



**Consultoría para la adopción del
protocolo IPv6 en la red del Centro
Industrial de Mantenimiento
Integral – SENA CIMI**

**ANEXO CONFIGURACIÓN LAN
CIMI E IMPLEMENTACIÓN DEL
PROTOCOLO IPV6 EN LOS
EQUIPOS ACTIVOS**

EDGARDO JAVIER RÚA RANGEL



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Contenido

1. Funcionamiento de la infraestructura de la Red SENA a nivel nacional.....	5
2. Funcionamiento de la infraestructura y configuración SENA CIMI.....	7
2.3.1 Funcionamiento direcciones IPv6	9
2.3.2 Procedimiento de solicitud de bloque de Direcciones IPv6	11
2.3.3 Registro de asignaciones por LACNIC.....	12
4.7.1 Plan de direccionamiento (Macro)[12].....	13
Prefijo para cada regional.....	16
Prefijo para las Sedes.....	17
Prefijo para la red CIMI.	18
2.3.5 Topología para la simulación de la Red IPv6 e IPv4	19
Ejecución Dual Stack.....	19
2.3.5.1 Puesta en marcha de la Red IPv6 e IPv4	22
Configuración Switches de la red.	22
Habilitación protocolo IPv6 en los Switches CISCO	29
Configuración Router 2901.....	29
2.3.5.2 Configuración DHCP y DHCPv6.....	32
Configuración automática de dirección sin estado (SLAAC)	32
2.3.5.3 Diseño, configuración y simulación del SENA CIMI con SENA CASA a través de Tunneling.....	39
Configuración y funcionamiento del protocolo de enrutamiento dinámico OSPF(<i>Open Shortest Path First</i>)	40
Configuración Tunnel entre la sede CIMI y CASA	43



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Lista de Figuras

Figura 1. MODELO DE OPERACIÓN	6
Figura 2. INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES CENTRO DE DATOS	6
Figura 3. Modelo de servicio del CIMI.....	7
Figura 4. Topología SENA CIMI	8
Figura 5. Registros de Internet por Región Tomado de [9].	11
Figura 6. HD Ratio. Tomado de [10].	12
Figura 7. Prefijos de una IPv6 Unicast Global, Tomado de [8].	14
Figura 8. Dual Stack. Tomado de [15].	19
Figura 9. Red jerárquica IPv6 CIMI.	20
Figura 10. Switch Catalyst 2960.	21
Figura 11. Rack de equipos activos para simular la red IPv6.	21
Figura 12. Switch Capa 3 3560.	22
Figura 13. Versión del Switch 3560.	23
Figura 14. Interfaces físicas del Switch 3560.	23
Figura 15. Versión del Switch Catalyst 2960.	24
Figura 16. Configuración VTP server.	24
Figura 17. Show VTP server.	25
Figura 18. VLAN red IPv6 CIMI.	25
Figura 19. Modo VTP cliente Switch acceso.	26
Figura 20. VLAN Switch distribución.	26
Figura 21. VLAN Switch de acceso.	26
Figura 22. Configuración puertos en modo Trunk a la VLAN 100.	27
Figura 23. Interfaz del Switch Core modo Trunk.	27
Figura 24. Interfaces Switch acceso como VLAN datos.	27
Figura 25. Interfaces Switch acceso como VLAN datos y voz.	28
Figura 26. Configuración modo acceso para Hardphone y Softphone.	28
Figura 27. Habilitar de funciones de Routing en el Switch Core.	29
Figura 28. Habilitación protocolo IPv6 en el Switch.	29
Figura 29. Router 2901.	29
Figura 30. Activar protocolo IPv6 Router 2901.	30
Figura 31. Interconexión del Router con el Switch Core.	30
Figura 32. Subinterfaces con IPv4 e IPv6.	31
Figura 33. Subinterfaces activas del Router 2901.	32
Figura 34. Interface VLAN 100 Switch acceso.	32
Figura 35. SLAAC.	32
Figura 36. Correlación EUI-64 con dirección MAC.	33
Figura 37. Generación de la Link Local.	33



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Figura 38. Comprobación de que no haya duplicidad de la red.....	33
Figura 39. Generación de la Dirección unicast global sin estado.	34
Figura 40. Unicast Global con EUI-64.	34
Figura 41. Mensaje Router Advertisement (RA). Tomado de [17].	35
Figura 42. Configuración DHCPv6 en el Router.	36
Figura 43. Habilitación server DHCPv6 en la Subinterfaz.	36
Figura 44. Figura 46. Pool DHCPv6.	36
Figura 45. Direccionamiento DHCP en las NIC de host.	37
Figura 46. Direcciones IPv6 e IPv6 por DHCP.	37
Figura 47. Conexión exitosa a Subinterfaz de datos.	37
Figura 48. Conexión exitosa en los dos protocolos.	38
Figura 49. Utilización del putty para acceder por SSH al Switch.	38
Figura 50. Accediendo al Switch por SSH.	39
Figura 51. Configuraciones interfaces seriales Router CIMI y CASA.	40
Figura 52. configuración OSPF para redes IPv4.	41
Figura 53. configuración OSPFv3.	41
Figura 54. Tabla de enrutamiento.	42
Figura 55. Tabla de enrutamiento IPv6.	42
Figura 56. Topología para Tunnel entre CIMI y CASA.	43
Figura 57. configuración del Tunnel.	44
Figura 58. Direccionamiento IPv4 e IPv6 de host CASA	44
Figura 59. Ping entre Router CPE CIMI con host de sede CASA.	45



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Lista de tablas

Tabla 1. Direccionamiento IPv4 con las Vlan.....	8
Tabla 2. Tipos de direcciones IPV6.	10
Tabla 3. División de regiones de sedes SENA.....	15
Tabla 4. Centros adscritos a la regional Santander.....	15
Tabla 5. Subnetting de las sedes regionales.	16
Tabla 6. Subnetting de las sedes de Santander.....	17
Tabla 7. Direcciones IPv6 de las VLAN CIMI.	18
Tabla 8. Direcciones IPv6 de las VLAN CIMI.	19
Tabla 9. Equipos utilizados para la simulación de la coexistencia.	20
Tabla 10. Tabla de direccionamiento de la Red CIMI.	31
Tabla 11. Combinación de los Bits M y O.....	35
Tabla 12. Tabla de direccionamiento conexión WAN entre CIMI y CASA.	39



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

1. Funcionamiento de la infraestructura de la Red SENA a nivel nacional

A continuación, se hace un recuento de la topología de la Red SENA a nivel nacional y como esta conformada en infraestructura física y configuración lógica del direccionamiento de la red CIMI. La Integración de servicios de los operadores TIC de SENA, garantizando la interoperabilidad de los mismos, a través de la implementación de un Modelo de Operación, Guías, Procedimientos Operativos y Procesos de Gestión, llevando a cabo la administración, monitoreo y gestión de los servicios.

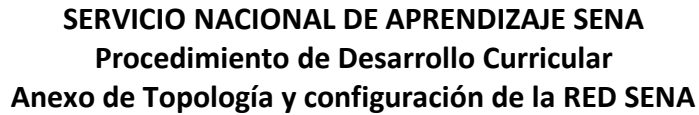
Qué se integra:

- Servicios del operador de Conectividad.
- Servicios del operador de Datacenter.
- Servicios de **enlace** (proveedor soporte – mesa de ayuda)

Qué se gestiona:

- El desempeño de los servicios de los diferentes operadores, a través de los procesos de Gestión ITIL, velando por la mejora continua y la alineación con los procesos misionales de SENA.
- Seguimiento de los servicios de cada ámbito de **enlace**.

En la siguiente imagen se muestra al proveedor UT Claro – Synapsis y su capacidad operativa esta topología nos muestra como esta conectado el DATACENTER con las diferentes sedes a través de **Multiprotocol Label Switching (MPLS)**, 225 enlace de 5 Gbps. Un acceso a internet de 3 Gbps. El protocolo MPLS es adaptable al protocolo IPv6. La conexión con las oficinas remotas IPv6, la cual consiste en la implementación por parte del ISP del mecanismo 6PE sobre MPLS; este mecanismo consiste en activar el intercambio de rutas IPv6 entre los encaminadores de borde del proveedor. La ventaja de este mecanismo es que no requiere la realización de cambios en el núcleo MPLS ya que una vez el datagrama IPv6 llega a los equipos 6PE, es encapsulado dentro de MPLS y el encaminamiento se hace a nivel de etiquetas y no de IP, lo cual permite transportar paquetes IPv6 sobre una red MPLS IPv4.



Trunk Ports Provision

Vlan ID	Descripción/VLAN	Comentario
1001	172.20.20.1/24	Administración
1004	172.20.24.1/24	Seguridad y Monitoreo
1005	172.20.25.1/24	HR
1009	172.20.10.1/24	Base Datos
1008	172.20.18.1/24	Aplicaciones
1006	172.20.12.1/24	Correos (LAX)
1016	172.20.28.1/24	Reserva
1003	172.20.30.1/24	Comunicaciones
1004	172.20.24.1/24	Presentación
1002	172.20.26.1/24	Seguridad Perimetral

Trunk Ports Provision

Vlan ID	Descripción/VLAN	Comentario
1007	172.20.16.1/24	Seguridad y Monitoreo
1016	172.20.12.1/24	Base Datos
1004	172.20.24.1/24	Presentación

Figura 2. INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES CENTRO DE DATOS



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

2. Funcionamiento de la infraestructura y configuración SENA CIMI

Para realizar la implementación del protocolo IPv6 en la Red CIMI, el proveedor que se encargará de la adopción será ENLACE, su personal se tendrá que capacitar en el protocolo IPv6 y en los mecanismos de coexistencia.

2.1 Enlace

La función es la de “prestación, integración e interoperabilidad de servicios de tecnologías de información y comunicaciones – TIC, aquellos conexos y complementarios, así como los demás bienes y prestaciones requeridos para la operación y funcionamiento de unos y otros, en todas las sedes y lugares en los que el SENA cumpla las funciones a su cargo y desarrolle las actividades de educación y de formación que constituyen su objeto”.

Objetivo y alcance de ENLACE:

Cumplimiento de obligaciones

- Identificar oportunidades de mejora.
- Apoyar técnicamente a SENA para la gestión de Conectividad.

Gestión sobre el servicio al proveedor UT Claro

- Verificar informes y reportes.
- Hacer gestionar al proveedor.
- Dar seguimiento para el cumplimiento de los servicios.

Analizar el tráfico que cursa sobre la red para optimizar el uso de los recursos.

- Esto incluye revisión de políticas QoS para realizar las respectivas recomendaciones de mejora y redistribución para que los diferentes tipos de tráfico se transporten sobre los canales de datos de manera independiente, segura, confiable, privada e íntegra.

A continuación, se muestra el modelo de servicio del CIMI el cual es muy importante conocer su funcionamiento para realizar el proceso de adopción IPv6 de manera satisfactoria.

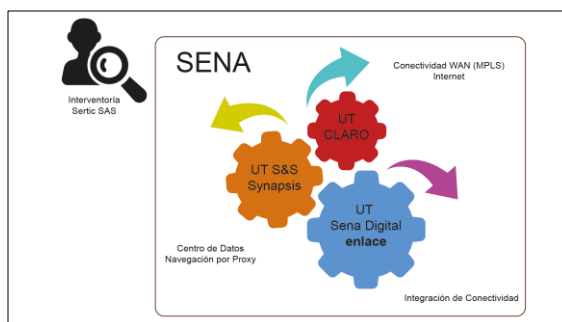


Figura 3. Modelo de servicio del CIMI



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Procedimiento de Desarrollo Curricular

Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

2.2 Topología, direccionamiento IP y Vlan asociada a la sede CIMI

En la siguiente imagen se muestra la topología estrella implementada en la LAN CIMI. Los equipos utilizados en la infraestructura de la red se muestran en el “Anexo Estado de la Red Equipos”.

