



MIKROTIK

MikroTik Certified IPv6 Engineer (MTCIPv6E) version 2





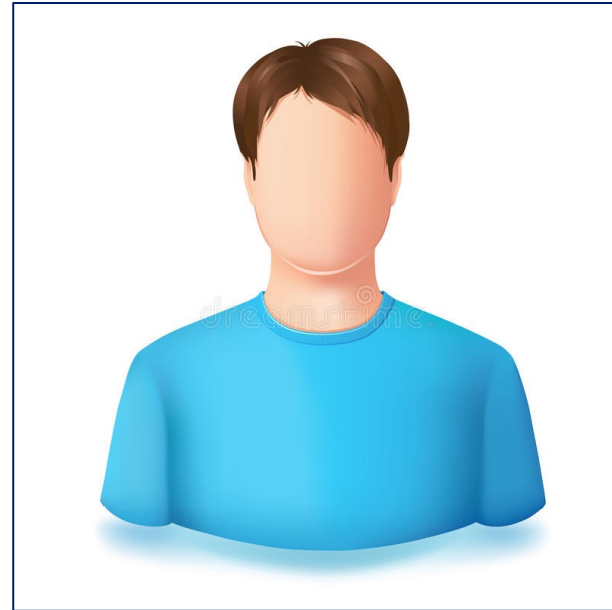
Objetivos del Curso

- ✓ Proporcionar una visión general del Protocolo IPv6
- ✓ Obtener destrezas prácticas en configuración, mantenimiento e implementación de IPv6 en equipos con RouterOS de MikroTik



¿Qué vas a descubrir?

- ✓ Configurar, administrar y solucionar problemas básicos de una red IPv6 en un dispositivo Mikrotik RouterOS
- ✓ Proporcionar servicios IPv6 a los clientes
- ✓ Contar con una base teórica y práctica sólida para administrar una red IPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿A quien va dirigido?



Los estudiantes pueden ser:

- Interesados en implementar y brindar soporte para redes IPv6:
- Administradores de una red PYME o ISP/WISP
- Apasionados por las redes y las telecomunicaciones



Calendario



- Horarios de entrenamiento:
 - Horario: 09:00 a 18:00
 - 2 Clases, 8 horas por clase
 - 10 minutos de descanso a las 10:00 y a las 16:00
- Examen de Certificación:
 - El último día, dura 1 hora son 25 preguntas y se requiere 60% para aprobar.



Acercas del profesor

- **Nombre:** Jose Miguel Cabrera Dalence
- **Profesión:** Ing. en Redes y Telecomunicaciones
- **Posgrado:** Doctor en Educación

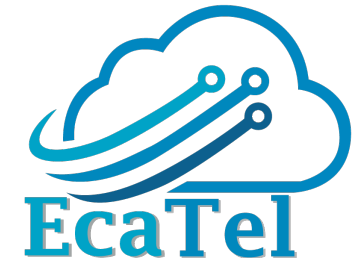


Experiencia Laboral:

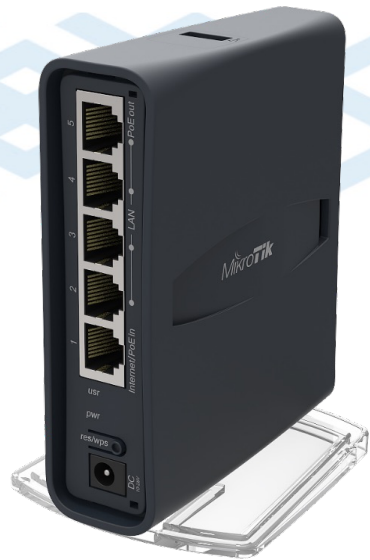
- Gerente de Proyectos en Ecatel (2015 a la fecha)
- Instructor Mikrotik (2015 a la fecha)

Certificaciones **MikroTik**

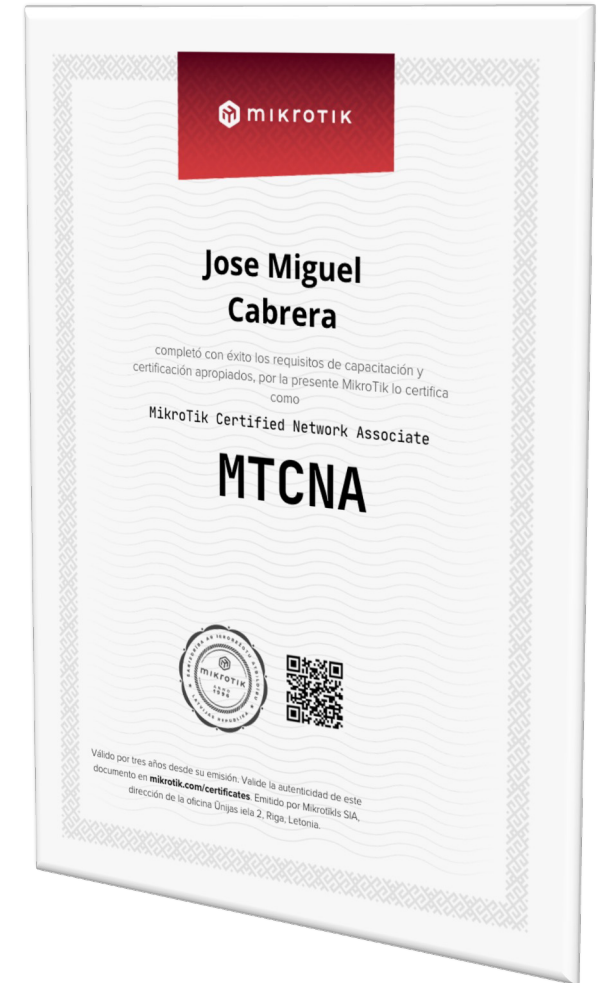
MTCNA, MTCWE, MTCEWE, MTCRE, MTCUME,
MTCINE, MTCTCE, MTCSE, MTCSWE, MTCIPv6E, Trainer



¿QUE INCLUYE?



- Derecho al examen de certificación
- Material en formato digital
- Una (1) licencia de RouterOS Level 4
- Certificado digital e impreso (en caso de probar el examen)



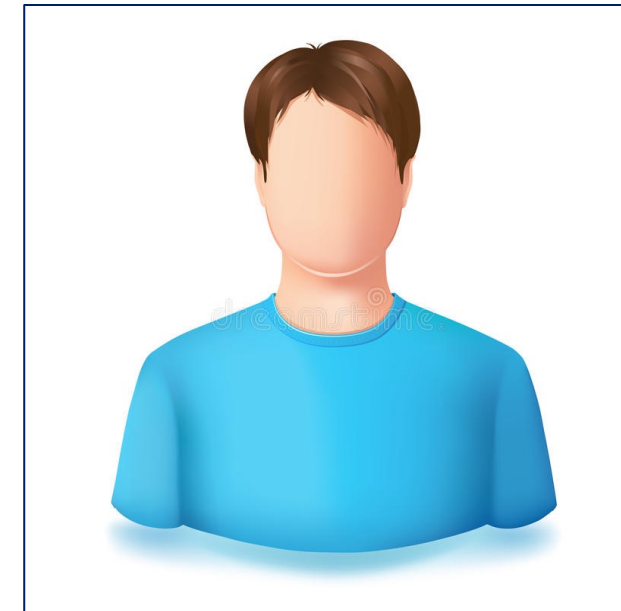


Información importante

- Salidas de emergencia
- Baños
- Refrigerios y bebidas durante la clase
- Área de fumadores
- Por favor coloque su teléfono en “silencio” y conteste sus llamadas fuera de la clase



MTCIPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



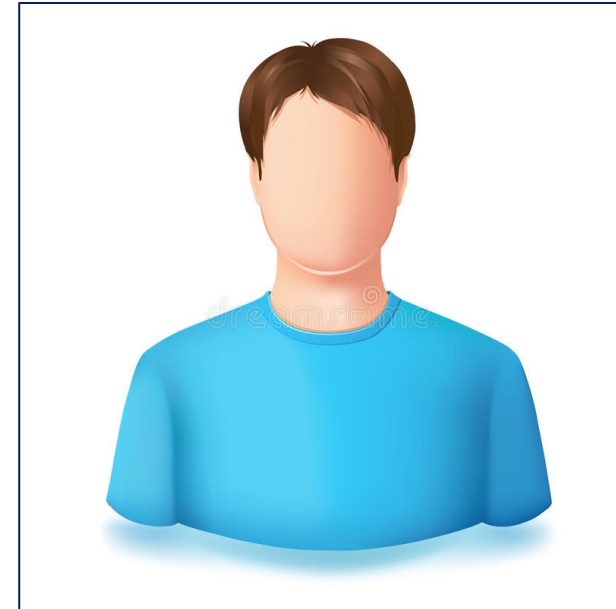
¿Estás listo para empezar?

✓ Deja las distracciones → 

✓ Actitud de aprendizaje 

✓ Paciencia 

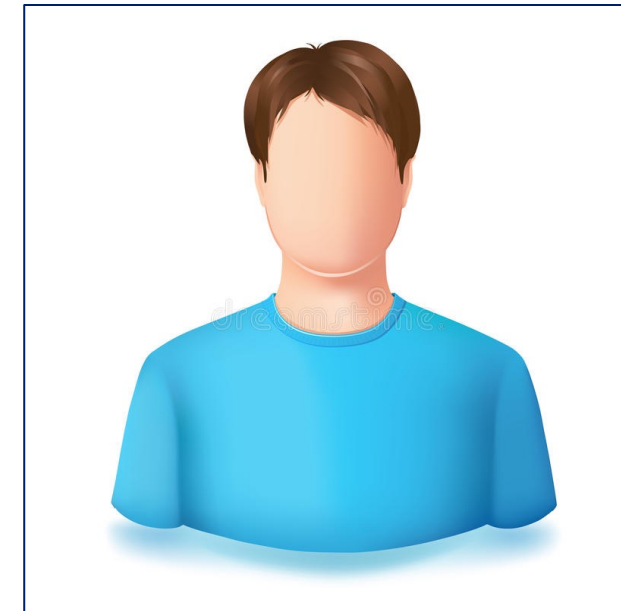
✓ Disfruta el aprendizaje 



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



MTCIPv6

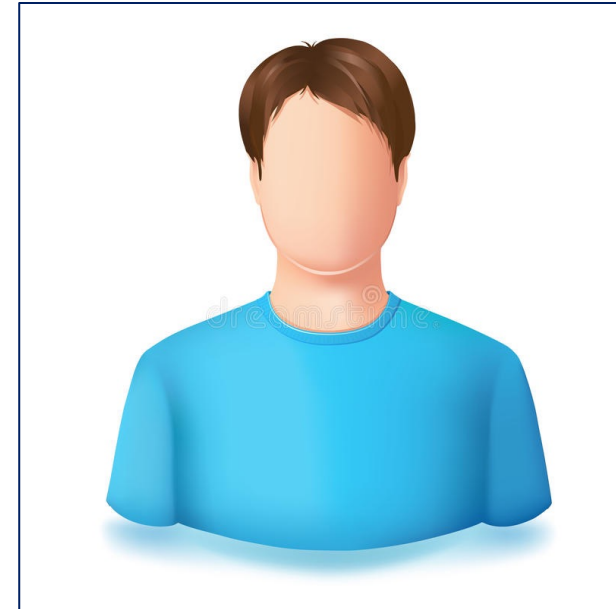


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Qué es IPv6?

- ✓ IPv6 restaura la comunicación de extremo a extremo que el NAT eliminó
- ✓ El sistema hexadecimal es el lenguaje ideal para la escala del internet moderno.

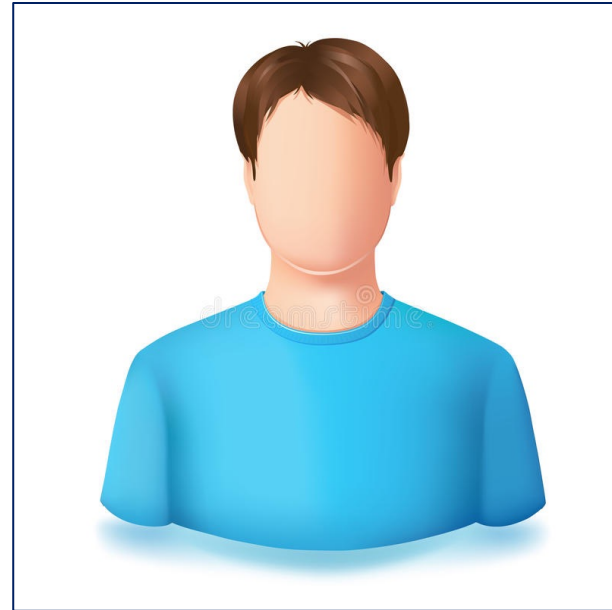


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Qué es IPv6?

- ✓ Las direcciones Global Unicast otorgan identidad pública propia a cada dispositivo del cliente.
- ✓ SLAAC permite una conectividad autónoma y escalable sin servidores de registro centralizados

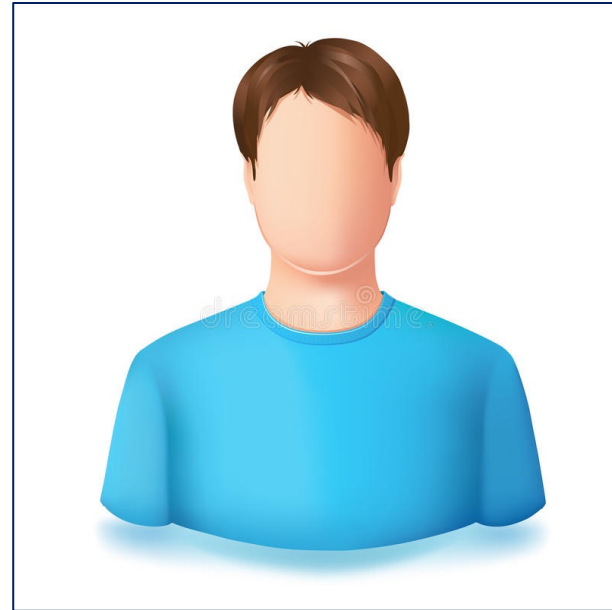


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Qué es IPv6?

✓ IPv6 es una red silenciosa y eficiente basada en grupos de interés multicast.



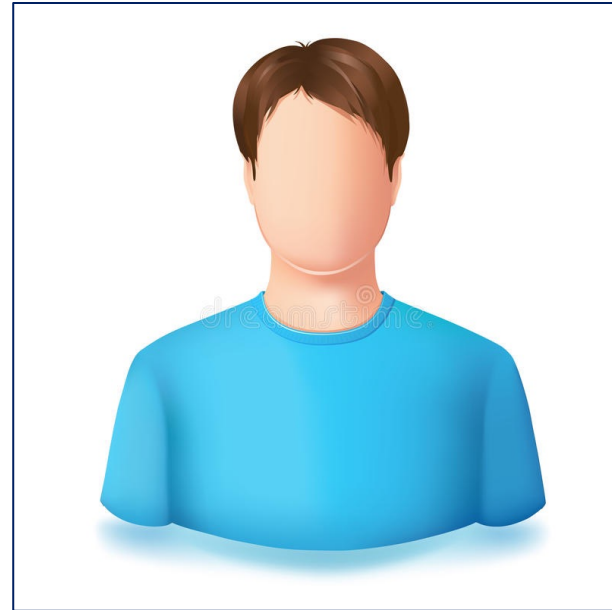
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Es prudente implementar IPv6?

- ✓ Creo que HOY, es el mejor momento para migrar.
- ✓ El protocolo ya es maduro
- ✓ Amplio soporte de fabricantes y proveedores

ISP

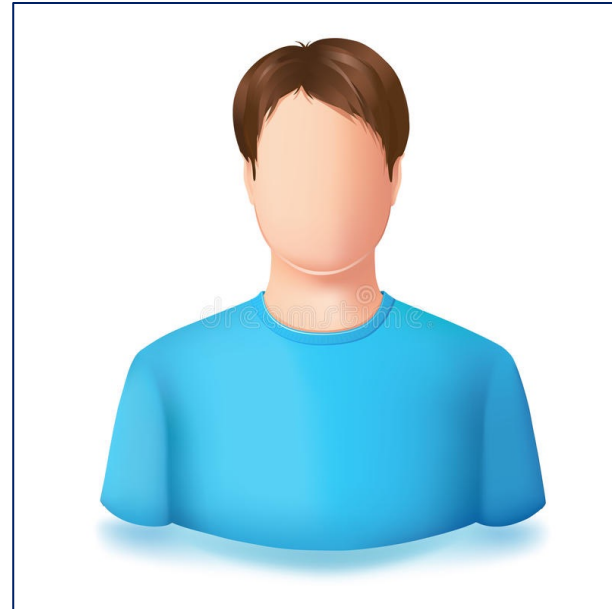


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Por qué IPv6 en tú ISP?

- ✓ Tienes un costo oculto con IPv4
- ✓ Aseguras la experiencia del usuario final.
- ✓ Evitas aparición de CAPTCHAs.
- ✓ Tus equipos ya lo soportan.

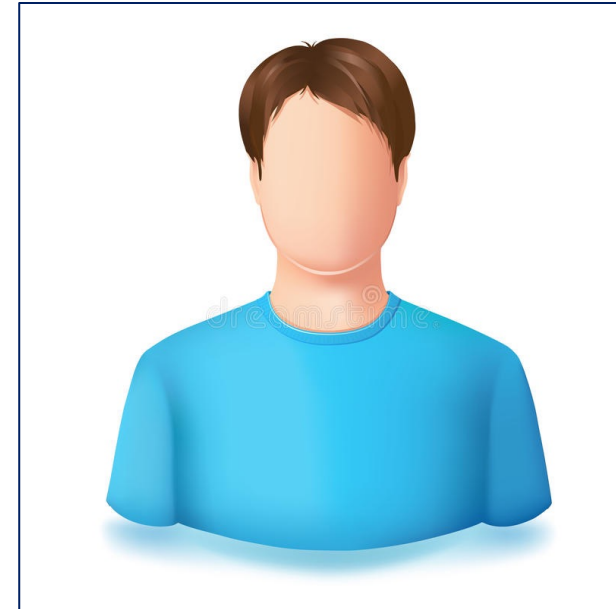


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Entender (y no temer) a IPv6

- ✓ El miedo inicial a IPv6 suele nacer de un choque visual.
- ✓ Estamos acostumbrados a los 4 octetos decimales

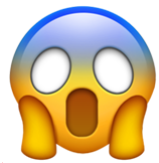


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

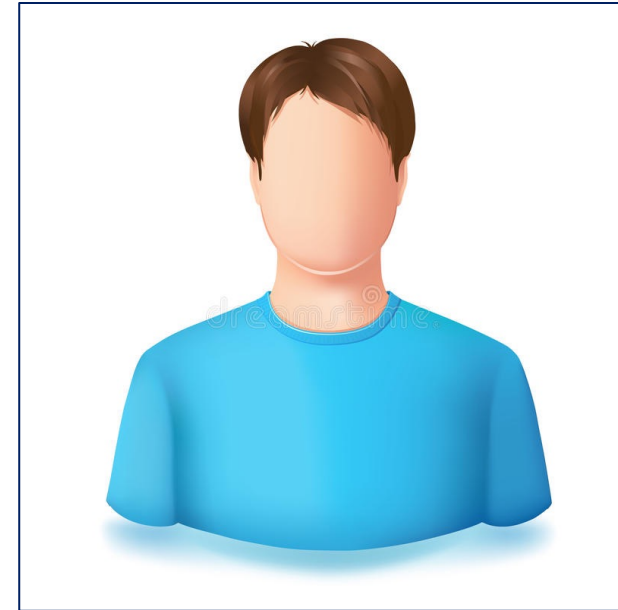


Entender (y no temer) a IPv6

2001:db8::fefc:dfff:fede:819d/64



¿Qué es eso?



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Entender (y no temer) a IPv6

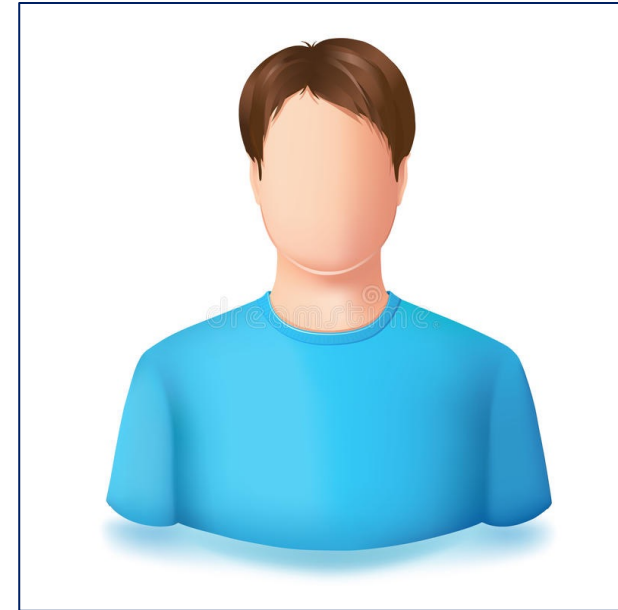
✓ IPv6 se divide en ocho grupos de 16 bits

cada uno, conocidos técnicamente como

"hextetos". Usa sistema Hexadecimal

1 2 3 4

2001:db8:cafe:c0ca::/64



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Entender (y no temer) a IPv6

1 2 3 4

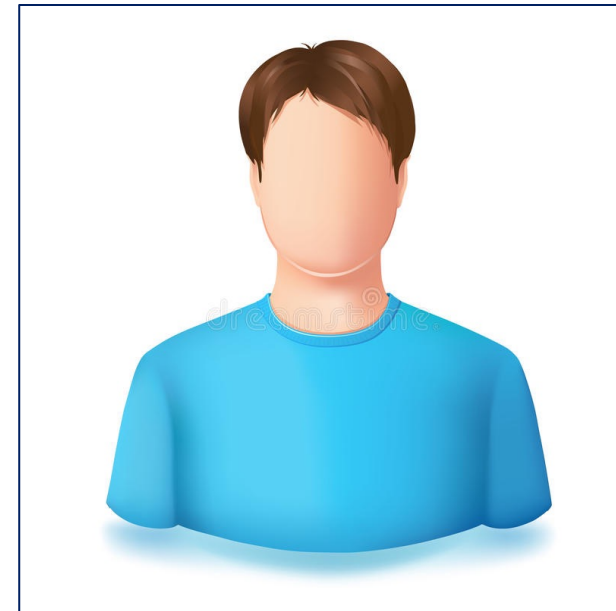
2001:db8:cafe:c0ca::/64

1 2 3

2001:db8:cafe::/48

1 2

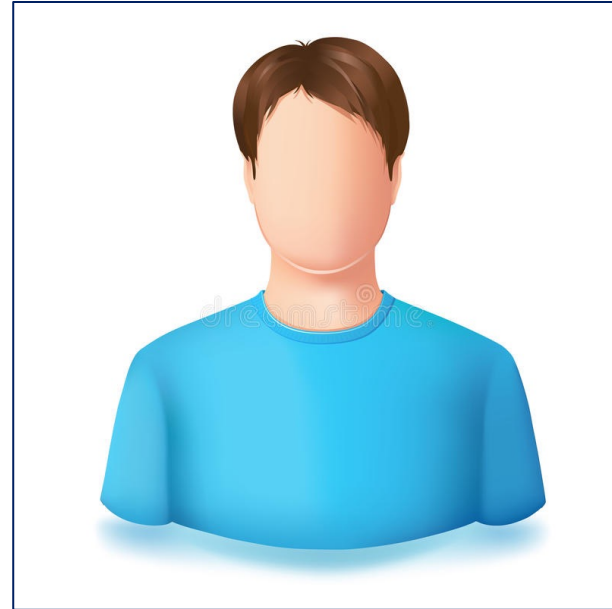
2001:db8::/32



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Regla de ceros

- ✓ Ceros de la izquierda, no se escriben
- ✓ Varios “hextetos” de cero, pueden simplificarse con ::



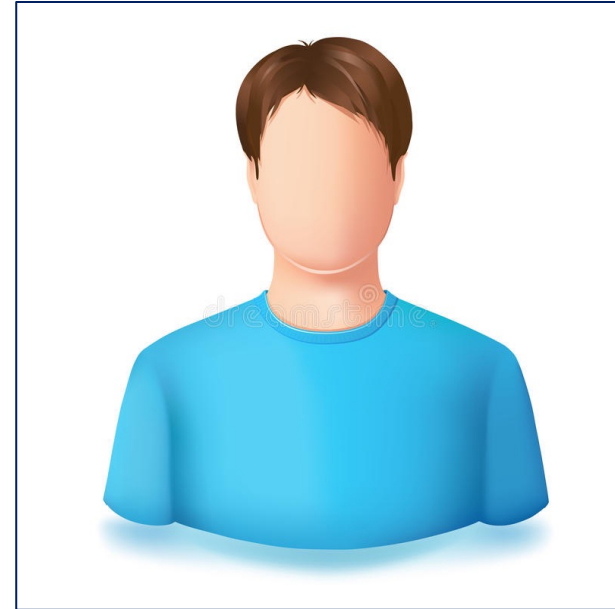
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Regla de ceros

2001:0db8:cafe:c0ca:0:0:0:0001/64

2001:db8:cafe:c0ca::1/64



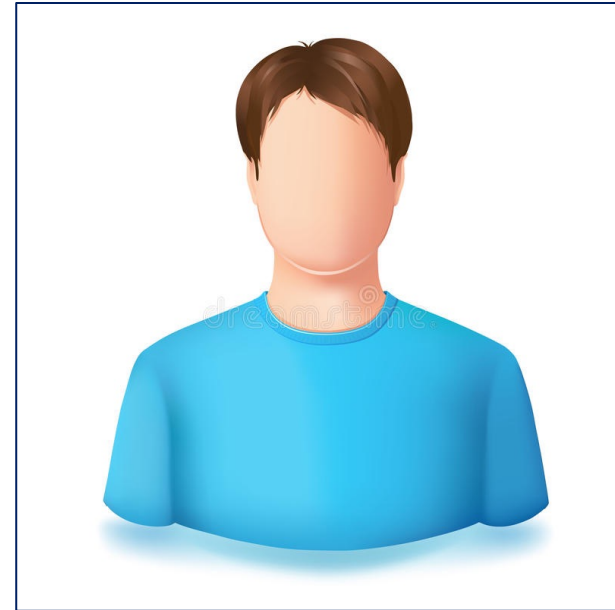
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Regla de ceros

2001:db80:0:0:cafe:0:0:0001/64

2001:db80::cafe:0:0:1/64

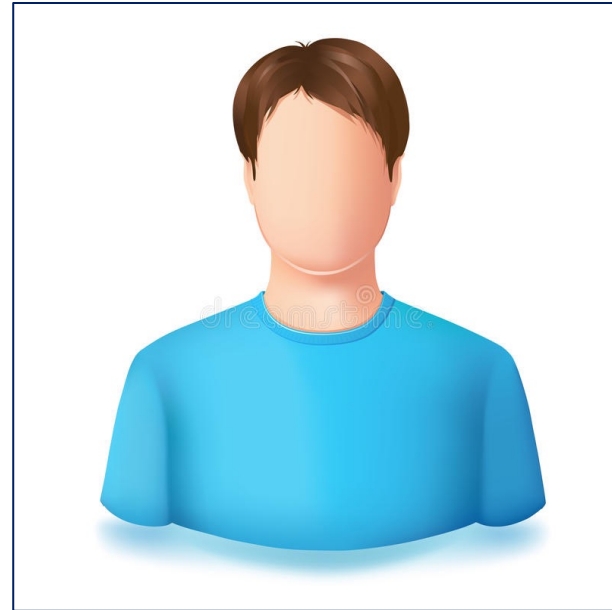


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



SLAAC

- ✓ DHCP ya no se utiliza para usuarios finales
- ✓ Cada dispositivo se autoconfigura una IPv6
- ✓ Se puede usar la técnica EUI-64

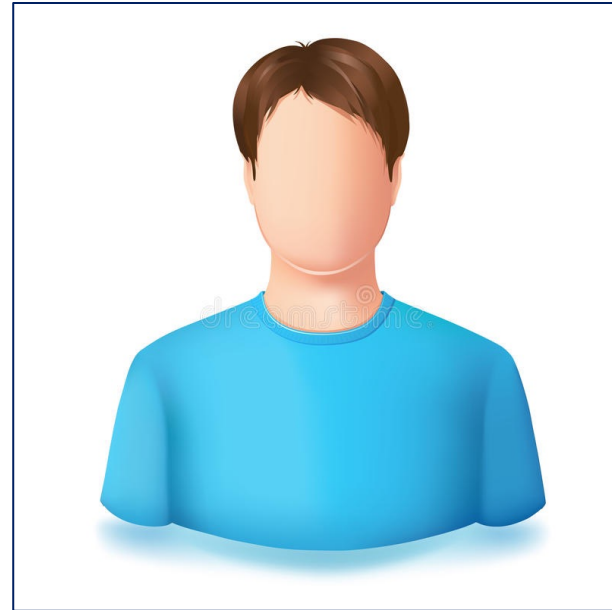


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



EUI-64

- ✓ Se toma de base la Mac Address
- ✓ Se solicita el prefijo
- ✓ Se añade FF:FE para llegar a los 64bits



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



EUI-64

Prefijo = 2001:db8:cafe:c0ca::/64

MAC Address = 00:0C:42:28:79:45

48-bit MAC address

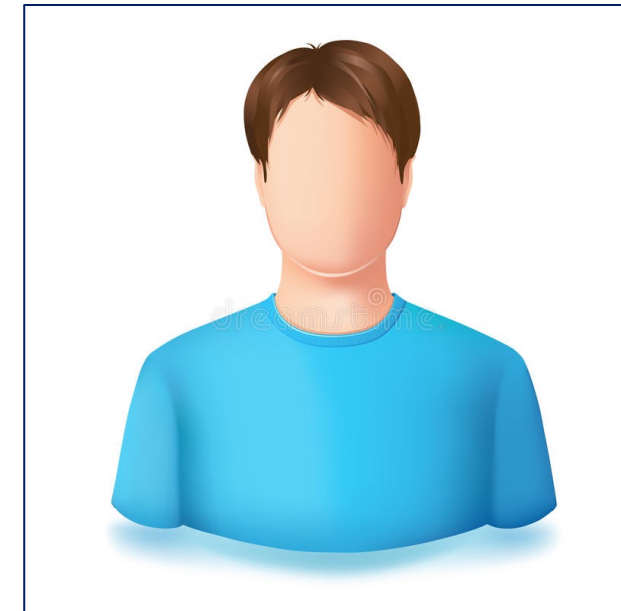
00	0C	42	28	79	45
00000000	00001100	01000010	00101000	01111001	01000101

Move manufacturer ID
and reverse 7-th bit

Move device ID
at the end

00000010	00001100	01000010	11111111	11111110	00101000	01111001	01000101
02	0C	42	FF	FE	28	79	45

64-bit EUI-64 address



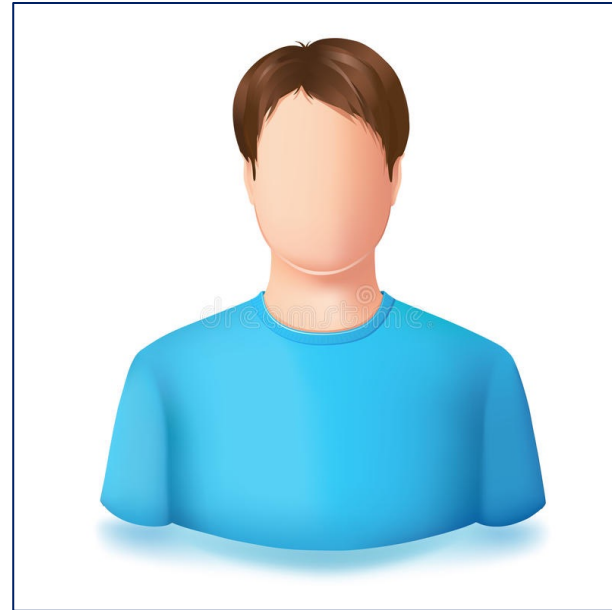
2001:db8:cafe:c0ca:20c:42ff:fe28:7945

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones Temporales

- ✓ En la actualidad, se desaconseja el uso de EUI-64
- ✓ SLAAC genera una IP en base a un secreto
- ✓ Se crean más de una IPv6, las desechas luego de 24 horas

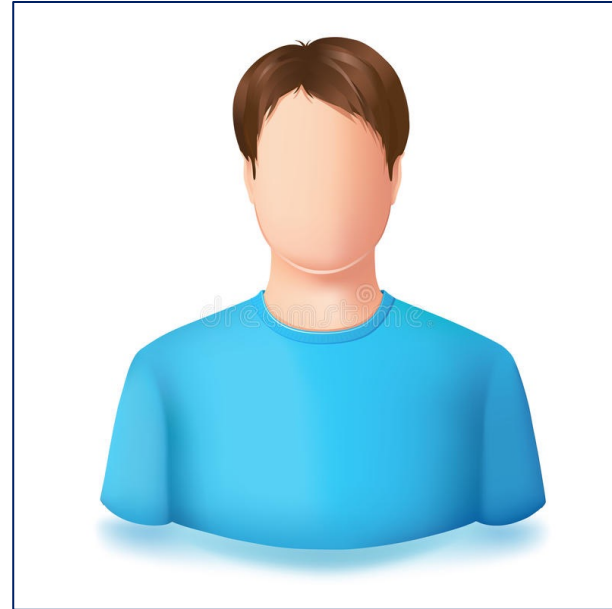


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



VLAN

- ✓ Una vlan no es un concepto propio de IPv6
- ✓ Puedes usarlas en IPv4 o IPv6
- ✓ Te recomiendo que siempre las utilices en tus enlaces troncales

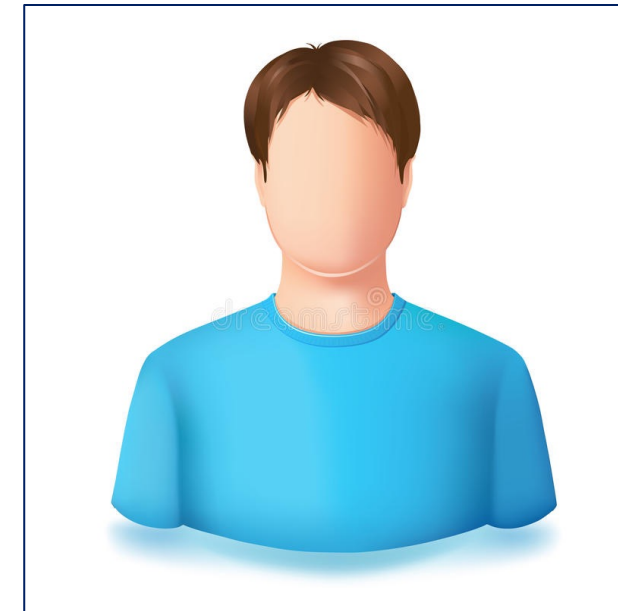


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Sin VLAN

El tráfico viaja mezclado y desordenado

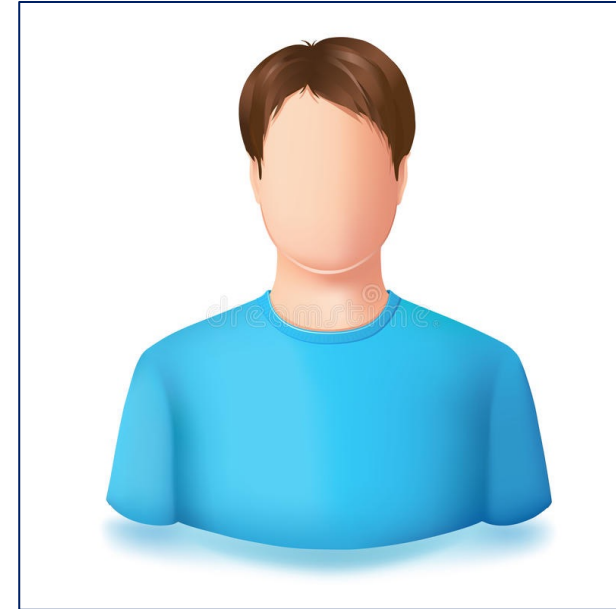


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Sin VLAN



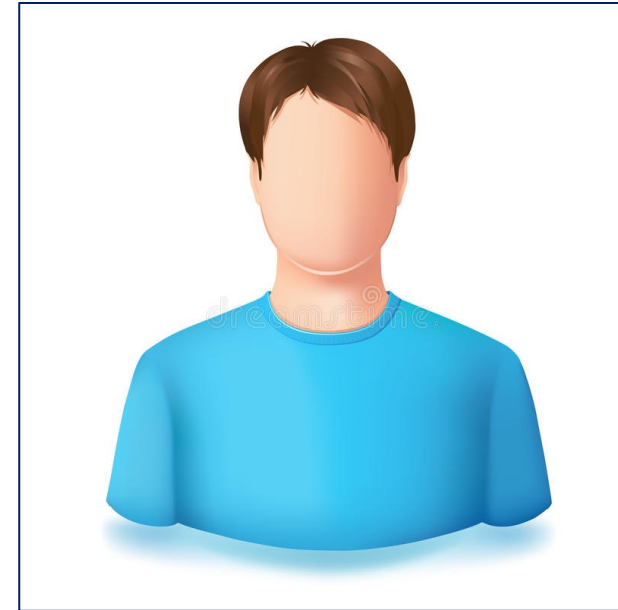
- ✓ El dominio de broadcast tiene prioridad
- ✓ Detiene la comunicación
- ✓ No se puede alcanzar la máxima tasa de transmisión



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Con VLAN

El tráfico viaja ordenado y separado.

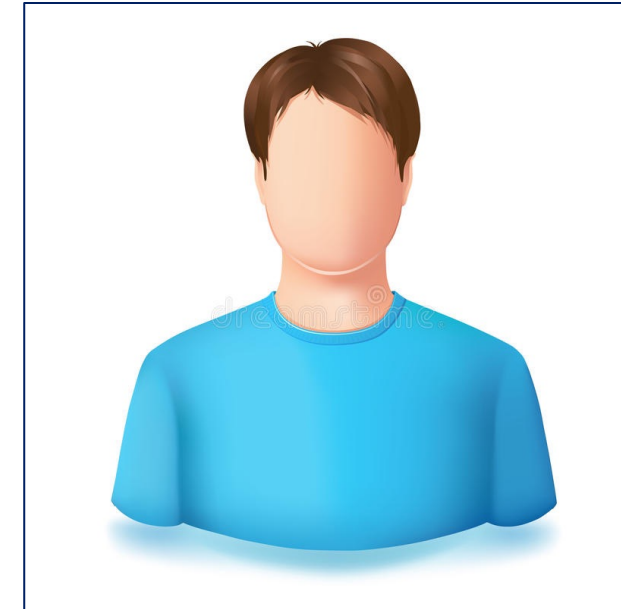


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Sin VLAN



- ✓ El dominio de broadcast es muy pequeño
- ✓ La comunicación es más fluida
- ✓ Se alcanza mejores velocidades, sin pérdidas y baja latencia.

