RIP, enrutamiento estático, etc); y es lograble mediante la modificación de sus archivos de configuración de red.
- Observé que por defecto los dispositivos con sistemas operativos de escritorio presentan por defecto una dirección IPv6 unicast link-local y esta presenta la estructura de la dirección MAC indicada en clase. Puedo concluir que esto se da puesto que gracias a la estructura que utiliza IPv6 y la característica de ser única de la dirección MAC, es posible tener una dirección link-local única entre todas las PCs y realizar conexiones y pruebas IPv6 en redes locales.
- Noté que al ejecutar el reinicio del sistema de red del master, se reinició la configuración de las direcciones IPv6 registradas en el paso anterior. Puedo concluir que este paso debió realizarse antes de asignar las IPs a las interfaces o configurar las direcciones IPv6 de tal manera que sean permanentes.
- Observé que al configurar las rutas estáticas en el master, se indicaba como next hop la dirección de una interfaz de PC worker. En el laboratorio 4 cuando se configuró el enrutamiento estático, los next hop eran interfaces de otros routers. Puedo concluir que el enrutamiento estático cuando se utiliza una PC como router es diferente al enrutamiento estático de un router real y su next hop se interpreta como el punto al que se debe enviar los paquetes; por lo tanto, se indica como next hop a interfaces no propias como las de los workers.
- Noté que los comandos de IPv4 son prácticamente los mismos en IPv6. Puedo concluir que la practicidad y facilidad en memorización de los comandos de red en IPv4 e IPv6 permitirán una transición no tan compleja para los programadores y técnicos de red.
- En base a lo aprendido, puedo armar una red LAN IPv4 e IPv6 empleando solo PCs y poder comunicarse entre ellas sin la necesidad de un switch o router gracias a las facilidades de software y configuraciones que las PCs y sistemas operativos actuales ofrecen. Además, empleando la topología de VNRT, podría instalar un servidor web en el master y SMTP, DNS, FTP, etc; en los workers y utilizarlos como recursos de la página web. Esto me permitiría aprovechar las propiedades extras de seguridad que tiene IPv6 y pertenencia a redes privadas de los workers para proteger estos recursos.