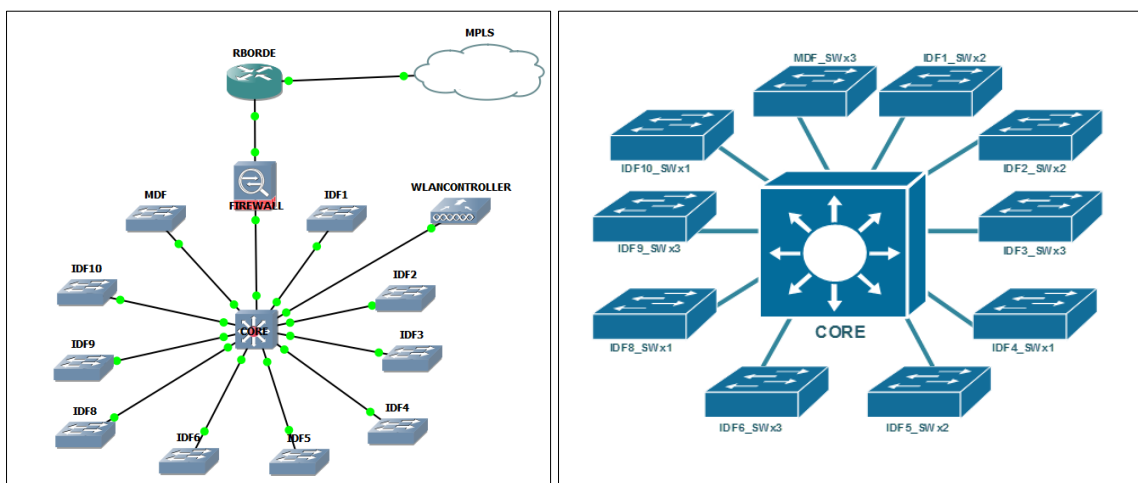


Figura 4. Topología SENA CIMI

En la siguiente tabla se muestra el direccionamiento actual de IPv4 y sus Vlan configuradas.

Tabla 1. Direccionamiento IPv4 con las Vlan

ID 141 - DIRECCIONAMIENTO IP		
DESCRIPCIÓN	VLAN ID	RANGO DE DIRECCIONAMIENTO
VLAN DATOS	201	10.72.0.0 /26 – 62 HOST
	202	10.72.0.64 /26 – 62 HOST
	203	10.72.0.128 /26 – 62 HOST
	204	10.72.0.192 /26 – 62 HOST
	205	10.72.1.0 /26 – 62 HOST
	206	10.72.1.64 /26 – 62 HOST
	207	10.72.1.128 /26 – 62 HOST
	208	10.72.1.192 /26 – 62 HOST
	209	10.72.2.0 /26 – 62 HOST
	210	10.72.2.64 /26 – 62 HOST
	211	10.72.2.128 /26 – 62 HOST
	212	10.72.2.192 /26 – 62 HOST
	213	10.72.3.0 /26 – 62 HOST
	215	10.72.13.0 /26 – 62 HOST
VLAN VOZ	264	10.72.8.0 /26 – 62 HOST
	265	10.72.8.64 /26 – 62 HOST
	266	10.72.8.128 /26 – 62 HOST
	267	10.72.8.192 /26 – 62 HOST
	268	10.72.9.0 /26 – 62 HOST
ID 141 - DIRECCIONAMIENTO IP		
DESCRIPCIÓN	VLAN ID	RANGO DE DIRECCIONAMIENTO
APRENDIZ	232	10.72.4.0 /26 – 62 HOST
	233	10.72.4.64 /26 – 62 HOST
	234	10.72.4.128 /26 – 62 HOST
	235	10.72.4.193 /26 – 62 HOST
FUNCIONARIO	240	10.72.6.0 /25 – 62 HOST
	241	10.72.6.128 /25 – 62 HOST
DIRECTIVO	248	10.72.7.0 /25 – 126 HOST
WLANVOZ	296	10.72.12.0 /25 – 126 HOST
DIRECCIONAMIENTO FIJO	586	10.72.60.64 /26 – 62 HOST



2.3 Direccionamiento IPv6 propuesto para la implementación de la adopción

2.3.1 Funcionamiento direcciones IPv6

Las direcciones IPv6 tienen una longitud de 128 bits. Con mayor frecuencia, se presenta como 32 caracteres hexadecimales. Cada carácter hexadecimal equivale a 4 bits ($4 \times 32 = 128$). A continuación, se muestra una dirección de host IPv6 no abreviada[8]:

2001:0DB8:0001:0000:0000:0000:0000:0001

Un hexteto es la versión IPv6 hexadecimal de un octeto IPv4. Las direcciones IPv4 tienen una longitud de 4 octetos, separados por puntos. Una dirección IPv6 tiene una longitud de 8 hextetos, separados por dos puntos[8].

Una dirección IPv4 tiene una longitud de 4 octetos y, normalmente, se escribe o se muestra en notación decimal[8].

255.255.255.255

Una dirección IPv6 tiene una longitud de 8 hextetos y, normalmente, se escribe o se muestra en notación hexadecimal.

FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF

En una dirección IPv4, cada octeto individual tiene una longitud de 8 dígitos binarios (bits). Cuatro octetos equivalen a una dirección IPv4 de 32 bits[8].

11111111 = 255

11111111.11111111.11111111.11111111 = 255.255.255.255

En una dirección IPv6, cada hexteto individual tiene una longitud de 16 bits. Ocho hextetos equivalen a una dirección IPv6 de 128 bits[8].

1111111111111111 = FFFF

**1111111111111111.1111111111111111.1111111111111111.1111111111111111.
1111111111111111.1111111111111111.1111111111111111.1111111111111111 =
FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF**

Si leemos una dirección IPv6 desde la izquierda, el primer hexteto (o el del extremo izquierdo) identifica el tipo de dirección IPv6. Por ejemplo, si la dirección IPv6 tiene todos ceros en el hexteto del extremo izquierdo, la dirección posiblemente sea una dirección de Loopback[8].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001 = dirección de Loopback

::1 = dirección de Loopback abreviada

Como otro ejemplo, si la dirección IPv6 tiene FE80 en el primer hexteto, se trata de una dirección link-local[8].

FE80:0000:0000:0000:C5B7:CB51:3C00:D6CE = dirección link-local

FE80::C5B7:CB51:3C00:D6CE = dirección link-local abreviada

La tabla siguiente, resultará útil para identificar los diferentes tipos de direcciones IPv6 según los números en el primer hexteto[8].

Tabla 2. Tipos de direcciones IPV6.

Primer hexteto (extremo izquierdo)	Tipo de dirección IPv6
De 0000 a 00FF	Dirección de loopback, cualquier dirección, dirección no especificada o compatible con IPv4
De 2000 a 3FFF	Dirección unicast global (una dirección enrutable en un rango de direcciones que actualmente se encuentra bajo la responsabilidad de la Internet Assigned Numbers Authority [IANA])
De FE80 a FEBF	Link-local (una dirección unicast que identifica el equipo host en la red local)
De FC00 a FCFE	Local única (una dirección unicast que puede asignarse a un host para identificarlo como parte de una subred específica en la red local)
De FF00 a FFFF	Dirección multicast

Nota: *La tabla muestra las diferentes direcciones IPv6 diferenciado por su primer hexteto. Tomado de [8].

Existen otros tipos de direcciones IPv6 que aún no tienen una implementación muy extendida o que ya cayeron en desuso y no se admiten más.

Por ejemplo, las **direcciones anycast** son nuevas en IPv6, los Routers pueden utilizarlas para facilitar la tarea de compartir cargas y proporcionan flexibilidad para tomar rutas alternativas en caso



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

de que un Router deje de estar disponible. Solo los Routers deben responder a las direcciones anycast[8].

Por su parte, las direcciones locales de sitio cayeron en desuso y se reemplazaron por las direcciones locales únicas. Las direcciones locales de sitio se identificaban con los números FEC0 en el hexeto inicial.

En las redes IPv6, no hay direcciones de red, ni direcciones de broadcast como las que hay en las redes IPv4[8].

2.3.2 Procedimiento de solicitud de bloque de Direcciones IPv6

La solicitud de asignaciones a usuarios finales y proveedores se debe hacer con LACNIC. En la siguiente imagen se muestra los diferentes RIR (*Regional Internet Registry*)[9]. Ver la Fig. 5.

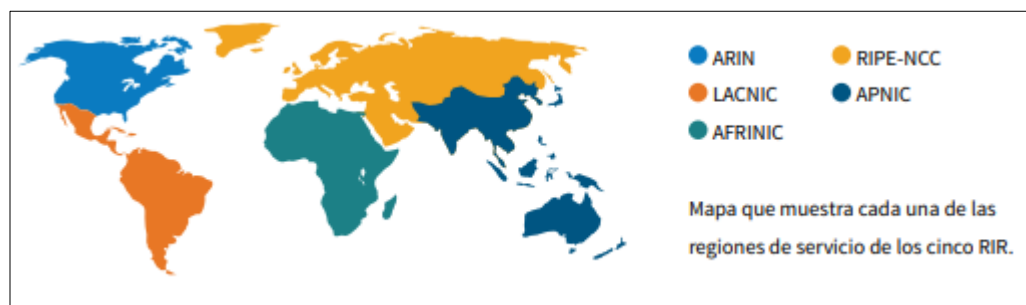


Figura 5. Registros de Internet por Región Tomado de [9].

A diferencia de IPv4, IPv6 es generalmente asignado a usuarios finales en cantidades fijas. La utilización real de direcciones dentro de cada asignación será bastante baja comparada con las asignaciones de IPv4. En IPv6, la "utilización" es medida en términos de prefijos asignados a usuarios finales, y no al tamaño de estos, ni al número de direcciones realmente utilizadas dentro de dichos prefijos, y así deberá entenderse a lo largo de este documento. LACNIC distribuirá un bloque de direcciones IPv6 a un LIR (*Local Internet Registry*) o ISP (*Internet Services Provider*) que cuente con distribuciones de direcciones IPv4 previamente realizadas por LACNIC.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

“En caso de anunciar la asignación en el sistema de rutas Inter dominio de Internet, la organización receptora deberá, anunciar el bloque asignado con la mínima desagregación que le sea posible a quien está publicando los bloques IP. LACNIC realizará una distribución de un /32 al recibir una solicitud de direccionamiento IPv6 por parte de un LIR o ISP con distribuciones previas de IPv4”[10].

En caso de requerir una distribución inicial más grande que un /32, el LIR o ISP deberá presentar la documentación requerida para la distribución inicial, estará basada en el espacio necesario para atender a los clientes, número de usuarios, extensión de la infraestructura de la organización, estructura jerárquica y/o geográfica de la organización, segmentación de la infraestructura por razones de seguridad y la longevidad prevista para dicha distribución inicial[10].

2.3.3 Registro de asignaciones por LACNIC

Todas las asignaciones de bloques IPv6 de prefijos /48 o menores (bloques mayores) realizadas por los ISPs a los clientes conectados a su red y los usuarios de los servicios prestados deben registrarse en la base de datos WHOIS de LACNIC en un plazo mínimo de 7 días a partir de la asignación[10].

La información disponible en la base de datos WHOIS también será usada por LACNIC cuando analice las solicitudes de bloques IPv4 adicionales realizadas por el ISP.

La información disponible en la base de datos WHOIS será utilizada por LACNIC para calcular el HD Ratio cuando analice las solicitudes de bloques IPv6 adicionales realizadas por el ISP[11].

El HD Ratio es un modo de medir la eficiencia de asignación de direcciones. Es una adaptación del HD Ratio, originalmente definido en la RFC y es expresado de la siguiente manera ver la Fig. 6.

$$HD = \frac{\text{Log (numero de objetos asignados)}}{\text{Log (número máximo de objetos asignables)}}$$

Figura 6. HD Ratio. Tomado de [10].

Donde, en el caso de este documento, los objetos son direcciones IPv6 de usuarios (/48s) asignadas desde un prefijo IPv6 de un tamaño dado.

Las asignaciones deben ser realizadas de acuerdo con la necesidad presentada por el usuario del ISP y de acuerdo con las recomendaciones existentes, de las cuales destacan las siguientes:

Se debe asignar, al usuario o sitio final, un prefijo que sea múltiplo de "n" x /64, suficiente para atender su necesidad actual y planeada, y teniendo en cuenta protocolos existentes y posibilidades de futuro, evitando así procesos de remuneración[10].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

La selección exacta del tamaño del prefijo a asignar es una decisión operacional del LIR/ISP, aunque se recomienda una infraestructura más simple y funcional con /48 para todos los extremos de la red[10].

Una práctica importante por motivos de seguridad es no asignar los bloques y las direcciones de manera consecutiva, recordemos que el espacio de IPv6 es enorme y adicionalmente deseamos realizar la implementación lo menos vulnerable posible[10].