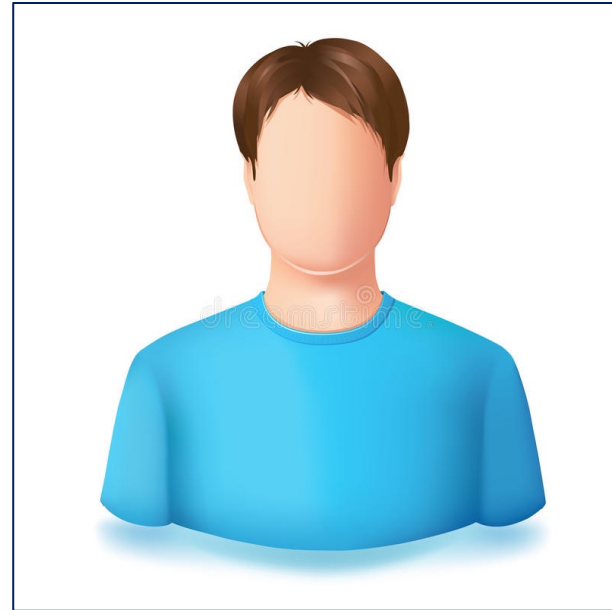


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Subnetear en IPv6

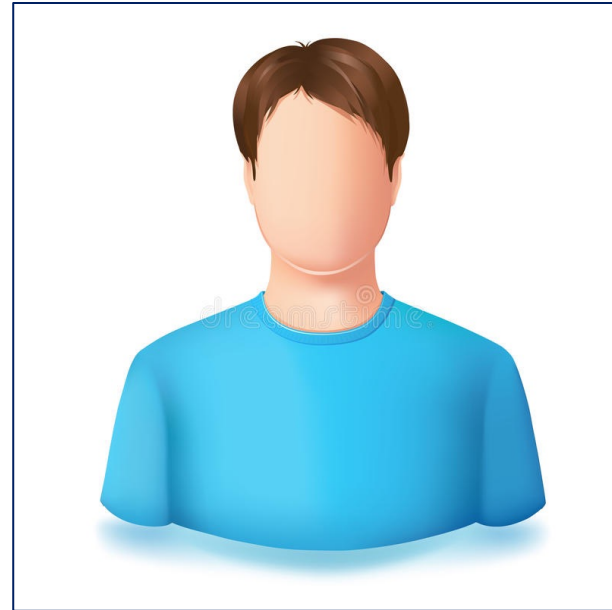
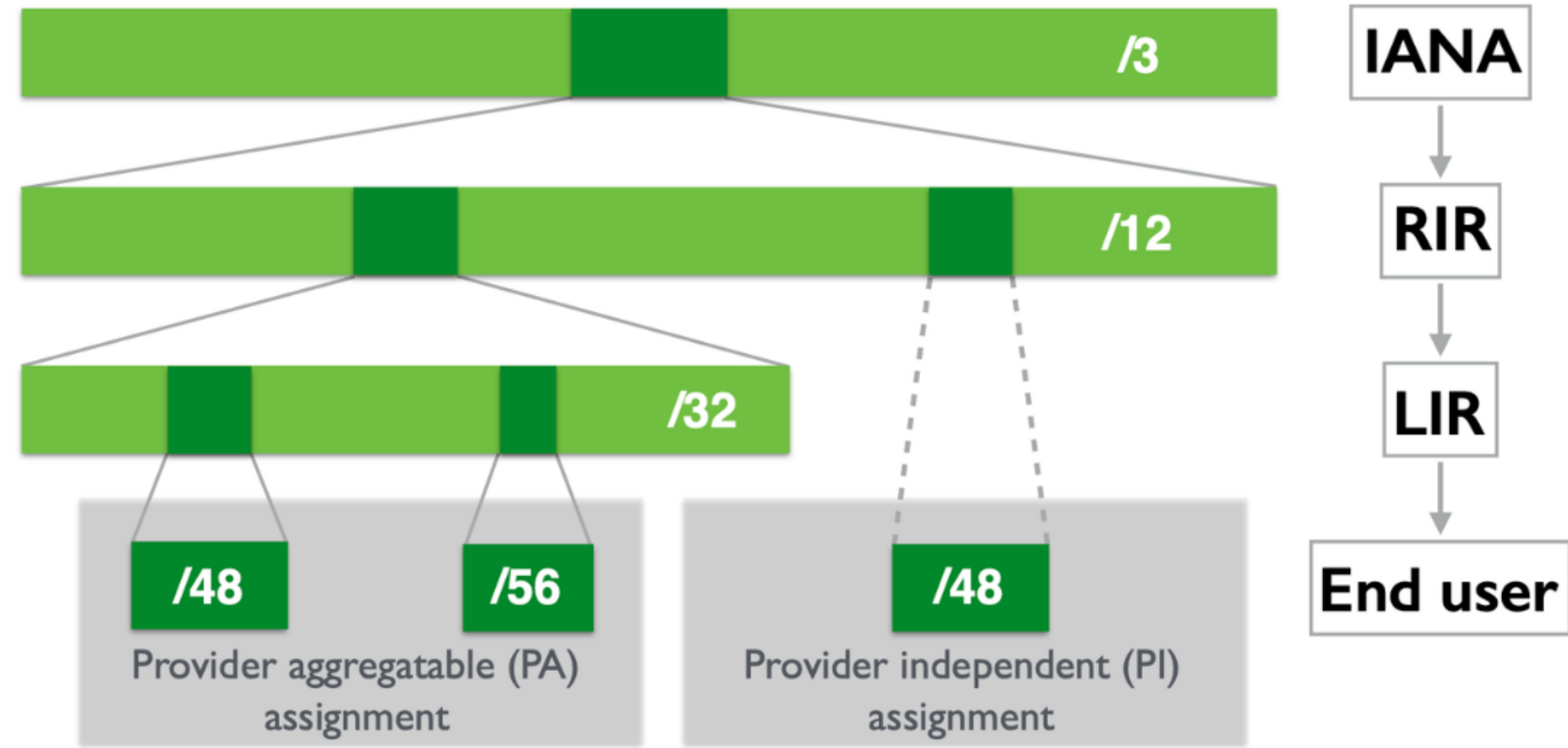
- ✓ IPv6 establece la jerarquización en las direcciones IP.
- ✓ Debes mantener la jerarquía dentro de tu red.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



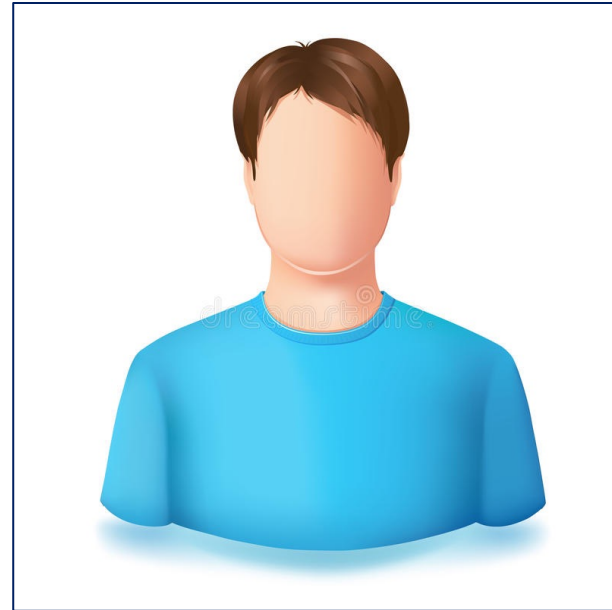
Distribución de IPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Regla del nibble

- ✓ Un nibble equivale a 4 bits.
- ✓ La dirección IPv6 utiliza notación hexadecimal
- ✓ Cada dígito hexadecimal representa exactamente un nibble (4 bits).



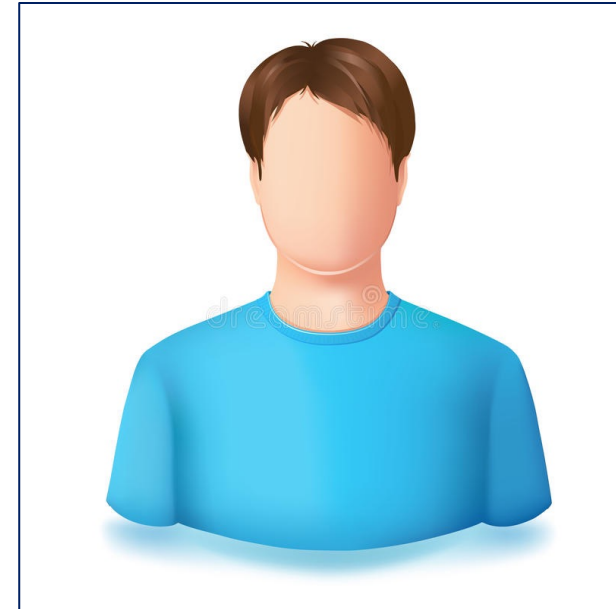
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Regla del niblie

- ✓ Si recibes un prefijo /32
- ✓ Entonces deberías subtenear usando SOLO estos prefijos:

/32 /44 /56
/36 /48 /60
/40 /52 /64



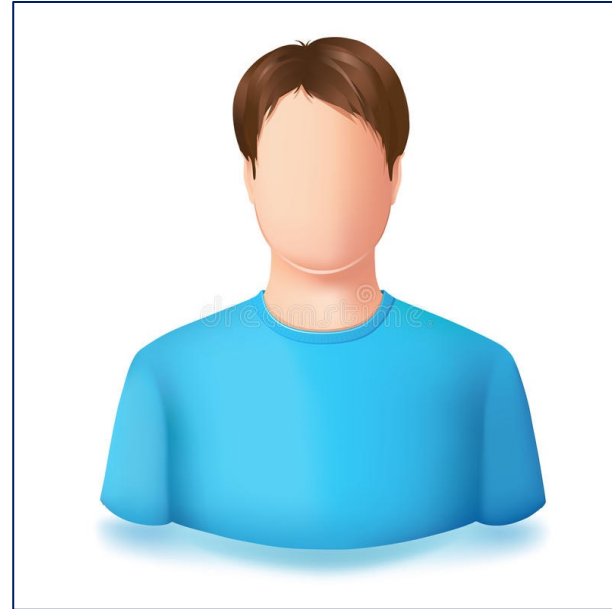
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Calculadora IPv6

- ✓ Creamos una calculadora
- ✓ Esta disponible gratuitamente en nuestra página web:

<https://www.ecatel.us/ipv6>

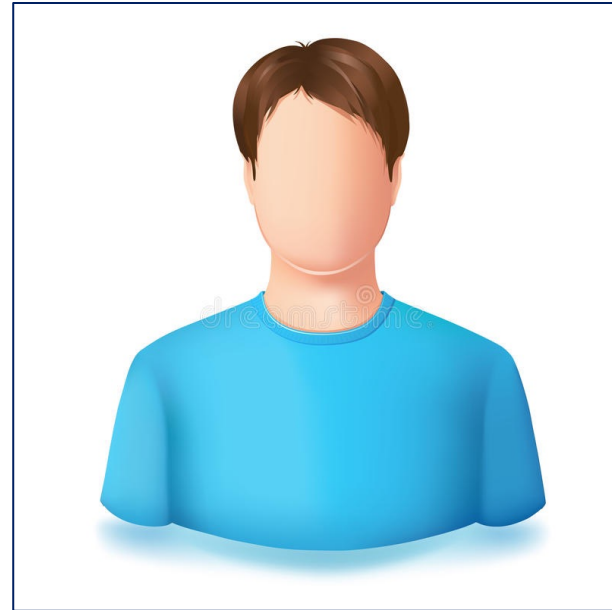


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



De /32 a /36

- ✓ Divides tu prefijo en 16 redes
- ✓ Podrás publicar en hasta 16 enlaces dedicados distintos.
- ✓ En esta suposición, es que tienes diferentes ubicaciones, diferentes enlaces dedicados.

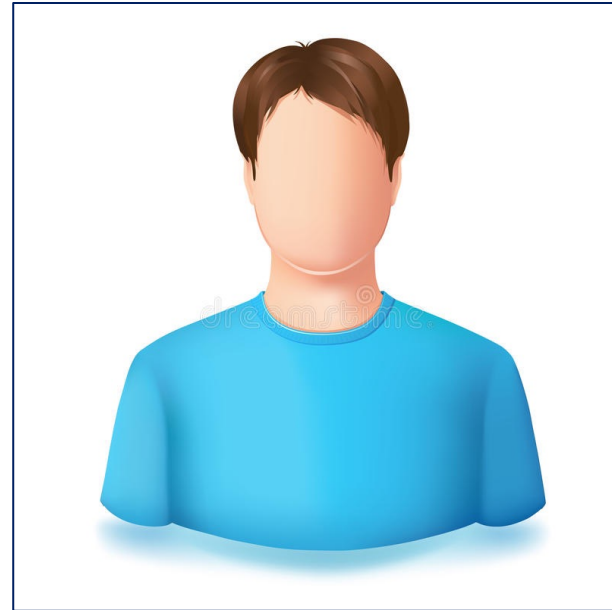


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



De /36 a /44

- ✓ Divides tu prefijo /36 en 256 redes /44
- ✓ Podrás asignar redes /60 hasta para 65,536 clientes
- ✓ La recomendación, dice que entregues prefijos /48 al cliente final.

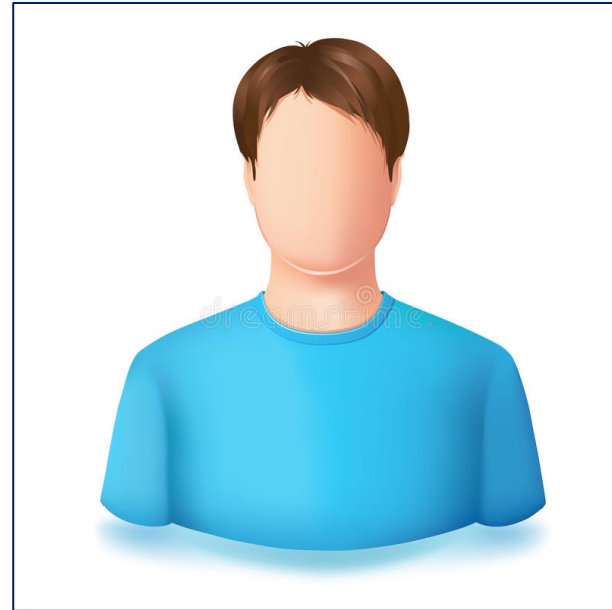


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



De /60 a /64

- ✓ El cliente final, recibirá /60
- ✓ Podrá crear 16 redes /64 para su red
- ✓ Eso les permite segmentar su red, por ejemplo una red de invitados, IoT, etc.

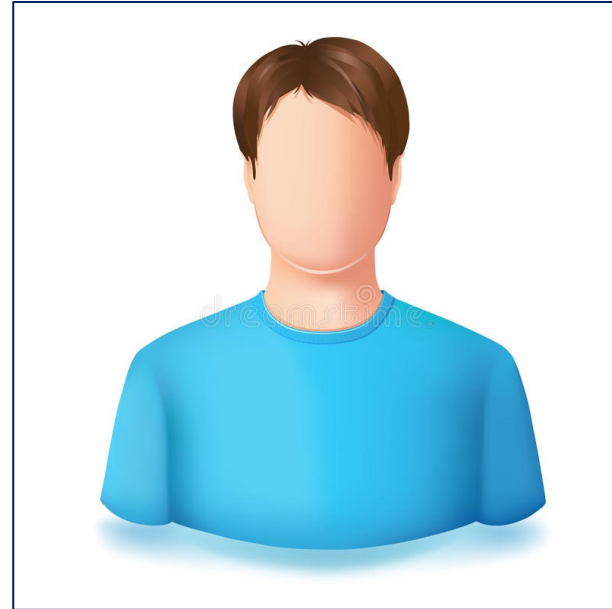


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Y si no tengo un /32?

- ✓ Si aún no tienes un enlace dedicado
- ✓ Si aún no tienes un ASN
- ✓ Es probable que tu proveedor pueda asignarte un prefijo /48



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

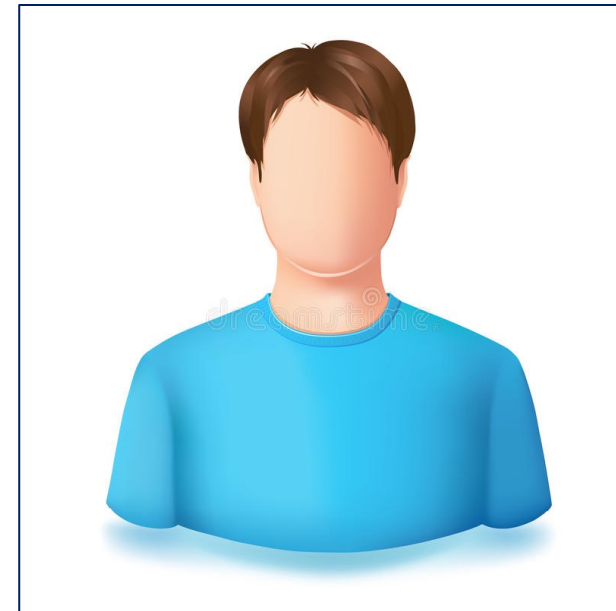


De /48 a /60

✓ Con /48 podrás obtener 4,096 redes /60

✓ 4,096 clientes, es un buen margen de crecimiento

✓ Si tienes enlace dedicado, es probable que no te cobren más por darte IPv6

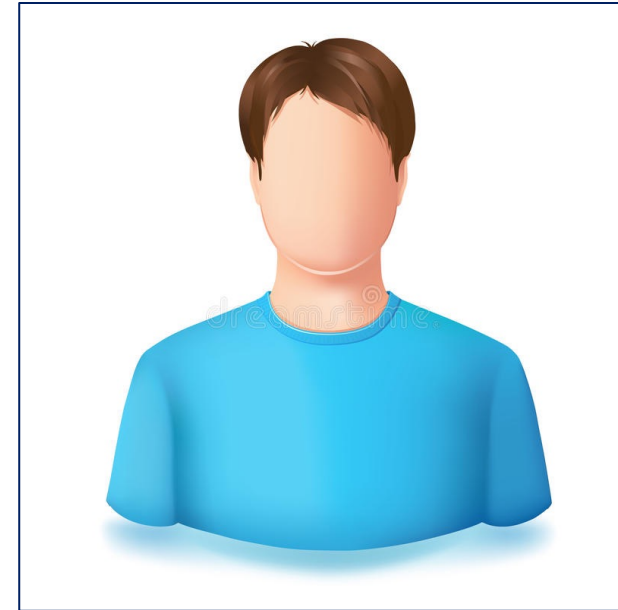


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Recomiendo IPv6?

✓ Sí

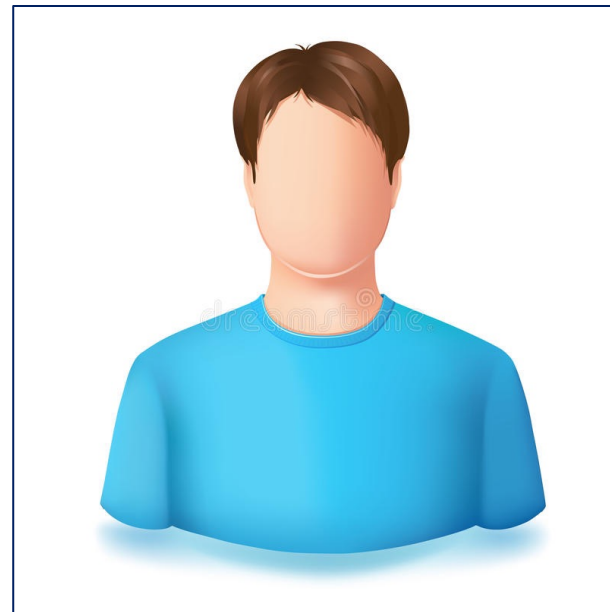


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Tengo que migrar?

- ✓ No, IPv4 seguirá activo en tu red
- ✓ Debes hacer una implementación
- ✓ Funcionarán ambos protocolos
- ✓ Eso se conoce como Dual-Stack

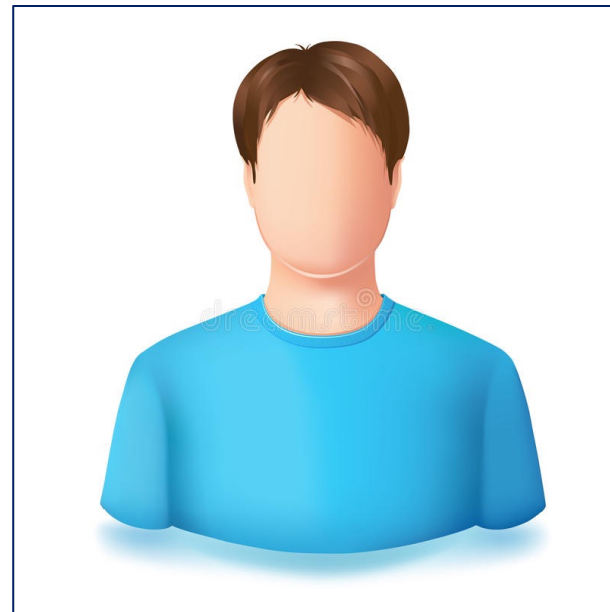


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Check List IPv6

- ✓ Un prefijo IPv6 asignado
- ✓ Servidor DNS con soporte IPv6
- ✓ Habilitar IPv6 en tus routers
- ✓ Habilitar IPv6 en los equipos CPE



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



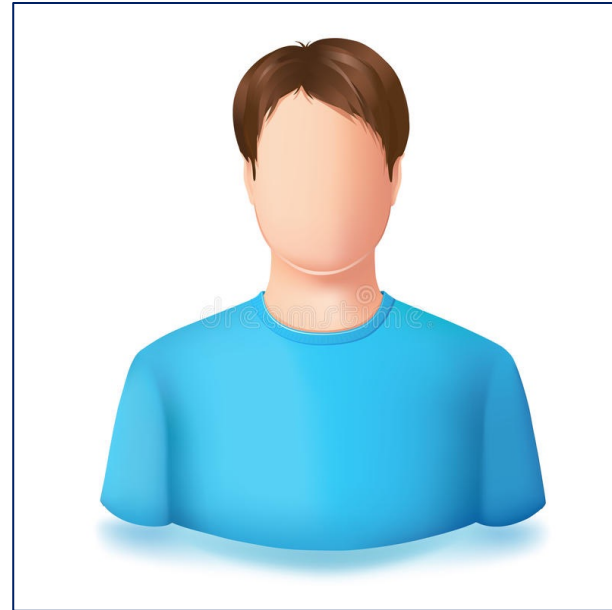
Direcciones: Link-Local

✓ El prefijo reservado para estas direcciones es

`fe80::/10`

✓ Cada interfaz activa genera automáticamente

su propia dirección de enlace local.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



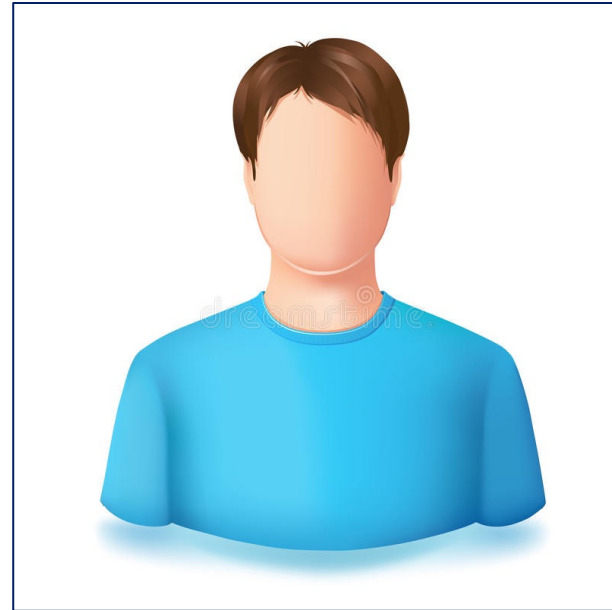
Direcciones: Link-Local

✓ El protocolo NDP (sustituye al viejo ARP)

utiliza mensajes Link-Local.

✓ El proceso SLAAC combina el prefijo

$fe80::/64$ con el Interface ID EUI-64.

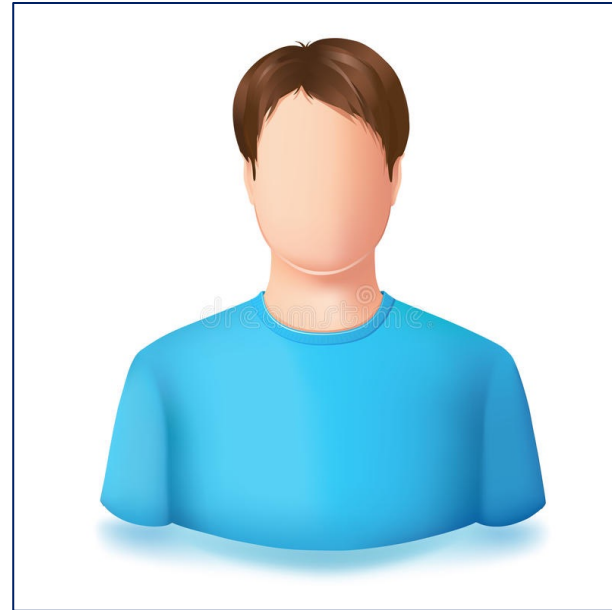


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Link-Local

- ✓ El alcance de la Link-Local está estrictamente limitado al segmento físico.
- ✓ La dirección Link-Local es el cimiento de la comunicación en redes IPv6.

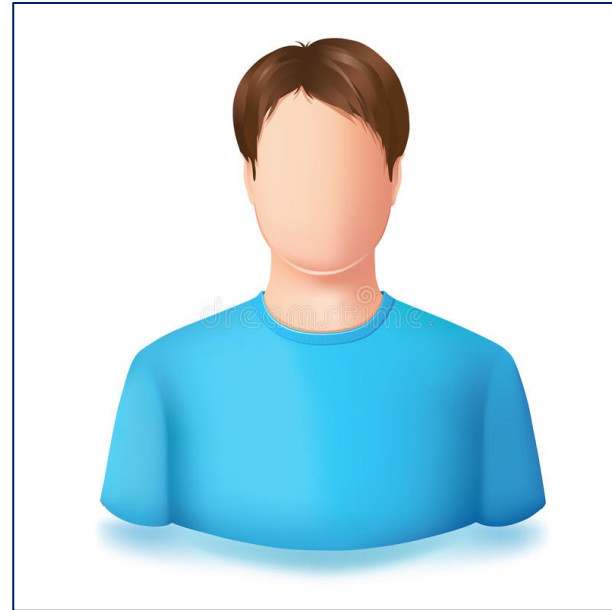


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Global Unicast (GUA)

- ✓ Equivalente a IP Pública en IPv4
- ✓ Ofrecen comunicación directa de extremo a extremo.
- ✓ Enrutar es más liviano para el router que hacer NAT.

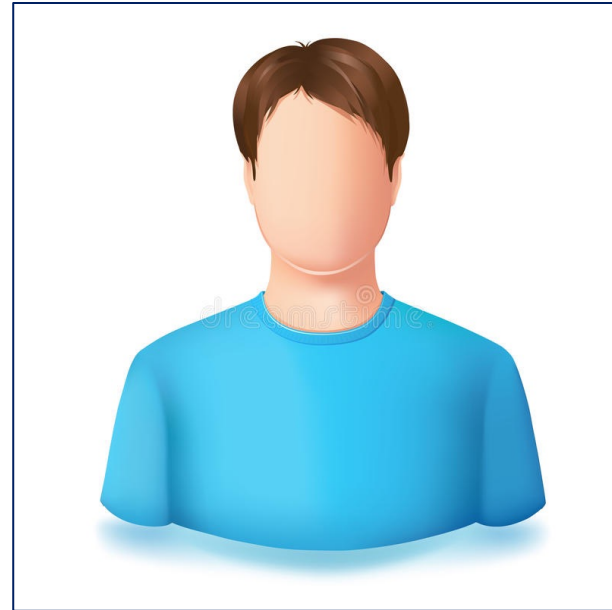


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Global Unicast (GUA)

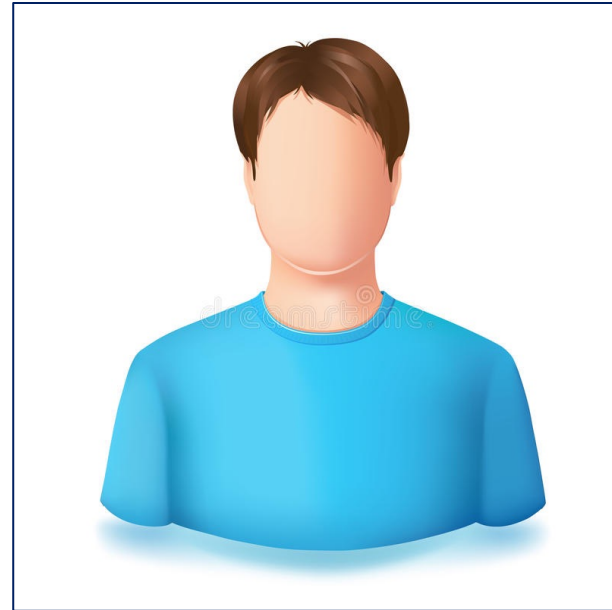
- ✓ Reduce la latencia en juegos y estabiliza las videollamadas.
- ✓ El direccionamiento propio IPv6 termina con los bloqueos por reputación compartida de IP.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Direcciones: Global Unicast (GUA)

- ✓ La jerarquía de 128 bits facilita un ruteo agregado, eficiente y organizado.
- ✓ El bloque $2000::/3$ representa la octava parte del espacio total de IPv6.

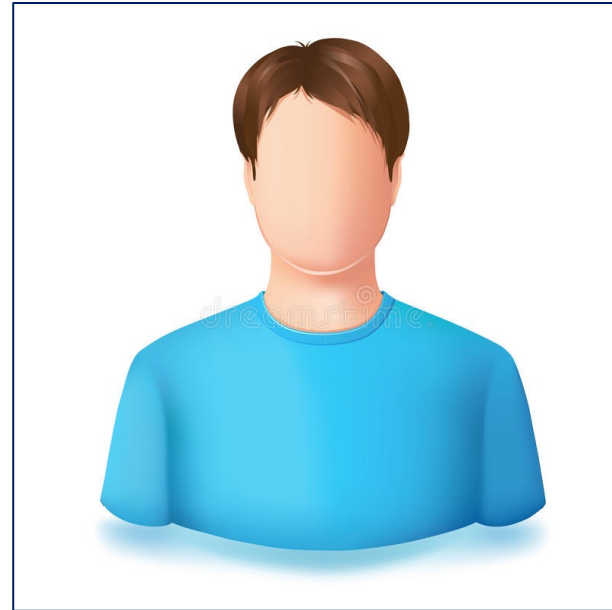


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Global Unicast (GUA)

- ✓ La jerarquía de 128 bits facilita un ruteo agregado, eficiente y organizado.
- ✓ El bloque $2000::/3$ representa la octava parte del espacio total de IPv6.

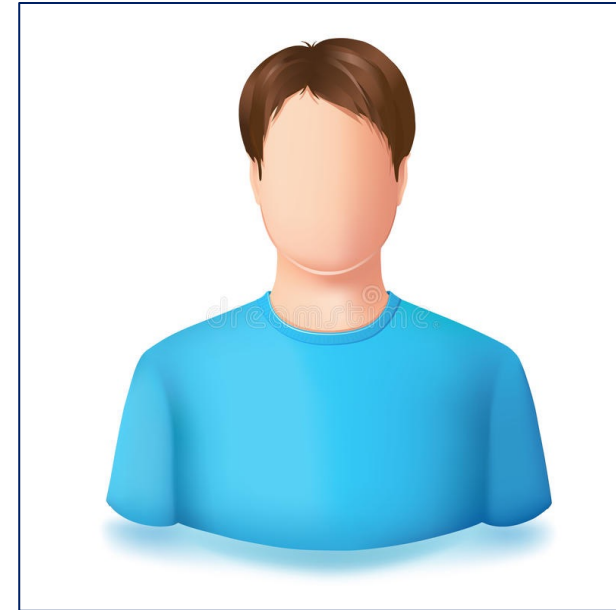


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Unique Local (ULA)

- ✓ Equivalente a IP Privada en IPv4
- ✓ El prefijo $\text{fd00::}/8$ indica que la dirección se asignó de forma local.
- ✓ Debes añadir un “Global ID” de 40 bits para evitar conflictos al unir redes por VPN.

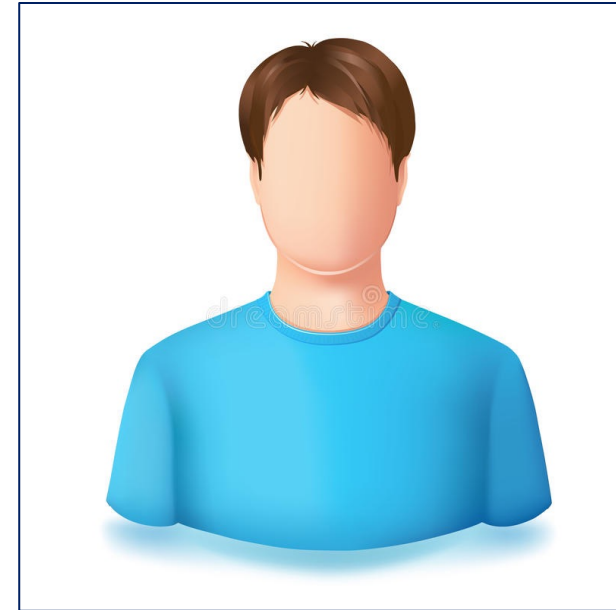


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Unique Local (ULA)

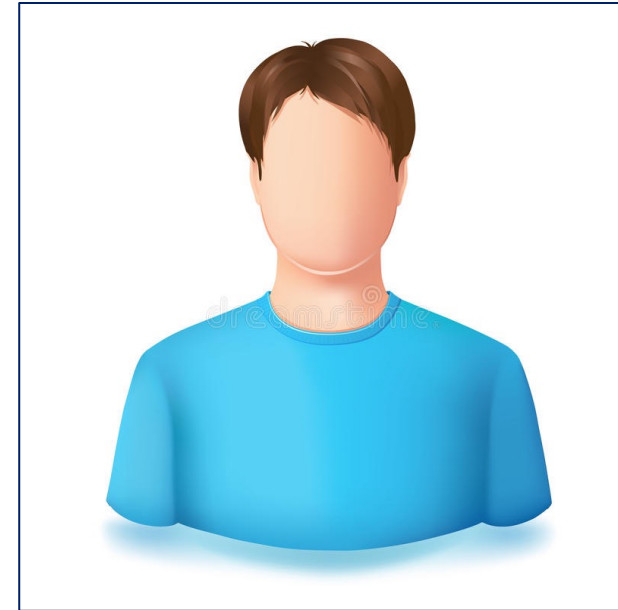
- ✓ Proporcionan un aislamiento, al no ser ruteables en internet global.
- ✓ Garantizan la estabilidad interna ante cambios de prefijo global del ISP.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Direcciones: Unique Local (ULA)

- ✓ Deberías asignarla entre tus routers
- ✓ Utilízala para establecer sesiones BGP u
OSPF
- ✓ No dependes de tu prefijo asignado o del
SLAAC del Link Local

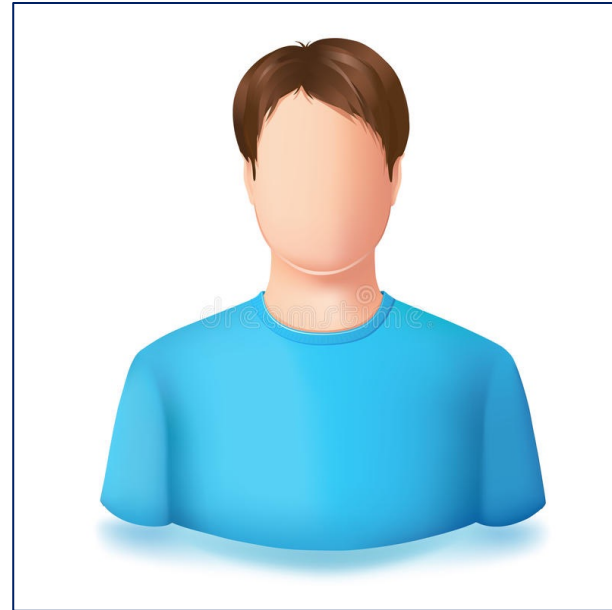


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Unique Local (ULA)

- ✓ En ambientes de escasos recursos, son gran aliado
- ✓ Utilizarás GUA solo donde sea necesarios
- ✓ No te preocuparás por protegerlas con firewall de conexiones externas.

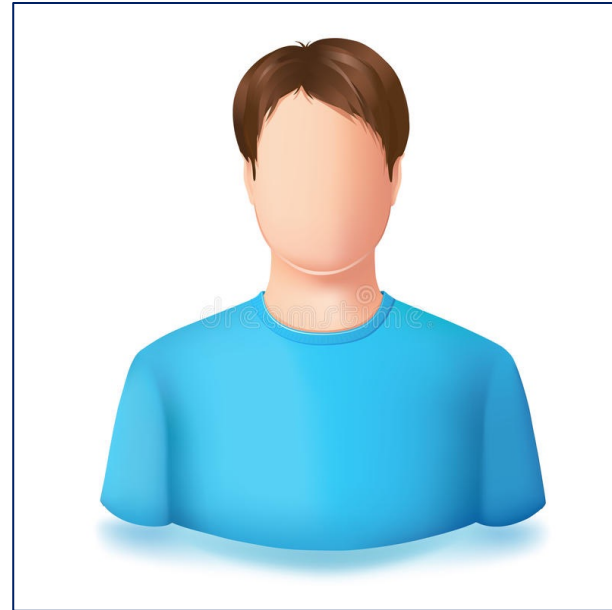


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Direcciones: Documentacion

- ✓ RFC 3849 - Prefijo 2001:db8::/32
- ✓ Este bloque está reservado globalmente
- ✓ En manuales y ejemplos, siempre verás este prefijo. Son ejemplos, no debes usarlo en tu red.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



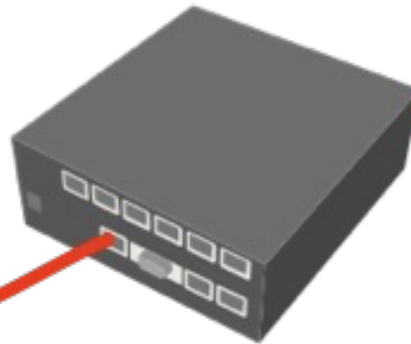
Acceso a Internet



Tu laptop



Tu router



192.168.88.1

AP de la clase

SSID: EstudiantesEcatel



Paso 1



- Reseteo el router a valores de fabrica
- Conecte su laptop en el puerto 2 de su router
- Deshabilite su interfaz Wireless de su laptop
- Asegurese de que su tarjeta de red Ethernet esta configurada para obtener una IP por DHCP

- Reseteo el router a valores de fabrica

1.- Apague el router

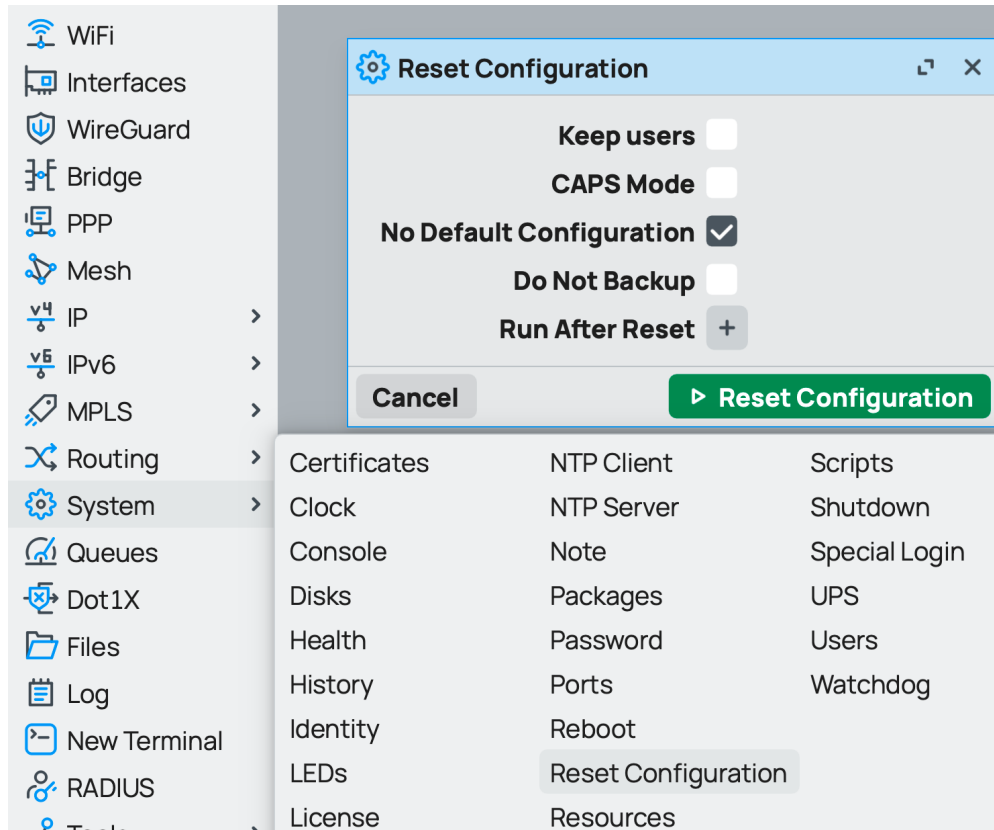
2.- Presione el botón de reset, manténgalo presionado

3.- Encienda el router

4.- Espere que el led “ACT” o “USR” empiece a parpadear

5.- Suelte el botón reset





- Deje el router en blanco

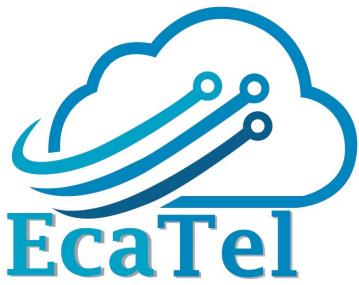
`/system/reset-configuration no-defaults=yes`

IMPORTANTE



Después de aplicar el Script el user

admin tendrá el password **12345**



Paso 3



#Copiar y pegar en la terminal

```
/user/add name=profe password=profe group=full disabled=no
/user/set password=12345 admin
/system identity set name=88-Estudiante
/tool/romon/set enabled=yes
/interface bridge add name=bridge
/interface bridge port add bridge=bridge interface=ether2
/ip address add address=192.168.88.1/24 interface=bridge
/ip dhcp-client add interface=wlan1
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.88.2-192.168.88.254
/ip dhcp-server network add address=192.168.88.0/24 gateway=192.168.88.1
/ip dhcp-server add name=dhcp1 address-pool=dhcp_pool0 interface=bridge
/ip firewall nat add action=masquerade chain=srcnat out-interface=wlan1
# Fin de Script
```



IMPORTANTE



Después de aplicar el Script el user

admin tendrá el password **12345**

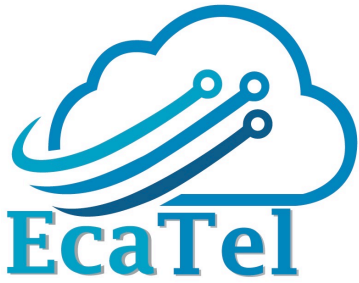
Paso 4



- Ingrese a: **System → Identity**
- Escriba por ejemplo: **XX_PedroHernandez**

Reemplace X por su número y coloque su nombre

- Observe que cambió el título de su ventana WinBox



Paso 5



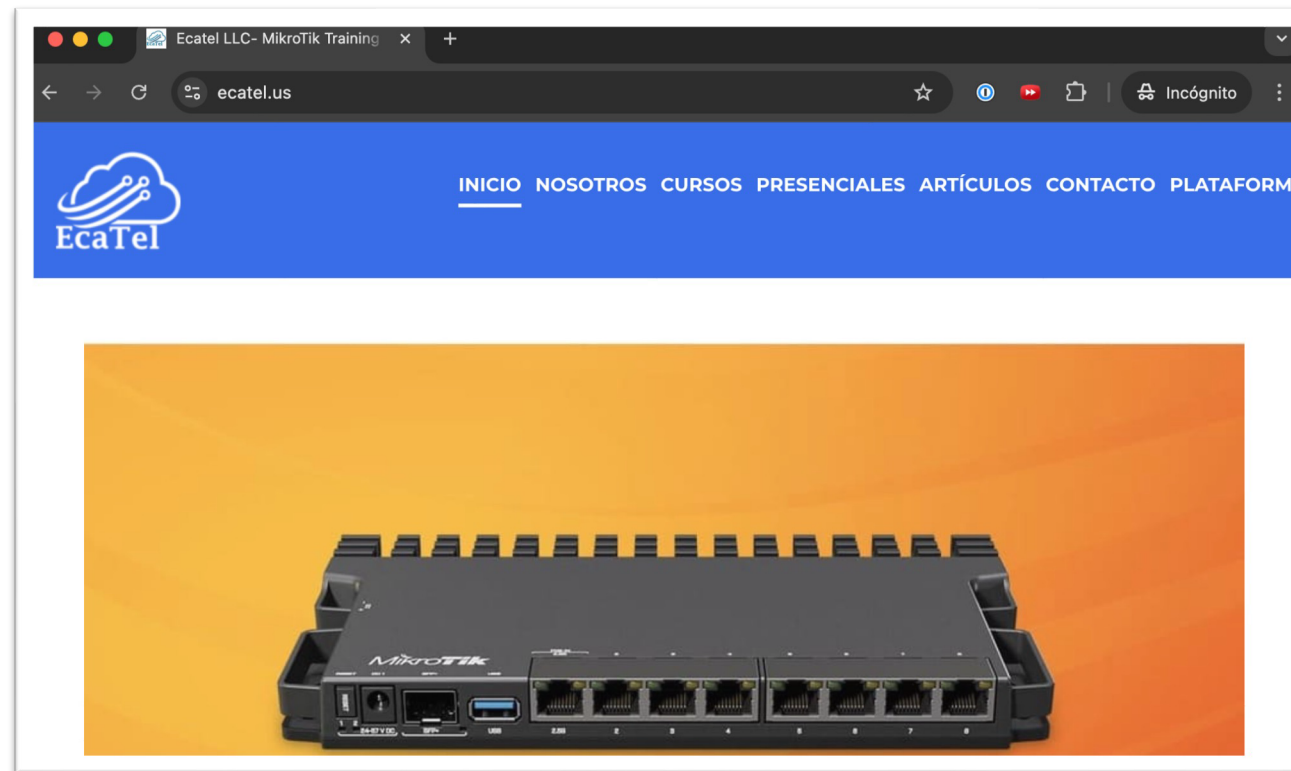
```
# Configuramos una contraseña para la red WiFi
/interface wireless security-profiles
add name=ClaveCompartida mode=dynamic-keys \
    authentication-types=wpa2-psk wpa2-pre-shared-key=Estudiantes2017
# Configuramos la tarjeta WiFi 2.4Ghz
/interface wireless
set [ find default-name=wlan1 ] band=2ghz-g/n channel-width=20/40mhz-eC \
mode=station-bridge ssid=EstudiantesEcatel installation=indoor \
country=mexico security-profile=ClaveCompartida disabled=no \
wireless-protocol=802.11
/interface wireless disable wlan2
```



Paso 6



Verifique que su laptop tiene conexión a Internet



¿Problemas?



Verifique los pasos anteriores

Wireless Tables

Interfaces | Nstreme Dual | Access List | Registration | Connect List | Security Profiles | Channels

+ - ✓ ✗ [icon] CAP Scanner Freq. Usage Alignment Wireless Sniffer Wireless Snooper

Name	Type	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FF
wlan1	Wireless (Atheros AR9...	0 bps	0 bps	0	0	0

DHCP Client

DHCP Client | DHCP Client Options

+ - ✓ ✗ [icon] Release Renew

Interface	Use P...	Add D...	IP Address	Expires After	Status
wlan1	yes	yes	192.168.79.253/24	04:09:35	bound

1 item (1 selected)

Firewall

Filter Rules | NAT | Mangle | Raw | Service Ports | Connections | Address Lists | Layer7 Protocols

+ - ✓ ✗ [icon] [icon] Reset Counters [icon] Reset All Counters

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Out. Interface
0	masquerade	srcnat				wlan1



¿Qué es Route64.org?

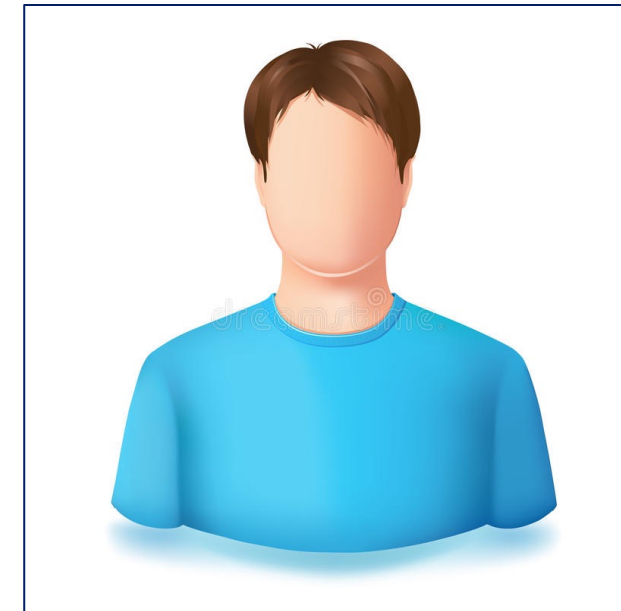
 route64.org

✓ Una organización sin ánimo de lucro que ofrece servicios gratuitos de intermediación de túneles

IPv6

✓ Ofrece una plataforma totalmente automatizada con

un portal de autoservicio



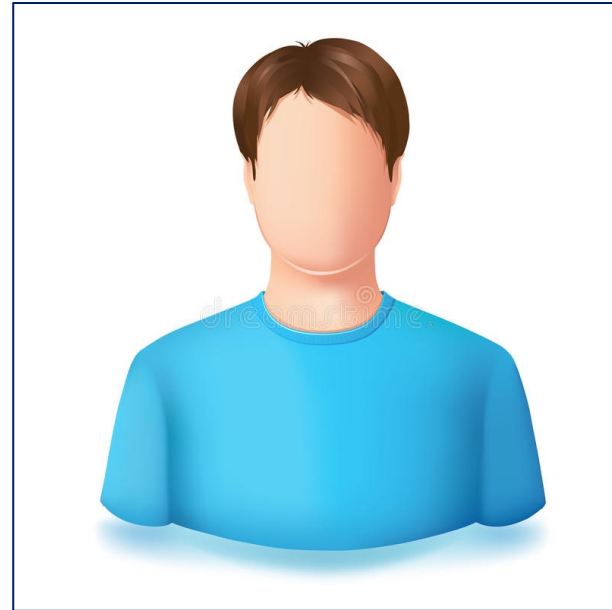
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Qué es Route64.org?

 route64.org

- ✓ Puedes solicitar un tunel IPv4 con, IP Dinámica, Wireguard.
- ✓ Se asignan una IPv6 Global /64 en el tunel
- ✓ Después puedes solicitar un prefijo /56

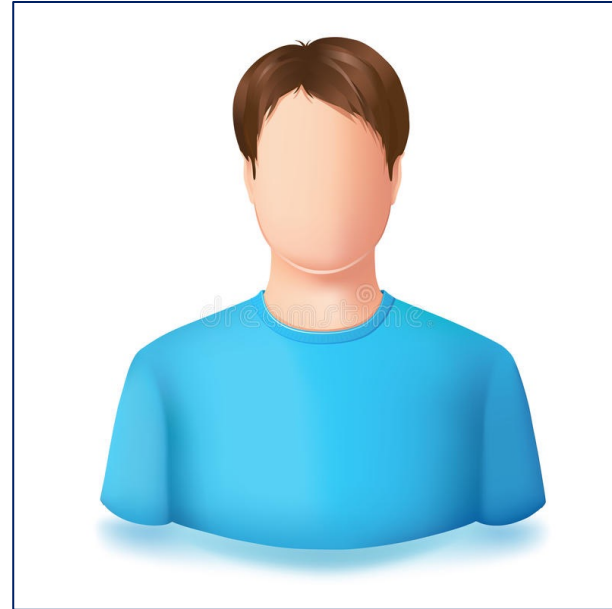


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



¿Qué es Wireguard?

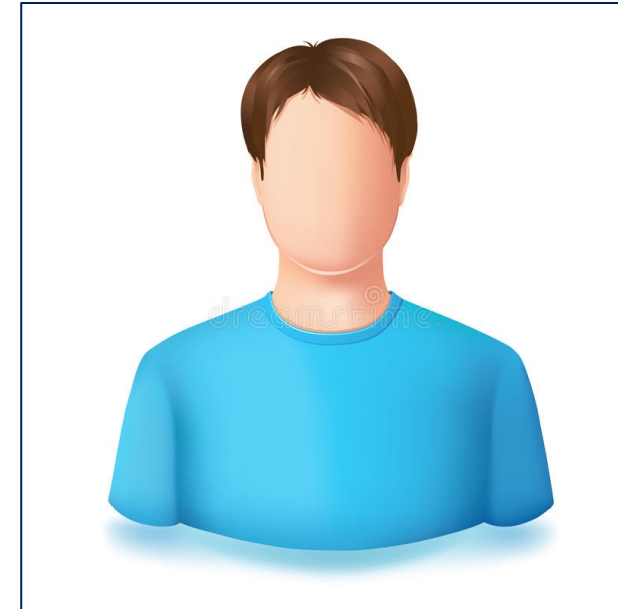
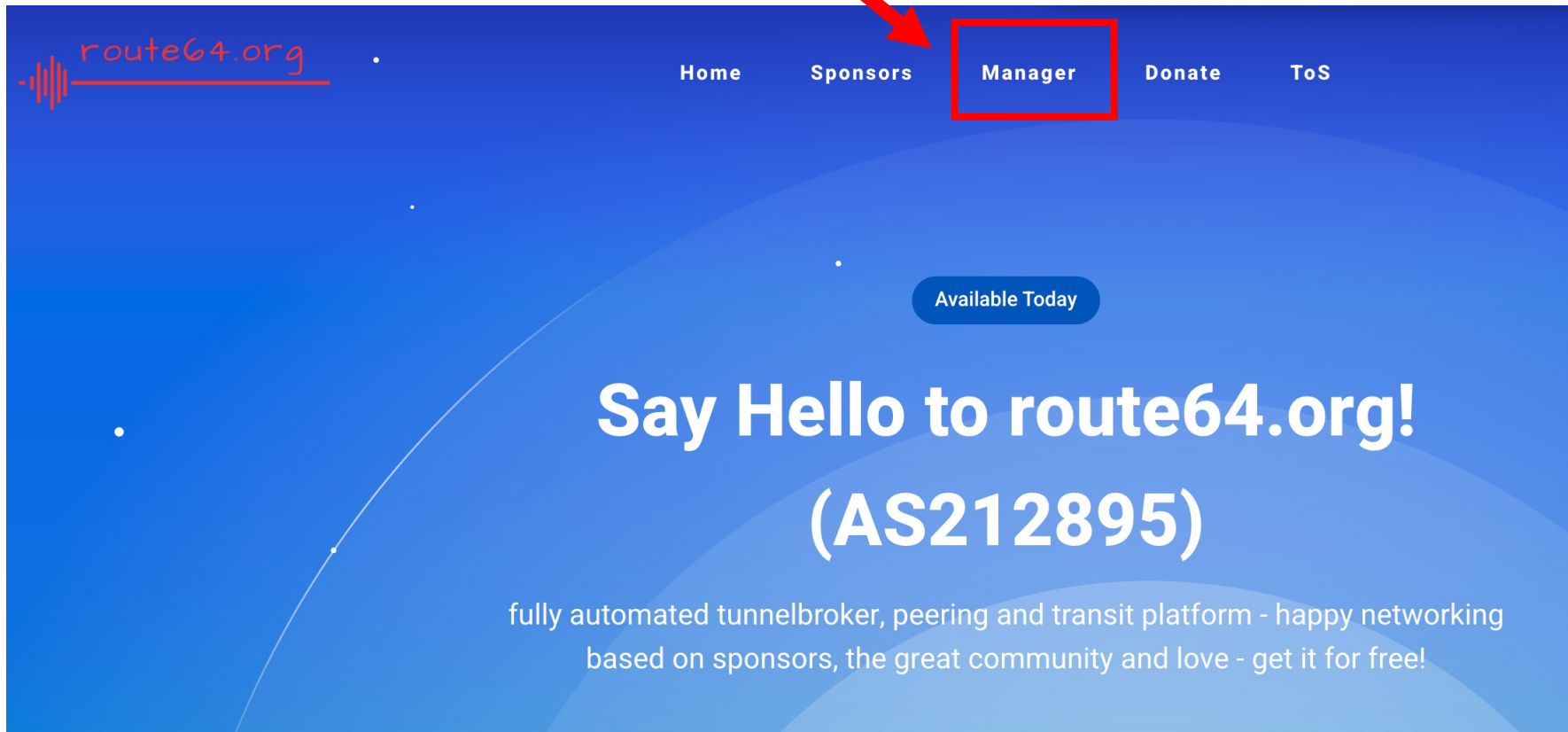
- ✓ Es una VPN sencilla, rápida y moderna que utiliza criptografía de última generación.
- ✓ Su objetivo es ser más rápida, simple, eficiente y útil que Ipsec.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear una cuenta

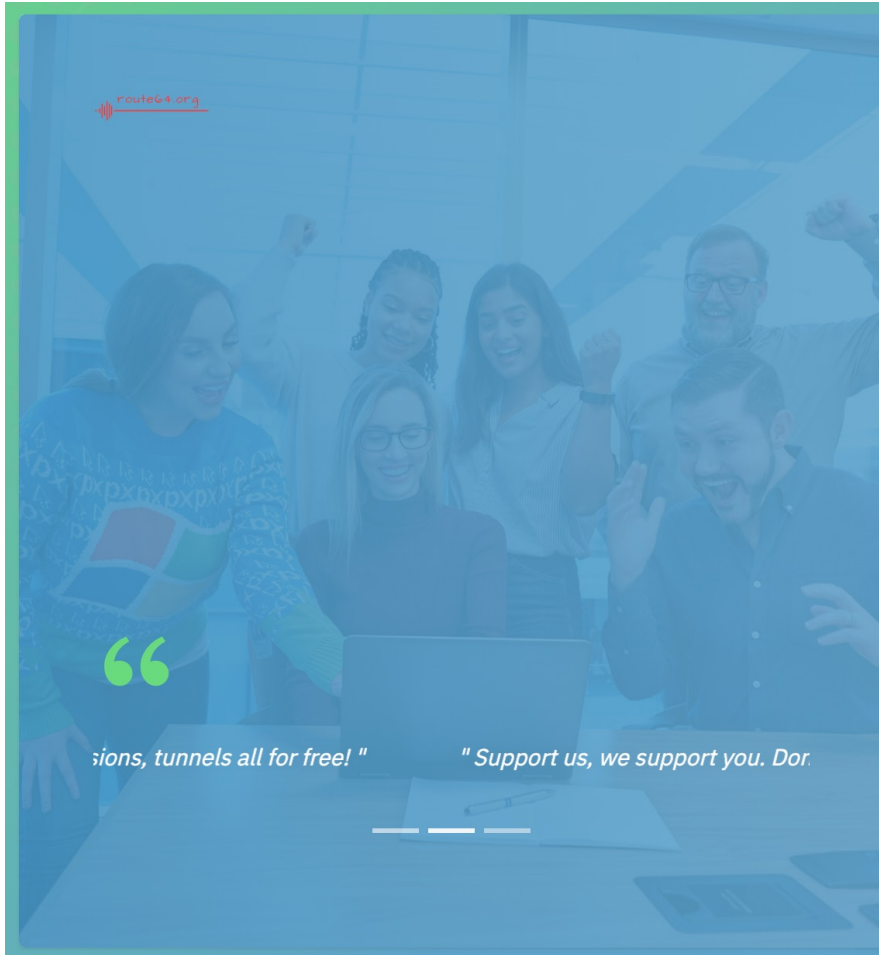


<https://route64.org>

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear una cuenta



Welcome Back !

Sign in to continue to route64.org portal.

Username*

Password*

[Forgot password?](#)

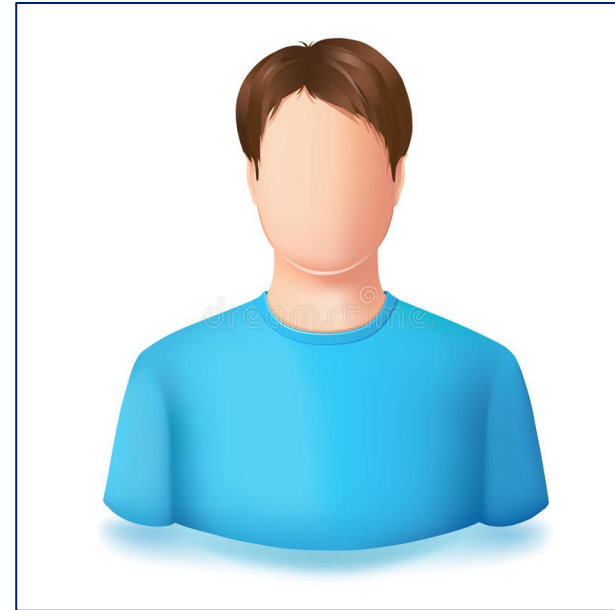
[Forgot your password?](#)

Remember Me

Sign In

Sign In with

Don't have an account? [Signup](#)

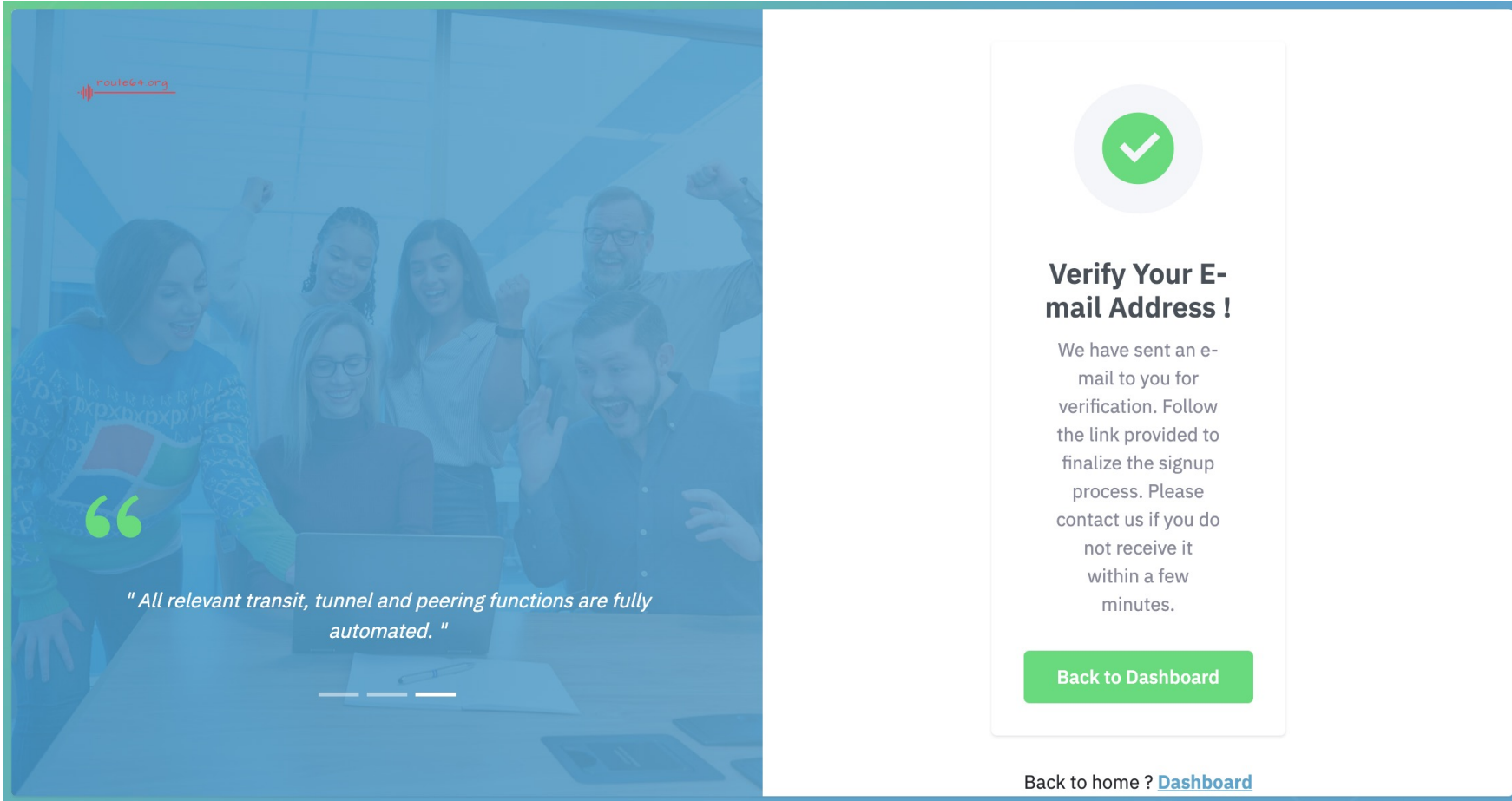


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

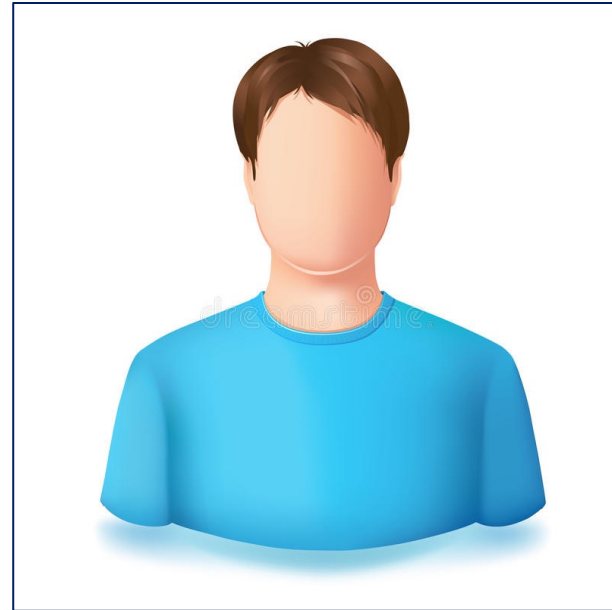


Cómo crear una cuenta

Debes revisar el email que ingresaste, y hacer click para confirmar



The screenshot shows an email from route64.org with a blue header. The main content features a green checkmark icon in a circle, followed by the heading "Verify Your E-mail Address!". Below this, the text reads: "We have sent an e-mail to you for verification. Follow the link provided to finalize the signup process. Please contact us if you do not receive it within a few minutes." At the bottom of the email content is a green button labeled "Back to Dashboard". Below the email content, there is a link: "Back to home ? [Dashboard](#)".

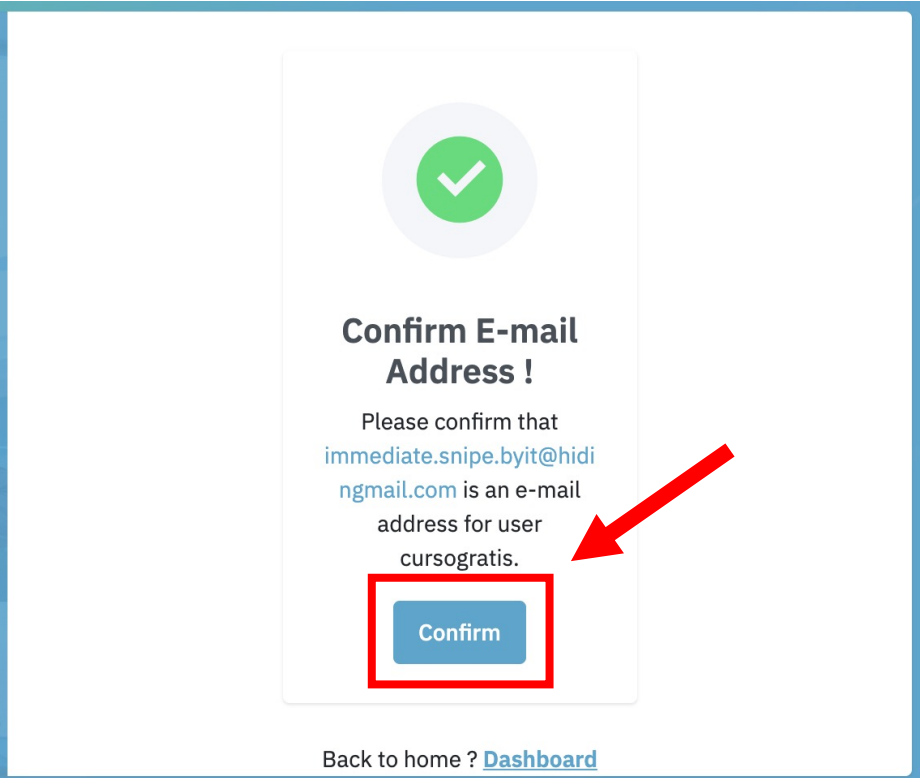


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear una cuenta

Te dirige a este apartado, click en "Confirm"

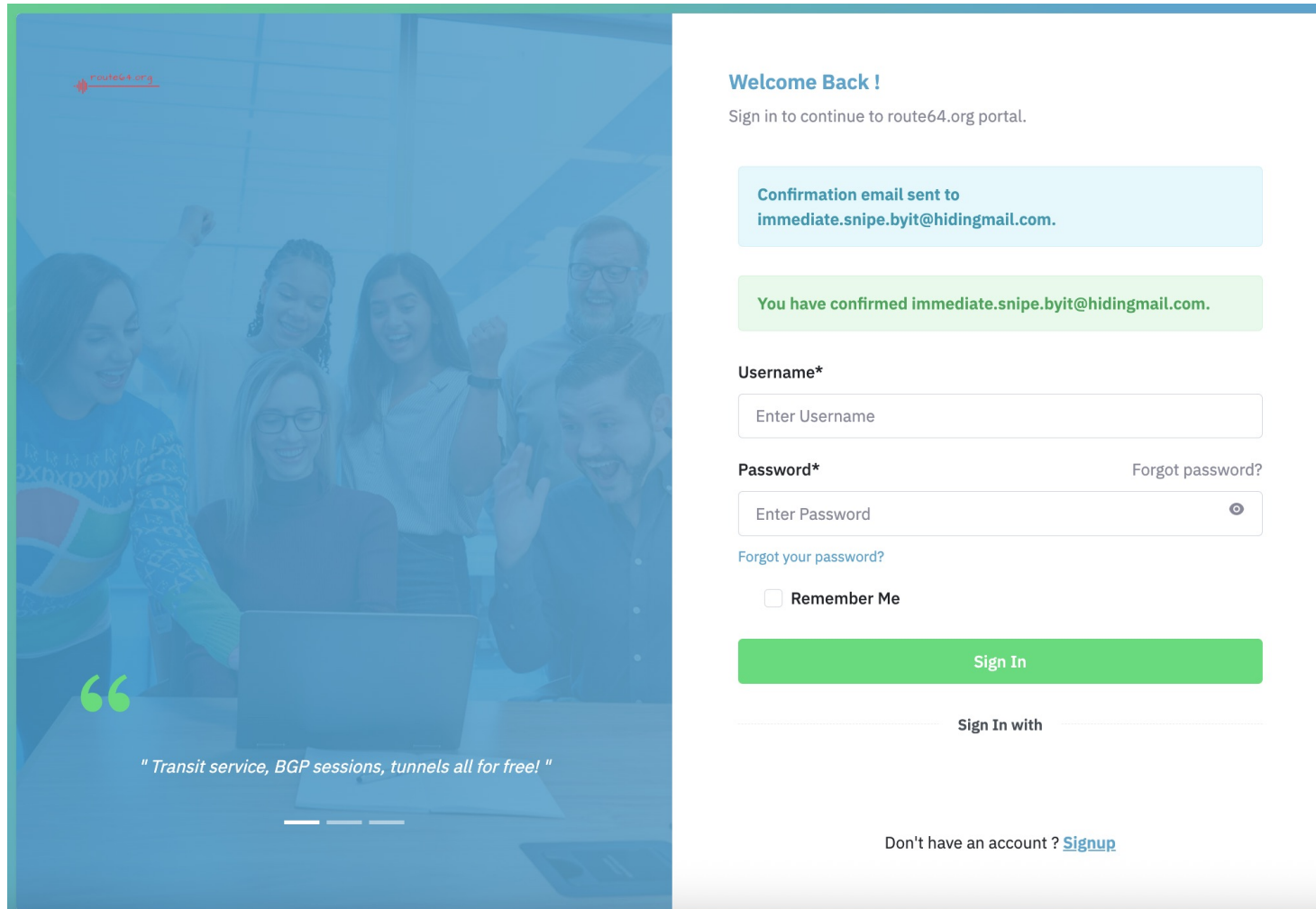


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear una cuenta

Tu cuenta ya está activa. Puedes ingresar.



route64.org

Welcome Back !

Sign in to continue to route64.org portal.

Confirmation email sent to immediate.snipe.byit@hidingmail.com.

You have confirmed immediate.snipe.byit@hidingmail.com.

Username*

Enter Username

Password* [Forgot password?](#)

Enter Password

Forgot your password?

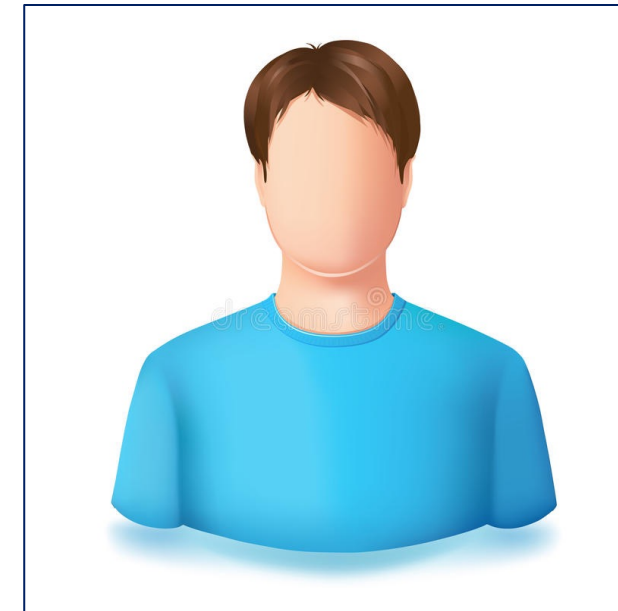
Remember Me

Sign In

Sign In with

Don't have an account ? [Signup](#)

" Transit service, BGP sessions, tunnels all for free! "



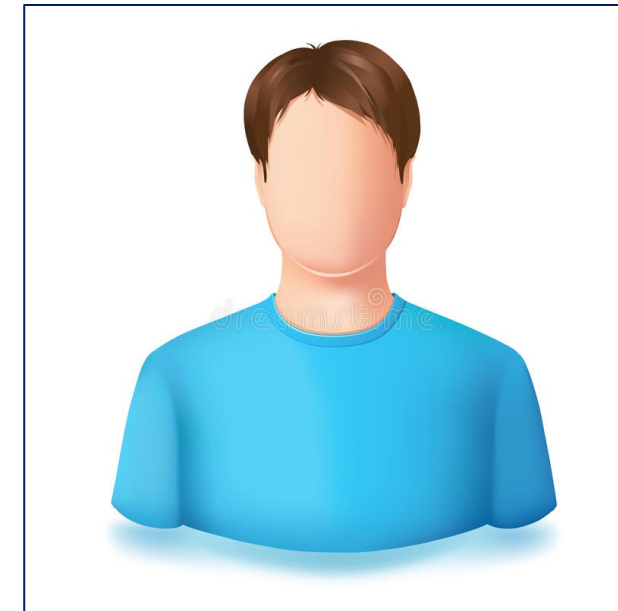
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Ya estas en el panel principal

The screenshot shows the Route64 dashboard. At the top left is the logo 'route64.org'. A search bar is in the top center. On the top right, there are icons for US flag, full screen, and moon, along with a user profile for 'cursogratias' (User (No sponsor)). A dark sidebar on the left contains a 'MENU' with items: Home, News, ASN Management, Peering Manager, Prefix Management, BGP Tunnels, Anycast Tunnels, Static IP Tunnels, and IPv6 Tunnelbroker. The main content area is titled 'OVERVIEW' and features a 'Welcome to Route64!' message with a rocket icon and the text 'Get free BGP transit and tunnels. Join our community and start building your network infrastructure today.' Below this are six colored cards representing different metrics: ASNS (0/1), BGP SESSIONS (0/2), TUNNELS (0/1), TUNNELBROKE (0/1), IP SUBNETS (0/1), and TOKENS (0.0). Each card has an 'Upgrade' button. The 'TOKENS' card also has a 'Donate' button. The breadcrumb 'Dashboard > Overview' is visible in the top right of the main area.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Añade un "tunnelbroker"

route64.org

Search...



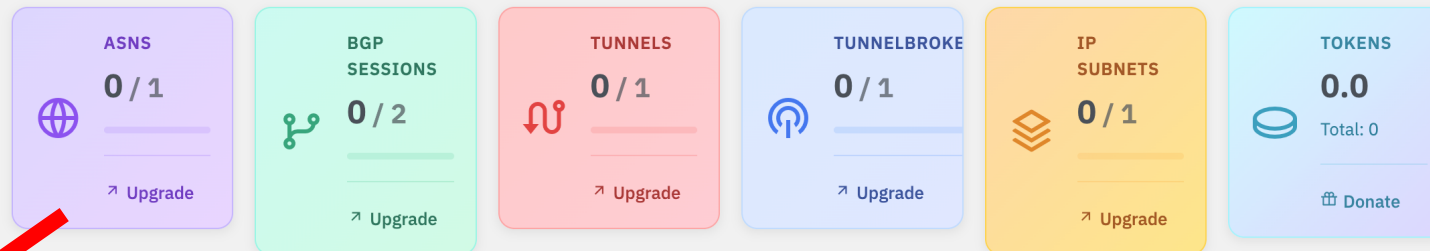
cursogratis
User (No sponsor)

OVERVIEW

Dashboard > Overview

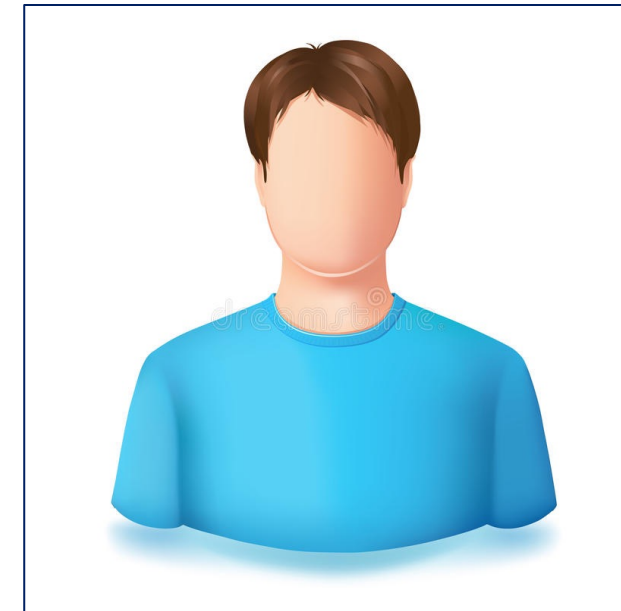
Welcome to Route64! 🚀

Get free BGP transit and tunnels. Join our community and start building your network infrastructure today.



Quick Actions

- Home
- News
- ASN Management
- Peering Manager
- Prefix Management
- BGP Tunnels
- Anycast Tunnels
- Static IP Tunnels
- IPv6 Tunnelbroker
 - List tunnelbrokers
 - Add tunnelbroker
 - List IP subnets



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

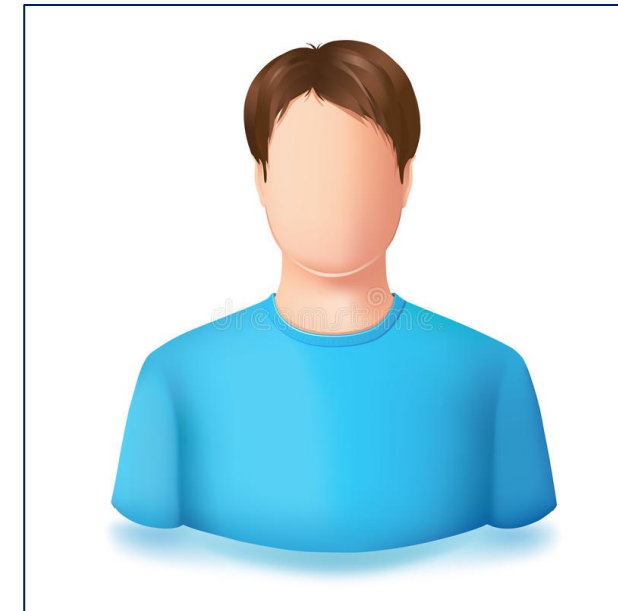


Cómo crear solicitar Wireguard

Selecciona "Dallas, US", es el más cercano para América Latina

The screenshot shows a user interface for selecting a network location. At the top, there is a search bar and a user profile for 'cursogratis User (No sponsor)'. Below this, several network cards are displayed in a grid. The card for 'Dallas, US' (dal1.us) is highlighted with a red border, and a red arrow points to it from the text above. Another red arrow points from the 'Dallas, US' card to a 'Next →' button at the bottom right, which is also highlighted with a red border.