Las mejores prácticas nos indican[12]:

- Hay que asignar /64 para Loopbacks
- /64 para LAN
- /64 para WANs (o asignar /127 y reservar el /64)

4.7.1 Plan de direccionamiento (Macro)[12].

a) Para Loopbacks:

- Tomar todo el 2001:db8:00000000::/48
- 2001:db8:0:0::1/64 Loopback #1
- 2001:db8:0:1::43/64 Loopback #2
- 2001:db8:0:2::00A7/64 Loopback #3

b) Segmentos LANs:

- Tomar todo el 2001:db8:000E::/48
- 2001:db8:000E:0: :/64 Segmento LAN #1
- 2001:db8:000E:23::/64 Segmento LAN #2
- 2001:db8:000E:286::/64 Segmento LAN #3



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

c) Para WANs

- Tomar todo el 2001:db8:005A::/48
- 2001:db8:005A:0::/64 Segmento WAN #1
- 2001:db8:005A:42::/64 Segmento WAN #1

Aquellas organizaciones multi-país/multi-provincia/estado se manejan de la siguiente forma[12]:
Por ejemplo, una empresa que tiene sucursales en Brasil, Chile y Colombia, sus códigos de país son: 54, 57 y 58 respectivamente el bloque será : 2001:db8:0:0:0:0:0/32:

- Brasil: 2001:db8:54:0:0:0:0/48
- Chile: 2001:db8:57:0:0:0:0/48
- Colombia: 2001:db8:58:0:0:0:0/48

En la figura 4 , se muestra que la dirección IPv6 puede agruparse en cuatro partes básicas como son: Prefijo de enrutamiento global /32, Agregador de nivel de sitio (SLA) /48, ID de subred (LAN) /64 e ID de interfaz (últimos 64 bits) Ver la Fig. 7.

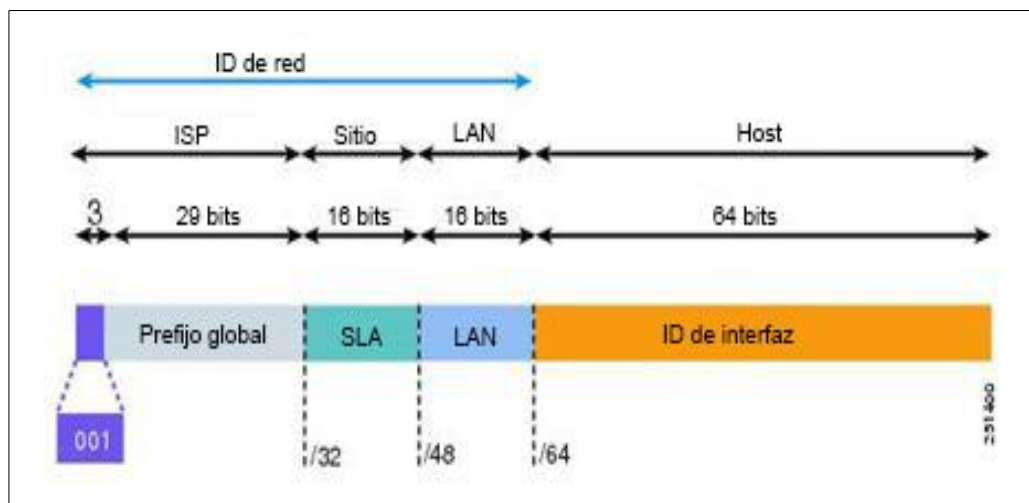


Figura 7. Prefijos de una IPv6 Unicast Global, Tomado de [8].

La porción de host de la dirección IPv6 se denomina “ID de interfaz”, porque no identifica al host propiamente dicho, sino a la tarjeta de interfaz de red del host. Cada interfaz de red puede tener varias direcciones IPv6 y, por lo tanto, también puede tener varias ID de interfaz[8].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

2.3.4 Planteamiento propuesto de direccionamiento IPv6 para la LAN CIMI

En la siguiente sección se describe como se realiza el planteamiento del direccionamiento IPv6 para cada regional y la sede CIMI. El SENA esta dividido por zonas la zona 2 que es Andina se encuentra la regional Santander.

Tabla 3. División de regiones de sedes SENA

Zonas	Regiones
Zona 1	Caribe
Zona 2	Andina
Zona 3	Pacífica
Zona 4	Amazónica
Zona 5	Orinoquía

Nota: *La tabla muestra las divisiones geográficas de las diferentes sedes del SENA.

Adaptado de [14].

La Regional Santander pertenece a la Zona Andina la cual tiene ocho sedes ver la tabla 9.

Tabla 4. Centros adscritos a la regional Santander.

Regional	Centro
Regional Santander	<u>Centro Industrial de Mantenimiento Integral (CIMI).</u>
	<u>Centro Agroempresarial y Turístico de los Andes (CATA).</u>
	<u>Centro Agroturístico (CA).</u>
	<u>Centro de Atención al Sector Agropecuario (CASA).</u>
	<u>Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente (CGAO).</u>
	<u>Centro de Servicios Empresariales y Turísticos (CSET).</u>
	<u>Centro Industrial del Diseño y la Manufactura (CIDM).</u>
	<u>Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico (CIDT).</u>

Nota: *La tabla diferentes centros de la Regional Santander

Como se ha podido observar anteriormente el SENA cuenta con 33 Regionales y tiene 123 sedes en la mayoría de las ciudades importantes de este país. La sede específica que nos compete es la del CIMI la cual cuenta con 15 departamentos que se tendrán en cuenta para la topología de la Vlan de la red.

Dirección asignada por el proveedor de servicios: **2001:db8:57:0:0:0:0/48.**

Resumen de redes: 33 regionales, 123 centros o sedes, pero en el caso de la Regional Santander cuenta con ocho centros, 15 departamentos o secciones sede CIMI.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Prefijo para cada regional.

Para 33 Regionales necesitamos 6 bits, $2^6 = 64$ Regionales. Sólo nos interesa prefijos para 33 Regionales, las demás quedan para futuro crecimiento. Se realiza subntetting con los bits del cuarto hexteto 2001:db8:57:0000:0:0:0:0/48, parte roja de la IPv6.

nibble 1	nibble 2	nibble 3	nibble 4	
0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
1 1 1 1	1 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	<----- $2^6=64$

Se recomienda que cuando se realice un subnetting en IPv6 no se tomen bits individuales de un nibble, sino que se tome el nibble completo, para evitar complejidad. Esto significa que en realidad tendremos $2^8=256$ prefijos para diferentes 256 ciudades. Tener en cuenta que con IPv6 la preocupación no es la limitación de direcciones.

nibble 1	nibble 2	nibble 3	nibble 4	
0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
1 1 1 1	1 1 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	<----- $2^8=256$

El prefijo sería: $48+8=56$ /56, porque usaremos el primer y segundo nibble completo. En la siguiente tabla se muestra el diagrama lógico de direcciones por la Zona Andina para sus diferentes regionales. Se deja expresados los ceros a la izquierda con fines de aprendizaje. Ver la tabla 5.

Tabla 5. Subnetting de las sedes regionales.

ZONA ANDINA			
N°	Regional	IPv6	Longitud de Prefijo
1	Antioquia	2001:db8:57:0000:0:0:0:0	/56
2	Bogota	2001:db8:57:0100:0:0:0:0	/56
3	Boyaca	2001:db8:57:0200:0:0:0:0	/56
4	Caldas	2001:db8:57:0300:0:0:0:0	/56
5	Cundinamarca	2001:db8:57:0400:0:0:0:0	/56
6	Huila	2001:db8:57:0500:0:0:0:0	/56
7	Norte Santander	2001:db8:57:0600:0:0:0:0	/56
8	Quindío	2001:db8:57:0700:0:0:0:0	/56
9	Risaralda	2001:db8:57:0800:0:0:0:0	/56
10	Santander	2001:db8:57:0900:0:0:0:0	/56
11	Tolima	2001:db8:57:0A00:0:0:0:0	/56

Nota: *En esta tabla se muestra el direccionamiento IPv6 por regiones de Colombia.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Prefijo para las Sedes.

Se cuenta con 123 centros distribuidos por todo el país pertenecientes a las regionales. En nuestro caso específico nos basaremos en la Regional Santander y tomaremos como inicio de dirección **2001:db8:57:0900:0:0:0:0/56**. Debemos usar para esta tarea el tercer nibble,

ya que los dos primeros nibble están siendo usados para las regionales. Esta regional cuenta con ocho centros necesitamos 3 bits, $2^3=8$ centros:

0 0 0 0

1 1 1 0

Como en el caso anterior de las Regionales se recomienda que cuando se realice el subnetting para hacerlo menos complejo tomaremos el tercer nibble completo, quedará de la siguiente manera 4 bits, $2^4=16$ centros, de los cuales solo necesitamos 8 y los demás será utilizados para escalabilidad de la red.

0 0 0 0

1 1 1 1

El prefijo para los centros será: /60 ($56+4=60$), como se evidencia en la siguiente tabla donde se muestra la distribución para los centros o sedes. El cambio está el tercer nibble del cuarto hexteto ver la tabla 6.

Tabla 6. Subnetting de las sedes de Santander

REGIONAL SANTANDER			
N°	Centro	Dirección IPv6	Longitud de Prefijo
1	CIDM	2001:db8:57:0900:0:0:0:0	/60
2	CATA	2001:db8:57:0910:0:0:0:0	/60
3	CA	2001:db8:57:0920:0:0:0:0	/60
4	CASA	2001:db8:57:0930:0:0:0:0	/60
5	CGAO	2001:db8:57:0940:0:0:0:0	/60
6	CSET	2001:db8:57:0950:0:0:0:0	/60
7	CIMI	2001:db8:57:0960:0:0:0:0	/60
8	CIDT	2001:db8:57:0970:0:0:0:0	/60

Nota: *En esta tabla se muestra el direccionamiento IPv6 por sedes de Santander.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Prefijo para la red CIMI.

Para este requerimiento no es necesario realizar ningún cálculo porque la recomendación es que cada subred debe tener una longitud de prefijo de /65.

28 Vlan, $2^5=32$

Se tomaría un nibble completo, y también el siguiente nibble cada VLAN tendrá un prefijo /68 (60+8).

64 Vlan o $2^8=64$

En la siguiente tabla se muestra la distribución de direcciones IPv6 para cada departamento que estarán separados en VLAN. Ver la tabla 7.

Tabla 7. Direcciones IPv6 de las VLAN CIMI.

DIRECCIONAMIENTO IP		
DESCRIPCIÓN	VLAN ID	RANGO DE DIRECCIONAMIENTO
VLAN DATOS	201	2001:db8:57:0960:0000::/68
	202	2001:db8:57:0960:1000::/68
	203	2001:db8:57:0960:2000::/68
	204	2001:db8:57:0960:3000::/68
	205	2001:db8:57:0960:4000::/68
	206	2001:db8:57:0960:5000::/68
	207	2001:db8:57:0960:6000::/68
	208	2001:db8:57:0960:7000::/68
	209	2001:db8:57:0960:8000::/68
	210	2001:db8:57:0960:9000::/68
	211	2001:db8:57:0960:A000::/68
	212	2001:db8:57:0960:B000::/68
	213	2001:db8:57:0960:C000::/68
	215	2001:db8:57:0960:D000::/68
VLAN VOZ	264	2001:db8:57:0960:E000::/68
	265	2001:db8:57:0960:F000::/68
	266	2001:db8:57:0961:0000::/68
	267	2001:db8:57:0962:0000::/68
	268	2001:db8:57:0963:0000::/68

Nota: *En esta tabla se muestra el direccionamiento por departamentos del CIMI.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Tabla 8. Direcciones IPv6 de las VLAN CIMI.

DIRECCIONAMIENTO IP		
DESCRIPCIÓN	VLAN ID	RANGO DE DIRECCIONAMIENTO
APRENDIZ	232	2001:db8:57:0964:0000::/68
	233	2001:db8:57:0965:0000::/68
	234	2001:db8:57:0966:0000::/68
	235	2001:db8:57:0967:0000::/68
FUNCIONARIO	240	2001:db8:57:0968:0000::/68
	241	2001:db8:57:0969:0000::/68
DIRECTIVO	248	2001:db8:57:096A:0000::/68
WLANVOZ	296	2001:db8:57:096B:0000::/68
DIRECCIONAMIENTO FIJO	586	2001:db8:57:096C:0000::/68

Nota: *En esta tabla se muestra el direccionamiento por departamentos del CIMI.