Provider	Location	AS	ASes
SANDEFJORD	Sandefjord, NO	san1.no	
OBNENET KISTA	Stockholm, SE	arn1.se	
EQUINIX SG1	Singapore, SG	sin1.sg	
NOCIX	Kansas City, US	mci1.us	F4IX, Great Plains Connect, KCIX...
Route64	Fremont, US	frm1.us	FREMIX
Lagless.GG	Dallas, US	dal1.us	
Route64	Kansas City, US	mci2.us	
Route64	Ashburn, US	ash1.us	NVIX



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Selección "Wireguard"

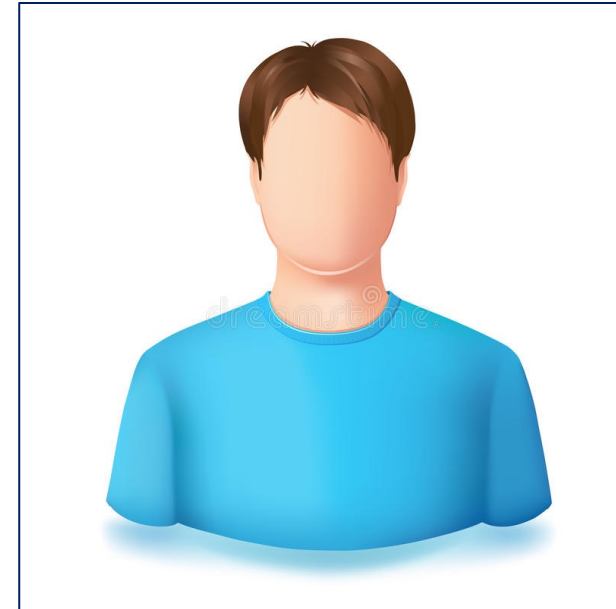
ADD TUNNELBROKER Tunnelbroker Management > Add Tunnelbroker

Location Tunnel Type Configuration Review

Select Tunnel Technology
Choose the tunnel protocol for IPv6 connectivity. 6in4 (SIT) is recommended for IPv6-over-IPv4 tunnels.

EoIP GRE L2TPv3 SIT VXLAN Wireguard

← Back Next →



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Escribe tu IPv4, ya sea que tengas estática o dinámica o estes detrás de NAT

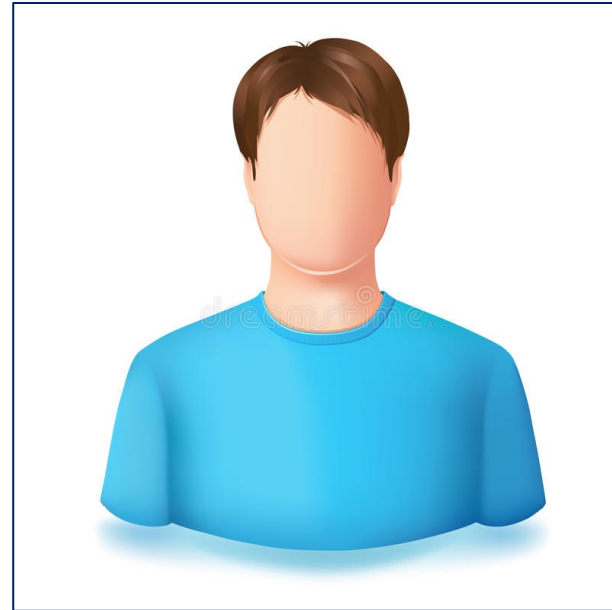
ADD TUNNELBROKER Tunnelbroker Management > Add Tunnelbroker

Location Tunnel Type **Configuration** Review

✕ Tunnel Configuration
Enter your server's IPv4 endpoint address. Note: You need a static IPv4 address or use WireGuard for dynamic IPs.

Remote Endpoint IPv4 Address*

← Back Next →



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Verifica tu IPv4, crea el tunel

ADD TUNNELBROKER Tunnelbroker Management > Add Tunnelbroker

Location Tunnel Type Configuration Review

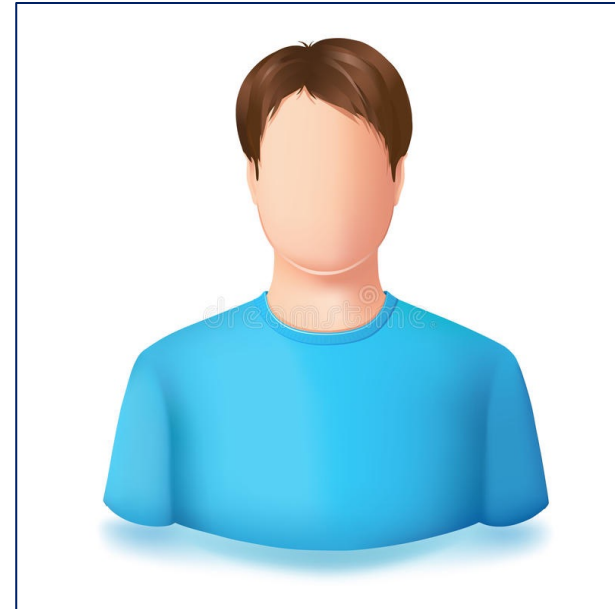
Review Your Configuration
Please review your IPv6 tunnelbroker configuration. You will receive a /64 IPv6 subnet for your use.

Configuration Summary

Location Dallas, US	Tunnel Type Wireguard
-------------------------------	---------------------------------

Your IPv4 Endpoint
[Redacted] ←

← Back → Create IPv6 Tunnelbroker



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Debes esperar unos minutos. Mira el "Status"



TUNNELBROKER LIST Tunnelbroker Management > Tunnelbroker List

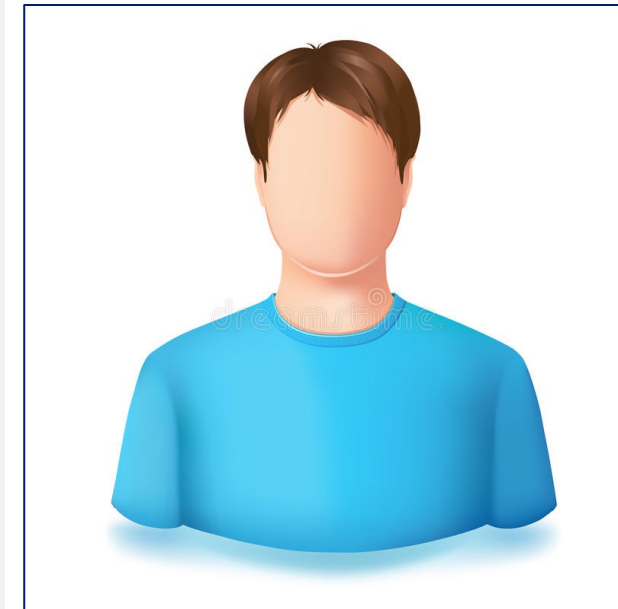
Tunnelbroker Overview + Add Tunnelbroker

What is Tunnelbroker?
Your Internet provider doesn't support IPv6? No problem! Our tunnelbroker service provides IPv6 address space and connectivity to the IPv6 world.

How it works:
Choose your preferred tunnel technology and receive a /64 transport network between your router (::2) and our router (::1). We route a /56 IPv6 network to your router's transport IP, which you can use for DHCPv6, static configuration, or distribute to your local network. Think of it as your personal IPv6 gateway to the Internet!

Search by hub, type, endpoint, state... Search

ID	HUB	GATEWAY (::1)	YOUR IP (::2)	OUR ENDPOINT	YOUR ENDPOINT	TYPE	MTU	STATUS	ACTIONS
#28650	dal1.us					WIREGUARD4	1420	PENDING	 



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Cómo crear solicitar Wireguard

Debes esperar unos minutos. Mira el "Status"

TUNNELBROKER LIST Tunnelbroker Management > Tunnelbroker List

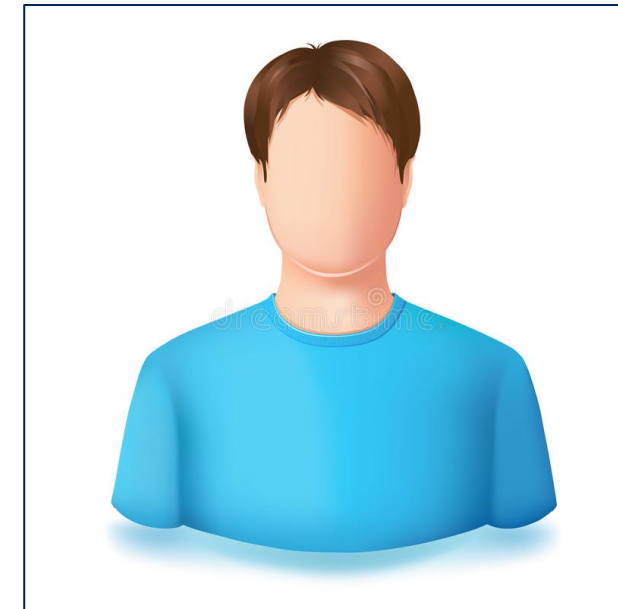
Tunnelbroker Overview + Add Tunnelbroker

What is Tunnelbroker?
Your Internet provider doesn't support IPv6? No problem! Our tunnelbroker service provides IPv6 address space and connectivity to the IPv6 world.

How it works:
Choose your preferred tunnel technology and receive a /64 transport network between your router (::2) and our router (::1). We route a /56 IPv6 network to your router's transport IP, which you can use for DHCPv6, static configuration, or distribute to your local network. Think of it as your personal IPv6 gateway to the Internet!

Search by hub, type, endpoint, state... Search

ID	HUB	GATEWAY (::1)	YOUR IP (::2)	OUR ENDPOINT	YOUR ENDPOINT	TYPE	MTU	STATUS	ACTIONS
#28650	dal1.us					WIREGUARD4	1420	ACTIVE	



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Obtener prefijo /56

Verifica tu prefijo /56 que te asignaron

IPv6 SUBNET LIST

Tunnelbroker Management > IPv6 Subnet List

📄 What's a Tunnelbroker Space?

A tunnelbroker space is a /56 IPv6 subnet that is routed to your tunnel endpoint. This means we route the allocated /56 IPv6 subnet to your tunnel IP.

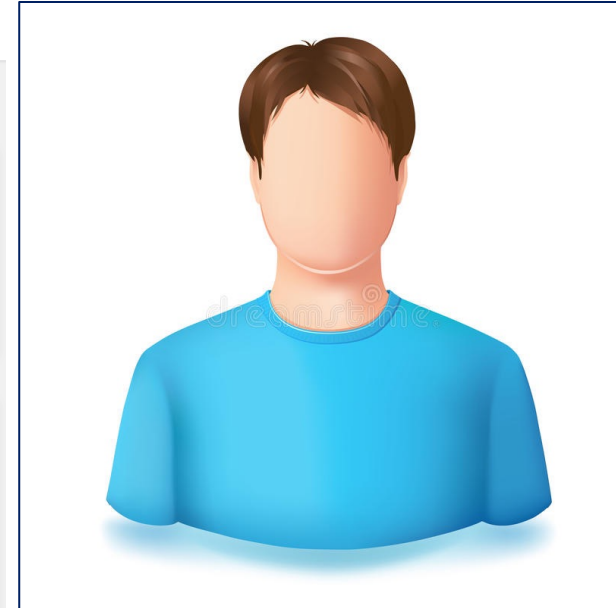
The tunnel IP is defined via tunnel creation and is mostly the ::2 of the transport network which is used within the tunnel.

📄 IPv6 Subnet Overview

+ Add Tunnelbroker

List of allocated IPv6 space for your tunnelbroker services. All subnets are routed to your tunnel IP address.

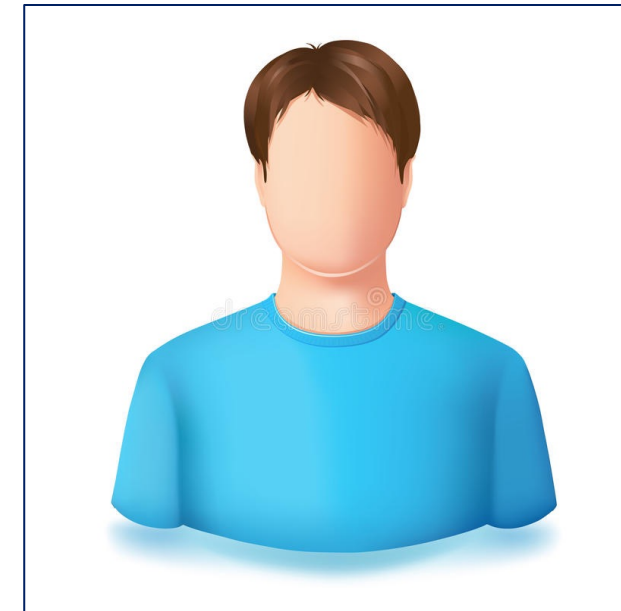
ID	HUB	GEOLOCATION	TUNNEL	SUBNET	ROUTED TO	IP TYPE	YOUR ENDPOINT	STATE
#16883	🇺🇸 Dallas US	🇺🇸 United States of America US	#tb28650	2a11: [REDACTED] ::/56	[REDACTED] ::2	IPv6	[REDACTED] /32	ACTIVE



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

- MENU
- 🏠 Home
- 📰 News
- 🌐 ASN Management >
- 🔗 Peering Manager >
- 📦 Prefix Management >
- 🌐 BGP Tunnels >
- 📡 Anycast Tunnels >
- 📦 Static IP Tunnels >
- 📦 IPv6 Tunnelbroker >
 - List tunnelbrokers
 - Add tunnelbroker
 - List IP subnets

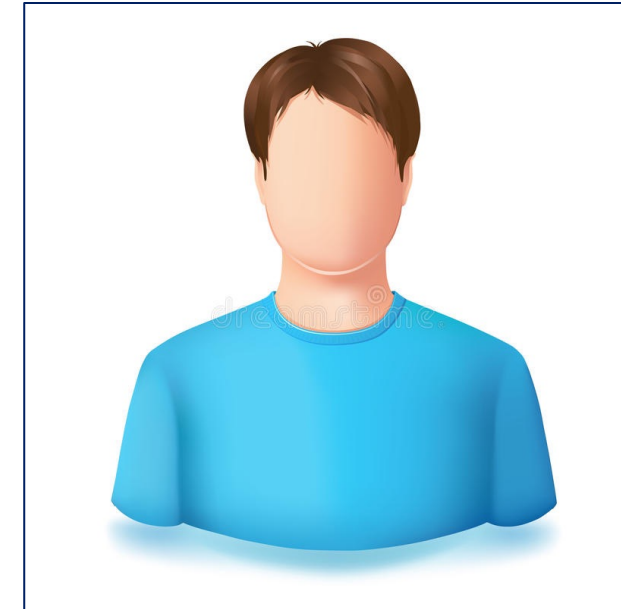
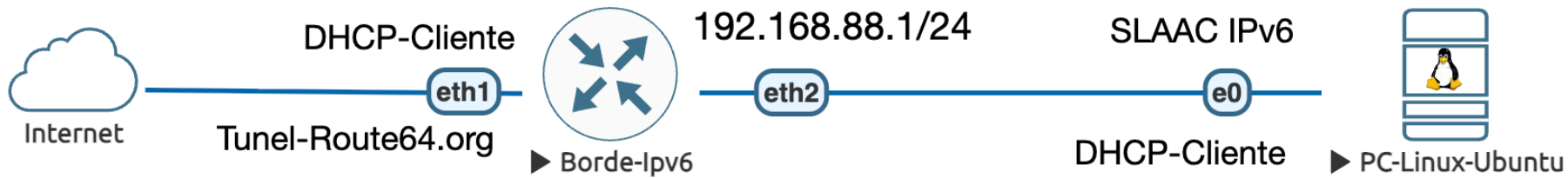
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

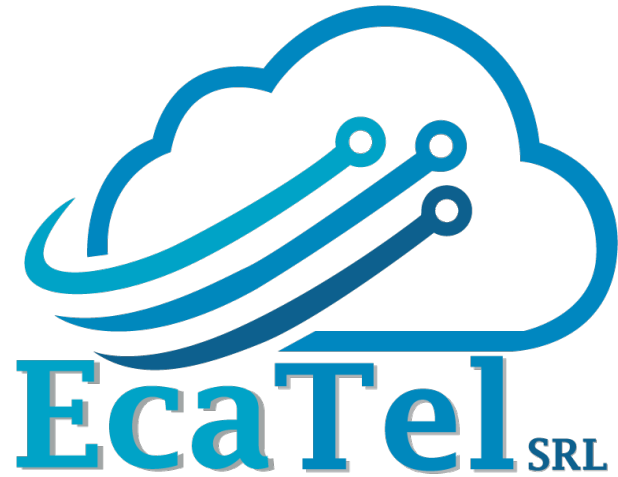


Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



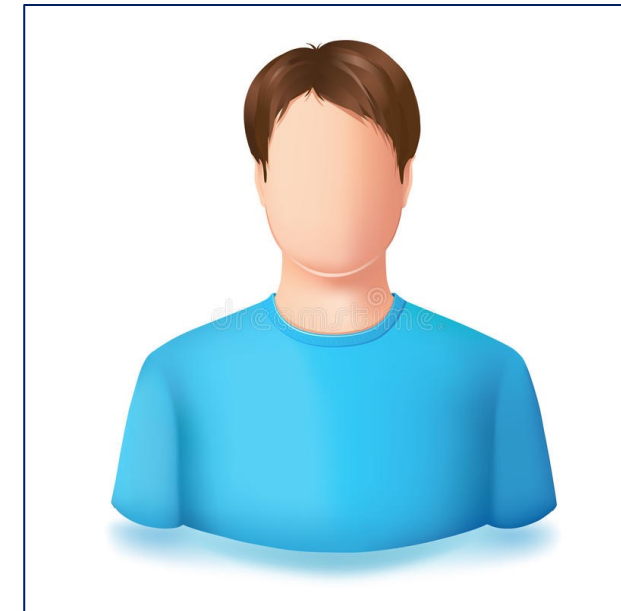


Resumen

Capitulo 1



MTCIPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



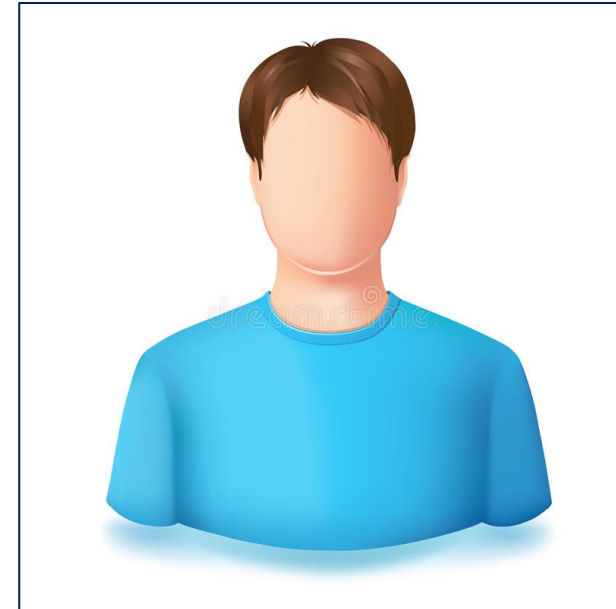
Configuración de Dirección

✓ Autoconfiguración de Link Local - fe80::/64

✓ Stateless

✓ SLAAC - Stateless address autoconfiguration

✓ Opciones adicionales con DHCPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Configuración de Dirección

✓ Stateful - DHCPv6

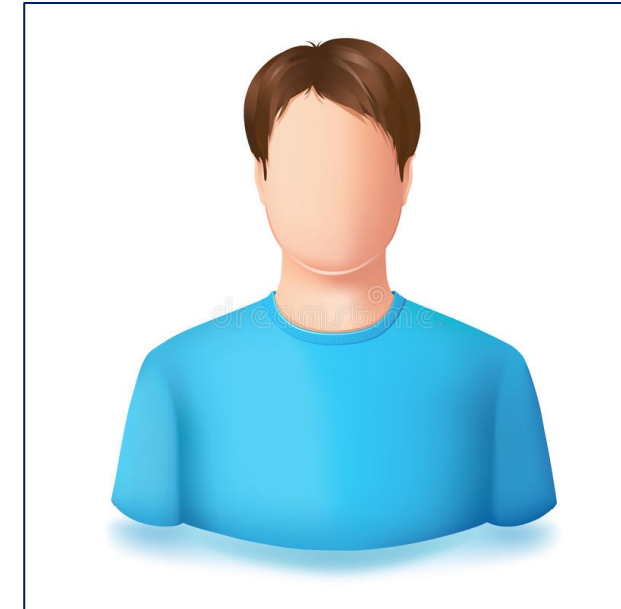
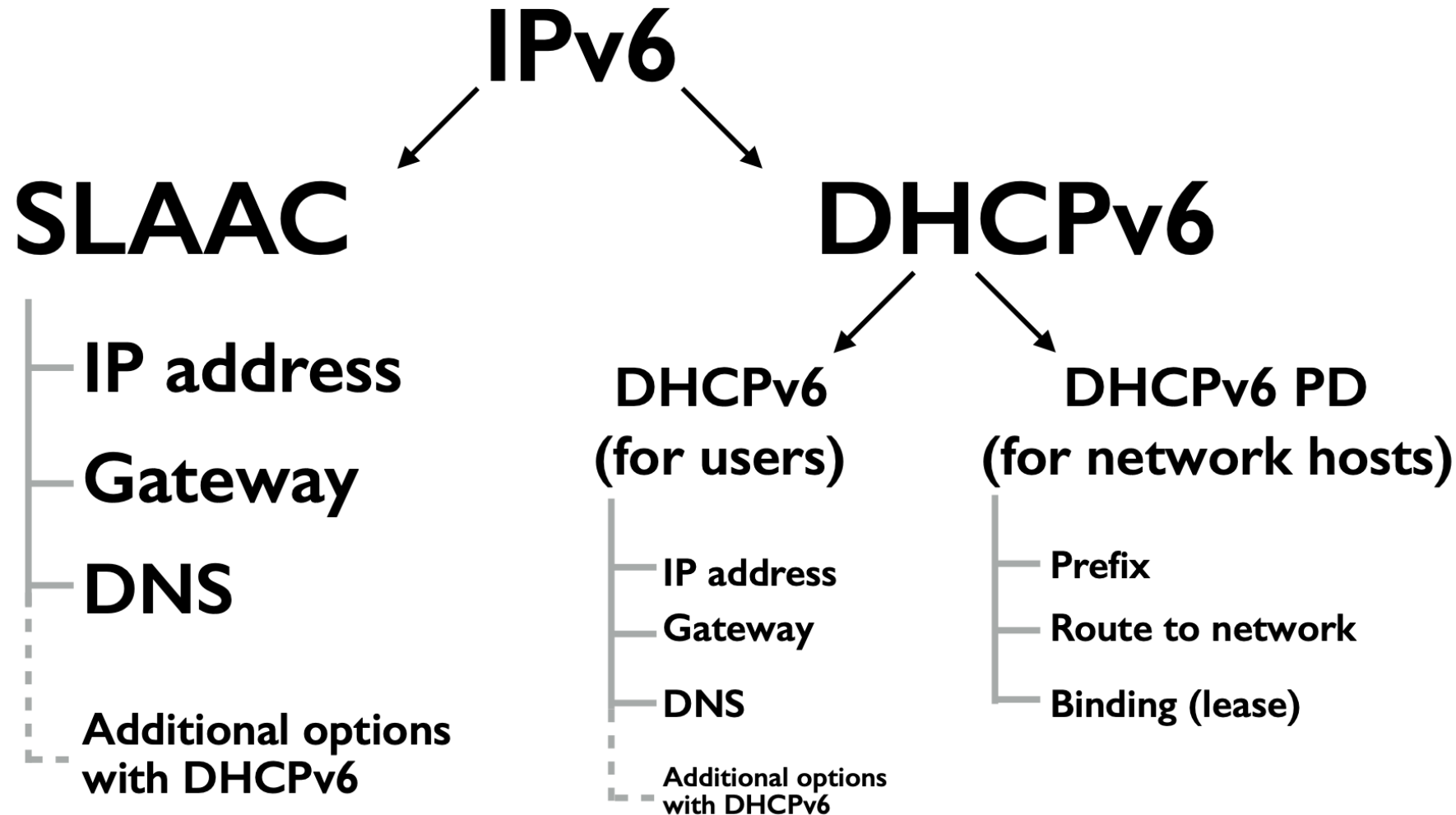
✓ Asignación Estática (Ejemplo: servidores)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Configuración de Dirección

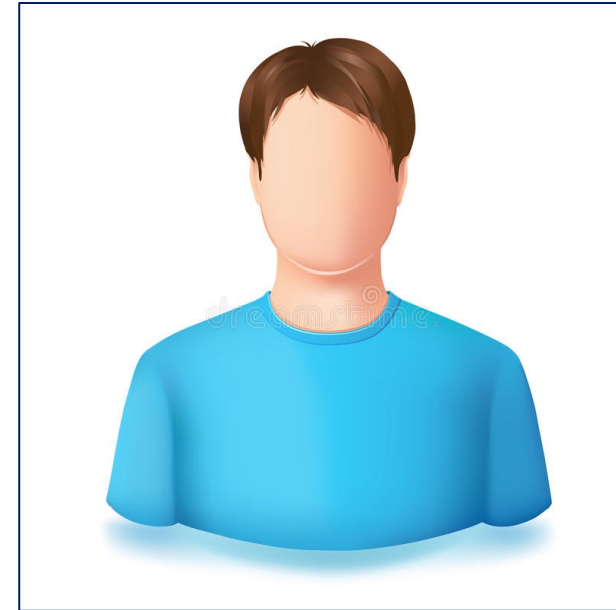


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Neighbor Discovery

- ✓ Neighbor discovery (ND) protocol
- ✓ Reemplaza al ARP de IPv4
- ✓ Sigue y rastrea hosts IPv6
- ✓ Utiliza ICMPv6
- ✓ Apoya en la Autoconfiguración

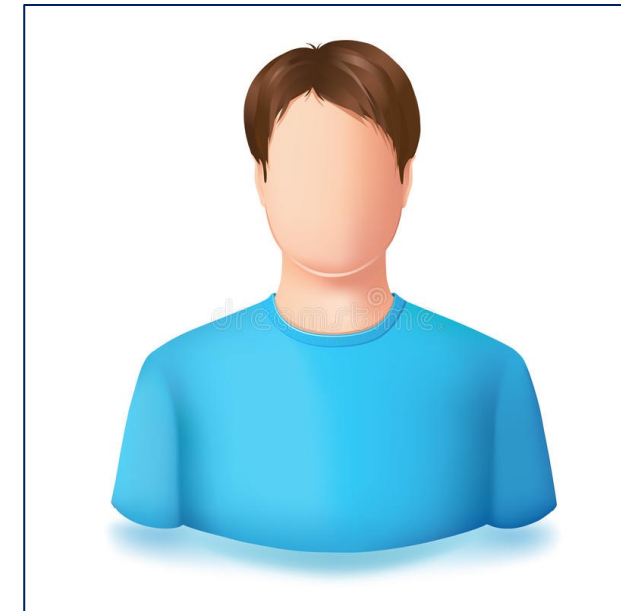


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Neighbor Discovery

Tiene 5 tipos de Mensajes:

- ✓ Router solicitation (type 133)
- ✓ Router advertisement (type 134)
- ✓ Neighbor solicitation (type 135)
- ✓ Neighbor advertisement (type 136)
- ✓ Redirect (type 137)



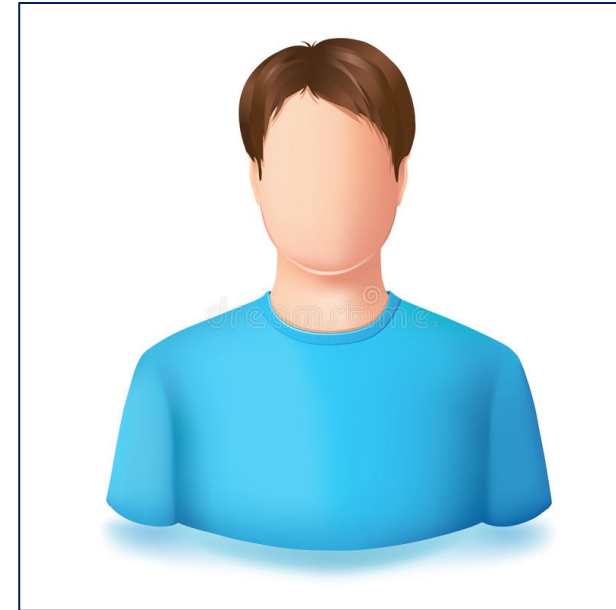
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Link Local

Pasos para formar Link Local:

- ✓ Prefijo fe80::/64 + EUI-64
- ✓ Mensaje “Neighbor solicitation”. “Esta es mi IPv6
¿Alguien la esta usando? Esta es mi MAC”
- ✓ Puede recibir “Neighbor Advertisement”. “Si, yo
estoy usando esa IPv6. Mi mac es: 12:34:56:78:90:12 ”
- ✓ Si nadie responde. Te asignas la LL



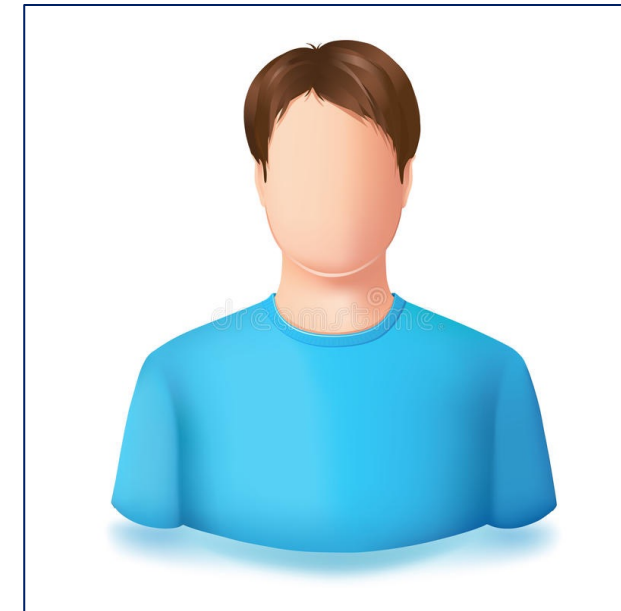
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



SLAAC

Pasos para formar IPv6 Global:

- ✓ Usando tu Link Local envías mensaje “RS”
- ✓ El router escucha y responde con un “RA”
- ✓ El dispositivo forma una IPv6 con el prefijo
- ✓ Ejecuta DAD (Duplicate Address Detection)
- ✓ Se autoasigna la IP



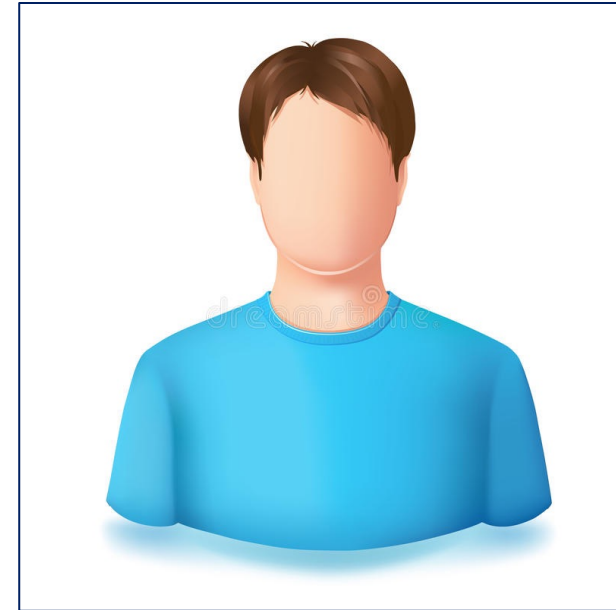
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DAD

Pasos para detectar IPv6 Duplicada:

- ✓ La IPv6 autogenerada es “tentativa”
- ✓ Se envía “Neighbor Solicitation”
- ✓ Si alguien la tiene, enviará un “Neighbor Advertisement”
- ✓ Espera el tiempo de espera “Retrans Timer”
- ✓ Si no recibe respuesta, se asigna la IP

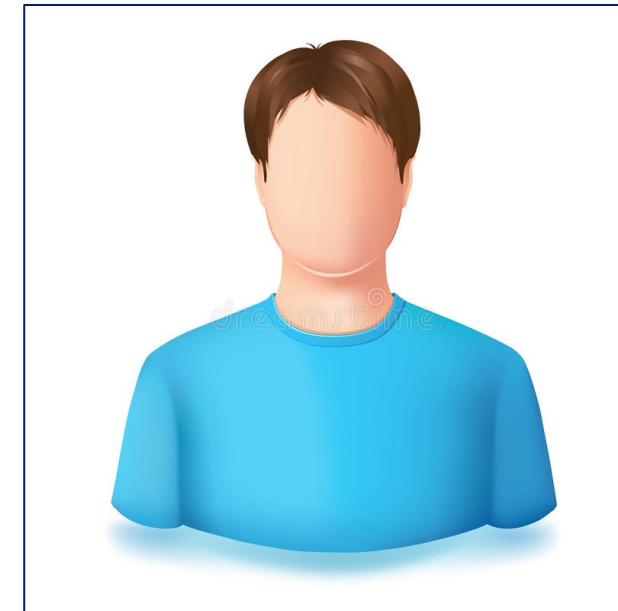


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ruta por Defecto

	IPv6	IPv4
Default gateway	0:0:0:0:0:0:0:0/0	
	::/0	0.0.0.0/0
	2000::/3	



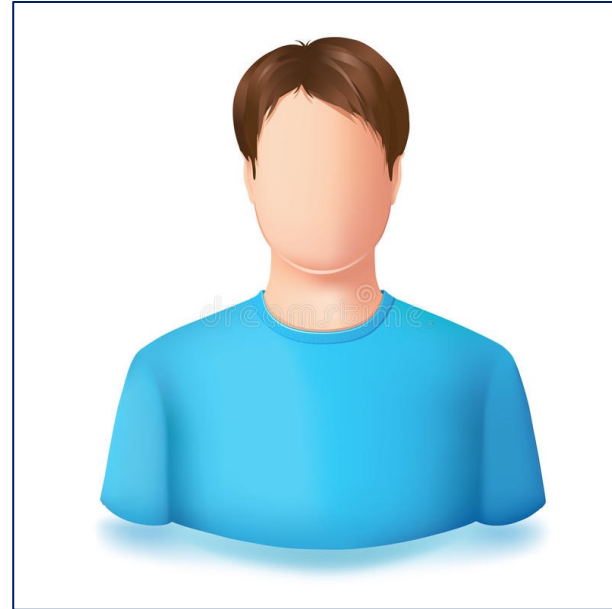
✓ El prefijo 2000::/3 es el único liberado para IPv6 Global (por ahora)

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 (Stateless)

- ✓ Se utiliza para opciones adicionales
- ✓ Por ejemplo, enviar rutas estaticas
- ✓ Se configura desde ND
- ✓ Opciones adicionales con DHCPv6

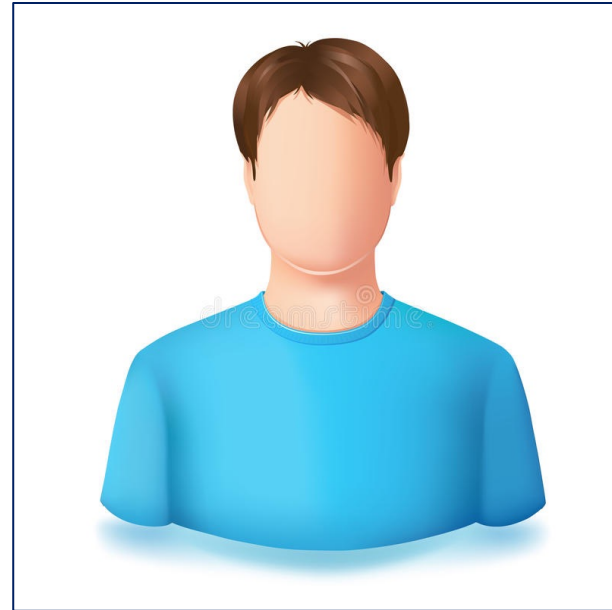


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 “Other Configuration”

- ✓ Se utiliza para informar que opciones adicionales están disponibles por DHCPv6
- ✓ Por ejemplo, enviar rutas estáticas
- ✓ Información de servidores DNS
- ✓ Hoy, es poco frecuente su uso

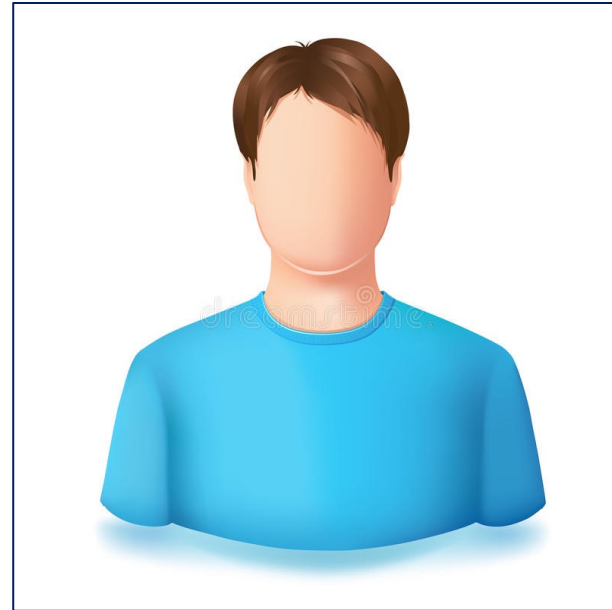


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Managed Address Configuration

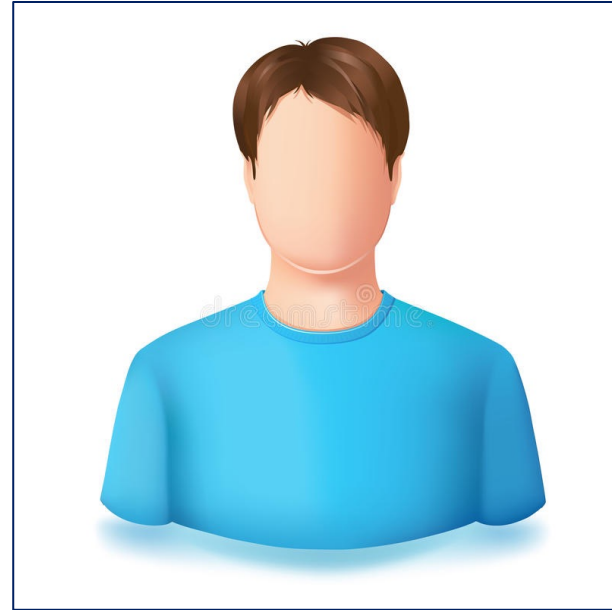
- ✓ Se desaconseja su uso
- ✓ Informas al dispositivo que NO use SLAAC
- ✓ Quieres forzar a que usen DHCPv6
- ✓ Muchos ignorarán tu solicitud



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Recomendaciones

- ✓ En el Menú ND de IPv6
- ✓ Coloque en YES la opción “Advertise DNS”
- ✓ Marque la casilla “Other Configuration”
- ✓ Esta es la configuración más compatible a la fecha de hoy

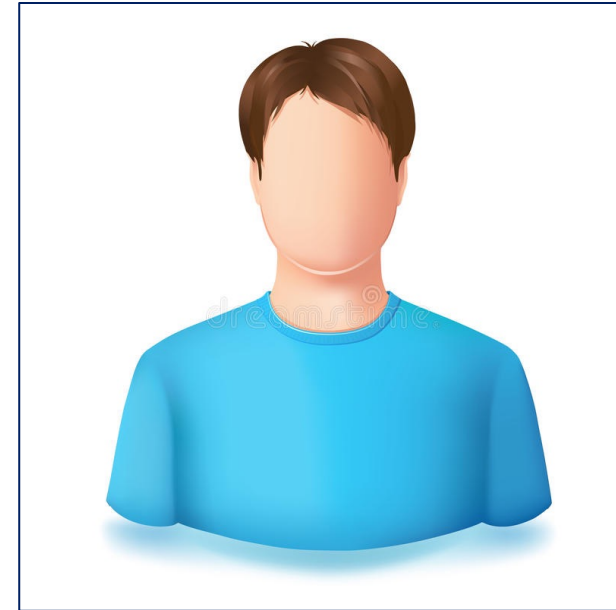


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Limitaciones

- ✓ Actualmente, el servidor DHCPv6 de RouterOS no admite opciones DHCP adicionales
- ✓ Solo DNS, que es necesario para el sistema operativo Windows.

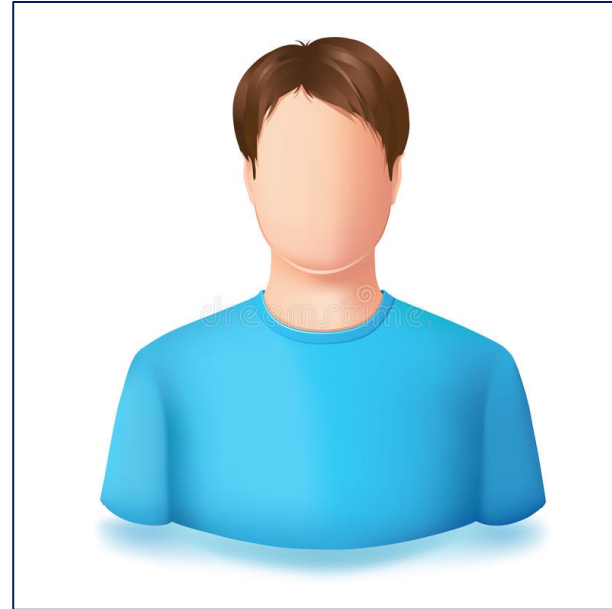


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Limitaciones

- ✓ No soporta la asignación Statefull
- ✓ Solo se utiliza para hacer asignación de prefijos
- ✓ Este anuncio esta dirigido a otros routers, no para el usuario final.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



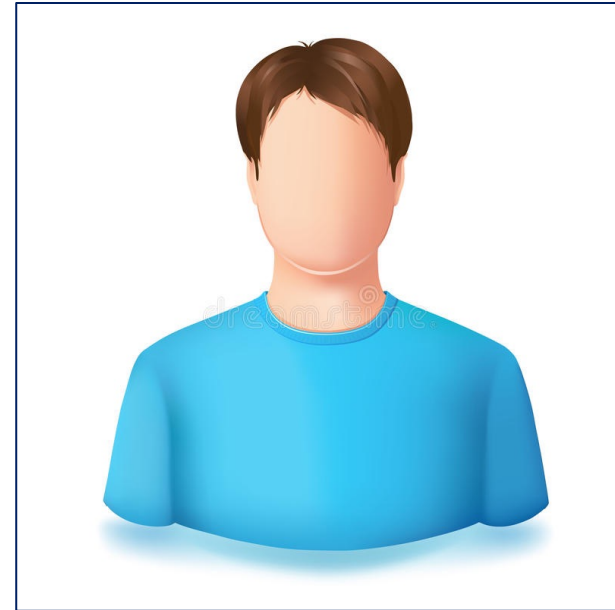
Subteneo / 48

✓ Recibes un prefijo $2001:0db8:0be0::/48$

✓ Planeas asignar prefijos /60 a tus clientes

✓ $2^{12} = 4096$ redes /60 puedes obtener

✓ $2^4 = 16$ redes /64 podrá obtener tú cliente



<https://www.ecatel.us/ipv6>

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Subteneo / 48

2001:0db8:0be0:0000::

Routing prefix: 48 bits

12

...

2001:0db8:0be0:FFF0::

Routing prefix: 48 bits

12

You can assign 4096x 60 bit prefixes

2001:0db8:0be0:0000:

Customer routing prefix: 60 bits

4

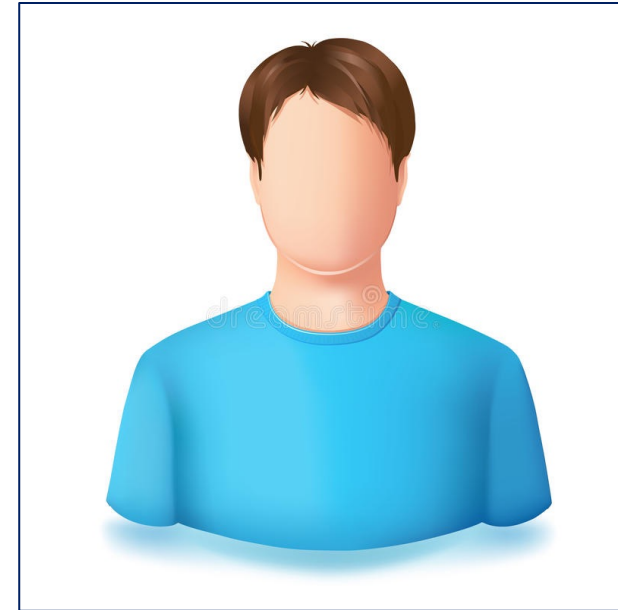
...

2001:0db8:0be0:0000:

Customer routing prefix: 60 bits

4

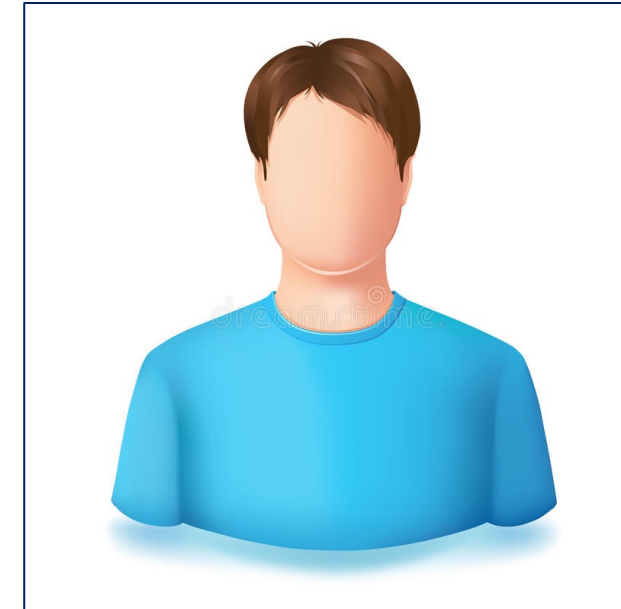
Customer can assign 16x 64 bit prefixes



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



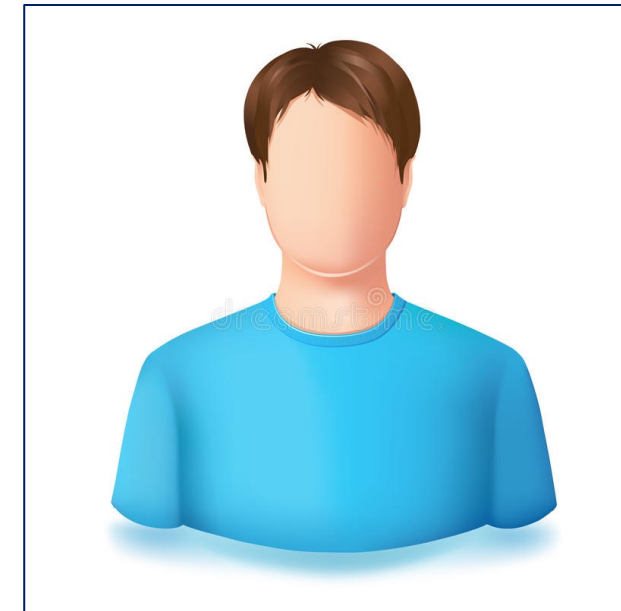
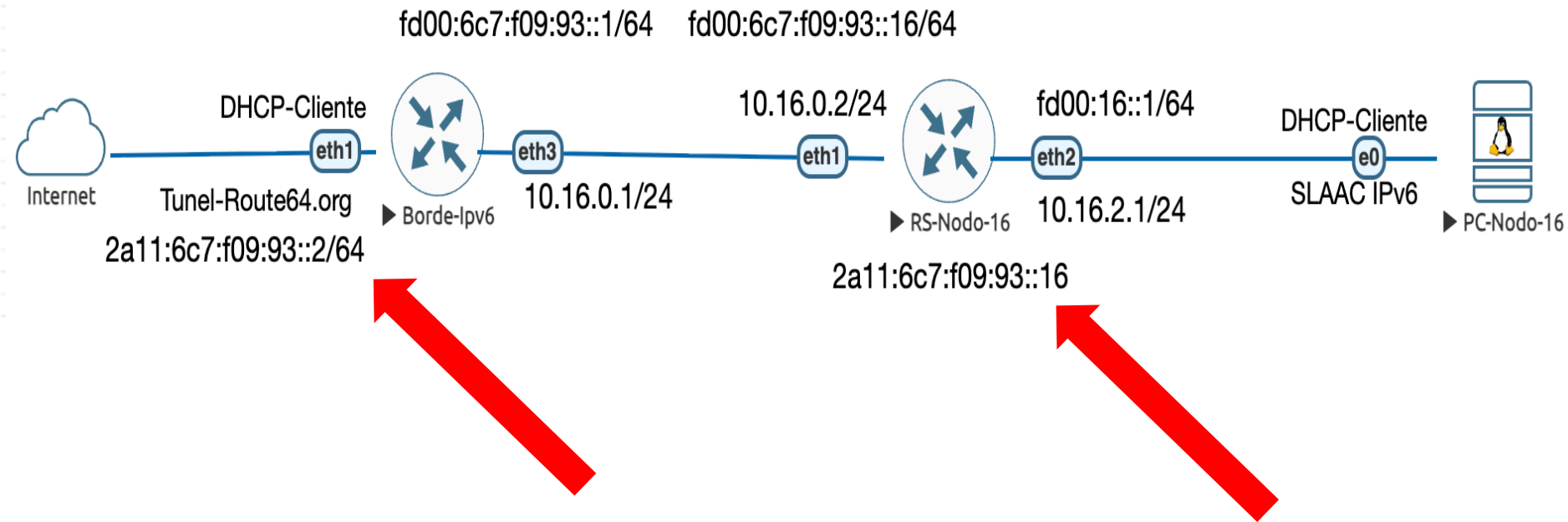
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



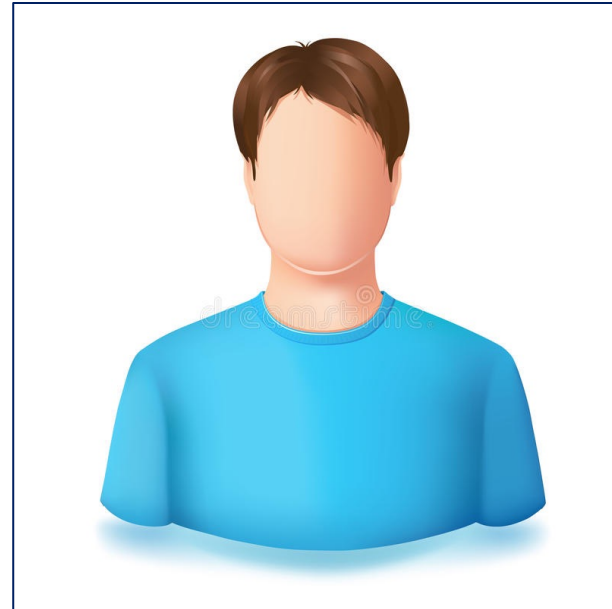
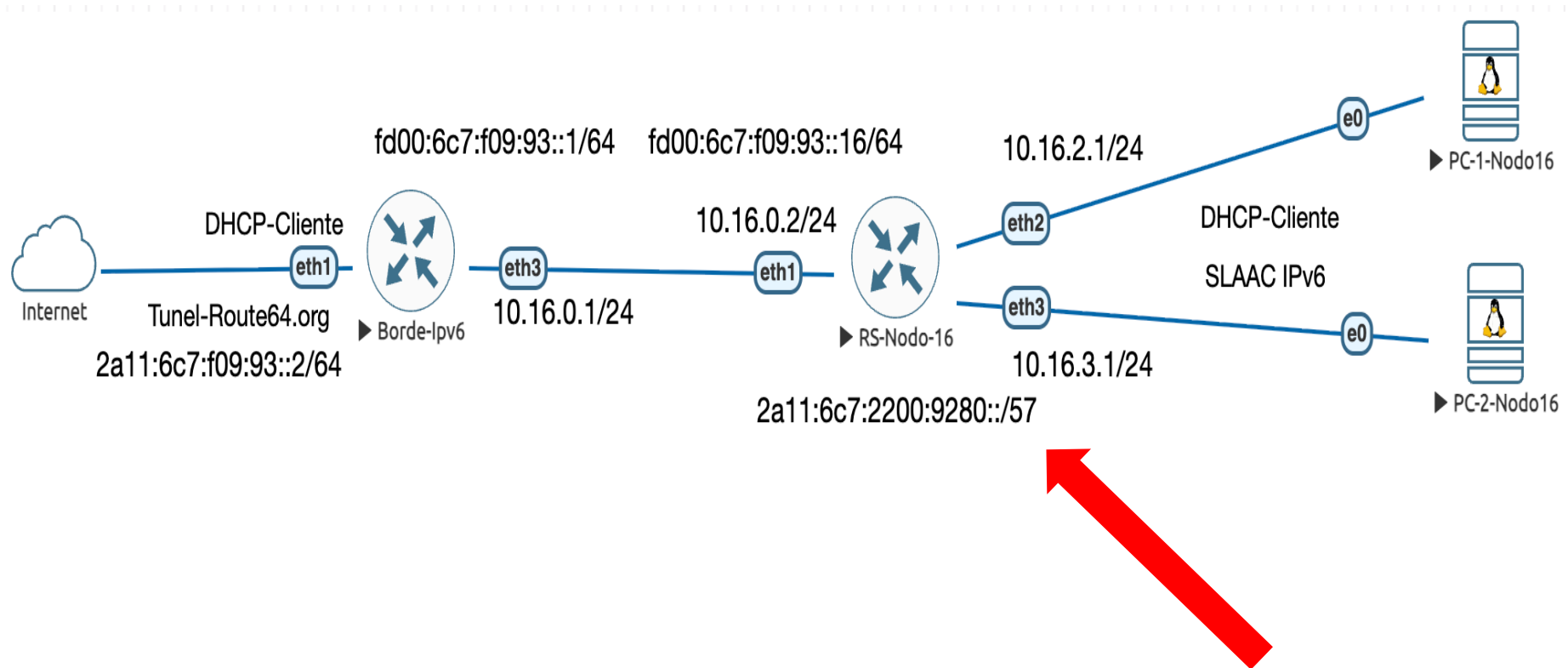
Ejercicio Práctico - ND



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico - Subneting



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



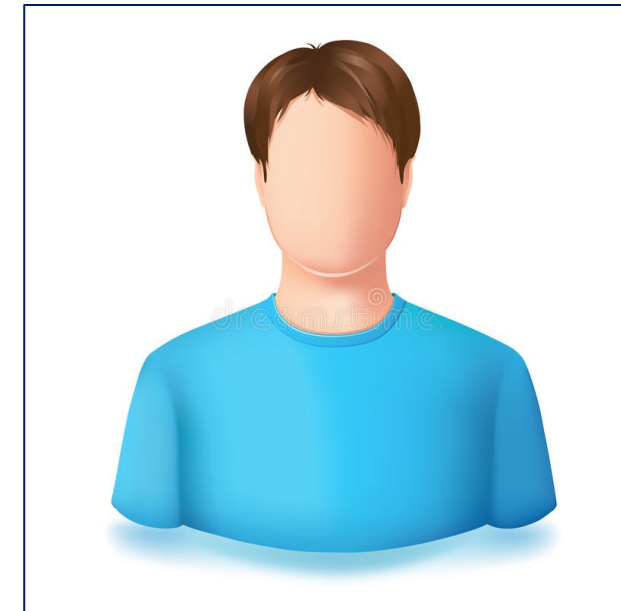


Resumen

Capitulo 2



MTCIPv6

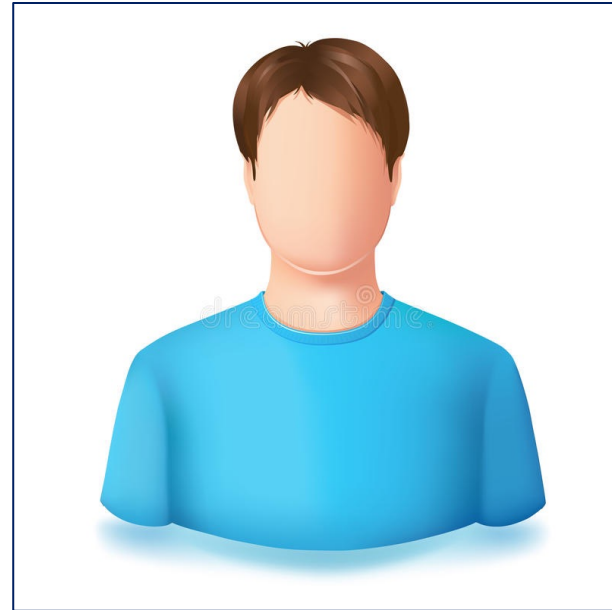


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Eficiencia y Estructura de la Cabecera

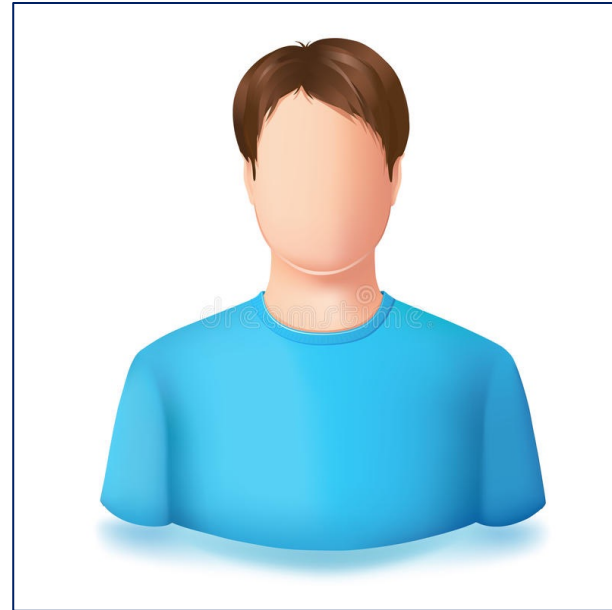
- ✓ IPv6 está diseñado para maximizar la velocidad de transporte
- ✓ Elimina procesos innecesarios para el CPU del router, como el cálculo de Checksums
- ✓ Cabecera fija de 40 bytes
- ✓ Solo 8 campos obligatorios



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Campos Cabecera IPv6

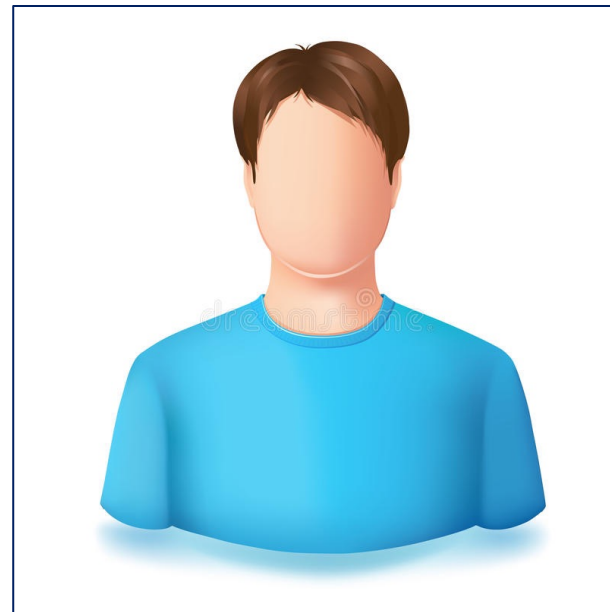
- ✓ Version
- ✓ Traffic class
- ✓ Flow label
- ✓ Payload length
- ✓ Next header
- ✓ Hop limit
- ✓ Source address
- ✓ Destination address



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Version

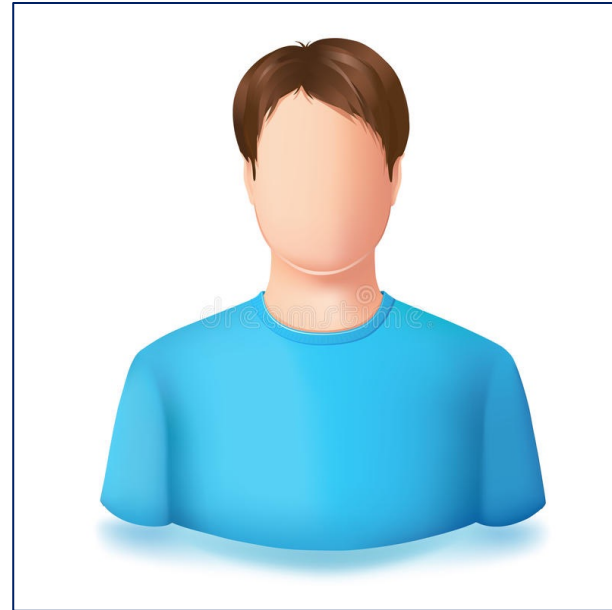
- ✓ Tamaño: 4 bits
- ✓ Siempre contiene el valor de 6 (seis)
- ✓ En binario, 0110
- ✓ Por ese motivo se usan 4 bits



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Traffic class

- ✓ Tamaño: 8 bits
- ✓ Los primeros 6 bits, se usan para QoS
- ✓ Los último 2 bits, son para ECN
- ✓ Notificación de Congestión, avisan que se debe bajar la velocidad de envío.

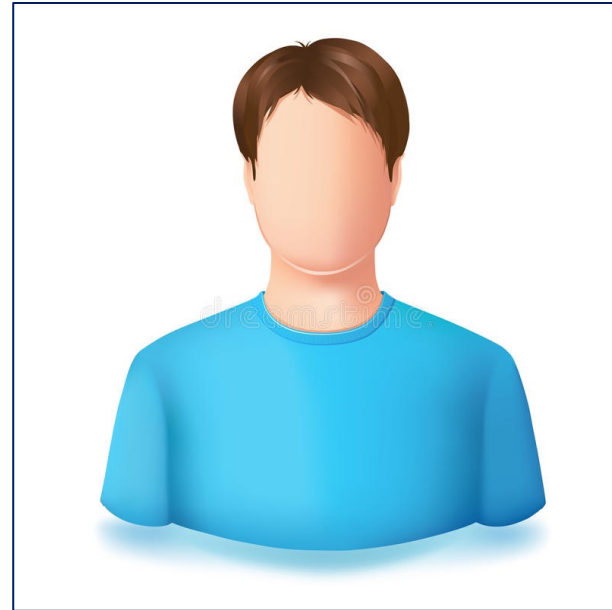


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Flow label

- ✓ Tamaño: 20 bits
- ✓ Se utiliza para ayudar a los paquetes que mantengan su orden secuencial.
- ✓ Facilita tráfico en tiempo real
- ✓ Etiquetar paquetes para que el router los identifique como parte de un flujo único

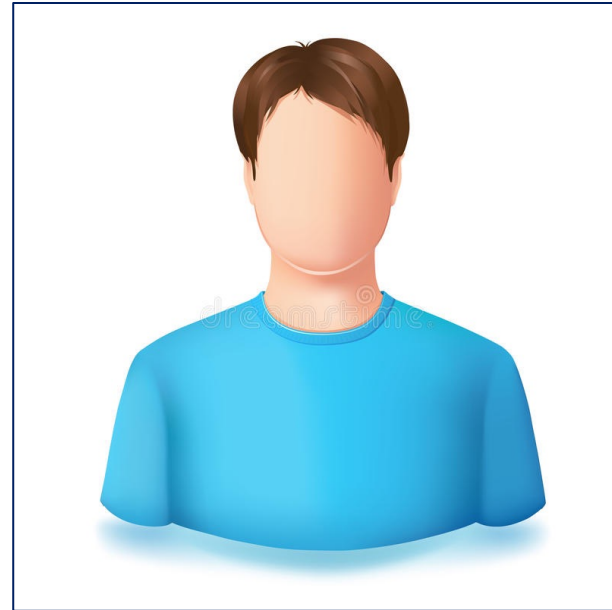


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Payload Length

- ✓ Tamaño: 16 bits
- ✓ Indica el tamaño total del resto del paquete que sigue después de la cabecera fija de 40 bytes.
- ✓ Dato importante para restar la cabecera fija y las extensiones al MTU total del enlace

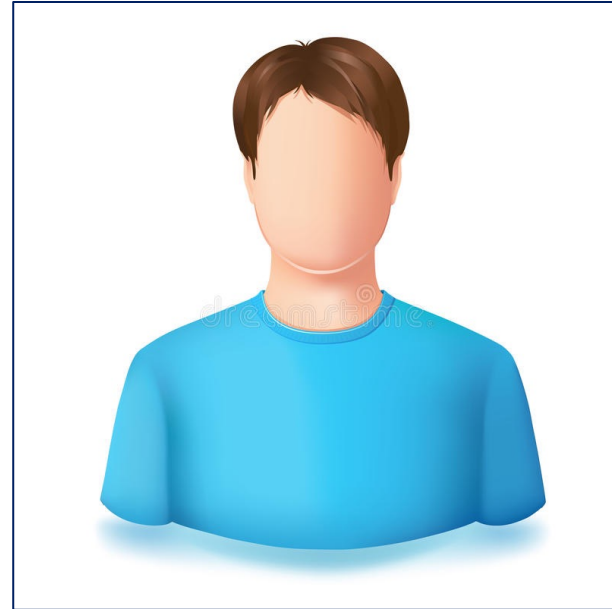


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Next Header

- ✓ Tamaño: 8 bits
- ✓ Identificar qué tipo de cabecera sigue inmediatamente después de la cabecera base de IPv6
- ✓ "Daisy Chaining", las cabeceras se van enganchando una tras otra según se necesiten

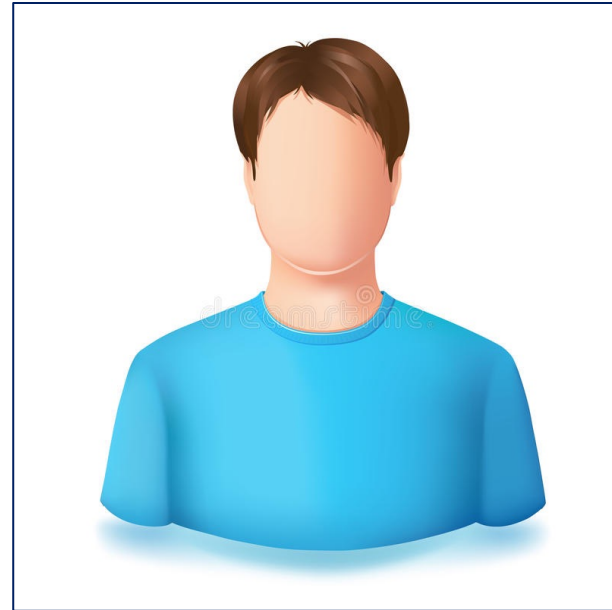


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Next Header

- ✓ Un paquete puede llevar cero, una o varias cabeceras de extensión.
- ✓ Cada cabecera de extensión se identifica por un valor distinto
- ✓ "Daisy Chaining", las cabeceras se van enganchando una tras otra según se necesiten

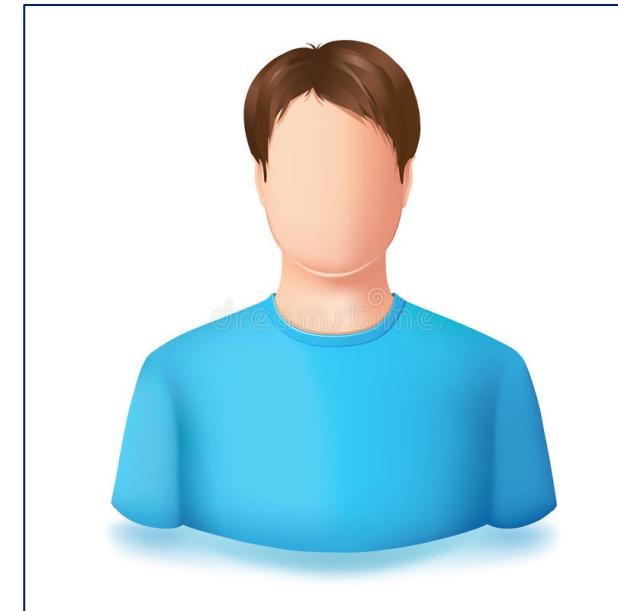


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Next Header

Extension Header	Value
Hop-by-Hop Options	0
Fragment	44
Routing (Type 0)	43
Destination Options	60
Authentication	51
Encapsulating Security Payload	50

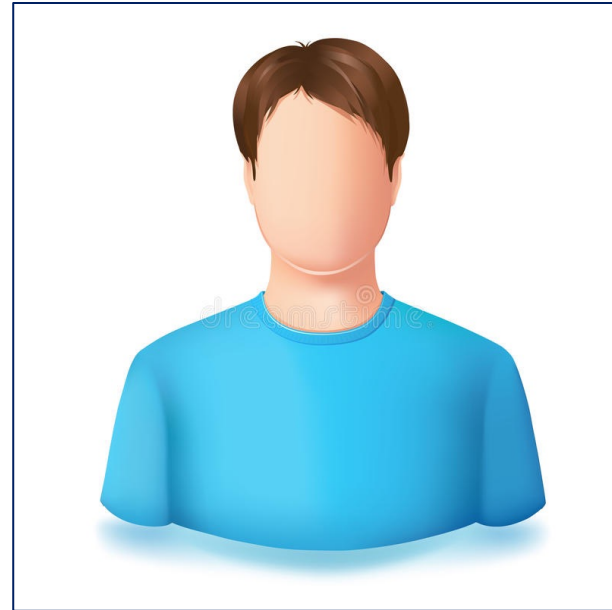


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Hop limit

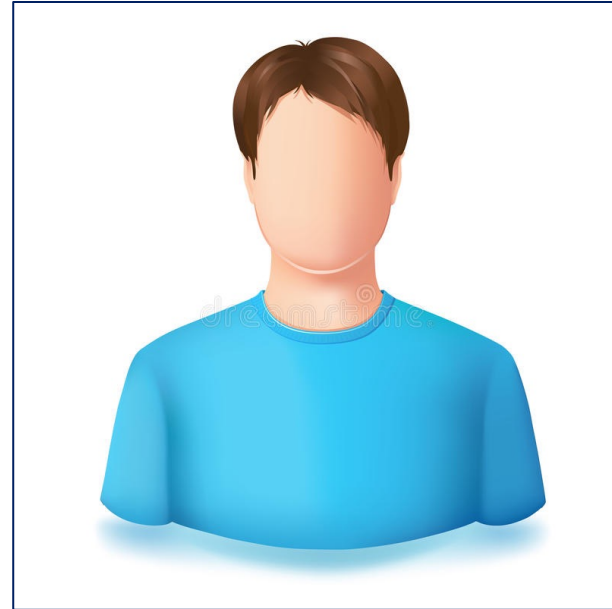
- ✓ Reemplaza al TTL de IPv4
- ✓ Se disminuye en 1, al pasar en cada router
- ✓ Si llega a 0 (cero), se descarta el paquete.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Hop limit

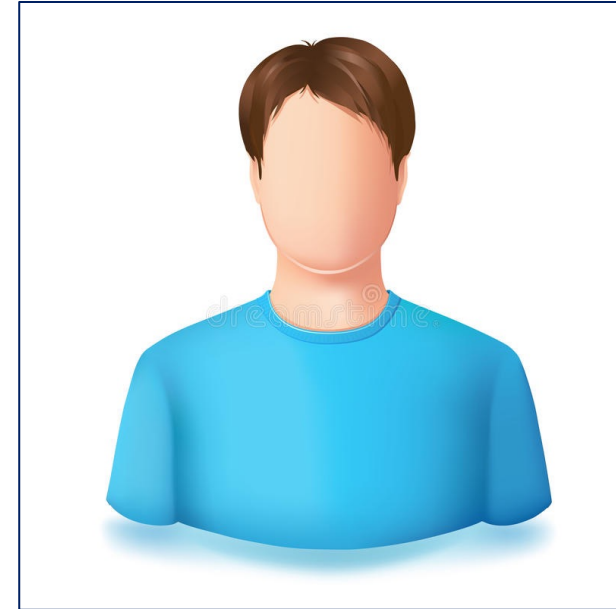
- ✓ Puede manipularse con MANGLE
- ✓ Podrías evitar compartir el Internet



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Fragmentación

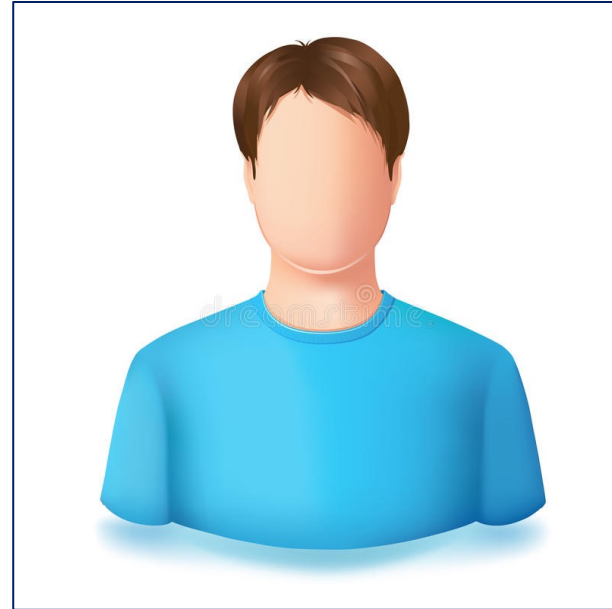
- ✓ La responsabilidad recae exclusivamente en el host de origen.
- ✓ Valor 44: Identificador obligatorio para la cabecera de fragmento.
- ✓ MTU Mínimo: 1280 bytes es el estándar innegociable.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Unfragmentable

- ✓ La cabecera IPv6 principal de 40 bytes
- ✓ La extensión Hop-by-Hop (si existe).
- ✓ La extensión de Routing (si existe).
- ✓ Las opciones de destino que aparecen antes de la cabecera de fragmentación.

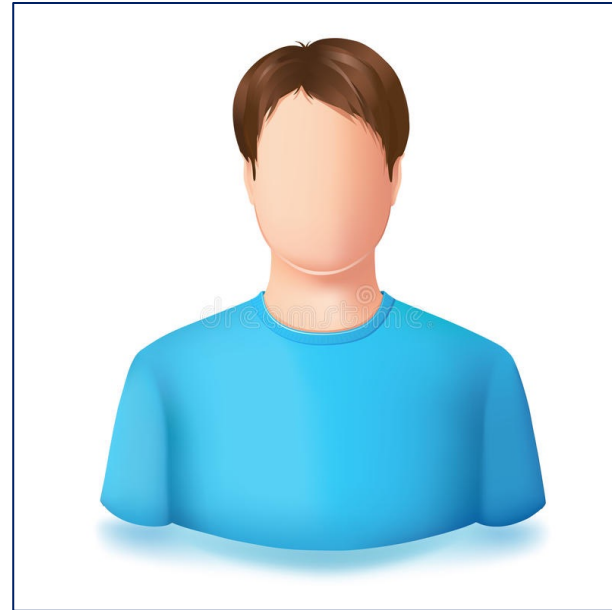


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Path MTU Discovery (PMTUD)

- ✓ Determina el MTU más pequeño de toda la ruta entre origen y destino.
- ✓ Utiliza mensajes ICMPv6 "Packet Too Big" (Tipo 2).
- ✓ Permite que el host ajuste su envío para evitar el descarte de paquetes.

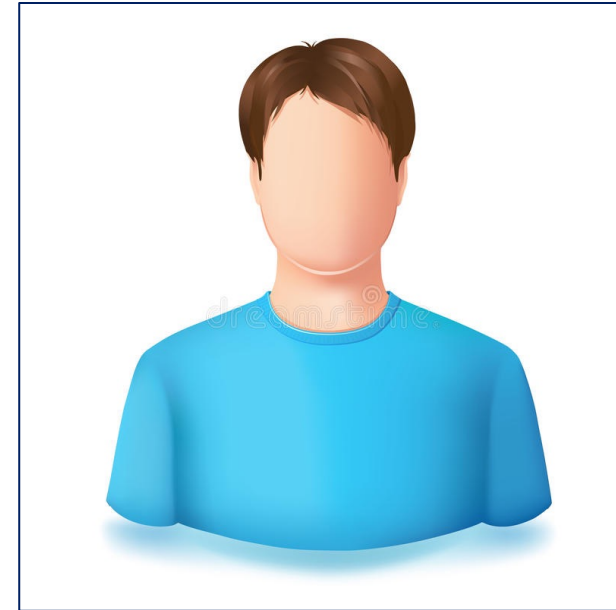


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Rendimiento

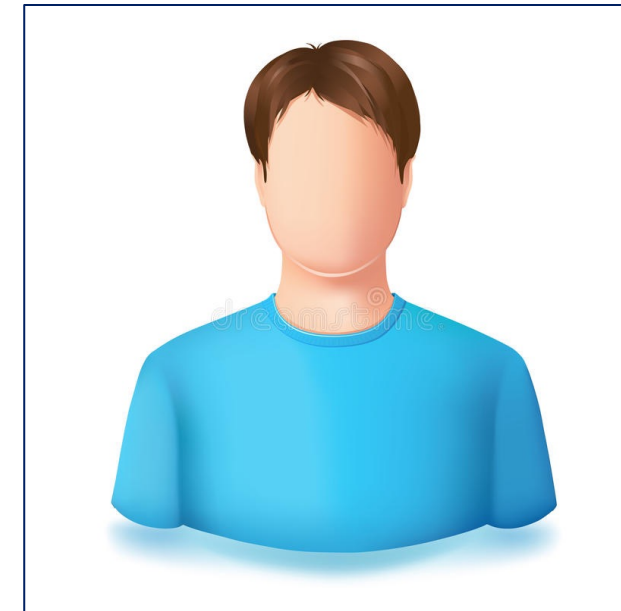
- ✓ IPv6 permite procesar paquetes a nivel de Hardware al eliminar la necesidad de reensamblar y fragmentar en el CPU.
- ✓ Recuerda que utiliza ICMPv6.
- ✓ Que el MTU disponible debe ser 1280, descontando lo que consuman VPN (si usas)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



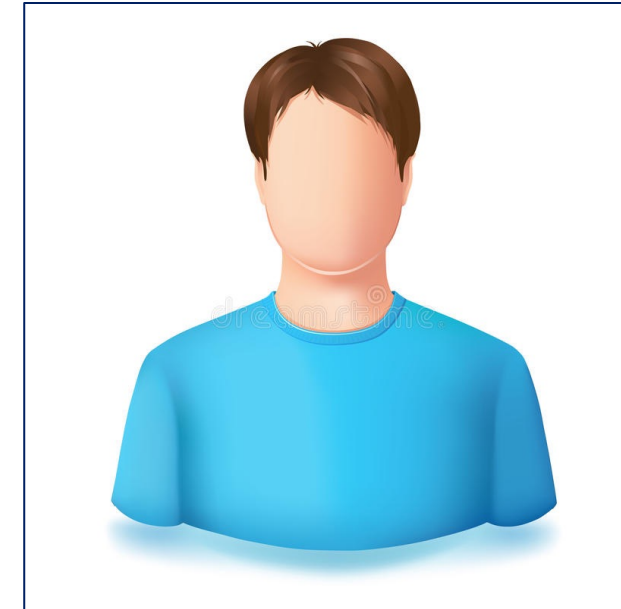
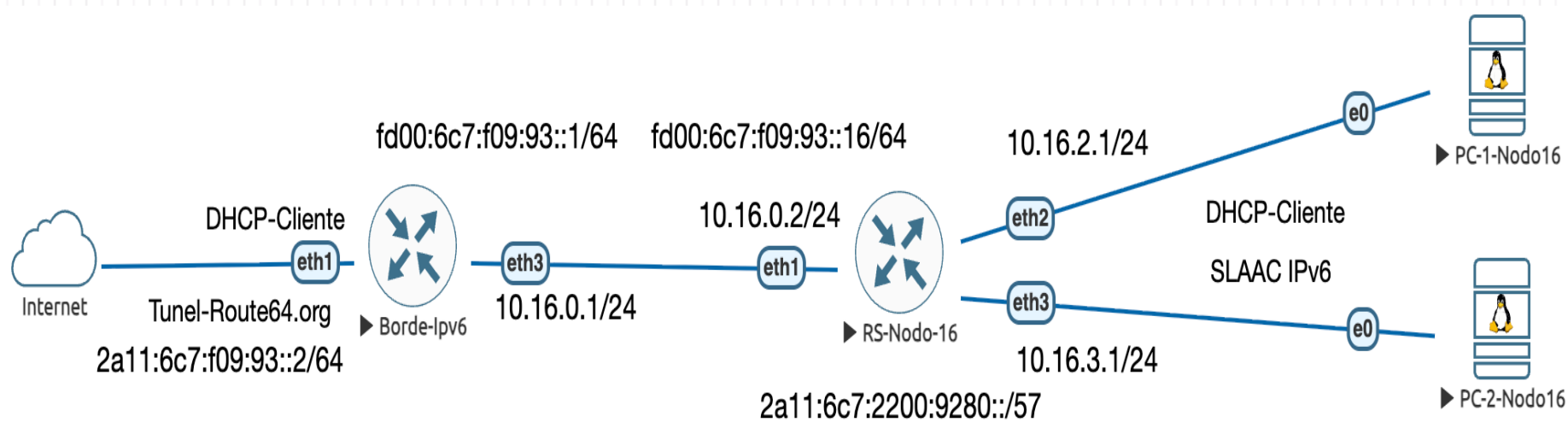
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – Hop Limit