2.3.5 Topología para la simulación de la Red IPv6 e IPv4

Partiendo de la base de que las redes simuladas del SENA tienen coexistiendo los dos protocolos, como se ha explicado anteriormente y es lo aconsejable ya que en IPv6 no se habla de migración. A continuación, se explican los conceptos de las técnicas aplicadas en la red para su funcionamiento.

Ejecución Dual Stack.

Dual Stack significa que el nodo tiene la capacidad de utilizar IPv4 e IPv6 al mismo tiempo. Para ello tendrá direcciones de ambas versiones y será capaz de comunicarse con otros nodos con protocolos en IPv4 y en IPv6[15]. Es lo que se conoce como IPv4 e IPv6 nativo. En el caso de un host con doble direccionamiento, éste enviará solicitud de DNS de una versión y en caso de no recibir respuesta, intentará validar solicitud en la otra versión. Según tecnología y fabricante, en unos casos se hace primero una solicitud en IPv6 y en otros se intenta primero lanzar una solicitud en IPv4[15]. Ver la Fig. 7.

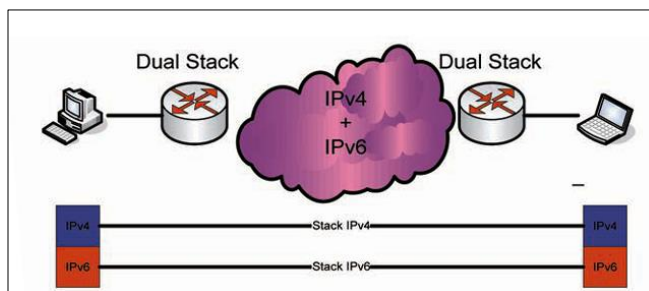


Figura 8. Dual Stack. Tomado de [15].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En el caso de un Router, dual Stack requiere que todas las interfaces conectadas tengan direccionamiento IPv6 y que éste se enrute con protocolos IPv6. Por lo general, la topología y diseño de red serán muy similares a los de IPv4 ya existentes[15].

Para el caso de la red SENA-CIMI, el servicio de VoIP y datos está trabajando con la doble pila. En la Figura 7, se observa la topología jerárquica como escenario de simulación de la red SENA-CIMI.

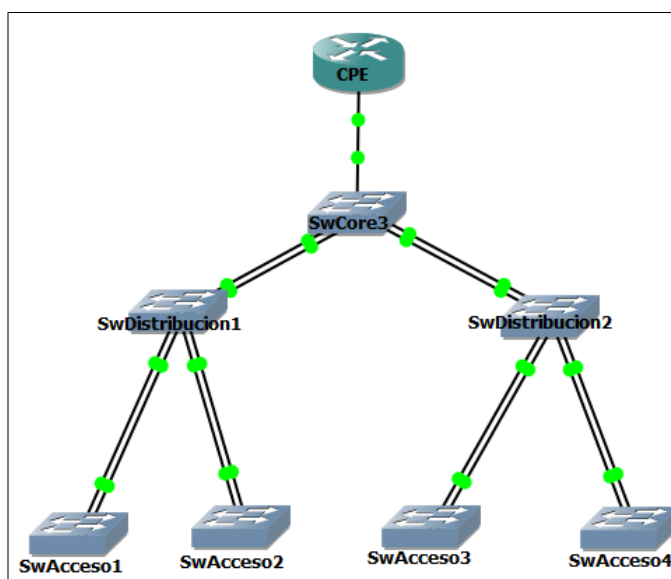


Figura 9. Red jerárquica IPv6 CIMI.

Se toma como referencia esta topología para la implementación de la coexistencia entre los protocolos y los equipos activos de la red. En la tabla 14 se muestra los equipos y referencias utilizados para las pruebas de la red con el protocolo IPv6. Ver la tabla 9.

Tabla 9. Equipos utilizados para la simulación de la coexistencia.

CANTIDAD	MODELO	TIPO
4	WS-C2960X-TS-LL	Switch de Acceso
2	WS-C2960X-TS-LL	Switch de Distribución
1	Cisco Catalyst 3560 Series POE.	Switch Capa 3 (Core)
1	Router Gigabit Integrated Services Router Cisco 2901	Router (CPE)

Nota: *En esta tabla se muestra los equipos disponibles.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Con este tipo de red se pretende tener una red convergente escalable en la cual garantizara la facilidad de crecer y seguir manteniendo su estructura.

Se deberá implementar seguridad en sus respectivos puertos, proporcionando mejor rendimiento, una fácil administración y un ágil mantenimiento por su modularidad al escalar la red[16].

En la imagen se muestra el Switch de capa 2 Catalyst 2960 utilizado como capa de distribución y de acceso[16]. Ver la Fig. 9.



Figura 10. Switch Catalyst 2960.

En la figura 10 se muestra el escenario físico de prueba para la simulación de la implementación de la red SENA-CIMI.



Figura 11. Rack de equipos activos para simular la red IPv6.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

2.3.5.1 Puesta en marcha de la Red IPv6 e IPv4

Como primera medida basado en el inventario de dispositivos o host y los 15 departamentos en los cuales está dividida la red, se crean las respectivas VLAN (Virtual LAN). Cabe mencionar que a diferencia de IPv4 en el cual se utilizaba la técnica de VLSM (*Variable Length Subnet Mask*) para maximizar el número de direcciones para los hosts de la red, y así desperdiciar en lo menos posible, con IPv6 esta técnica no es necesaria ya que se cuenta con una cantidad casi ilimitada de direcciones.

Configuración Switches de la red.

Las Consideraciones para los Switches de redes jerárquicas, deben seleccionar al Switch apropiado para una capa en una red jerárquica, es necesario conocer los flujos de tráfico, las comunidades de usuario, los servidores.

Todos los datos de la red contribuyen con el tráfico, independientemente de su propósito u origen. Al analizar el tráfico en una red, se debe considerar dónde se ubican los medios de almacenamiento y los servidores de datos para determinar el impacto del tráfico en la red.

Un Switch de Core es un Switch de alta capacidad generalmente ubicado dentro de la red troncal o el núcleo físico de una red. Los conmutadores centrales sirven como puerta de enlace a una red de área extensa (WAN) o Internet: proporcionan el punto de agregación final para la red y permiten que varios módulos de agregación trabajen juntos.

En una red de área local (LAN), este Switch interconecta conmutadores de grupo de trabajo, que son conmutadores de baja capacidad que normalmente se ubican en clústeres geográficos.

Como su nombre lo indica, un Switch Core es central para la red y necesita tener una capacidad significativa para manejar la carga que se le envía. En este caso se cuenta para la simulación el Switch de capa 3 CISCO 3560. Ver la Fig. 12.



Figura 12. Switch Capa 3 3560.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Procedimiento de Desarrollo Curricular

Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En el Switch de Core se configura las respectivas VLAN de la red y los puertos Trunk para las conexiones con la red de Switch de capa 2 y el Router CPE.

En la figura 10 se muestra la versión de la IOS y las características de memoria del Switch de capa 3 CISCO 3650. Ver la Fig. 13.

```
cisco WS-C3650-24PS (MIPS) processor with 4194304K bytes of physical memory.
Processor board ID FDO2108Q0P9
1 Virtual Ethernet interface
28 Gigabit Ethernet interfaces
2048K bytes of non-volatile configuration memory.
4194304K bytes of physical memory.
250456K bytes of Crash Files at crashinfo:.
1609272K bytes of Flash at flash:.
0K bytes of Dummy USB Flash at usbflash0:.
0K bytes of at webui:.

Base Ethernet MAC Address      : 70:db:98:52:2b:00
Motherboard Assembly Number    : 73-15899-07
Motherboard Serial Number      : FDO210722DH
Model Revision Number          : Q0
Motherboard Revision Number    : A0
Model Number                   : WS-C3650-24PS
System Serial Number           : FDO2108Q0P9

Switch Ports Model          SW Version  SW Image        Mode
-----
* 1 28 WS-C3650-24PS 03.06.06E cat3k_caa-universalk9 INSTALL
```

Figura 13. Versión del Switch 3560.

En la siguiente imagen se muestra los puertos físicos del Switch, los cuales cuenta con 24 puerto tipo Giga Ethernet. Ver la Fig. 14.

```
SWCORE#show ip interface brief
Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
Vlan1 unassigned YES NVRAM administratively down down
GigabitEthernet0/0 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/1 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/2 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/3 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/4 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/5 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/6 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/7 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/8 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/9 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/10 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/11 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/12 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/13 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/14 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/15 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/16 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/17 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/18 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/19 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/20 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/21 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/22 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/23 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/0/24 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/1/1 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/1/2 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/1/3 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/1/4 unassigned YES unset down down
```

Figura 14. Interfaces físicas del Switch 3560.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

La característica de los Switches de Distribución desempeña una función muy importante como es la recopilación de datos de los Switches de capa de acceso y los envían a los de núcleo. En la siguiente imagen se muestra la versión del Switch de capa 2 Catalyst 2960. Ver la Fig. 15.

```
cisco WS-C2960-24TT-L (PowerPC405) processor (revision P0) with 65536K bytes of memory.
Processor board ID FCQ1545X70Q
Last reset from power-on
1 Virtual Ethernet interface
24 FastEthernet interfaces
2 Gigabit Ethernet interfaces
The password-recovery mechanism is enabled.

64K bytes of flash-simulated non-volatile configuration memory.
Base ethernet MAC Address       : 08:D0:9F:E0:B1:00
Motherboard assembly number     : 73-11473-11
Power supply part number        : 341-0097-03
Motherboard serial number       : FCQ154502RU
Power supply serial number      : DCA1539842Z
Model revision number           : P0
Motherboard revision number     : A0
Model number                    : WS-C2960-24TT-L
System serial number            : FCQ1545X70Q
Top Assembly Part Number        : 800-29859-06
Top Assembly Revision Number    : C0
Version ID                      : V10
CLEI Code Number               : COMCK00ARB
Hardware Board Revision Number  : 0x01

Switch Ports Model          SW Version  SW Image
-----
* 1 26 WS-C2960-24TT-L 12.2(50)SE5 C2960-LANBASEK9-M
```

Figura 15. Versión del Switch Catalyst 2960.

Cuando se habla de Switch de capa de acceso las características importantes como son: Seguridad de puertos, enlaces Fast Ethernet/Giga Ethernet, PoE (*Power over Ethernet*) y calidad de servicio. Para el método de las creaciones de las VLAN se utiliza el protocolo propietario de CISCO, el cual es VTP ([VLAN Trunking Protocol](#)), en la siguiente imagen se muestra la configuración del Switch Core como VTP Server. En la cual se ha creado un dominio llamado “CIMI”, y un password “cimi”. Los demás Switch de capa 2 como son los de Distribución y de acceso serán VTP Clientes. Ver la Fig. 16.

```
Swcore(config)#vtp domain CIMI
Changing VTP domain name from NULL to CIMI
Swcore(config)#vtp mode server
Device mode already VTP server for VLANS
```

Figura 16. Configuración VTP server.

En esta imagen se puede evidenciar que la operación del protocolo VTP es servidor en este Switch 3560. Ver la Fig. 17.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

```
SwCore#show vtp status
VTP Version capable      : 1 to 3
VTP version running      : 1
VTP Domain Name          : CIMI
VTP Pruning Mode         : Disabled
VTP Traps Generation     : Disabled
Device ID                 : 70db.9852.2b00
Configuration last modified by 0.0.0.0 at 0-0-00 00:00:00
Local updater ID is 0.0.0.0 (no valid interface found)

Feature VLAN:
-----
VTP Operating Mode       : Server
Maximum VLANs supported locally : 1005
Number of existing VLANs   : 5
Configuration Revision    : 0
MD5 digest                : 0xE2 0x3B 0x38 0x8A 0xA6 0x9F 0x66 0xAC
                          : 0xB4 0x10 0xAC 0x68 0xCA 0x28 0x74 0x5A
```

Figura 17. Show VTP server

En la figura 18 se muestra la configuración de tres VLAN para métodos de demostración de la red las cuales son: Teleinformática, voz y admin. Ver la Fig. 16.

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Gil/0/2, Gil/0/3, Gil/0/4 Gil/0/5, Gil/0/6, Gil/0/7 Gil/0/8, Gil/0/9, Gil/0/10 Gil/0/11, Gil/0/12, Gil/0/13 Gil/0/14, Gil/0/15, Gil/0/16 Gil/0/17, Gil/0/18, Gil/0/19 Gil/0/20, Gil/0/21, Gil/0/22 Gil/0/23, Gil/0/24, Gil/1/1 Gil/1/2, Gil/1/3, Gil/1/4
10	Teleinformatica	active	
100	admin	active	
150	voz	active	
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

Figura 18. VLAN red IPv6 CIMI.