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



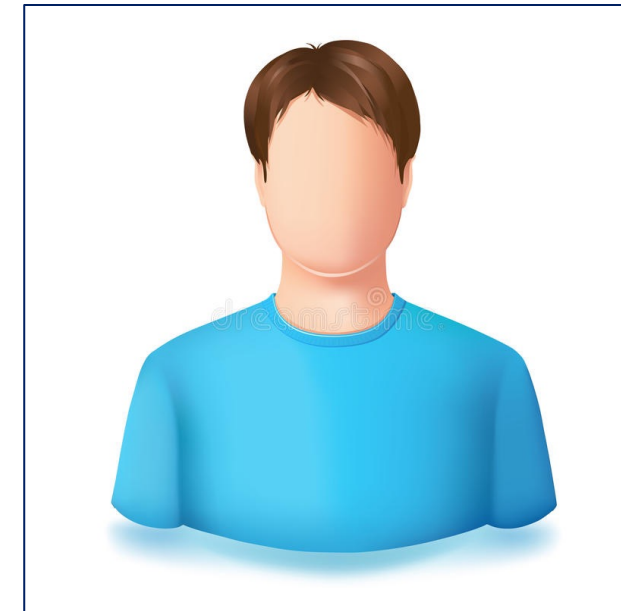


Resumen

Capitulo 3



MTCIPv6

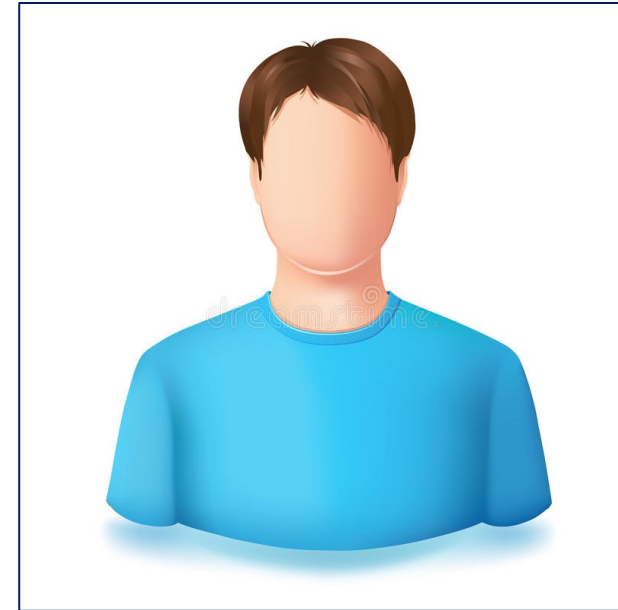


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



ICMPv6

- ✓ ICMPv6 es una parte fundamental de IPv6.
- ✓ Se utiliza para informar sobre errores detectados durante el procesamiento de paquetes y para realizar otras funciones, como el diagnóstico.
- ✓ Existen dos clases de mensajes ICMPv6: de error (tipos 0-127) e informativos (tipos 128-255)

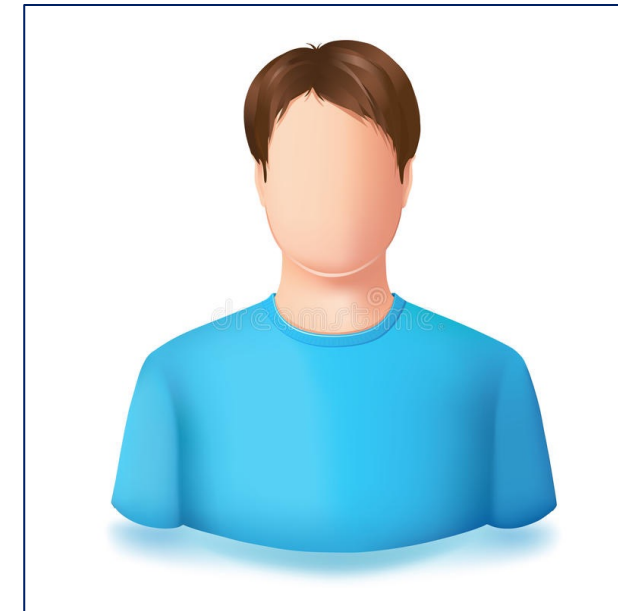


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



ICMPv6

Type	Meaning	Class
1	Destination Unreachable	Error
3	Time Exceeded	
128	Echo Request	Information
129	Echo Reply	



Más información:

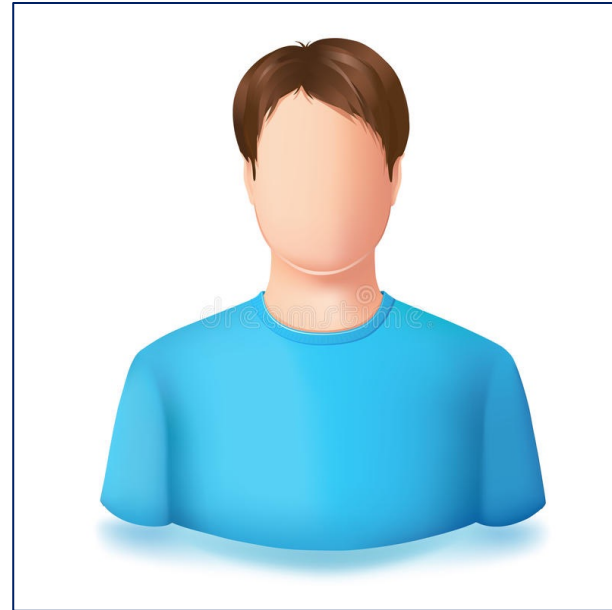
https://es.wikipedia.org/wiki/ICMPv6#Tipos_de_mensaje_ICMP

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



ICMPv6

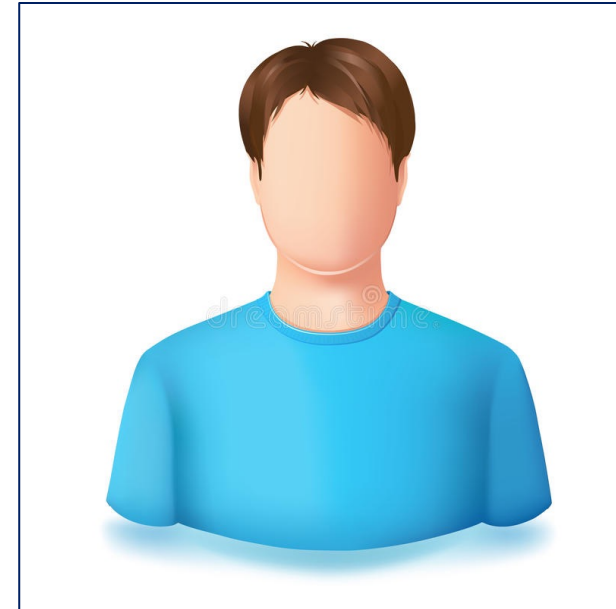
- ✓ No debes bloquear ICMPv6.
- ✓ Las funciones de descubriendo de vecino fallará.
- ✓ Si ND no funciona, no puede descubrir la
MacAddress



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Neighbor Discovery

- ✓ ND usa 5 paquetes diferentes de ICMPv6
 - ✓ Router solicitation (type 133)
 - ✓ Router advertisement (type 134)
 - ✓ Neighbor solicitation (type 135)
 - ✓ Neighbor advertisement (type 136)
 - ✓ Redirect (type 137)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



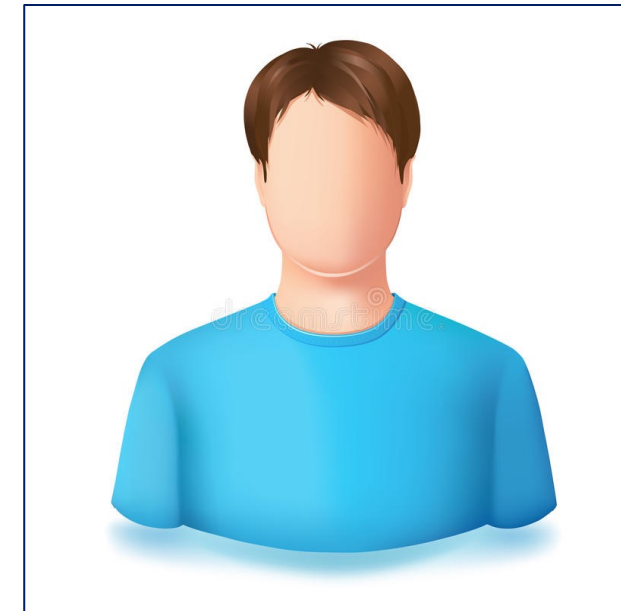
Neighbor Discovery

✓ El descubrimiento de vecinos utiliza varias

direcciones especiales, entre ellas:

✓ Para alcanzar todos los nodos (dirección de multidifusión) - FF02::1

✓ Para alcanzar todos los enrutadores (dirección de multidifusión) - FF02::2

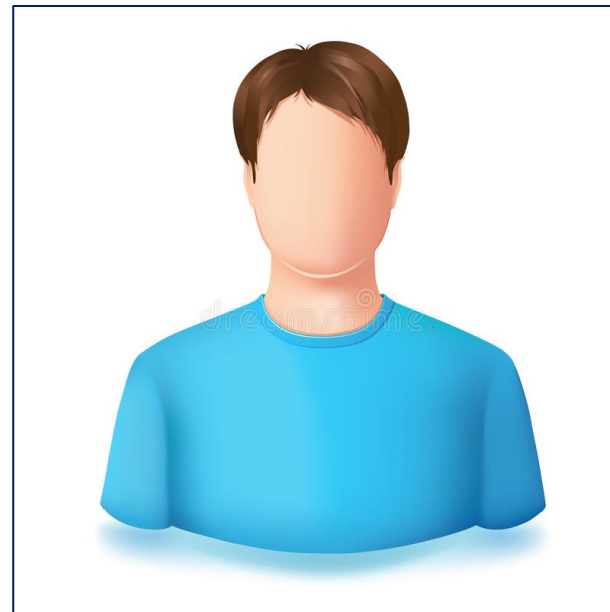


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Router Solicitation

- ✓ Los hosts envían solicitudes de enrutador para que los enrutadores generen anuncios de enrutador inmediatamente.
- ✓ Se envía a la dirección de multidifusión de todos los enrutadores $FF02::2$

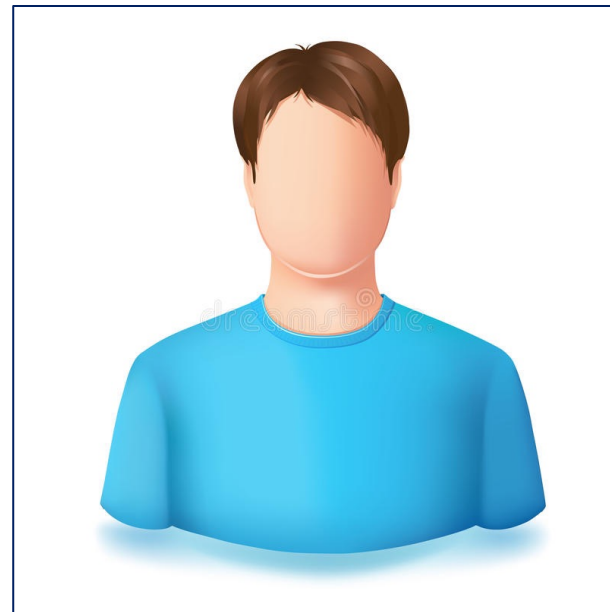


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Router Solicitation

- ✓ Origen: dirección IP asignada a la interfaz de envío.
- ✓ La dirección no especificada (::/128) si no se ha asignado ninguna dirección
- ✓ Destino: normalmente la dirección de multidifusión de todos los enrutadores FF02::2

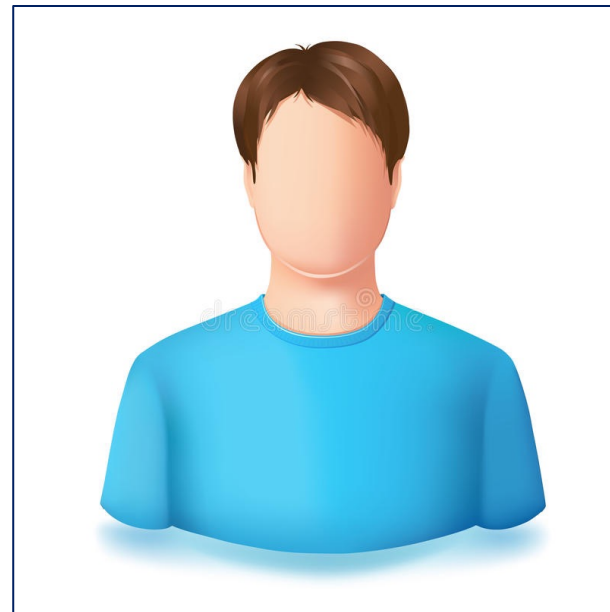


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Router Advertisement

- ✓ Los enrutadores anuncian su presencia periódicamente, o en respuesta a un mensaje de solicitud de enrutador.
- ✓ Un host recibe anuncios de enrutador de todos los enrutadores, creando una lista de enrutadores predeterminados.
- ✓ Se anuncian diversos parámetros de internet y de enlace, como prefijos, configuración de direcciones, MTU, etc.

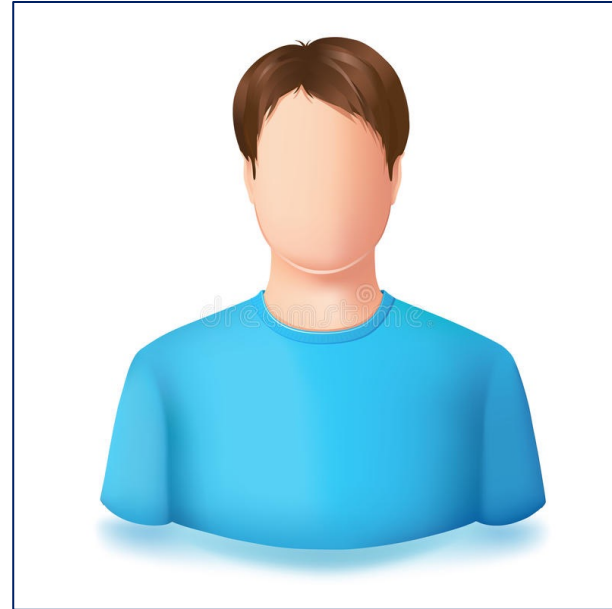


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Router Advertisement

- ✓ Facilita la administración centralizada de parámetros críticos, que se pueden configurar en los routers y propagar automáticamente a todos los hosts conectados.
- ✓ Permite que los routers informen a los hosts sobre cómo realizar la autoconfiguración de direcciones.

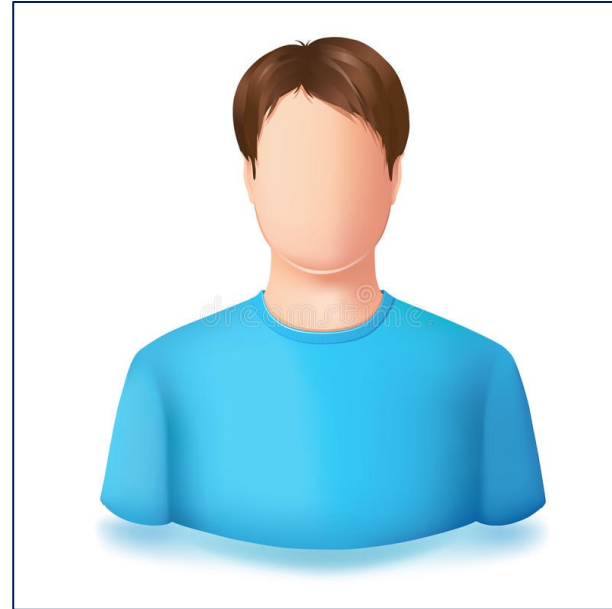


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Router Advertisement

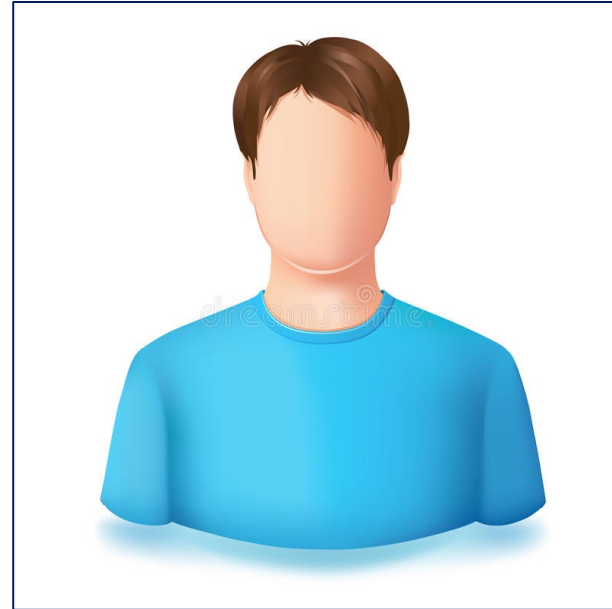
- ✓ Los enrutadores pueden especificar si los hosts deben utilizar DHCPv6 y/o la configuración SLAAC.
- ✓ Contiene: dirección de origen, dirección local de enlace asignada a la interfaz desde la que se envía este mensaje.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Router Advertisement

- ✓ Destino, normalmente la dirección de origen de una solicitud de enrutador que la invoca o la dirección de multidifusión de todos los nodos.
- ✓ M: Indicador de 1 bit de "Managed address configuration"
- ✓ O: Indicador de 1 bit de "Other configuration"

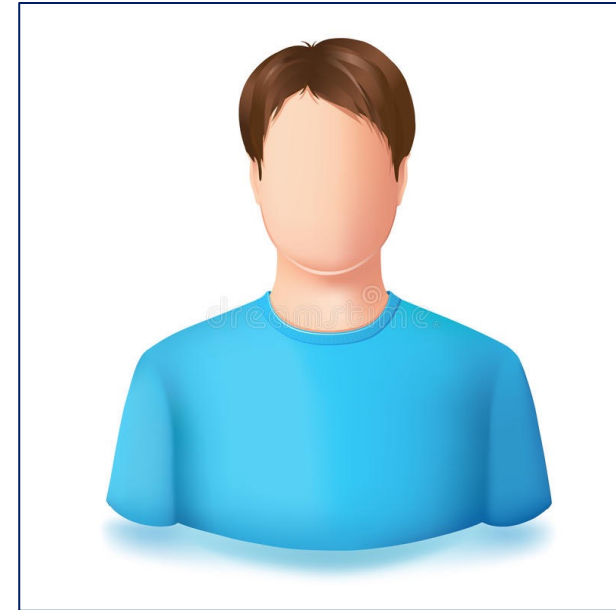


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Neighbor Solicitation

✓ Los nodos resuelven las direcciones Mac, mediante el envío multicast de una Solicitud de Vecino, que pide al nodo de destino que devuelva su dirección de mac address.

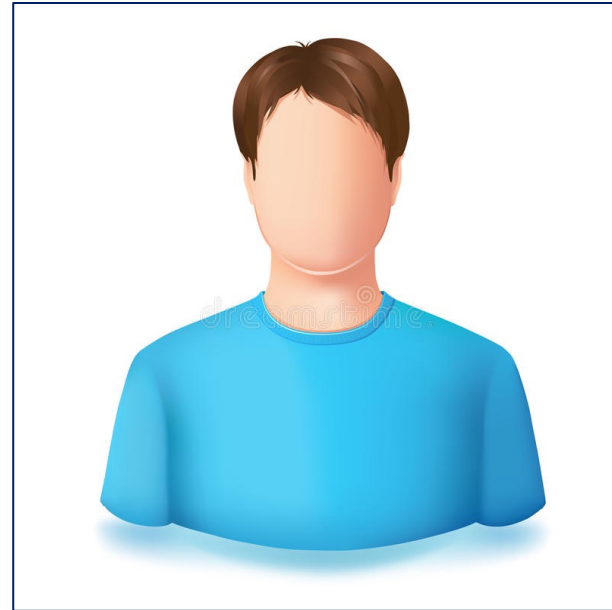


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Neighbor Solicitation

- ✓ Un único par de paquetes de solicitud-respuesta es suficiente para que ambos resuelvan sus respectivas direcciones de capa de enlace (Link Local)
- ✓ La solicitud de vecinos también se utiliza para la detección de direcciones duplicadas.

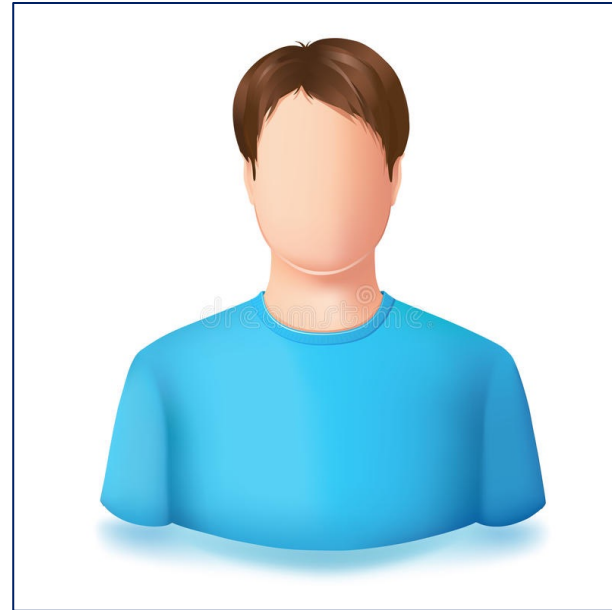


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Neighbor Advertisement

- ✓ Respuesta a un mensaje de solicitud de vecino
- ✓ Un nodo también puede enviar anuncios de vecino no solicitados para propagar información nueva rápidamente (aunque de forma poco fiable)
- ✓ Por ejemplo, para anunciar un cambio de dirección en la capa de enlace (Link Local)

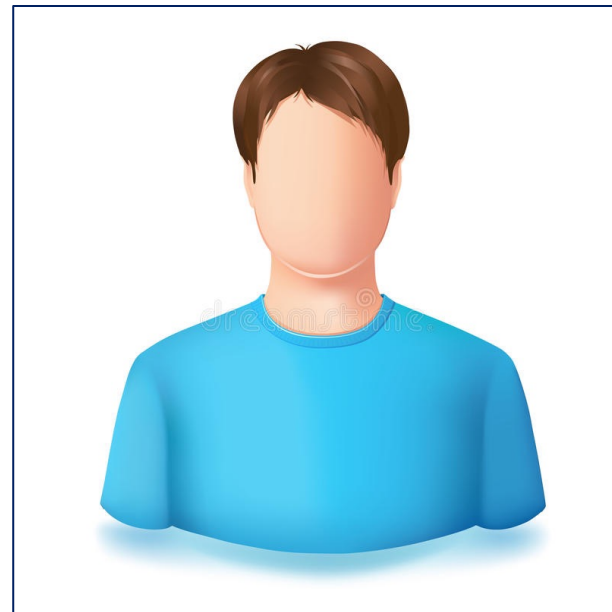


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Redirect

- ✓ Los routers lo utilizan para informar a los hosts de un mejor primer salto para un destino.
- ✓ Los hosts también pueden ser informados mediante una redirección de que el destino es, de hecho, un vecino.
- ✓ No se requiere una resolución de direcciones independiente al recibir una redirección.

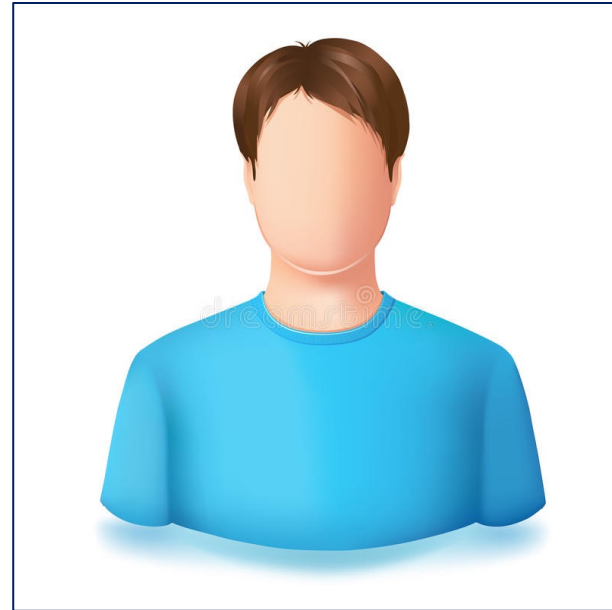


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Managed Address Configuration

- ✓ Cuando está activada, indica que hay direcciones disponibles mediante DHCPv6.
- ✓ Si la bandera M está activada, la bandera O es redundante y puede ignorarse, ya que DHCPv6 devolverá toda la información de configuración disponible.
- ✓ No se utilizará SLAAC.

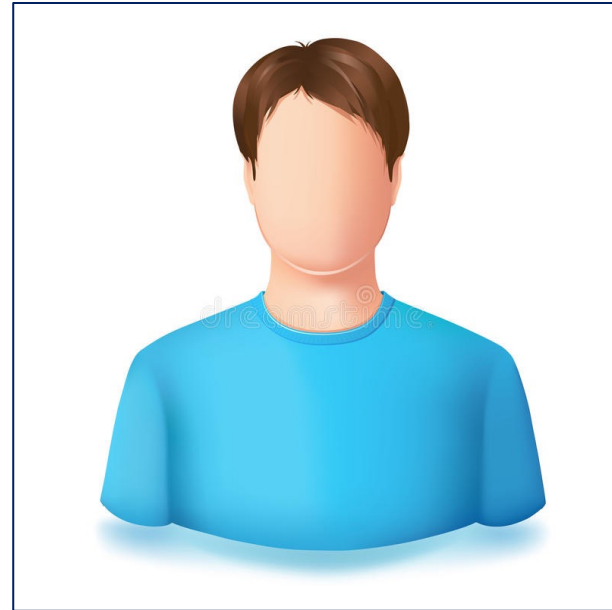


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Other Configuration

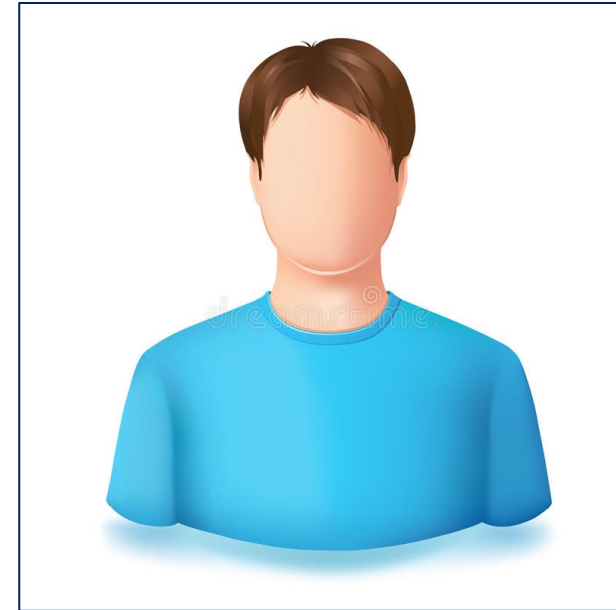
- ✓ Cuando está activado, indica que hay información de configuración adicional disponible a través de DHCPv6.
- ✓ Por ejemplo, información relacionada con DNS (necesaria para clientes Windows).
- ✓ Si no están activados los indicadores M ni O, esto indica que no hay información disponible a través de DHCPv6.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Multicast Listener Discovery (MLD)

- ✓ MLDv2 es una traducción del protocolo IGMPv3 para IPv6.
- ✓ Por ejemplo, información relacionada con DNS (necesaria para clientes Windows).
- ✓ Si no están activados los indicadores M ni O, esto indica que no hay información disponible a través de DHCPv6.

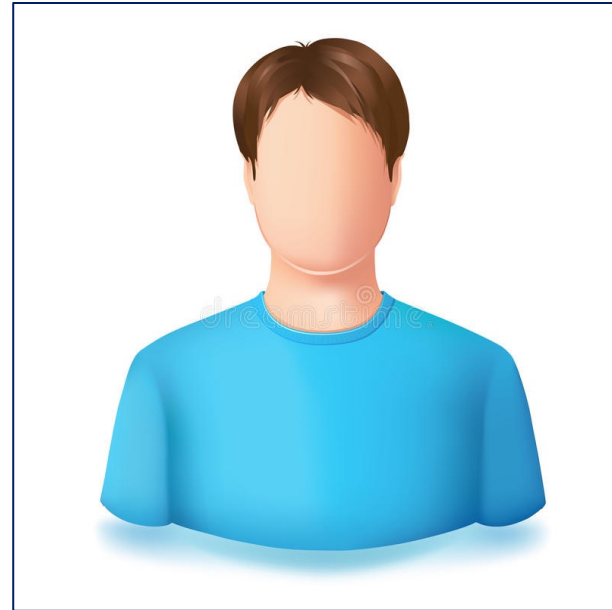


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



MLD

- ✓ El propósito de MLD es permitir que cada enrutador de multidifusión aprenda qué direcciones de multidifusión y qué fuentes tienen oyentes interesados.
- ✓ Especifica los oyentes de direcciones de multidifusión y los enrutadores de multidifusión.
- ✓ Un nodo puede suscribirse a ciertos mensajes de multidifusión.

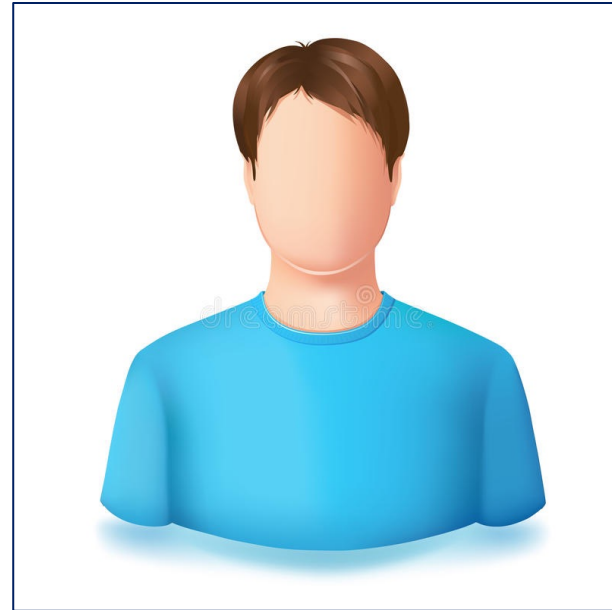


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



SEND

- ✓ Si no está protegido, NDP es vulnerable a diversos ataques
- ✓ El estándar Secure Neighbor Discovery (SEND) es una propuesta que ayuda a mitigar posibles amenazas
- ✓ Para más información, consulte RFC3971

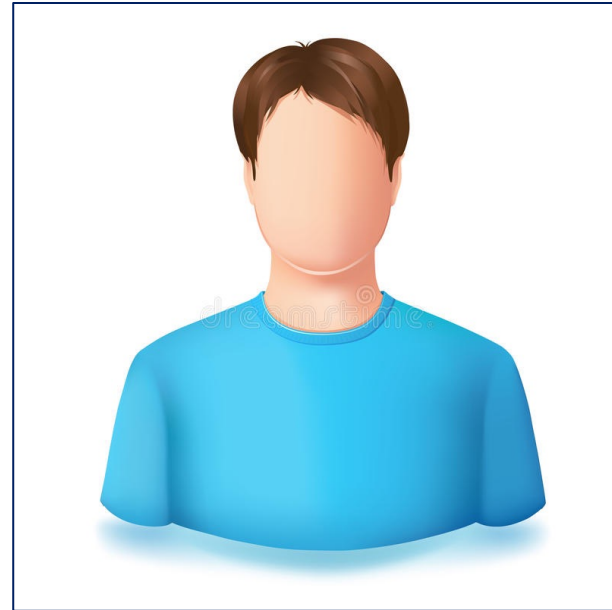


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



RA Guard

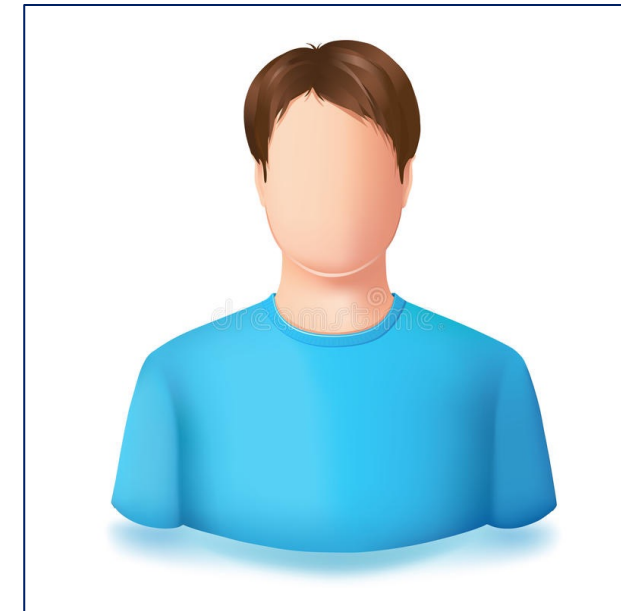
- ✓ Disponible desde la version 7.22 de RouterOS
- ✓ Funciona similar al DHCP Snooping de IPv4
- ✓ Seleccionas que puerto puede enviar mensajes de RA
(Router Advertisement)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



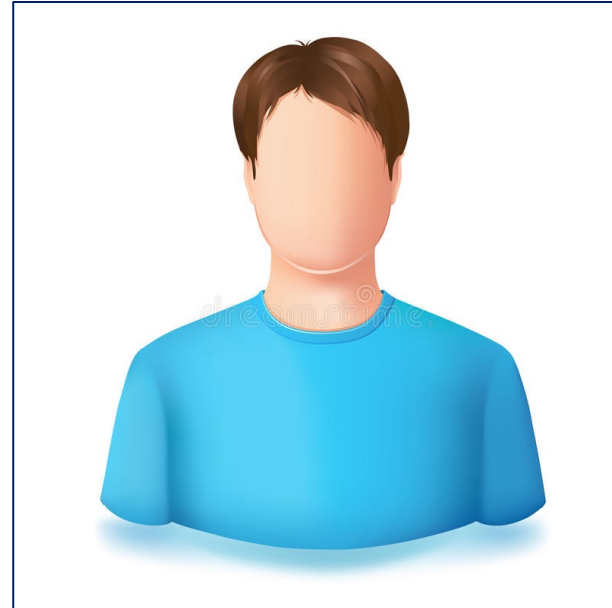
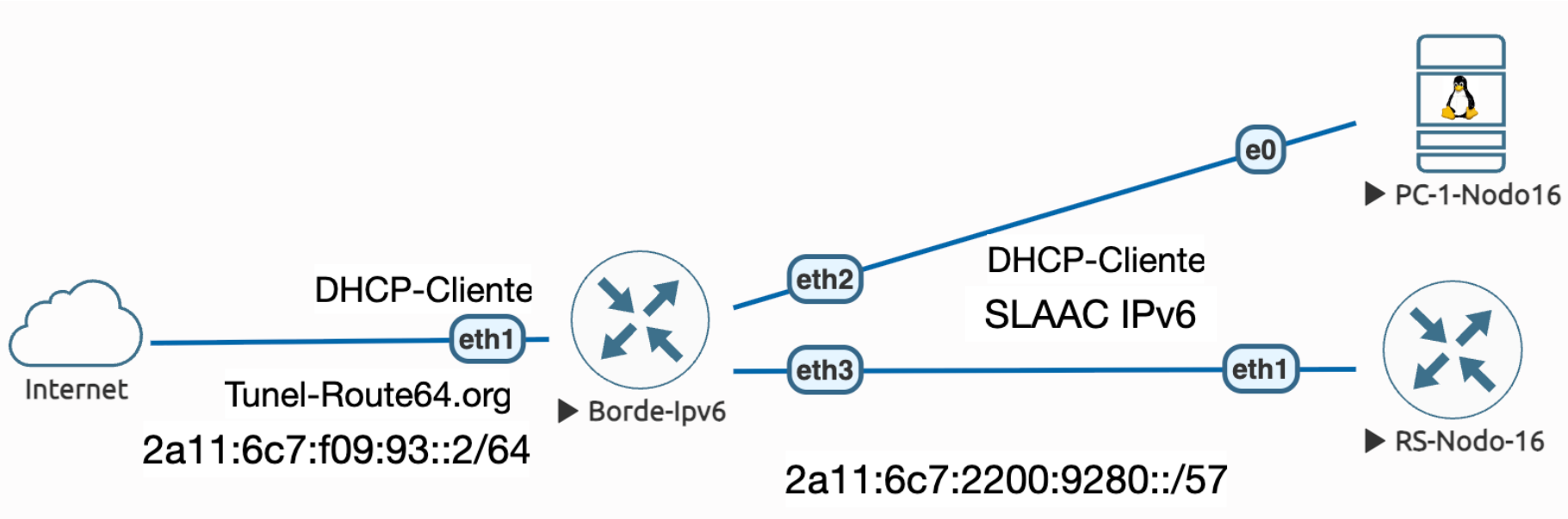
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – RA Guard

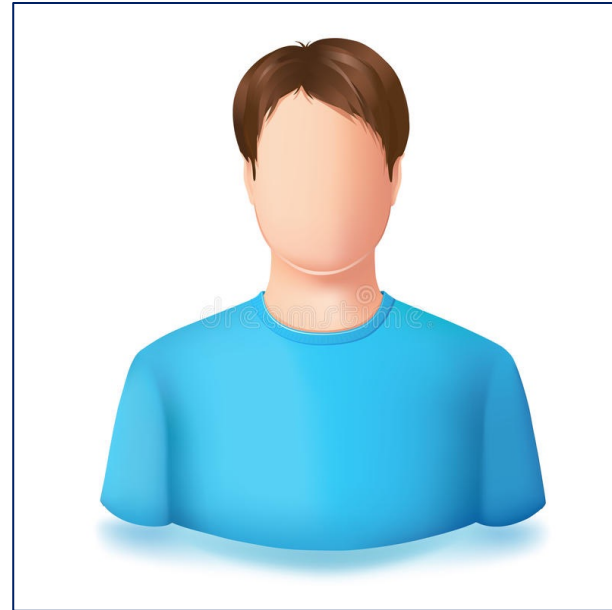


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPv6 Temporales - RFC4941

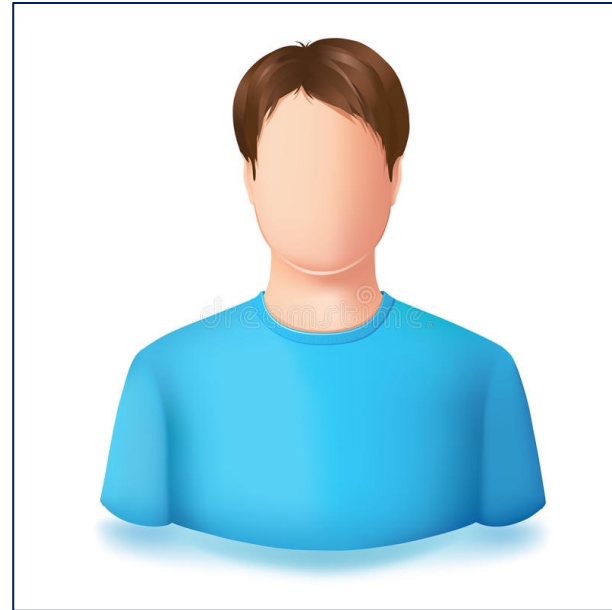
- ✓ Cuando un dispositivo usa un identificador fijo que nunca cambia, cualquier atacante o recolector de datos en la red puede rastrear su actividad, saber a qué hora se conecta o incluso seguir la ubicación de una computadora portátil cuando cambia de red.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Funcionamiento de las IPv6 temporales

- ✓ Se crean para ser utilizadas durante periodos cortos.
- ✓ Cada cierto tiempo, las direcciones viejas pasan a un estado "depreciado" (dejan de usarse para conexiones nuevas pero mantienen las conexiones que ya estaban abiertas)

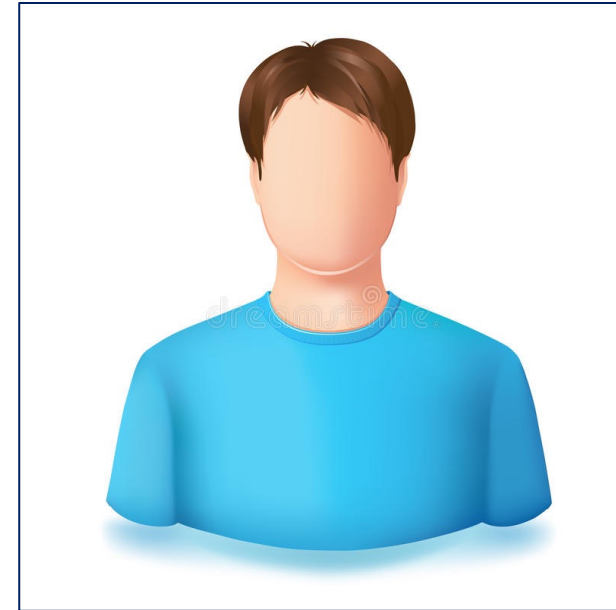


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPv6 temporales

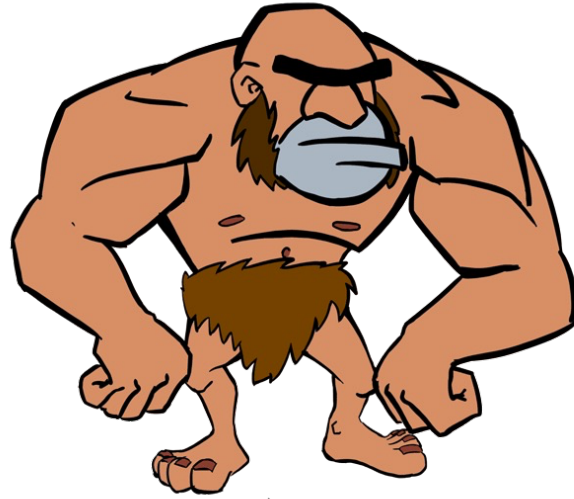
- ✓ Existen diversas implementaciones.
- ✓ MacOS y Windows 10 generan una nueva dirección IPv6 temporal cada 24 horas.
- ✓ Linux puede crear una nueva dirección temporal para cada nueva conexión SSL/TLS.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

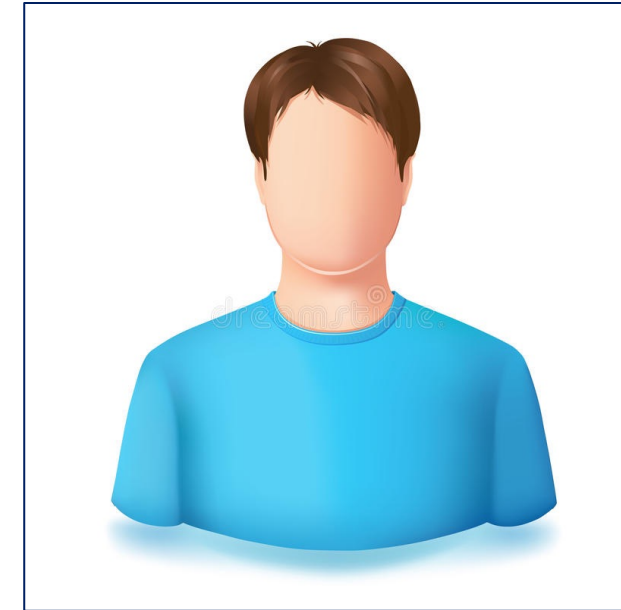


Ataque de fuerza bruta



✓ Descubrir vulnerabilidades sin ningún conocimiento previo de la red.