Como se comentó anteriormente con la habilitación del protocolo VTP ayuda que las creaciones de las VLAN en el Switch Core Server, se repliquen en los diferentes Switch de distribución y de acceso de la red que estén interconectados. En la figura 17 se muestra el modo de operación VTP Cliente.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

```
SwTinformatica#show vtp status
VTP Version                : running VTP1 (VTP2 capable)
Configuration Revision      : 0
Maximum VLANs supported locally : 255
Number of existing VLANs    : 7
VTP Operating Mode         : Client
VTP Domain Name            : CIMI
VTP Pruning Mode           : Disabled
VTP V2 Mode                : Disabled
VTP Traps Generation       : Disabled
MD5 digest                 : 0x13 0x50 0xA0 0x1B 0xB5 0x7A 0x52 0x0E
*** MD5 digest checksum mismatch on trunk: Gi0/1 ***
Configuration last modified by 0.0.0.0 at 3-1-93 00:06:51
```

Figura 19. Modo VTP cliente Switch acceso.

En la siguiente imagen muestra las VLAN de la red las cuales se han replicado a través del protocolo VTP. Ver la Fig. 20.

```
SwDistribucion#show vlan

VLAN Name                Status    Ports
----
1    default              active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                           Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                           Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                           Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                           Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                           Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
10   Teleinformatica      active
100  admin                 active
150  voz                   active
1002 fddi-default         act/unsup
1003 token-ring-default  act/unsup
1004 fddinet-default     act/unsup
1005 trnet-default       act/unsup
```

Figura 20. VLAN Switch distribución.

Se muestra en la imagen 21 las VLAN en el Switch de acceso.

```
SwTinformatica#show vlan

VLAN Name                Status    Ports
----
1    default              active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                           Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                           Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                           Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                           Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                           Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                           Gi0/2
10   Teleinformatica      active
100  admin                 active
150  voz                   active
1002 fddi-default         act/unsup
1003 token-ring-default  act/unsup
1004 fddinet-default     act/unsup
1005 trnet-default       act/unsup
```

Figura 21. VLAN Switch de acceso.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Después de creadas las VLAN se debe configurar los puertos como “mode Trunk” o “mode Access” y asociarlos a las respectivas VLAN. Los puertos troncales son los puertos que interconectarán los Switches de capa 2 con los de distribución a través de los enlaces Giga Ethernet, y el Switch Core con el Router y Switch de Distribución.

En la siguiente imagen se muestra la configuración del Switch Core y sus puertos troncales. Ver la Fig. 22.

```
Sw(config)#interface range gigabitEthernet 0/1-5
Sw(config)#Switchport mode trunk
```

Figura 22. Configuración puertos en modo Trunk a la VLAN 100.

En la figura 23 se muestra que la VLAN 100 que trabaja como nativa y se asocia a los puertos troncales de todos los Switch de la red que se interconectan entre ellos.

```
interface GigabitEthernet1/0/5
 switchport trunk native vlan 100
 switchport mode trunk
```

Figura 23. Interfaz del Switch Core modo Trunk.

En el Switch de capa de acceso, al ser un Switch que tendrá interconexión directa con los clientes, sus puertos actuarán como **modo acceso**, y serán asociados las VLAN de voz y datos. A continuación, en la imagen siguiente se muestra los diferentes tipos modos del puerto. Del puerto Fast Ethernet 0/1 estará habilitado como puertos para las VLAN de transporte de datos. Ver la Fig. 24.

```
interface FastEthernet0/1
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/2
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/3
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/4
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/5
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
```

Figura 24. Interfaces Switch acceso como VLAN datos.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Del puerto Fast Ethernet 0/13- 14 estás asociados a las VLAN de datos y voz las cuales son 10 y 150 respectivamente en las cuales el teléfono actuara como un Switch, para interconectar al computador. Ver la Fig. 25.

```
interface FastEthernet0/13
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
 switchport voice vlan 150
 spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/14
 switchport access vlan 10
 switchport mode access
 switchport voice vlan 150
 spanning-tree portfast
```

Figura 25. Interfaces Switch acceso como VLAN datos y voz.

Del puerto Fast Ethernet 0/22- 24 están asociados a la VLAN de voz, tal y como está configurado el puerto se podrá conectar teléfonos con protocolo SIP y Softphone para VoIP. Ver la Fig. 24.

```
interface FastEthernet0/22
 switchport access vlan 150
 switchport mode access
 switchport voice vlan 150
 spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/23
 switchport access vlan 150
 switchport mode access
 switchport voice vlan 150
 spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/24
 switchport access vlan 150
 switchport mode access
 switchport voice vlan 150
 spanning-tree portfast
```

Figura 26. Configuración modo acceso para Hardphone y Softphone.



Habilitación protocolo IPv6 en los Switches CISCO

Como primera medida se deberá habilitar funciones de Routing, en el Switch Core con el comando *ip Routing*, como se muestra en la imagen siguiente. Ver la Fig. 27.

```
Sw(config)#ip routing
```

Figura 27. Habilitar de funciones de Routing en el Switch Core.

En la siguiente imagen se muestra la habilitación del protocolo IPv6 que no viene configurado de manera predeterminada en los Switches capa 2 de CISCO como si lo es el protocolo IPv4.

Con el comando “sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 default” se podrá configurar una IPv6 en alguna interfaz virtual que se requiera. Ver la Fig. 28.

```
Sw(config)#sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 default
```

Figura 28. Habilitación protocolo IPv6 en el Switch.

Configuración Router 2901.

El Cisco 2901 Integrated Services Router (ISR) ofrece servicios altamente seguros de datos, voz, video y aplicaciones para redes corporativas el cual proporciona unas características importantes para el propósito de esta tesis en la cual es demostrar la coexistencia entre IPv6 e IPv4 en la red SENA-CIMI. Sus características importantes son: 2 puertos Ethernet integrados 10/100/1000, 4 ranuras mejoradas de tarjeta de interfaz WAN de alta velocidad, 2 ranuras para procesador de señales digitales incorporadas (DSP), VoIP, Gestión de identidad que utiliza autenticación, autorización y contabilidad (AAA) y Firewall, Cisco IOS IPS y Cisco IOS Content Filtering[18].

En la figura 29 se observa el equipo físico el Router 2901 el cual es el utilizado para realizar las pruebas de transición y coexistencia.



Figura 29. Router 2901.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Lo recomendable en las redes corporativas y residenciales es mantener redes Dual Stack, en la que las direcciones de IPv4 serán privadas y las direcciones IPv6 serán globales, estas direcciones se generarán a través de DHCP y DHCPv6. Migración no existe en IPv6 la IETF no ha inventado ningún mecanismo, por eso la importancia de mantener la doble pila en las redes corporativas o residenciales, por las características de aplicaciones antiguas que solo manejen IPv4, por eso se maneja el concepto de coexistencia o transición. Cuando se tienen los dos protocolos coexistiendo en una red se tiene preferencia por IPv6.

Para configurar el Router como primera medida se debe habilitar el “*ipv6 unicast-Routing*” como se muestre en la imagen siguiente . Ver la Fig. 30.

```
Router(config)#ipv6 unicast-routing
```

Figura 30. Activar protocolo IPv6 Router 2901

Se crearon las subinterfaces que conectarán a las diferentes VLAN creadas en la red, en este caso la interfaz que conecta al **Router CPE** con el **Switch Core**, será la Giga Ethernet 0/0. En la figura 31 se muestra la interconexión.

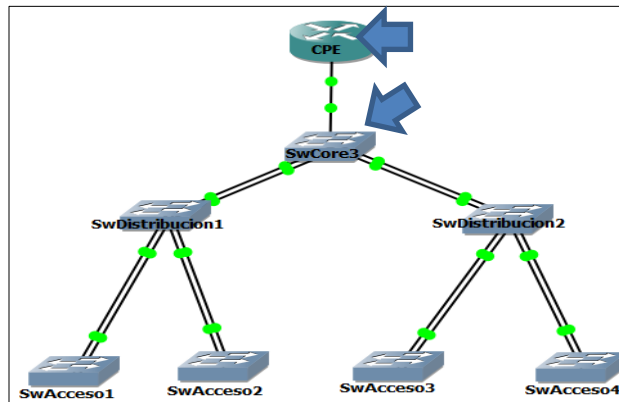


Figura 31. Interconexión del Router con el Switch Core.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En el siguiente cuadro se muestra la tabla de direccionamiento a utilizar para la simulación. Ver la tabla 10.

Tabla 10. Tabla de direccionamiento de la Red CIMI.

Dispositivo	Interfaz	Dirección IPv4		Máscara de subred	Gateway predeterminado
		Dirección/Prefijo IPv6			
Router CPE CIMI	G0/0.100	192.168.100.1	255.255.255.0		N/A
		2001:DB8:58:968::1/64			N/A
	G0/0.10	192.168.10.1	255.255.255.0		N/A
		2001:DB8:57:968::1/64			N/A
	G0/0.150	192.168.150.1	255.255.255.0		N/A
		2001:DB8:59:968::1/64			N/A
	Link-local	FE80:: Link Local			N/A
SwCore	VLAN100	192.168.100.2	255.255.255.0		192.168.100.1
		2001:DB8:58:968::2/64			FE80:: Link Local
SwDistribución	VLAN100	192.168.100.3	255.255.255.0		192.168.100.1
		2001:DB8:58:968::3/64			FE80:: Link Local
SwAcceso	VLAN100	192.168.100.4	255.255.255.0		192.168.100.1
		2001:DB8:58:968::4/64			FE80:: Link Local

Nota: * En esta tabla se muestra las direcciones a utilizar en la topología.

Vale mencionar que tanto las IPv4 e IPv6 de los hosts será generada mediante DHCP, el cual se explicará el concepto del funcionamiento de DHCPv6 más adelante en el texto. Teniendo presente la tabla de direccionamiento se procede a configurar las Subinterfaces del Router de sus respectivas VLAN. En la figura 32 se muestra las configuraciones de dichas subinterfaces, para métodos de demostración se configura solo la VLAN 10 de datos y la VLAN de gestión con sus respectivas direcciones IPv6 e IPv4. Se configura el protocolo “*encapsulation dot1Q*”. Ver la Fig. 32.

```
interface GigabitEthernet0/0.10
 encapsulation dot1Q 10
 ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
 ipv6 address FE80:: link-local
 ipv6 address 2001:DB8:57:968::1/64
 ipv6 enable
 ipv6 dhcp server DatosIPv6
!
interface GigabitEthernet0/0.100
 encapsulation dot1Q 100 native
 ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
 ipv6 address 2001:DB8:58:968::1/64
 ipv6 enable
```

Figura 32. Subinterfaces con IPv4 e IPv6.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En la imagen anterior se debe habilitar la interfaz al modo IPv6 con el “ipv6 enable” si esto no se hace no recibirá paquetes IPv6. En la imagen a continuación se verifica que los puertos estén activos y funcionales a través del comando “**show ipv6 interface brief**”. Ver la Fig. 33.

```
GigabitEthernet0/0.10      [up/up]
FE80::
2001:DB8:57:968::1
GigabitEthernet0/0.100    [up/up]
FE80::72CA:9BFF:FE16:1850
2001:DB8:58:968::1
```

Figura 33. Subinterfaces activas del Router 2901.

Previamente se ha configurado las interfaces VLAN 100 con sus respectivas IPv4 e IPv6 en todos los Switch. En la siguiente imagen se muestra la VLAN de gestión en el Switch de acceso. Ver la Fig. 34.

```
interface Vlan100
ip address 192.168.100.3 255.255.255.0
no ip route-cache
ipv6 address 2001:DB8:58:968::2/64
ipv6 enable
```

Figura 34. Interface VLAN 100 Switch acceso.

2.3.5.2 Configuración DHCP y DHCPv6

Cuando se habla de redes bajo el protocolo IPv6 y específicamente cuando se implementa el protocolo DHCPv6 se pueden encontrar varias opciones[19].

Configuración automática de dirección sin estado (SLAAC)

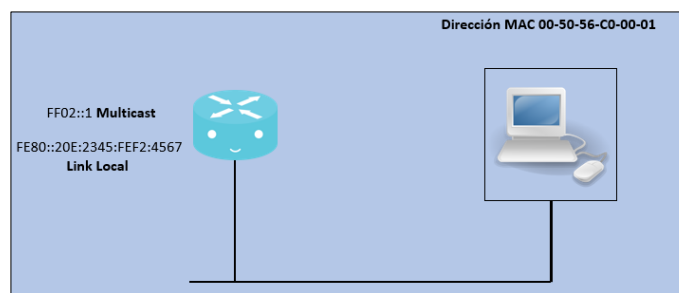


Figura 35. SLAAC.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Procedimiento de Desarrollo Curricular

Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En la figura en la anterior se muestra un computador dentro de una red conectado a un Router, el host posee una dirección MAC 00-50-56-C0-00-01, y lo que va a ocurrir cuando arranca la interfaz es que el Sistema Operativo se va a encargar de generar la ID de interfaz a través del EUI-64[19]. Ver la Fig. 36.

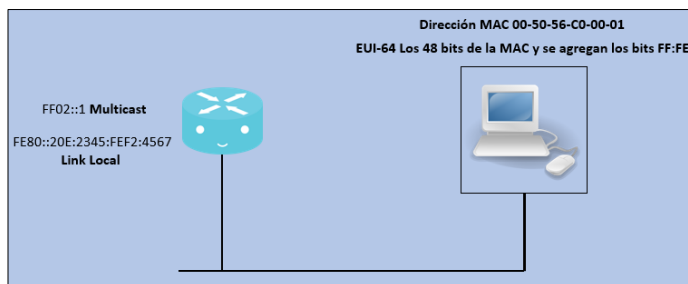


Figura 36. Correlación EUI-64 con dirección MAC.

En la siguiente imagen se muestra la generación de una dirección Link Local que es una dirección que comienza por FE80:: al generarse esta dirección el equipo ya se podrá comunicar con otros equipos que estén en el mismo segmento de red[19]. Ver la Fig. 37.

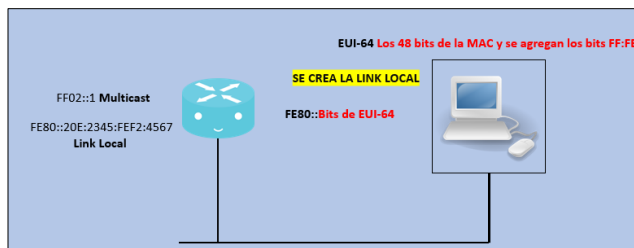


Figura 37. Generación de la Link Local.

Antes de generarse esa dirección Link Local se debe determinar que no esté duplicada, lo normal es que no lo estuviera ya que se ha generado a través de la MAC de la interfaz. Ver la Fig. 38.

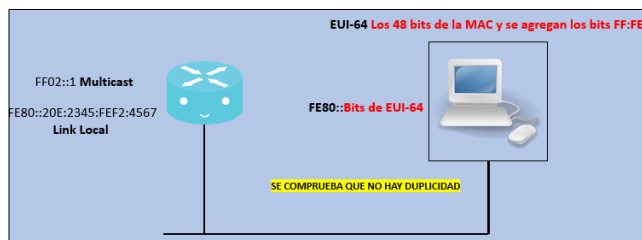


Figura 38. Comprobación de que no haya duplicidad de la red.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Después de comprobar que no hay duplicidad de direcciones se realiza la solicitud de Router (RA) a todos los Routers por medio de una dirección multicast con la longitud de prefijo /64 como se muestra a continuación. De manera predeterminada, los Routers Cisco envían mensajes (RA) cada 200 segundos a la dirección IPv6 de grupo multicast de todos los nodos[17]. Ver la Fig. 38.

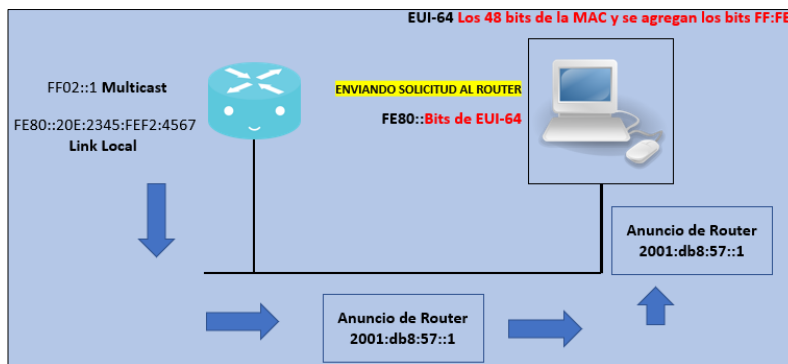


Figura 39. Generación de la Dirección unicast global sin estado.

La Dirección unicast global que se generó como se mostró en la imagen anterior se completará con la EUI-64 con el prefijo de la interfaz que sería la dirección MAC de la interfaz. Este es un mecanismo que no requiere un servidor DHCP es un mecanismo sin estado. También se puede configurar un Router por defecto y para todas las conexiones su Gateway será ese Router[17].

Un dispositivo puede enviar un mensaje de solicitud de Router (RS) utilizando la dirección IPv6 de grupo multicast de todos los Routers. Cuando un Router IPv6 recibe un mensaje de RS, responde inmediatamente con un anuncio de Router (RA). Ver la Fig. 40.

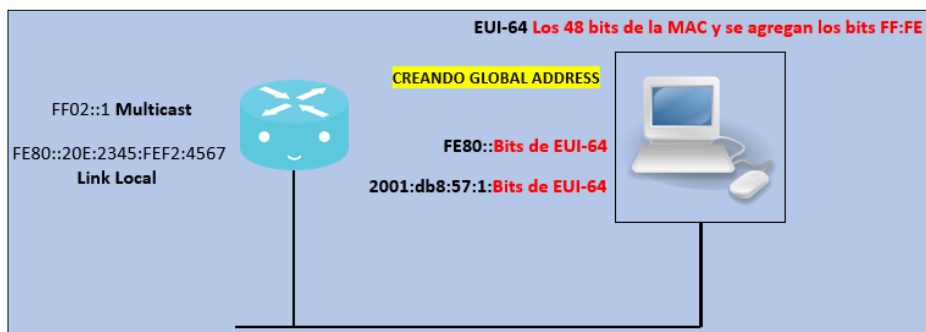


Figura 40. Unicast Global con EUI-64.

Si bien es posible configurar una interfaz en un Router Cisco con una dirección IPv6, esto no lo convierte en un “Router IPv6”. Un Router IPv6 es un Router que presenta las siguientes características: Reenvía paquetes IPv6 entre redes, puede configurarse con rutas estáticas IPv6 o con un protocolo de enrutamiento dinámico IPv6 y Envía mensajes RA ICMPv6[17].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Existe la posibilidad en el mecanismo de auto configuración de decirle al Router con unos bits llamados M y O son unos indicadores (RA) que indican como debe comportarse los hosts respecto a la autoconfiguración de los parámetros de red. Como son dos bits hay cuatro posibilidades de configuración de cómo obtener la IPv6. En la tabla siguiente se muestra las combinaciones de los bits[19].

M indica como configurar la Dirección IP.

O indica como configurar otros parámetros: DNS, etc.

Estos bits van a indicar las maneras de configurar IPv6 por DHCP o SLAAC en una red. Ver la tabla 11.

Tabla 11. Combinación de los Bits M y O.

Tipo de Dirección	M	O	
SLAAC/SLAAC	0	0	Dual Stack, se puede usar IPv4 para DNS
SLAAC/DHCPv6	0	1	DHCPv6 Stateless
DHCPv6/SLAAC	1	0	Dual Stack, se puede usar IPv4 para DNS
DHCPv6/DHCPv6	1	1	El Gateway se aprende del RA

Nota: * Esta configuración no se hace en los clientes si no a través de modificar la configuración en el Router. Tomado de [19].

En la figura 41 se muestra también las posibles combinaciones que se pueden dar en la red con respecto a la toma de decisiones de tomar direccionamiento IPv6.

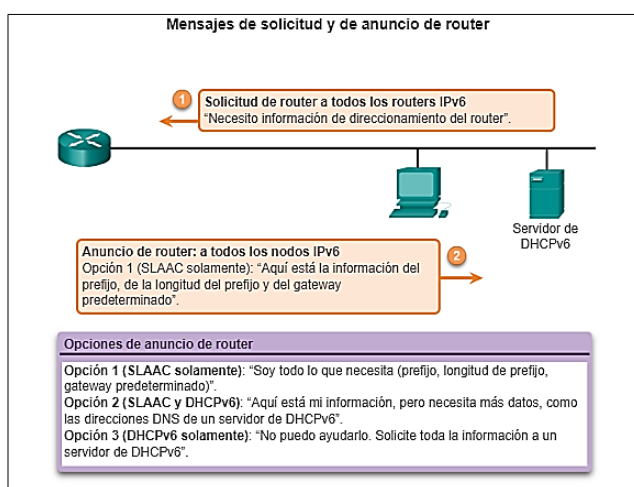


Figura 41. Mensaje Router Advertisement (RA). Tomado de [17].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Configuración DHCPv6 en la red CIMI

Para el caso de la red que se está simulando se implementa servidor DHCPv6, en este caso se configurara tanto un pool de DHCP para IPv4 y otro para las direcciones IPv6, como se evidencia en la imagen siguiente se muestra el Pool IPv6 para datos. Ver la Fig. 42.

```
ipv6 unicast-routing
ipv6 dhcp pool DatosIPv6
 prefix-delegation pool DatosIPv6
 dns-server 2001:DB8:1:1::1234
 domain-name sena.com
!
ipv6 cef
ip source-route
ip cef
!
!
!
!
!
ip dhcp pool datos
 network 192.168.10.0 255.255.255.0
 default-router 192.168.10.1
!
ip dhcp pool voz
 network 192.168.150.0 255.255.255.0
 default-router 192.168.150.1
```

Figura 42. Configuración DHCPv6 en el Router.

En la Fig. 43.se muestra la subinterfaz en la cual actuara como servido DHCPv6 para la VLAN datos.

```
interface GigabitEthernet0/0.10
 encapsulation dot1Q 10
 ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
 ipv6 address FE80:: link-local
 ipv6 address 2001:DB8:57:968::1/64
 ipv6 enable
 ipv6 dhcp server DatosIPv6
```

Figura 43. Habilitación server DHCPv6 en la Subinterfaz.

Nombre del grupo de direcciones locales IPv6 que se utilizará para delegar prefijos a los enrutadores solicitantes o clientes DHCPv6, cadena de hasta 16 caracteres alfanuméricos. Ver la Fig. 44.

```
ipv6 local pool DatosIPv6 2001:DB8:57:960::/60 64
```

Figura 44. Figura 46. Pool DHCPv6.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Procedimiento de Desarrollo Curricular

Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En la Fig. 45 se verifica que los hosts tengan el direccionamiento en modo dinámico

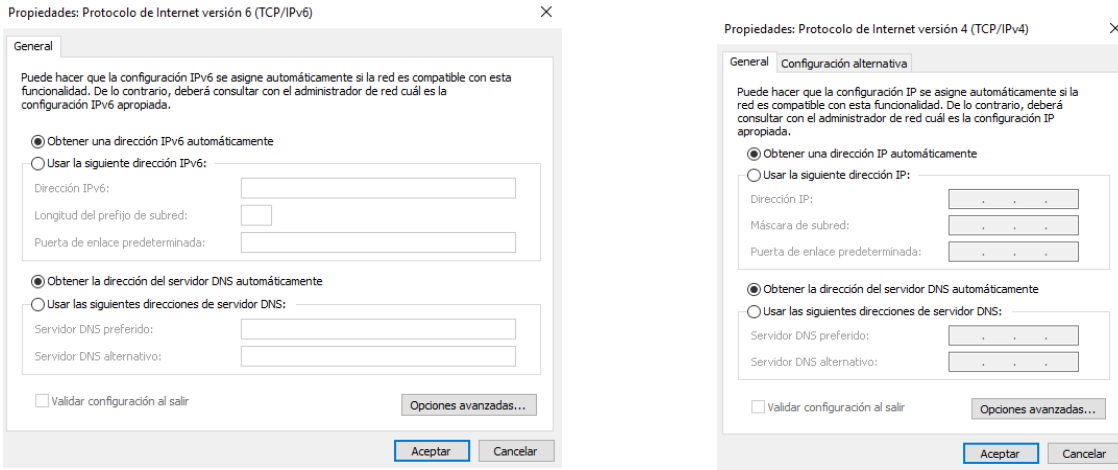


Figura 45. Direccionamiento DHCP en las NIC de host.