✓ Suele iniciar con un "barrido de ping"

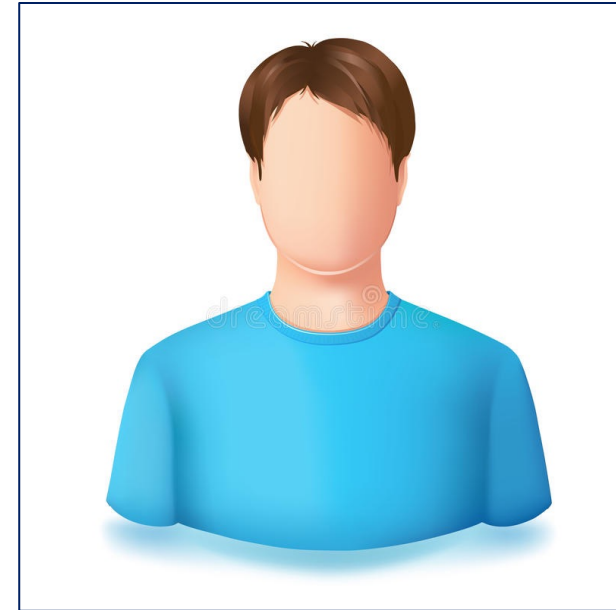


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ataque de fuerza bruta en IPv6

- ✓ Para atacar una red IPv6, primero debemos recordar que una dirección IPv6 completa tiene 128 bits.
- ✓ Para calcular el número de direcciones disponibles, restamos el tamaño del prefijo (la parte de la red) a los 128 bits totales



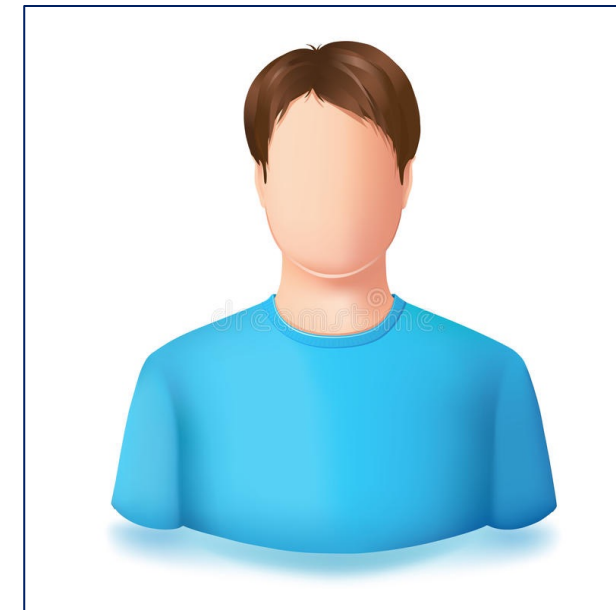
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ataque de fuerza bruta en IPv6

✓ La fórmula es:

$$2^{(128 - \text{prefijo})}$$



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPv6 en red /32

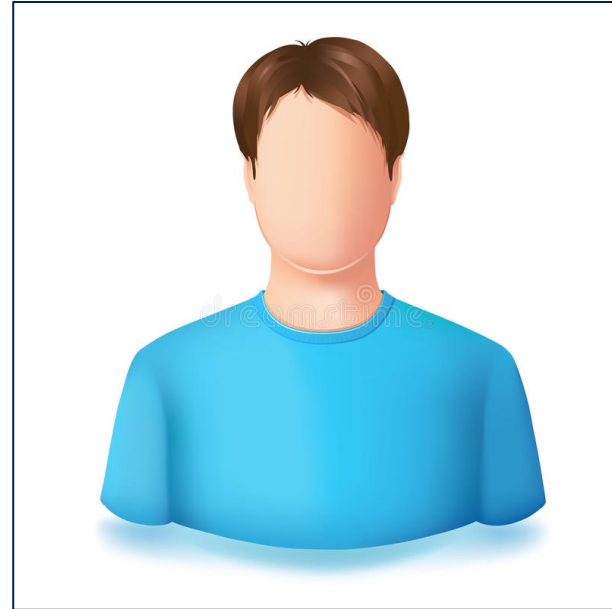
✓ Bits para host: $128 - 32 = 96$ bits.

✓ Combinaciones: 2^{96}

✓ Total aproximado:

79,228,162,514,264,337,593,543,950,336

direcciones IPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

IPv6 en red /48

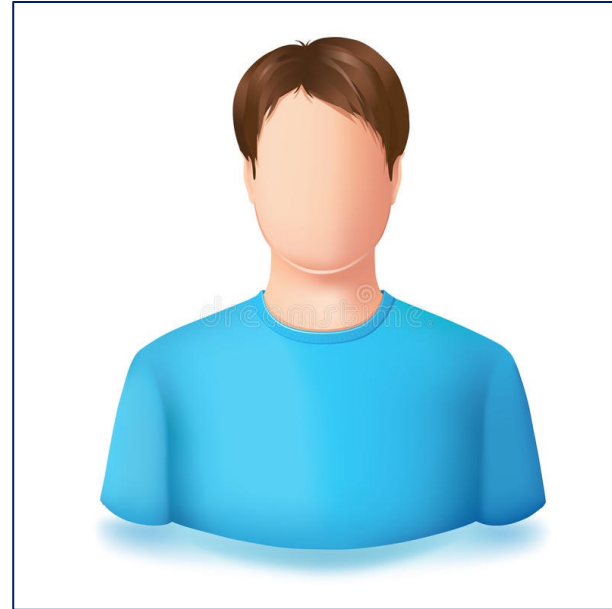
✓ Bits para host: $128 - 48 = 80$ bits.

✓ Combinaciones: 2^{80}

✓ Total aproximado:

1,208,925,819,614,629,174,706,176

direcciones IPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPv6 en red /60

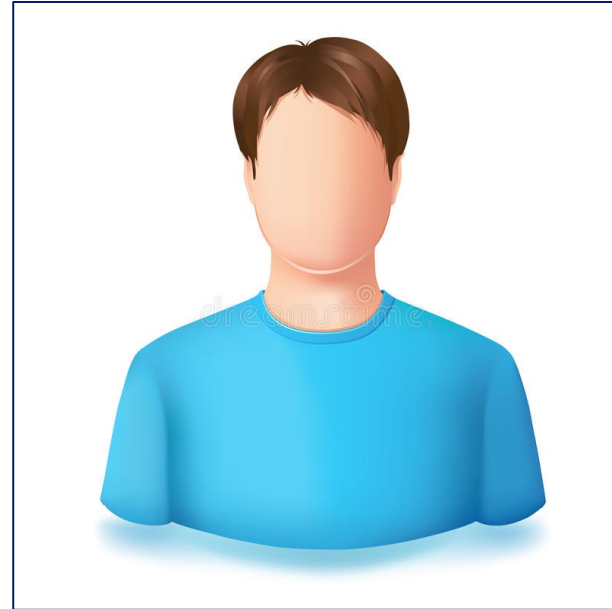
✓ Bits para host: $128 - 60 = 68$ bits.

✓ Combinaciones: 2^{68}

✓ Total aproximado:

295,147,905,179,352,825,856

direcciones IPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

IPv6 en red /64

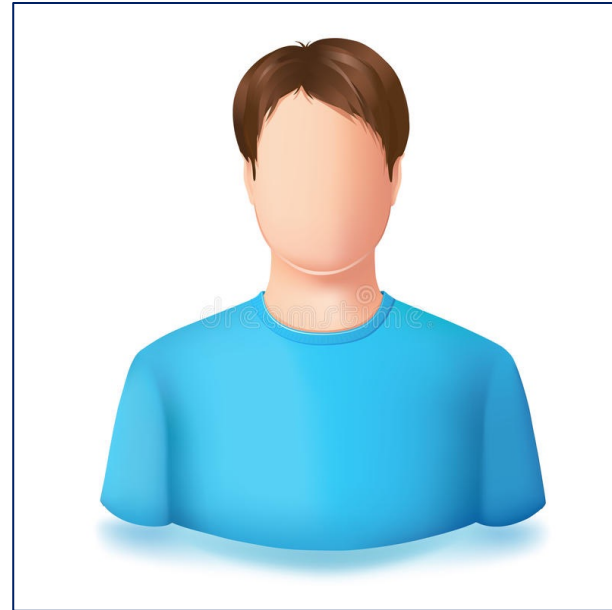
✓ Bits para host: $128 - 64 = 64$ bits.

✓ Combinaciones: 2^{64}

✓ Total aproximado:

18,446,744,073,709,551,616

direcciones IPv6

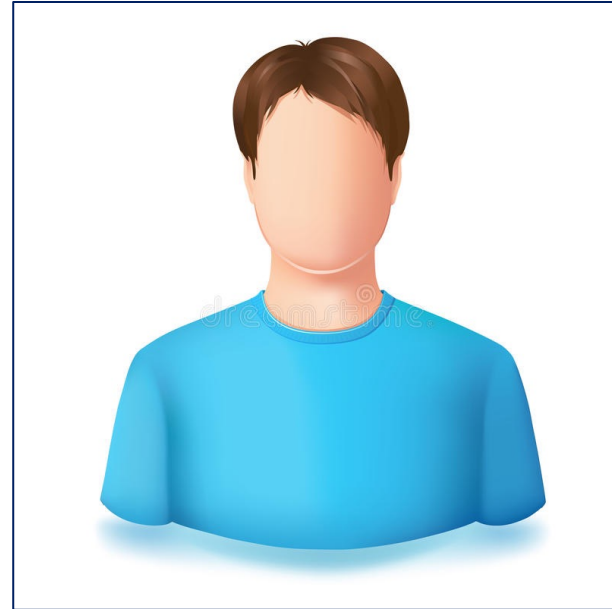


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ataque de fuerza bruta /64

- ✓ Suponiendo una super computadora que lanza 1 millón de ping por segundo
- ✓ Tardaría en acabar un segmento /64 en 584,542 años



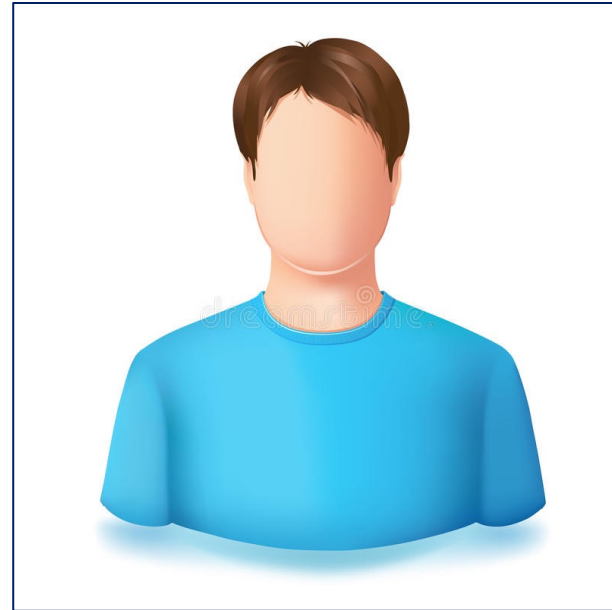
✓ Imposibilidad Práctica

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



RFC 7707

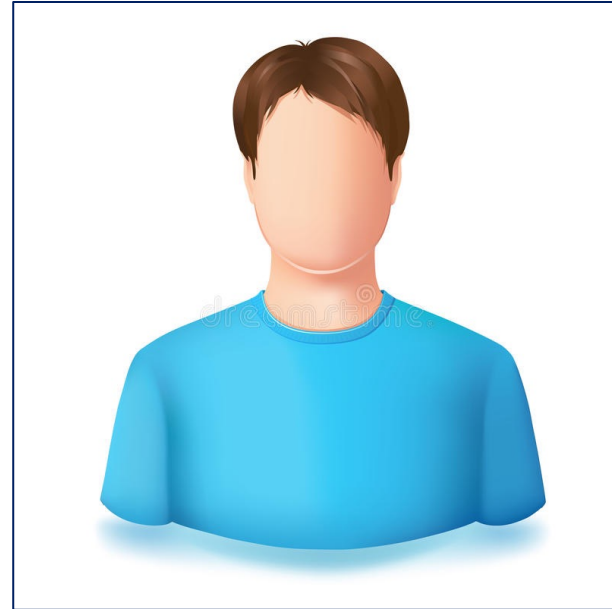
- ✓ Plantea los mecanismos que utilizan los atacantes
- ✓ No se utiliza fuerza bruta, se investiga (ataque dirigido) o se saca probabilidad.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

RFC 6092 - IPv6 Simple Security

- ✓ Establece que los routers domésticos deben actuar como firewalls de estado.
- ✓ Permitir la salida de tráfico pero bloqueando, **por defecto**, cualquier conexión no solicitada desde Internet.

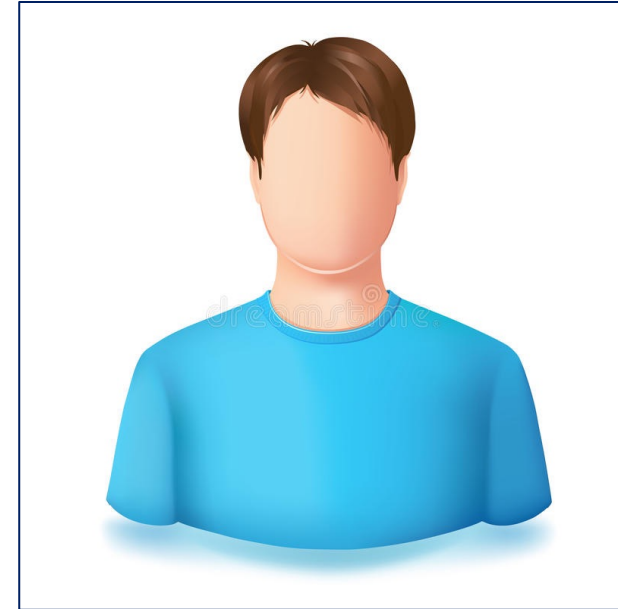


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



RFC 6092 - IPv6 Simple Security

- ✓ Garantiza que el usuario mantenga el mismo nivel de protección que tenía con el NAT de IPv4.
- ✓ Evita que los dispositivos finales queden expuestos directamente al tráfico global IPv6.

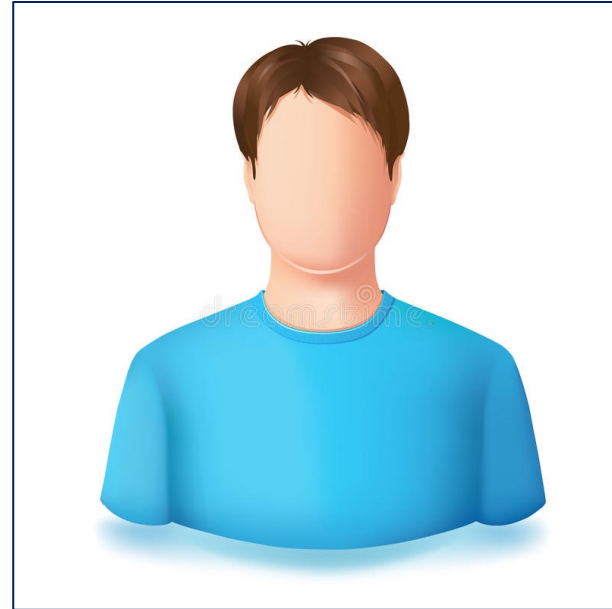


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Firewall

- ✓ Por defecto, el firewall IPv6 de RouterOS no tiene reglas de filtrado.
- ✓ Protege tu router de amenazas externas.

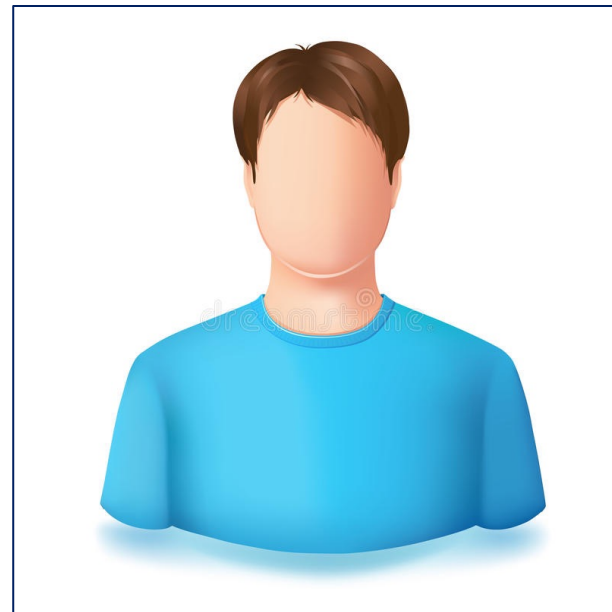


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Firewall

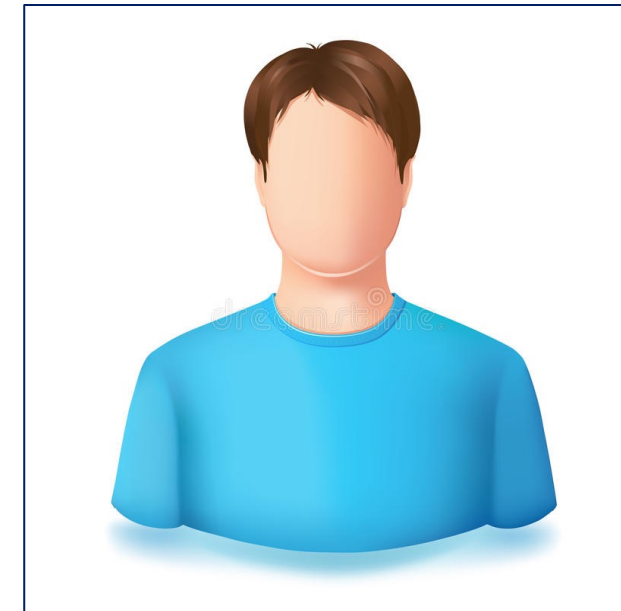
- ✓ El firewall de RouterOS IPv6 funciona de forma similar al firewall de IPv4
- ✓ Implementa las mismas reglas de filtrado, mangle, nat y address list que con IPv4.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



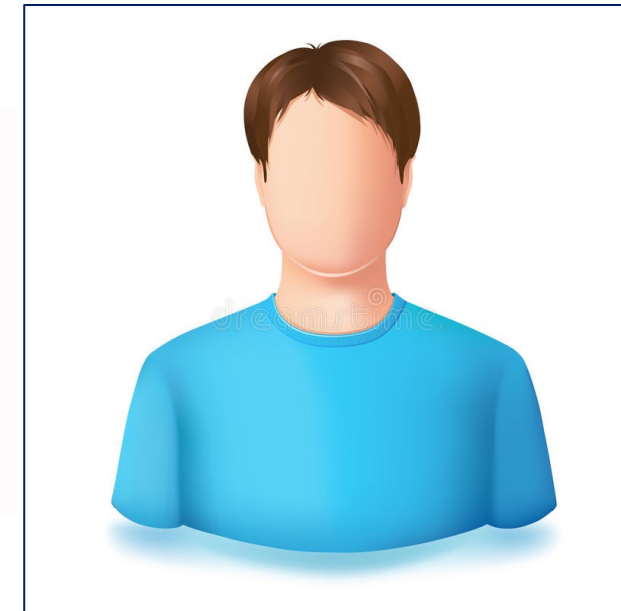
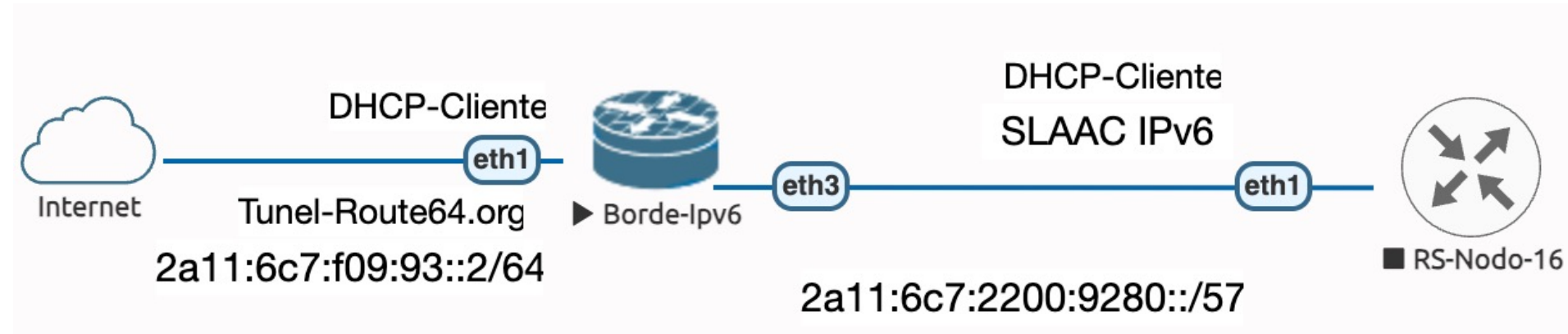
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – Firewall

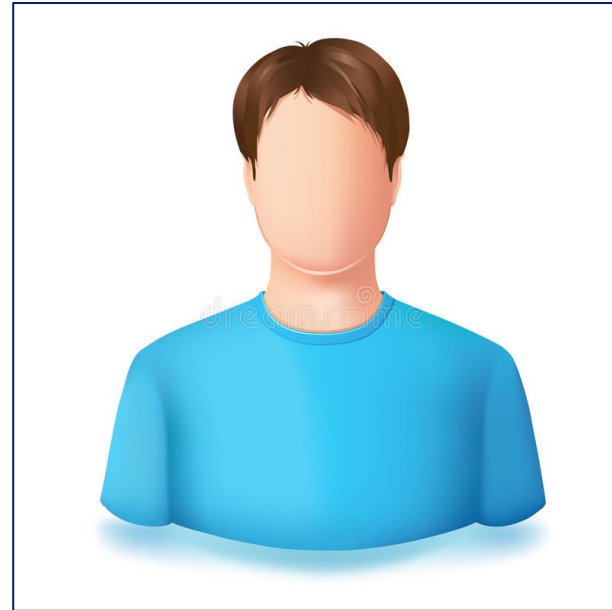


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPSec en IPv6

- ✓ Es conjunto de protocolos para la comunicación segura en la capa IPv6
- ✓ Desarrollado originalmente para IPv6, posteriormente adaptado también a IPv4.
- ✓ Proporciona cifrado al protocolo IP.

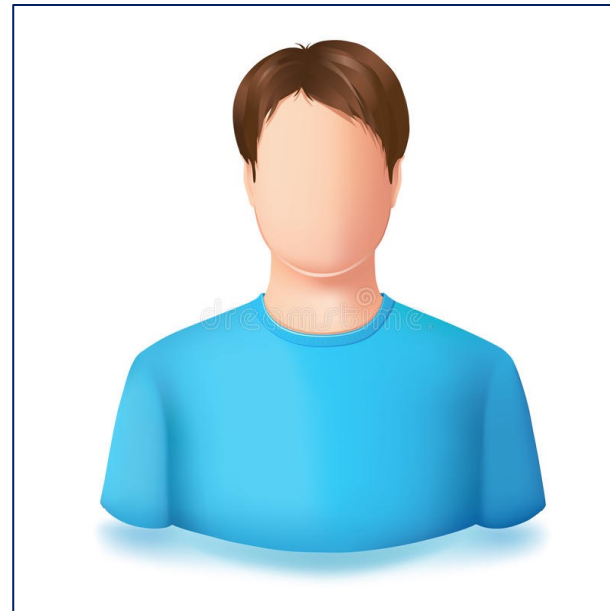


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPSec en IPv6

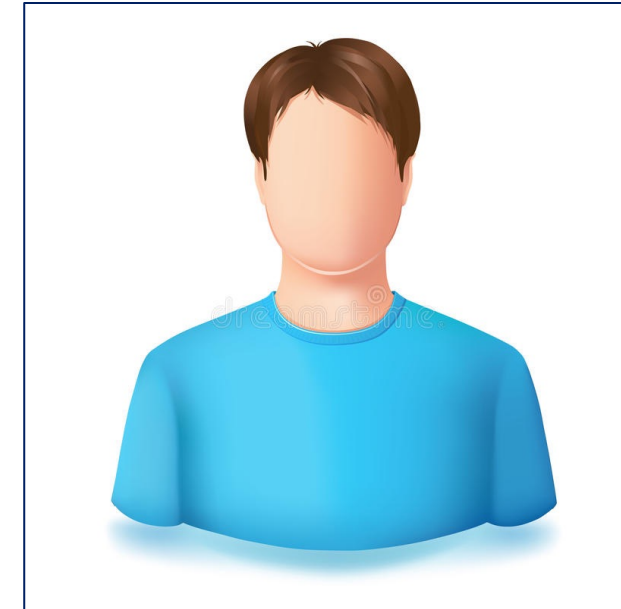
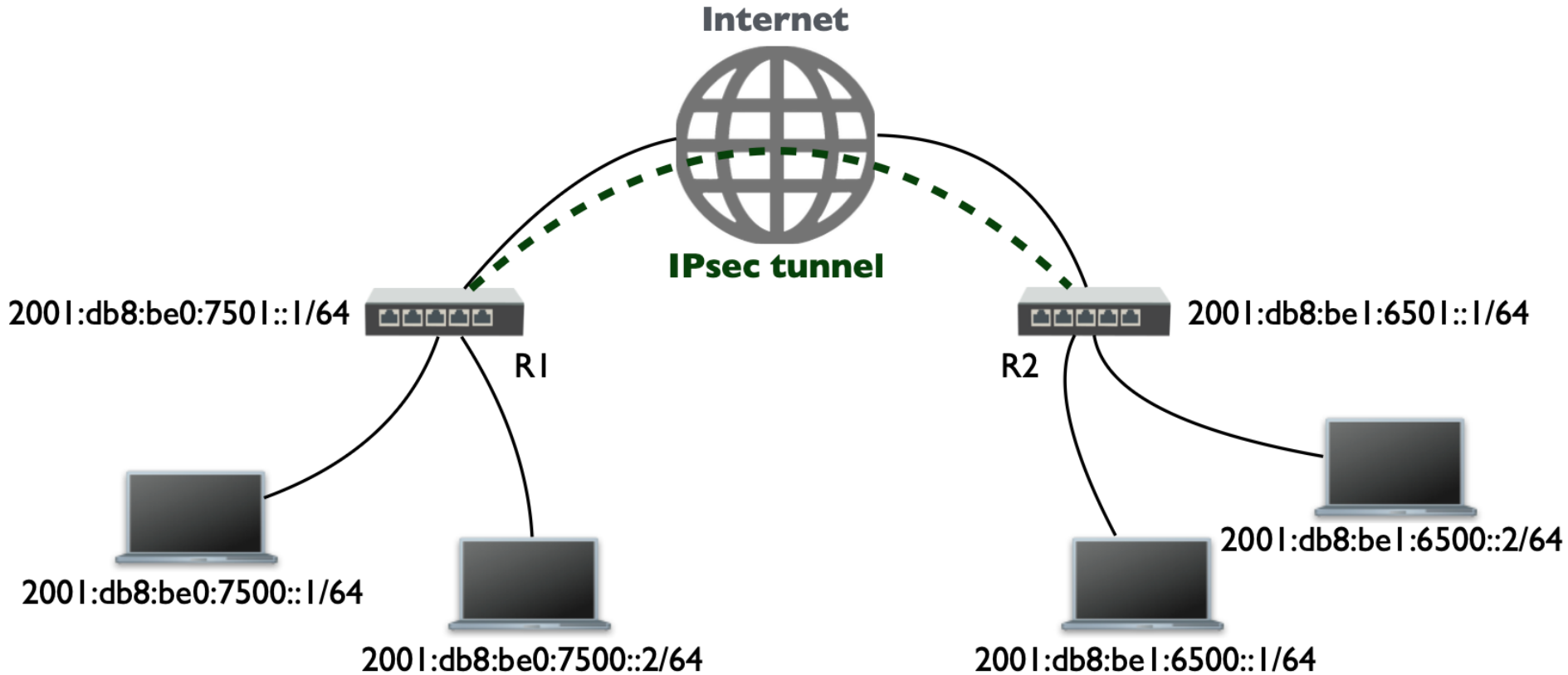
- ✓ Existen varios enfoques para implementar IPSec
- ✓ Cifrado solo de encabezado (AH)
- ✓ Cifrado solo de datos (ESP)
- ✓ Cifrado de encabezado y datos (AH+ESP)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



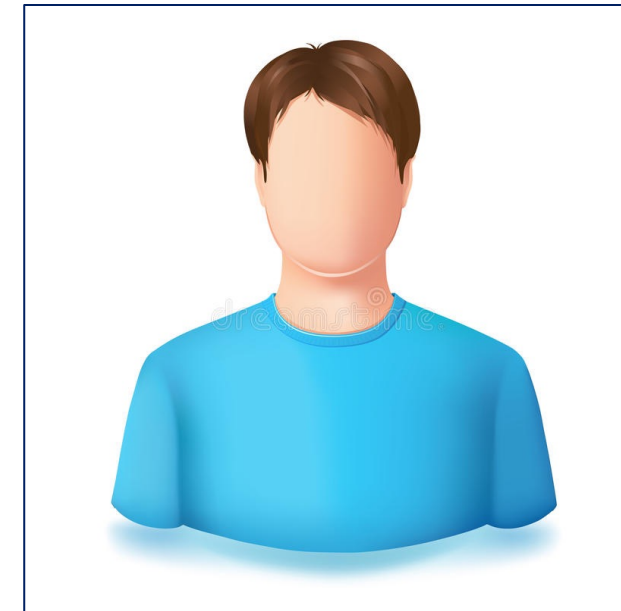
IPSec en IPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



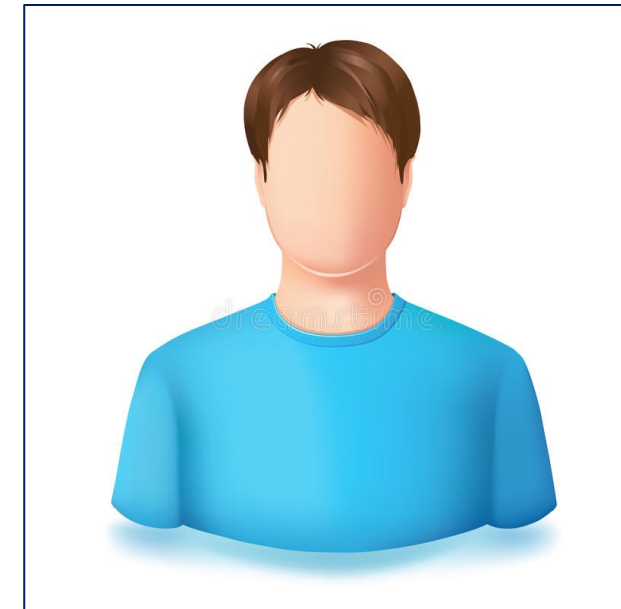
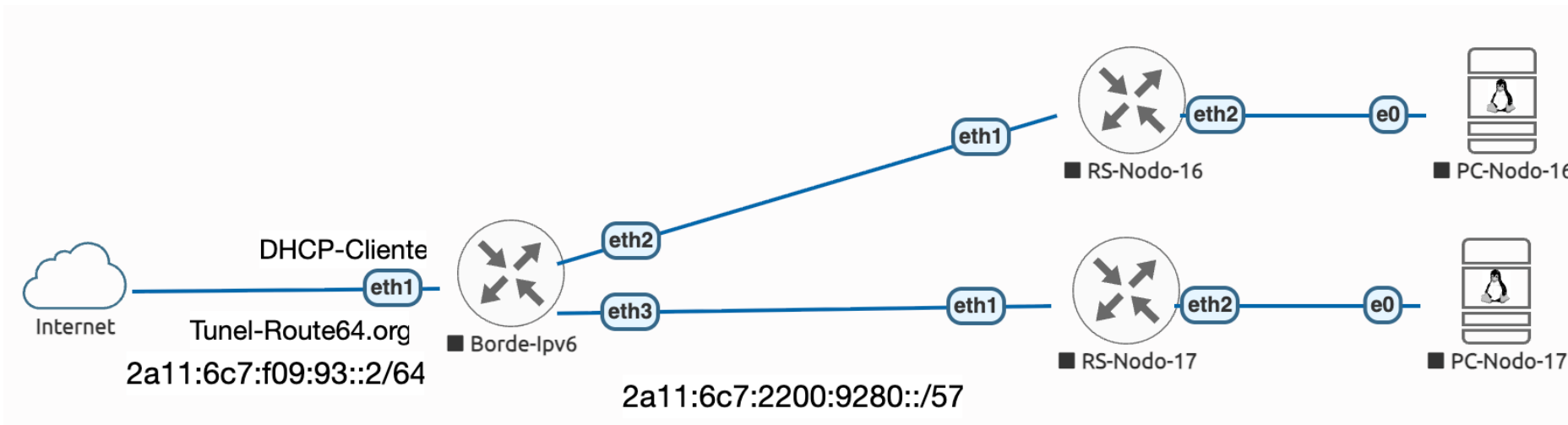
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – Firewall



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



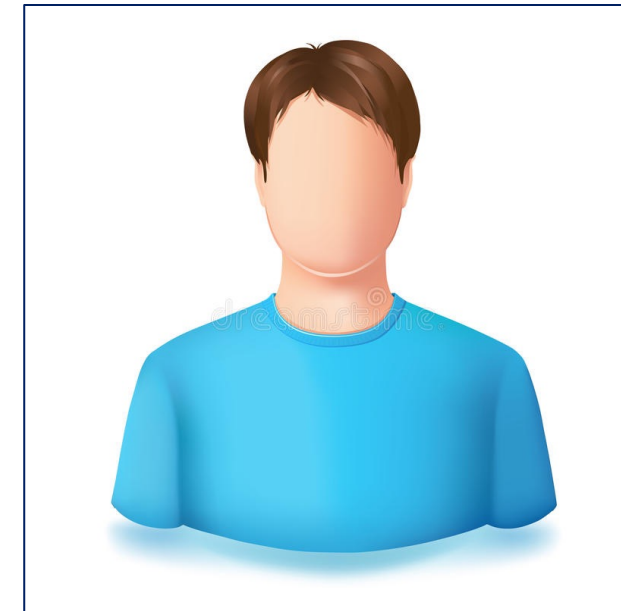


Resumen

Capitulo 4



MTCIPv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Mecanismos de Transición

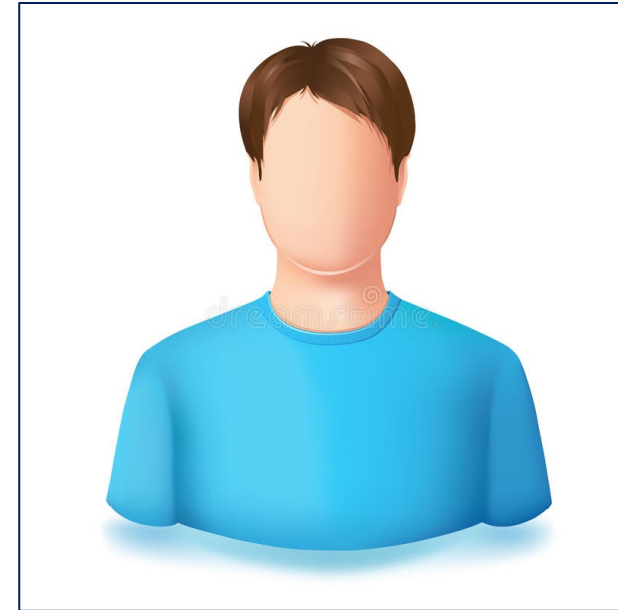
✓ Dual stack

✓ 6to4

✓ 6RD

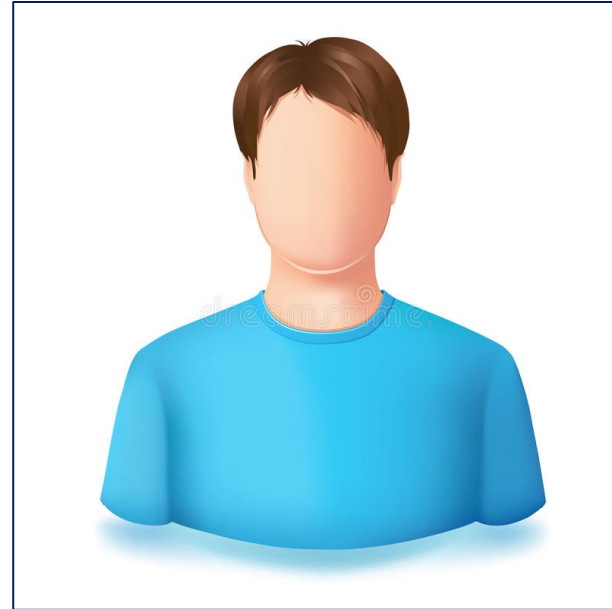
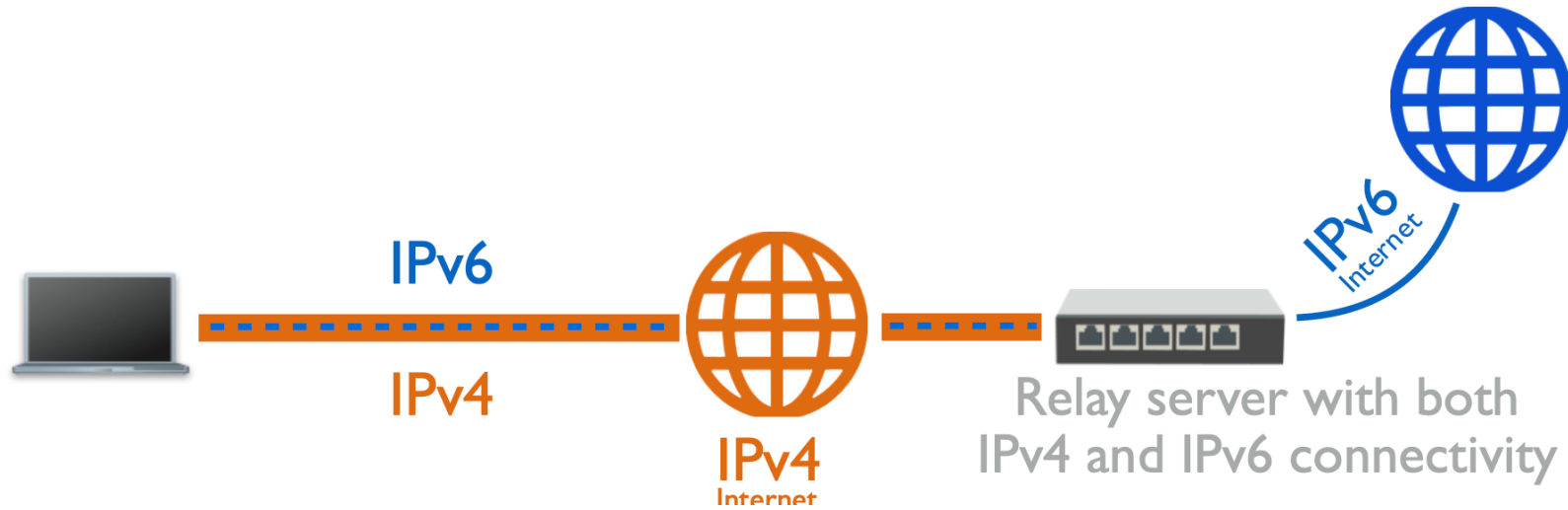
✓ Teredo

✓ DS-lite (Dual stack lite)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

6to4



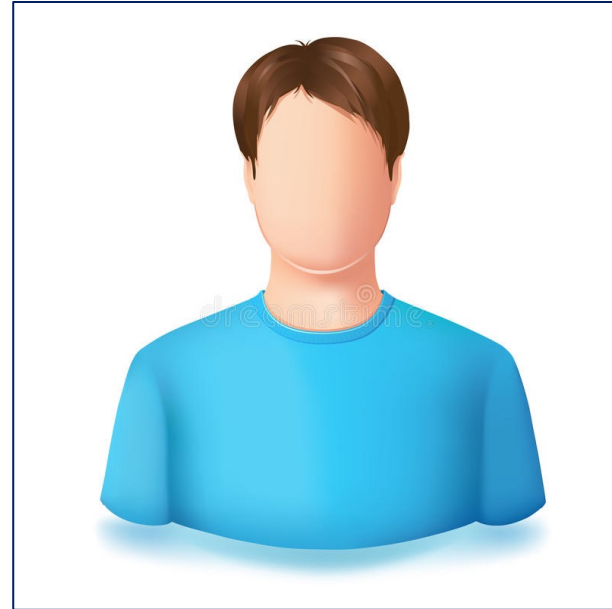
- ✓ Es un tunel VPN, que corre sobre IPv4
- ✓ Te entregan IPv6 sobre ese tunel establecido

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6to4

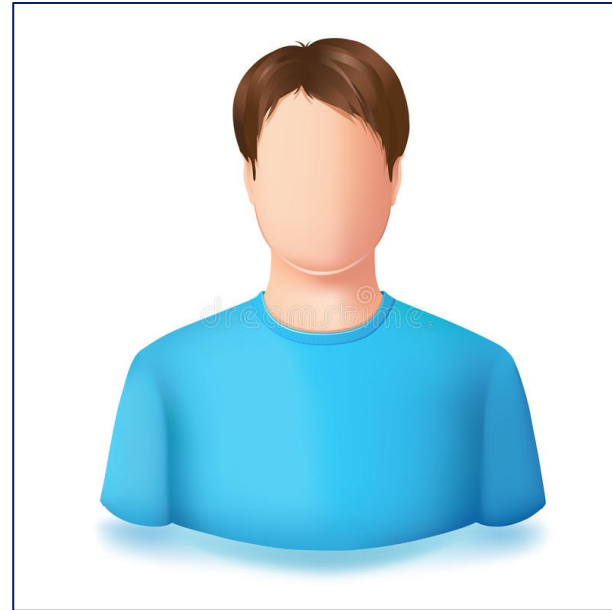
- ✓ Permite que los paquetes IPv6 se transmitan a través de una red IPv4.
- ✓ Requiere la configuración de un servidor de retransmisión (6to4 relay server) con conectividad IPv6 nativa en el otro extremo.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

6to4

- ✓ Diseñado únicamente como un mecanismo de transición, no como una solución permanente.
- ✓ Requiere de IPv4 públicas en ambos extremos.
- ✓ Los paquetes IPv6 se encapsulan dentro de paquetes IPv4.