Y se demuestra que el computador toma las respectivas direcciones tanto IPv4 como IPv6 asignadas por DHCPv6 y DHCPv4. Ver la Fig. 46.

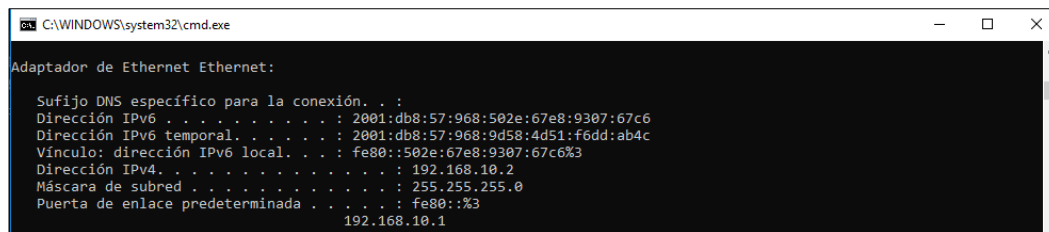


Figura 46. Direcciones IPv6 e IPv4 por DHCP.

Y se verifica que tenga conectividad con la dirección IPv6 de la subinterfaz de datos. Ver la Fig. 47.

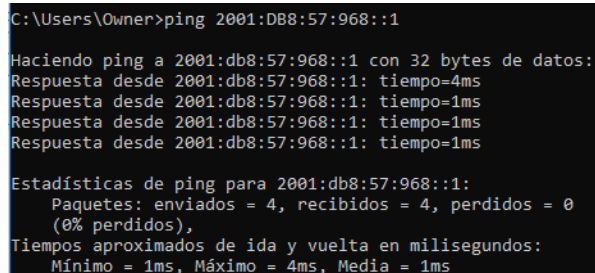


Figura 47. Conexión exitosa a Subinterfaz de datos.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Procedimiento de Desarrollo Curricular

Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Se verifica que haya conectividad con la Subinterfaz VLAN nativa tanto IPv6 como IPv4. Ver la Fig. 48.

```
Haciendo ping a 2001:db8:58:968::1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 2001:db8:58:968::1: tiempo<1m
Respuesta desde 2001:db8:58:968::1: tiempo<1m
Respuesta desde 2001:db8:58:968::1: tiempo=1ms
Respuesta desde 2001:db8:58:968::1: tiempo=1ms

Estadísticas de ping para 2001:db8:58:968::1:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms

C:\Users\Owner>ping 192.168.100.1

Haciendo ping a 192.168.100.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.100.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=255
Respuesta desde 192.168.100.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.100.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.100.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.100.1:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

Figura 48. Conexión exitosa en los dos protocolos.

Se accede de forma remota a través de SSH al Switch de Acceso con la dirección IPv6 de la VLAN 100 la cual está planteada como nativa que es: **2001:db8:968::2/64**. Ver la Fig. 49.

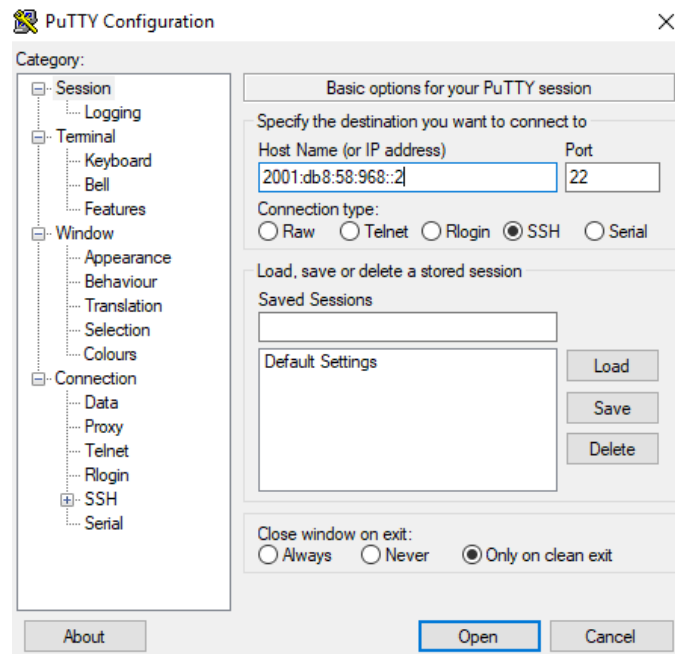


Figura 49. Utilización del putty para acceder por SSH al Switch.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Aquí se demuestra que acceso al dispositivo a través del protocolo IPv6 y se comprueba conectividad en la red y una total coexistencia de los dos protocolos. Ver la Fig. 50.

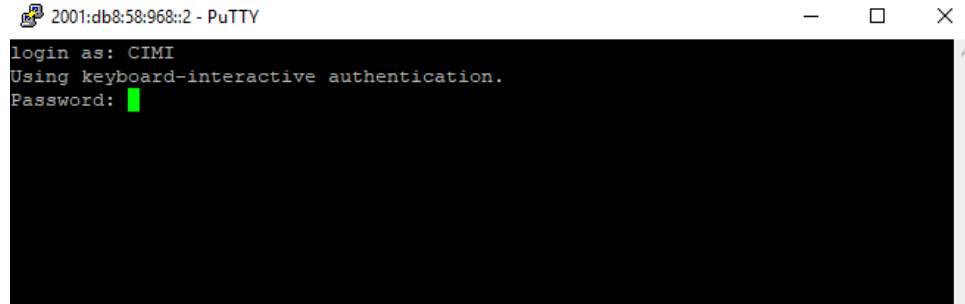


Figura 50. Accediendo al Switch por SSH.

2.3.5.3 Diseño, configuración y simulación del SENA CIMI con SENA CASA a través de Tunneling.

Como se pudo observar anteriormente se aplicó la doble pila en la red corporativa CIMI, el paso siguiente es dar conectividad al exterior de esa red con otra sede, en este caso se ha simulado la conectividad entre las sedes CIMI y CASA, utilizando la técnica de Tunnel como se explicará más adelante. En la siguiente tabla se muestra la configuración de la red para la interconexión de las dos sedes del SENA, para la cual se configuró para la simulación del protocolo IPv6.

Tabla 12. Tabla de direccionamiento conexión WAN entre CIMI y CASA.

Dispositivo	Interfaz	Dirección IPv4	Máscara de subred	Gateway predeterminado
		Dirección/Prefijo IPv6		
Router CPE CIMI	S 0/0/0	181.49.188.1	255.255.255.252	N/A
	Tunnel0	2001::1/64		N/A
Router CPE CASA	S 0/0/0	181.49.188.2	255.255.255.252	N/A
	Tunnel0	2001::2/64		N/A

Nota: *En la tabla se muestra las direcciones e interfaces a conectar para la transición de IPv6.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Configuración y funcionamiento del protocolo de enrutamiento dinámico OSPF(*Open Shortest Path First*)

La siguiente figura muestra la configuración de las interfaces seriales del extremo de la red CIMI y CASA, las cuales se les configura con una IPv4 publica **181.49.188. 0 /30**.

<pre>interface Serial0/0/0 ip address 181.49.188.1 255.255.255.252 ipv6 enable ipv6 ospf 1 area 0 clock rate 9600</pre>	<pre>interface Serial0/0/0 ip address 181.49.188.2 255.255.255.252 ipv6 enable ipv6 ospf 1 area 0</pre>
---	---

Figura 51. Configuraciones interfaces seriales Router CIMI y CASA.

El siguiente paso que seguir es configurar un protocolo de enrutamiento que me interconecte las VLAN de las sedes CIMI y CASA. Para este caso se configura el protocolo OSPF (Open Shortest Path First), se utilizará tanto la versión 2 que es para redes IPv4 y la Versión 3 para IPv6. Las direcciones Loopback del backbone, tanto las que son identificador de Router (o Router ID) como las que simbolizan sedes remotas de clientes en el caso de islas independientes. Aunque el cometido de esta tesis no es analizar en detalle el protocolo de OSPF, a continuación, se detallan unas nociones que nos permitirán entender los escenarios propuestos. OSPF es un protocolo de estado del enlace[15].

Cada nodo establece adyacencias con nodos vecinos de su misma área con los cuales intercambia información de todos los destinos alcanzables. Esta información denominada LS (Link State) está contenida en paquetes denominados LSA(Link State Advertisement) y LSU (Link State Update), y cada nodo elabora a partir de ellos su tabla de OSPF o LSDB (Link State Database), de tal modo que todos los nodos de una misma área tienen exactamente la misma tabla de LSDB con la topología del área. Un nodo nunca podrá conocer una LSDB de un área a la que no pertenezca[15].

Requiere de un diseño jerárquico de áreas en el cual siempre debe de existir un área 0 denominada área backbone. Pueden existir áreas satélites, en nuestro diseño a cada sede le corresponde un área igual, que deben conectar siempre al área 0. Cada área mantiene su propia LSDB y el nodo que interconecta ambas áreas y que por tanto conocerá la LSDB de ambas, recibe el nombre de ABR (Area Border Router). En nuestra topología los nodos que actúan como CPE serán los ABR entre el área 0. Tendremos solo un tipo de área llamada área 0[15]. La métrica en OSPF está basada en el ancho banda de cada uno de los enlaces que conforman el camino hacia la dirección de destino. Para escoger el mejor camino realiza cálculos basados en el algoritmo de SPF (Shortest Path Best)[15].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

En la figura 52 se muestra la configuración de OSPF tanto para IPv4 en la cual se debe configurar las redes que tiene el Router directamente conectadas.

```
router ospf 1
 network 181.49.188.0 0.0.0.3 area 0
 network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 0
 network 192.168.50.0 0.0.0.255 area 0
 network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0
!
```

Figura 52. configuración OSPF para redes IPv4.

Para el protocolo IPv6 no hace falta nombrar las redes directamente conectadas si no que se debe configurar y habilitar en cada interfaz que tenga una red conectada, como se muestra en la figura 53 el protocolo OSPFv3.

```
interface GigabitEthernet0/0
 no ip address
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 enable
 ipv6 dhcp server datos
 ipv6 ospf 1 area 0
interface GigabitEthernet0/0.20
 encapsulation dot1Q 20
 ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
 ipv6 address FE80:: link-local
 ipv6 address 2001::DB8:57:930::1/64
 ipv6 enable
 ipv6 dhcp server datos
 ipv6 ospf 1 area 0
interface GigabitEthernet0/0.50
 encapsulation dot1Q 50
 ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
interface GigabitEthernet0/0.200
 encapsulation dot1Q 200 native
 ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
 ipv6 address FE80:: link-local
 ipv6 address 2001::DB8:58:930::1/64
 ipv6 enable
 ipv6 ospf 1 area 0
interface GigabitEthernet0/1
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/0/0
 ip address 181.49.188.2 255.255.255.252
 ipv6 enable
 ipv6 ospf 1 area 0
```

Figura 53. configuración OSPFv3.

Una vez activado enrutamiento OSPF tanto para IPv4 en las dos sedes del SENA, se procede a verificar la tabla de enrutamiento del **Router CPE CASA** a través del comando “**Show ip route**”, se puede observar las adyacencias de las redes IPv4 que tiene el Router CPE CIMI, tener en cuenta que el enrutamiento OSPF escogerá la mejor ruta para llegar a su destino. Ver la Fig. 56.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

```
R2CPECASA#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, I - LISP
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

181.49.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 181.49.188.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L 181.49.188.2/32 is directly connected, Serial0/0/0
O 192.168.10.0/24 [110/65] via 181.49.188.1, 00:32:34, Serial0/0/0
C 192.168.20.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.20.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0.20
L 192.168.20.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.20
C 192.168.50.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.50.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0.50
L 192.168.50.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.50
O 192.168.150.0/24 [110/65] via 181.49.188.1, 00:32:34, Serial0/0/0
C 192.168.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.200.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0.200
L 192.168.200.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.200
```

Figura 54. Tabla de enrutamiento.

Con el siguiente comando “**show ipv6 route**” se puede observar la tabla de enrutamiento de IPv6 del Router CPE CASA con las adyacencias del Router CPE CIMI. Ver la Fig. 58.

```
R2CPECASA# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 8 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
B - BGP, HA - Home Agent, MR - Mobile Router, R - RIP
I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
D - EIGRP, EX - EIGRP external, NM - NEMO, ND - Neighbor Discovery
I - LISP
O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
C 2001::/64 [0/0]
via Tunnel0, directly connected
L 2001::2/128 [0/0]
via Tunnel0, receive
C 2001:DB8:57:930::/64 [0/0]
via GigabitEthernet0/0.20, directly connected
L 2001:DB8:57:930:1/128 [0/0]
via GigabitEthernet0/0.20, receive
O 2001:DB8:57:968::/64 [110/65]
via 2001:DB8:57:930:1/128, Serial0/0/0
C 2001:DB8:58:930::/64 [0/0]
via GigabitEthernet0/0.200, directly connected
L 2001:DB8:58:930:1/128 [0/0]
via GigabitEthernet0/0.200, receive
L FF00::/8 [0/0]
via Null0, receive
```

Figura 55. Tabla de enrutamiento IPv6.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Configuración Tunnel entre la sede CIMI y CASA

Una opción con menor impacto en nuestra red es la utilizar túneles de transición, que encapsulan una versión de IP y la transportan sobre la otra. Se han definido túneles para ambos casos, encapsular IPv6 en una red de IPv4, y encapsular IPv4 en una red IPv6[15]. Mientras la primera dará conectividad en redes ya desplegadas, la segunda servirá como solución a nuevas redes IPv6 que necesiten mantener alguna conectividad en IPv4. Ambos casos serán resolutivos si bien las necesidades de evolución de IP han hecho que se desarrollen muchos más métodos de tunelización de IPv6 sobre IPv4[15]. El mecanismo de un túnel consiste en convertir el paquete de la versión a transportar extremo a extremo en el payload o datos de la versión que tiene comunicación en todos los nodos intermedios. De este modo comunicamos islas aisladas de un protocolo como se indica en la figura 56 con la simulación de las sedes CIMI y CASA[15].

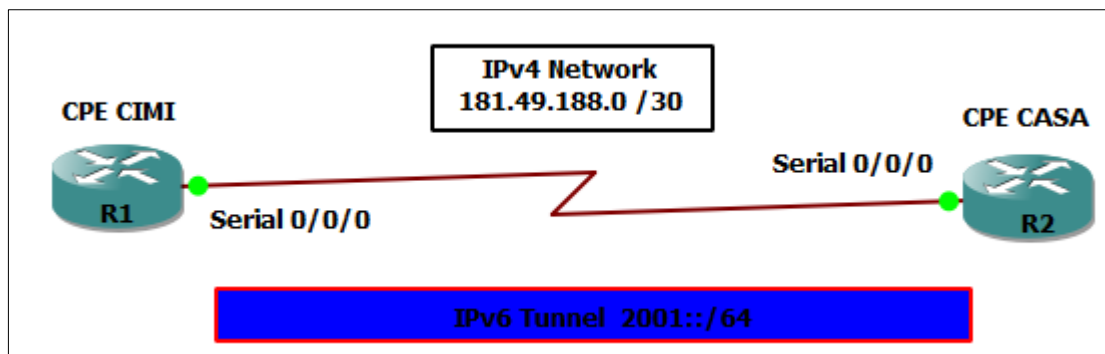


Figura 56. Topología para Tunnel entre CIMI y CASA.

En este caso, podemos conectar red SENA CIMI de IPv6 separadas entre sí utilizando la tecnología de IPv4 ya existente. Para la comunicación extremo a extremo en IPv6 la red IPv4 es transparente. Al mismo tiempo, IPv4 transporta el paquete de IPv6 encapsulado de forma que lo trata como información de datos del nivel superior y que por tanto será desencapsulada cuando llegue al destino el cual es la red CASA. Por último, los nodos que interconectan redes de ambas versiones han de tener la capacidad de funcionar en modo Dual Stack, para poder comunicarse con cada segmento de red como éste requiera. Existen diferentes tipos de túnel, pero todos ellos pueden dividirse en dos grandes categorías. Los túneles punto a punto y los túneles punto a multipunto[19].

Los primeros conectan únicamente a dos nodos, estableciendo un enlace virtual entre ambos, y se configuran de forma estática ambos extremos. En el caso de los túneles multipunto un nodo inicial es capaz de comunicarse mediante túnel con múltiples destinos remotos que también soporten el establecimiento de dicho túnel[15]. En este caso no es necesario preconfigurar de antemano el extremo remoto, sino que se descubre de forma dinámica, por tanto, es un diseño más escalable y que requiere de menos configuración, pero a efectos prácticos no difiere técnica ni conceptualmente



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

de un túnel estático. Generalmente, un túnel estático es preferible para tráfico continuo, para los que merezca la pena configurar un protocolo de encaminamiento IGP (Internet Gateway Protocol)[15]. Un túnel dinámico es más ligero y es adecuado para tráfico con poca frecuencia o poco predecibles.

Tomando como referencia la figura 60 implementamos el Tunneling peer to peer entre la sede CIMI y CASA, en las siguientes figuras se observa la configuración del Tunnel el cual debe coincidir en los dos Router de las sedes a interconectar “Interface Tunnel0”, la IPv6 que se utilizara para el tunnel es la 2001::/64, y como se puede observar el modo es “ipv6ip”. Se debe también establecer la dirección destino y la interfaz desde donde se originan los paquetes IPv6. En la figura 59 se muestra la configuración del Tunnel 0 en los dos Router CPE.

```
interface Tunnel0
no ip address
ipv6 address 2001::2/64
tunnel source Serial0/0/0
tunnel mode ipv6ip
tunnel destination 181.49.188.1
!
```

```
interface Tunnel0
no ip address
ipv6 address 2001::1/64
tunnel source Serial0/0/0
tunnel mode ipv6ip
tunnel destination 181.49.188.2
```

Figura 57. configuración del Tunnel.

Se muestra la configuración que toma el direccionamiento DHCP un host de la red sede CASA, la cual si observamos la tabla de direccionamiento la red tendrá una IPv6 2001:db8:57:930::/64, y una IPv4 192.168.20.0/24. Ver la Fig. 58.

```
Adaptador de Ethernet Ethernet:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Dirección IPv6 . . . . . : 2001:db8:57:930:9cae:8830:cb28:4132
Dirección IPv6 temporal. . . . . : 2001:db8:57:930:75c5:20ff:c7cc:5195
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::9cae:8830:cb28:4132%11
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.20.2
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . : fe80::%11
                                           192.168.20.1
```

Figura 58. Direccionamiento IPv4 e IPv6 de host CASA



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Procedimiento de Desarrollo Curricular

Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Al tener activo el Dual Stack y el Tunnel activo y funcionando se podrá comprobar conexión de extremo a extremo con cualquier dirección IPv4 o IPv6 previamente configurada en cada red corporativa. En la imagen 59 se puede mostrar la conectividad de la red CIMI con un host de la red CASA, realizando un **ping** desde el Router CPE CIMI a un host de la red CASA[21].

```
R1CPECIMI#show ipv6 route
R1CPECIMI#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 9 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
        B - BGP, HA - Home Agent, MR - Mobile Router, R - RIP
        H - NHRP, I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea
        IS - ISIS summary, D - EIGRP, EX - EIGRP external, NM - NEMO
        ND - Neighbor Discovery, I - LISP
        O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
        ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
C 2001::/64 [0/0]
    via Tunnel0, directly connected
L 2001::1/128 [0/0]
    via Tunnel0, receive
O 2001:DB8:57:930::/64 [110/65]
    via FE80::2A94:FFF:FE28:EC70, Serial0/0/0
C 2001:DB8:57:968::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0.10, directly connected
L 2001:DB8:57:968::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0.10, receive
O 2001:DB8:58:930::/64 [110/65]
    via FE80::2A94:FFF:FE28:EC70, Serial0/0/0
C 2001:DB8:58:968::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0.100, directly connected
L 2001:DB8:58:968::2/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0.100, receive
L FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
R1CPECIMI#ping ipv6
R1CPECIMI#ping ipv6 2001:db8:57:930::1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:DB8:57:930::1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 180/183/184 ms
R1CPECIMI#
```

Figura 59. Ping entre Router CPE CIMI con host de sede CASA.



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

Referencias

- [1] MinTIC, “Aseguramiento del Protocolo IPv6,” 2017.
- [2] LACNIC, “Portal IPv6 - LACNIC.” [Online]. Available: <http://portalipv6.lacnic.net/estadisticas-ipv6/>. [Accessed: 25-Aug-2018].
- [3] IETF, “IETF | World IPv6 Launch - 6th Anniversary.” [Online]. Available: <https://www.ietf.org/blog/world-ipv6-launch-6th-anniversary/>. [Accessed: 25-Aug-2018].
- [4] D. Ferney, R. Pulido, J. G. Pantoja, J. Alirio, and B. Diaz, “DISEÑO DE LA TRANSICIÓN DEL PROTOCOLO IPV4 HACIA IPV6 EN LA AGENCIA COLOMBIANA PARA LA REINTEGRACIÓN-ACR CON BASE EN CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD EN IMPLEMENTACIÓN DE IPV6.,” UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA, 2015.
- [5] Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones., “Lineamientos para la adopción de IPv6,” Bogota, 2017.
- [6] MinTic, “Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información,” Bogota, 2016.
- [7] MinTic, “Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia,” Bogota, 2015.
- [8] CISCO, “Lab - Identifying IPv6 Addresses,” 2018.
- [9] ICANN, “Las funciones de la IANA,” 2015.
- [10] LACNIC, “Políticas para la Distribución y Asignación de Direcciones IPv6.” [Online]. Available: <http://www.lacnic.net/547/1/lacnic/4-politicas-para-la-distribucion-y-asignacion-de-direcciones-ipv6>. [Accessed: 25-Aug-2018].
- [11] LACNIC, “Solicitar Recursos IP.” [Online]. Available: <https://www.lacnic.net/solicitar-ip>. [Accessed: 25-Aug-2018].
- [12] Alejandro Acosta, “Consejos Sobre direccionamiento IPv6 (ISP).” [Online]. Available: <http://portalipv6.lacnic.net/consejos-sobre-direccionamiento-ipv6-para-isps/>. [Accessed: 08-Jun-2018].
- [13] LACNIC, “Entidades que implementan IPv6 en América Latina y Caribe.” [Online]. Available: <http://www.lacnic.net/3042/1/lacnic/quienes-implementan>. [Accessed: 10-Jun-2018].
- [14] SENA, “SENA.” [Online]. Available: <http://www.sena.edu.co/es-co/regionales/Paginas/default.aspx>. [Accessed: 08-May-2018].



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
Procedimiento de Desarrollo Curricular
Anexo de Topología y configuración de la RED SENA

- [15] Martinez, Isaias and I. Raiaño, *IPv6 Lab: Entorno de laboratorio para la adquisición de competencias relacionadas con IPv6*. Alcala de Henares: Universidad de Alcalá, 2015.
- [16] CISCO, “Switches de red, switches para LAN y empresariales - Cisco,” 2018. [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/es_co/products/switches/index.html. [Accessed: 11-Aug-2018].
- [17] CISCO, “Cisco Networking Academy,” 2018. [Online]. Available: <https://www.netacad.com/es/login/>. [Accessed: 10-Feb-2018].
- [18] CISCO, “Cisco 2901 Integrated Services Router - Cisco.” [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/2901-integrated-services-router-isr/index.html>. [Accessed: 21-Mar-2018].
- [19] A. W. Alejandro Acosta, Jordi Palet, Tomas Lynch, “Tutorial IPv6 Avanzado Parte 1 - YouTube.” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=6JuHAKaGJn4&t=1910s>. [Accessed: 16-Apr-2018].
- [20] IETF, “RFC 6724,” 2004.
- [21] D. Stack, “IPV6 IMPLEMENTATION Degree Program in Information Technology,” 2013.
- [22] MinTic, “Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información,” BOGOTA, COLOMBIA.
- [23] M. I. J. A. D. Ing. Rodrigo Horacio Zapata Valdez, “Análisis de Seguridad en el Protocolo IPv6,” Universidad de Buenos Aires, 2013.
- [24] Ana Beatriz Velasco Escalante, “Estudio de Construcción de una Red de Alta Fiabilidad en un entorno Red IP para la Transmisión de Televisión en Alta Definición HD.,” Universidad Santo Tomas de Bucaramanga., 2017.
- [25] Laura Vanessa Cabrera Sanmartín, “CALIDAD DE SERVICIO IPv6,” Universidad Tecnológica de Bolívar, 2012.
- [26] U. de N. Area de Ingeniería Telemática, “QoS DiffServ.” [Online]. Available: <http://www.tlm.unavarra.es>.