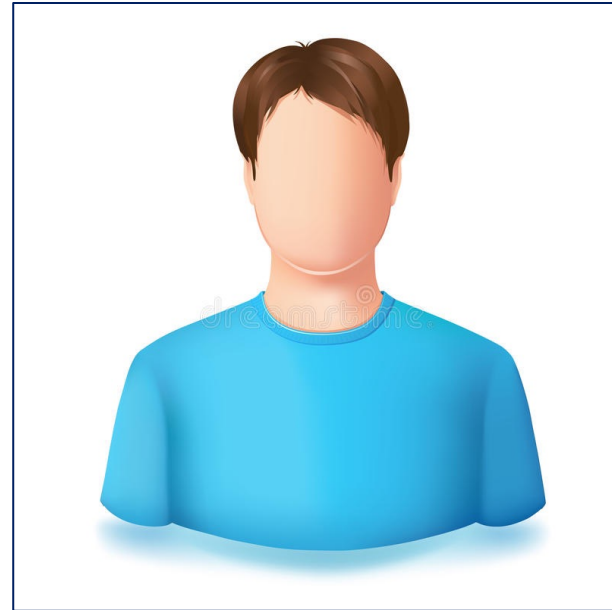


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6to4

- ✓ Se desencapsulan y se reenvían como paquetes IPv6 nativos.
- ✓ Existen servicios listos para usar que ofrecen túneles 6to4 de forma gratuita.
- ✓ Hurricane Electric, es el más popular.

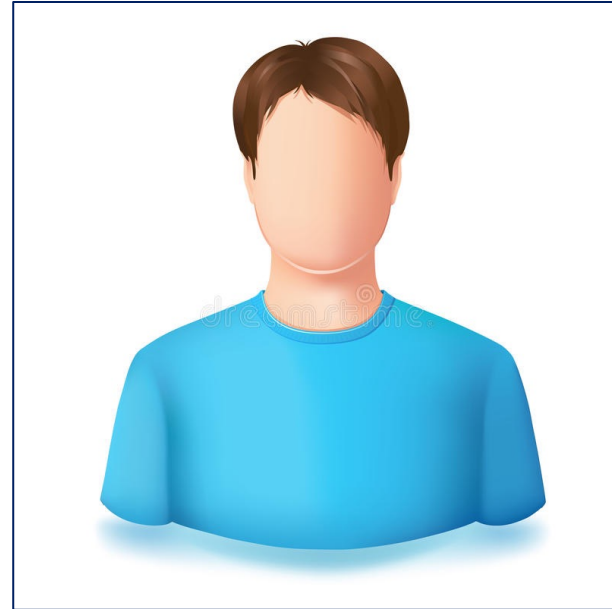


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6to4

- ✓ La interfaz 6to4 de RouterOS se utiliza para levantar (establecer) el túnel.
- ✓ Debido a que 6to4 utiliza encapsulación, el MTU se debe cambiar a un tamaño más pequeño (para evitar que los paquetes se fragmenten).



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6to4

Interface > New...

General Status Traffic

Enabled

Comment

Name

Type

MTU

Actual MTU

L2 MTU

VRF

Local Address

Remote Address

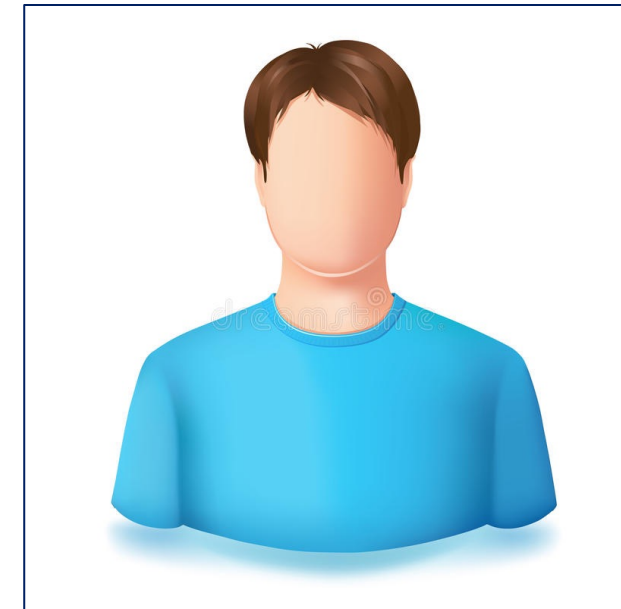
IPsec Secret

Keepalive

DSCP

Dont Fragment

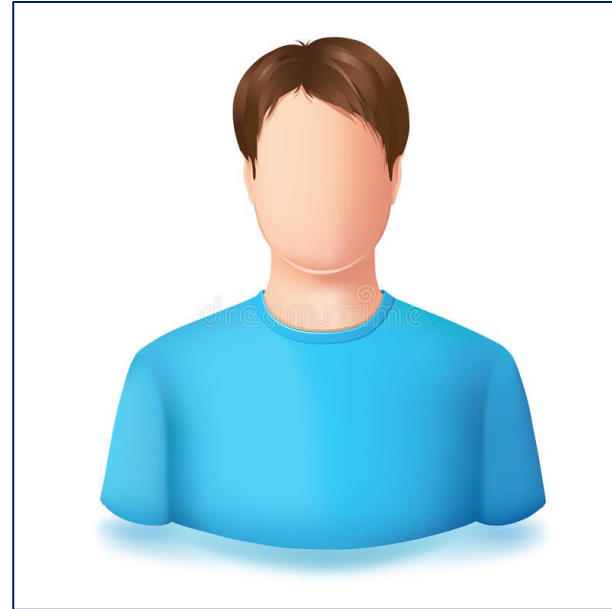
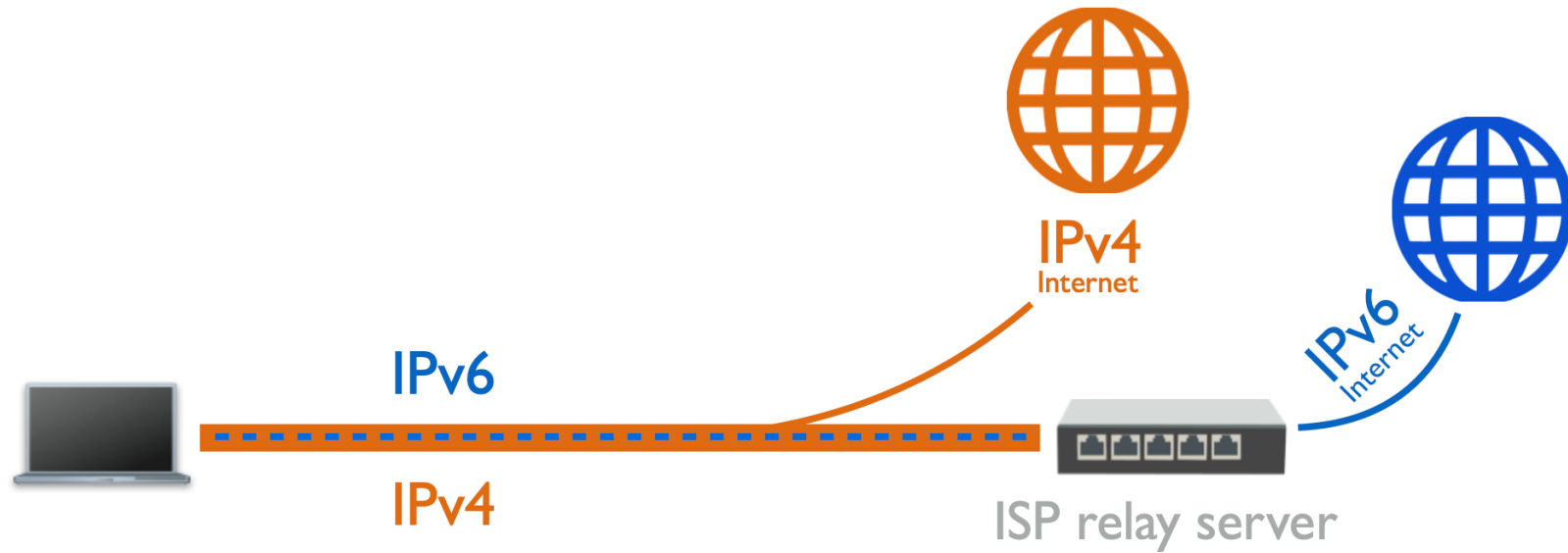
Clamp TCP MSS



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6RD



✓ Es un tunel VPN, que corre sobre IPv4

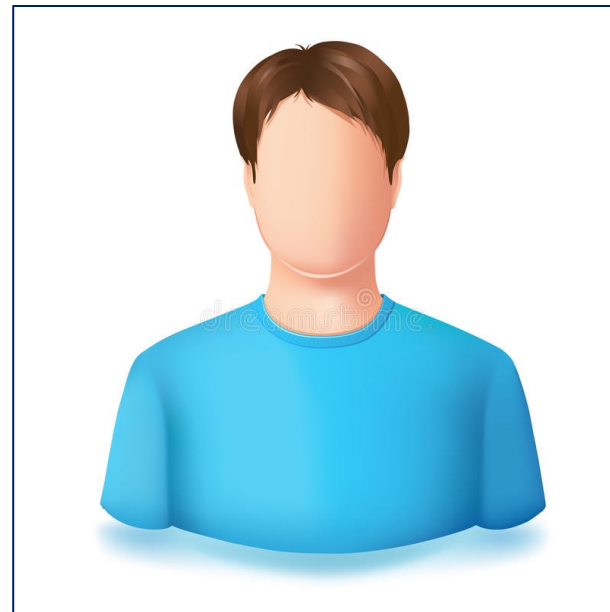
✓ IPv6 Rapid Deployment (6RD) es un derivado de 6to4.

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6RD

- ✓ El servidor IPv6 relay está controlado directamente por tu proveedor de internet (ISP).
- ✓ Desde el cliente hasta el ISP, la red es puramente IPv4.
- ✓ MikroTik no soporta este tunel

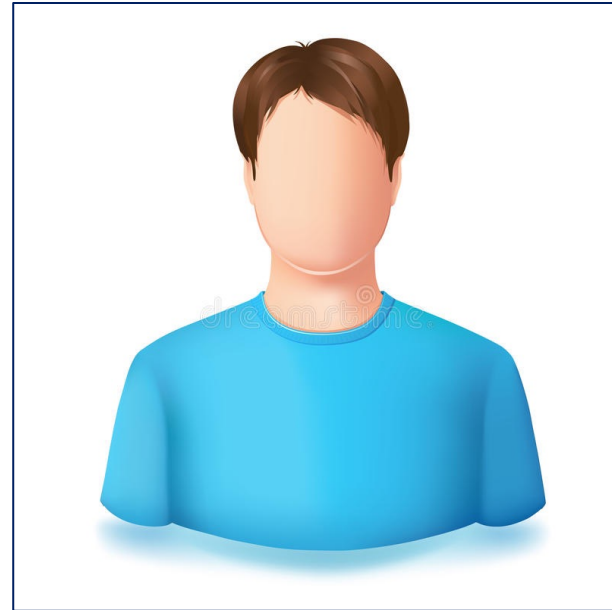


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



6RD

- ✓ En el lado del cliente, se necesita software adicional para encapsular los paquetes IPv6 dentro de paquetes IPv4.
- ✓ Este mecanismo está descrito en el estándar RFC 5569.

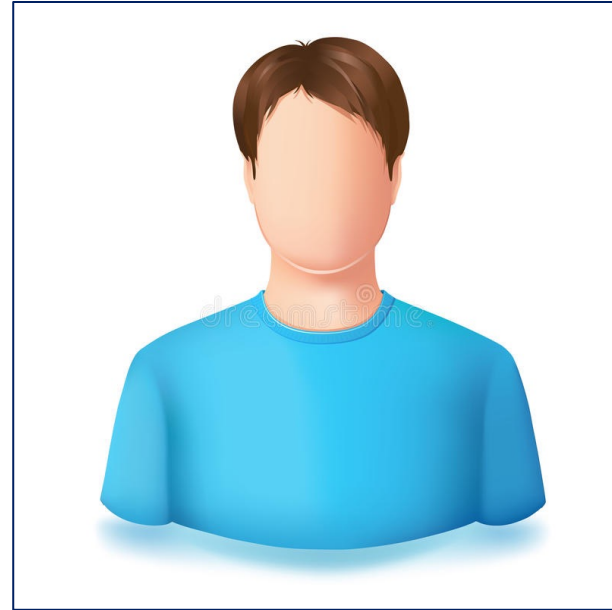


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Teredo

- ✓ Es un tunel VPN, que corre sobre IPv4
- ✓ Teredo encapsula el tráfico IPv6 dentro de paquetes IPv4 UDP.
- ✓ El tráfico se envía a través de la internet IPv4 existente.

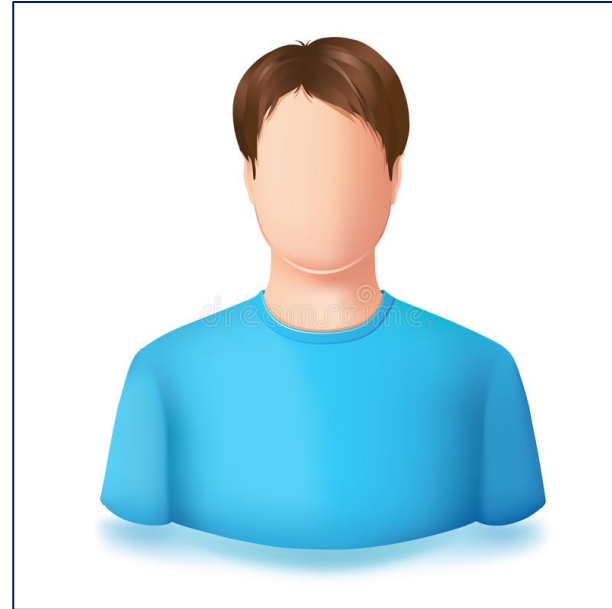


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Teredo

- ✓ A diferencia de 6to4, Teredo sí funciona detrás de un NAT IPv4.
- ✓ Utilizaba el prefijo de red Teredo $2001::/32$
- ✓ Fue desarrollado originalmente por Microsoft.
- ✓ Estándar RFC 4380.

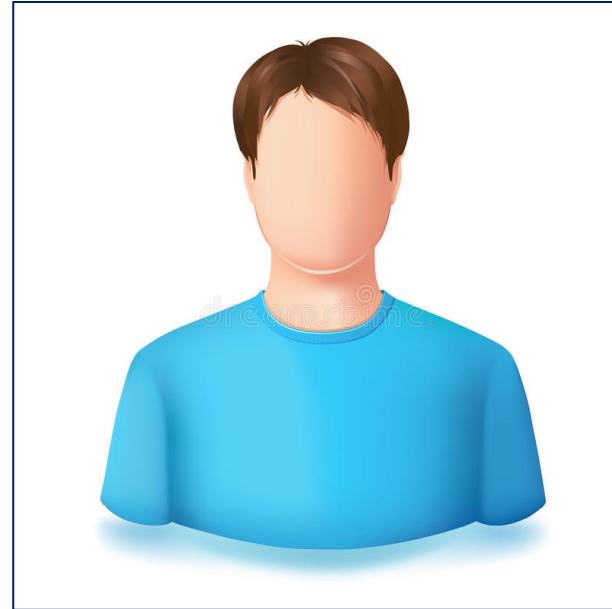


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



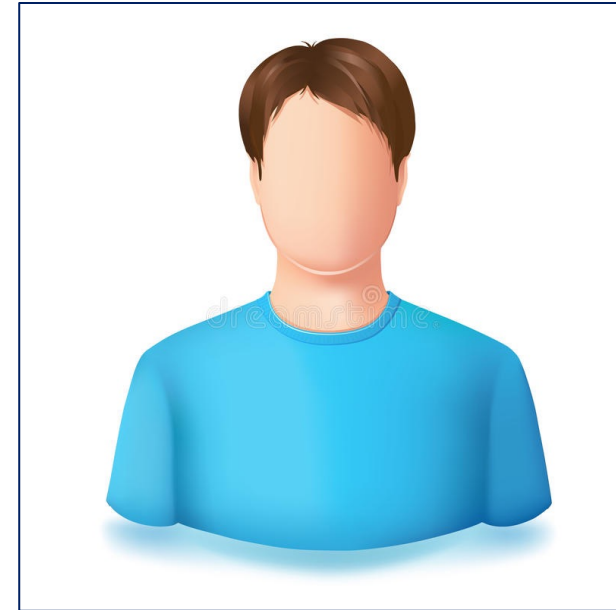
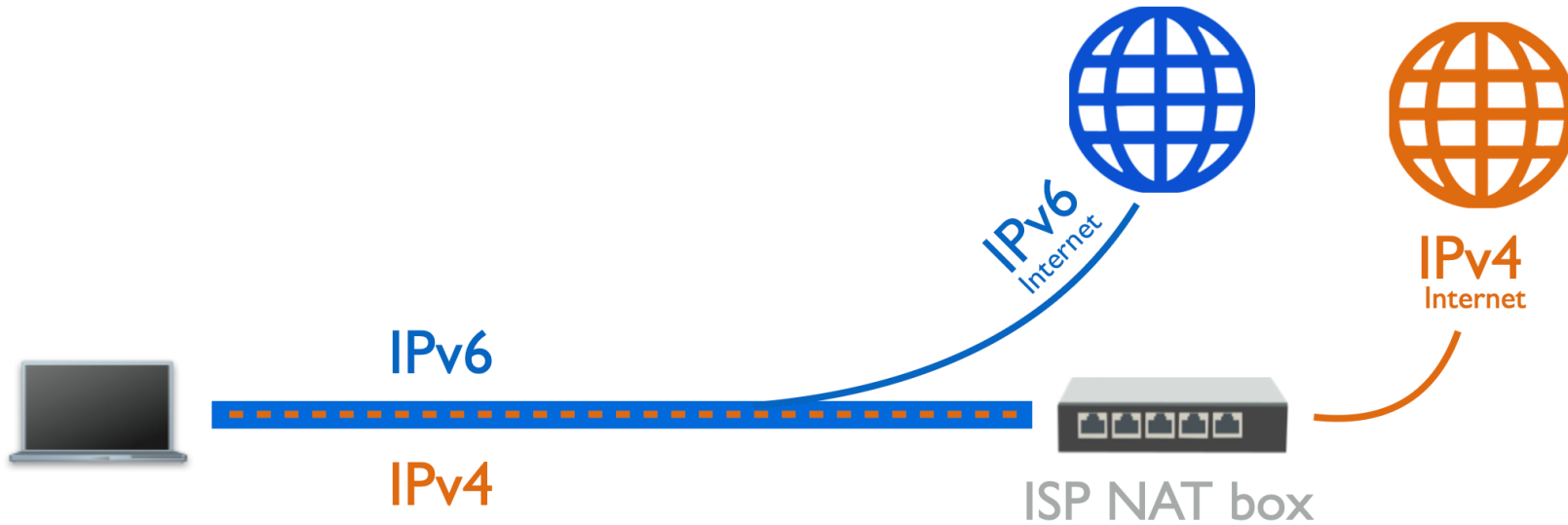
Teredo

- ✓ Solo puede proporcionar una única dirección IPv6 por extremo del túnel, no puedes pasar un prefijo.
- ✓ Actualmente, no funciona
- ✓ Microsoft apagó sus servidores en 2014
- ✓ MikroTik no soporta este tunel



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

DS-lite



✓ Es un tunel VPN, que corre sobre IPv6

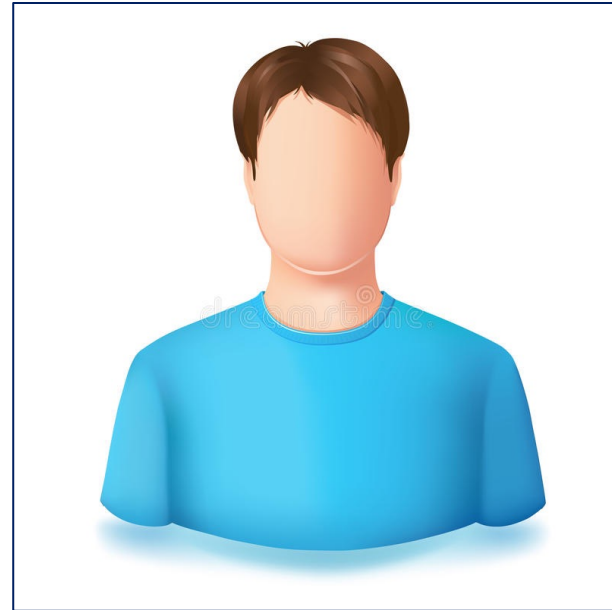
✓ El cliente tiene conectividad IPv6 nativa

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DS-lite

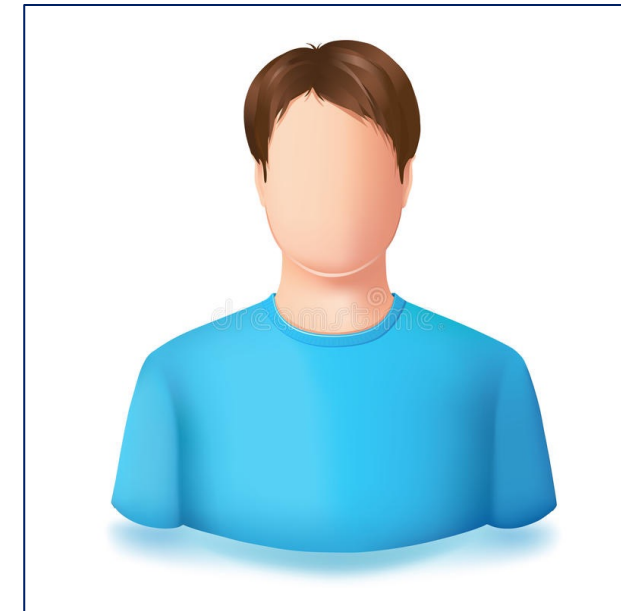
- ✓ Cuando se necesita enviar un paquete IPv4, este se encapsula dentro de un paquete IPv6
- ✓ El NAT está centralizado a nivel del ISP
- ✓ Mikrotik no soporta este tunel



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



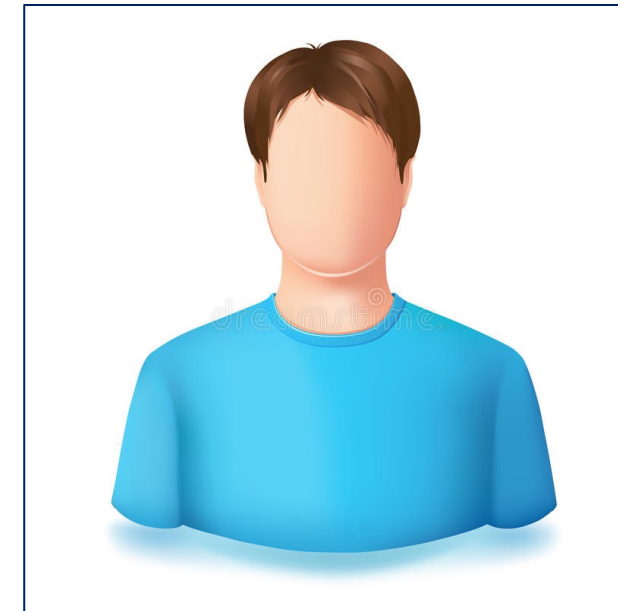
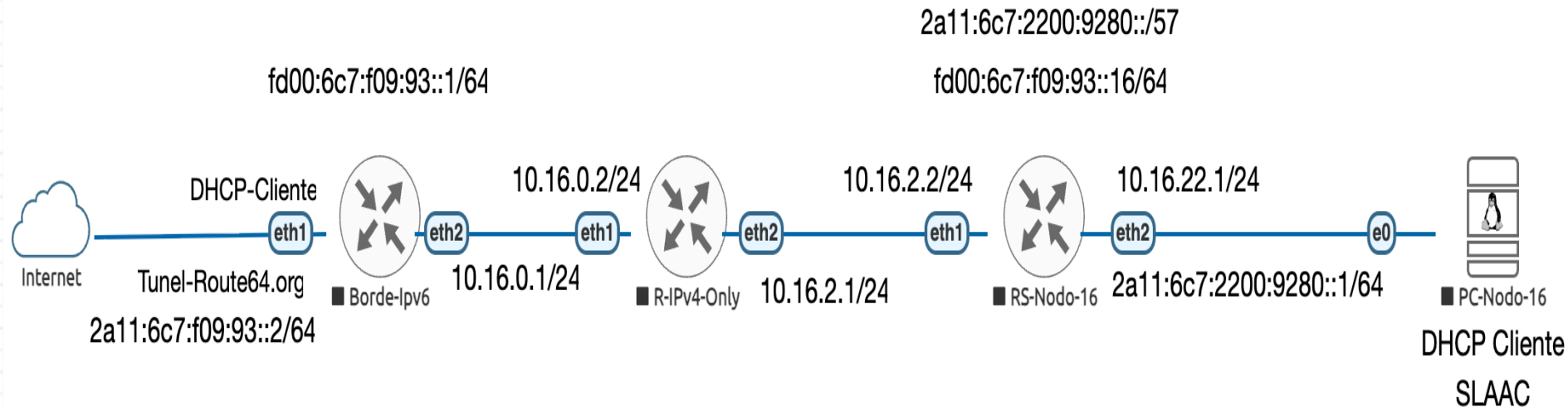
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico - 6to4



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Mecanismos de Transición

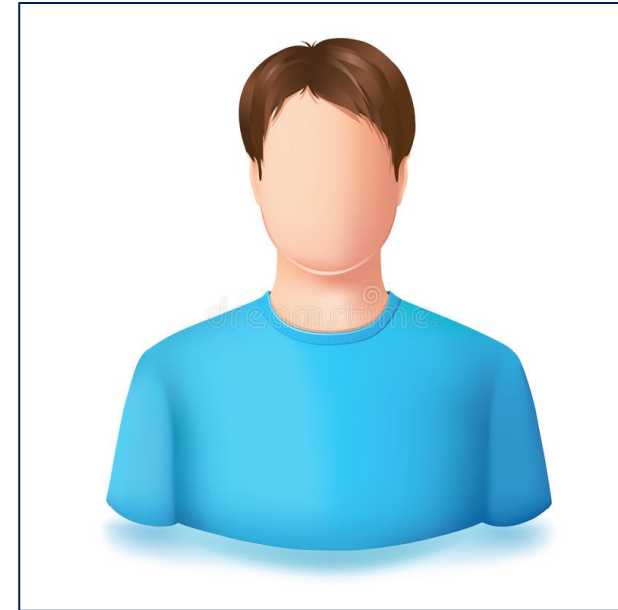
✓ Dual stack

✓ 6to4

✓ 6RD

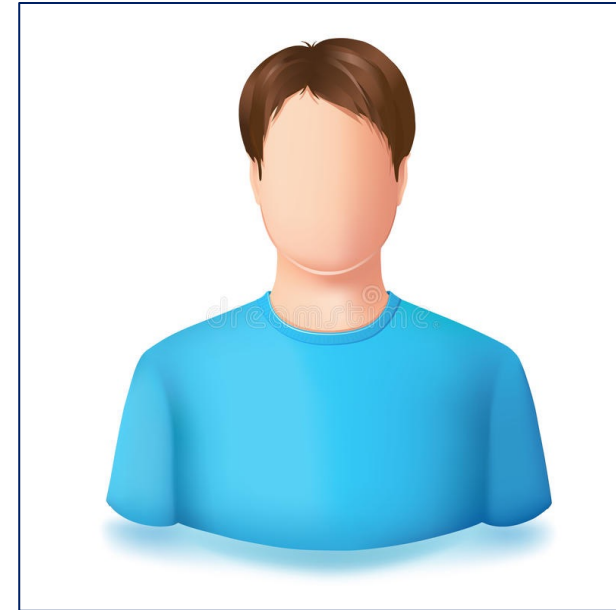
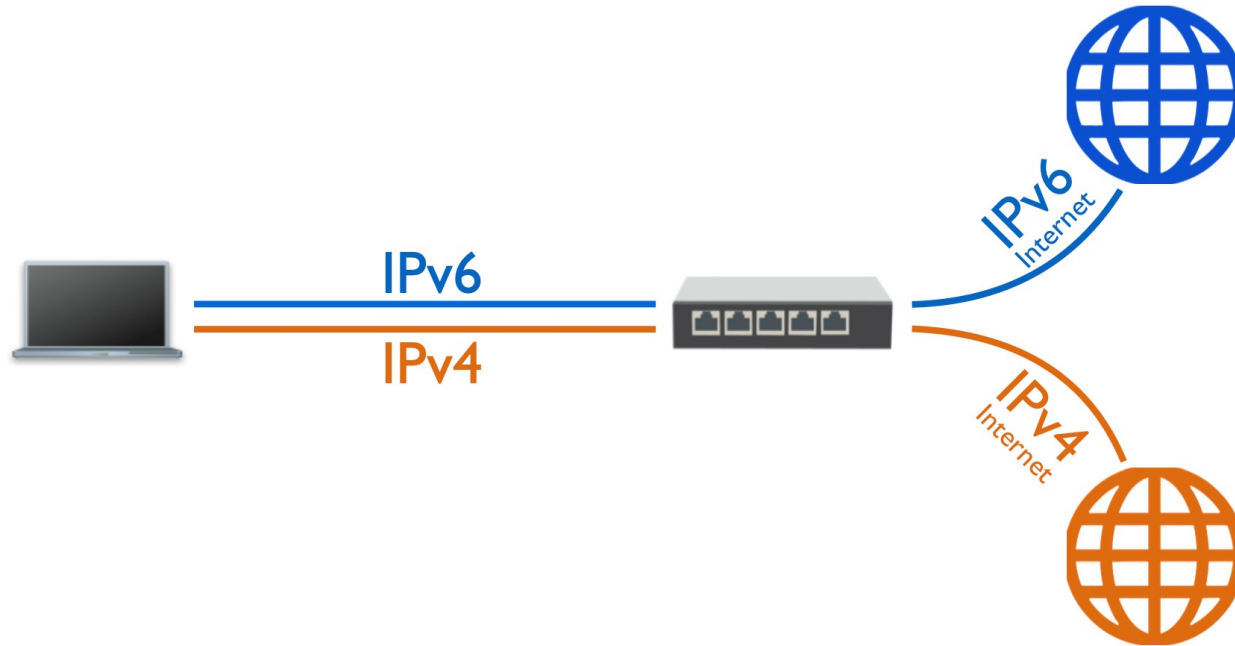
✓ Teredo

✓ DS-lite (Dual stack lite)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Dual Stack



✓ NO es un tunel VPN, soportas IPv6 e IPv4

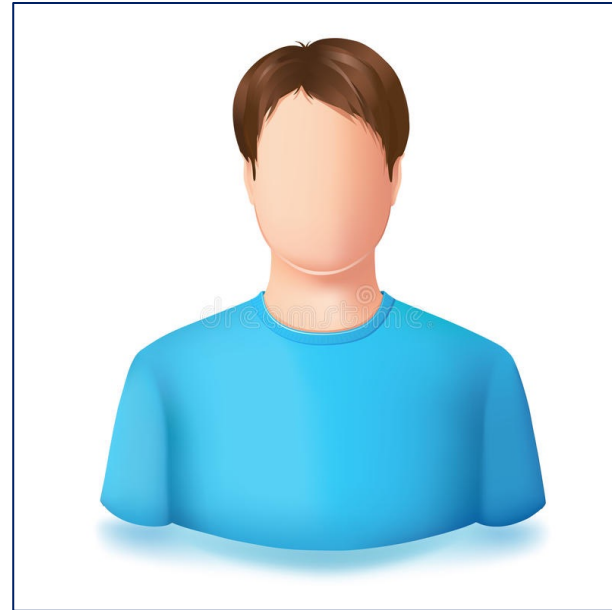
✓ El cliente tiene conectividad IPv6 nativa

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Dual Stack

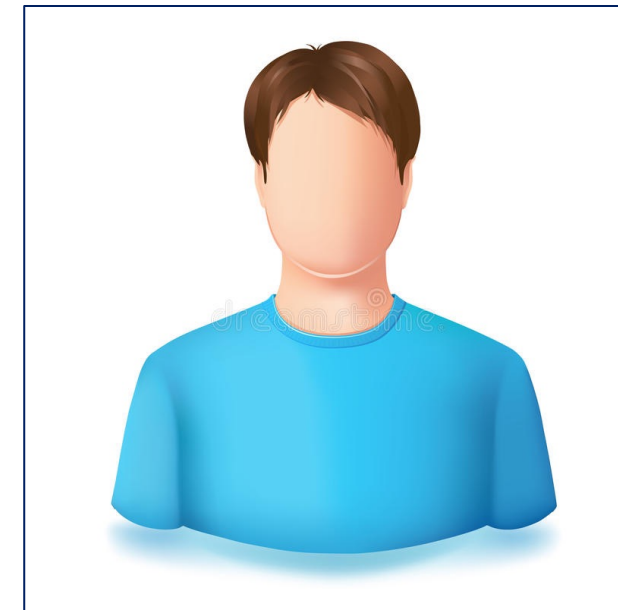
- ✓ Es el método originalmente propuesto y recomendado.
- ✓ No requiere técnicas de túneles ni encapsulado
- ✓ No hay desperdicio de ancho de banda



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Dual Stack - Contras

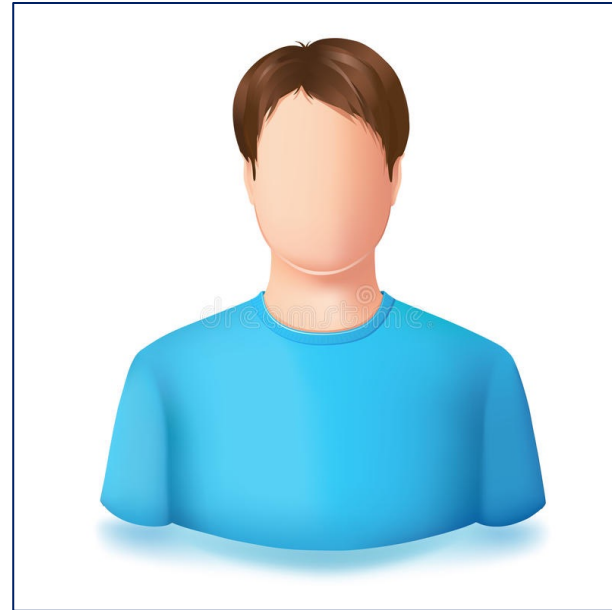
- ✓ Mantener Dual Stack significa operar dos redes lógicas paralelas sobre la misma infraestructura física.
- ✓ Duplica el trabajo de administración
- ✓ Se quita el incentivo para apagar el protocolo IPv4



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

IPv6 Only

- ✓ Es una red que SOLO tiene IPv6
- ✓ No se puede lograr por factores externos
- ✓ Hay servidores en Internet que solo tienen IPv4
- ✓ Aprox. el 30% de Internet es IPv4 Only

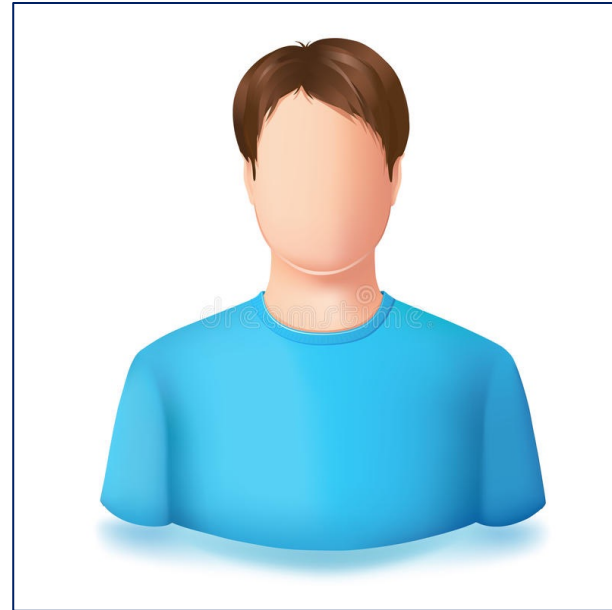


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DNS64

- ✓ Traduce nombres de páginas web IPv4 al formato de IPv6.
- ✓ Utiliza el prefijo `64:ff9b::/96`
- ✓ Incrusta el IPv4 para format los 128 bits
- ✓ Es un apoyo para redes IPv6 Only

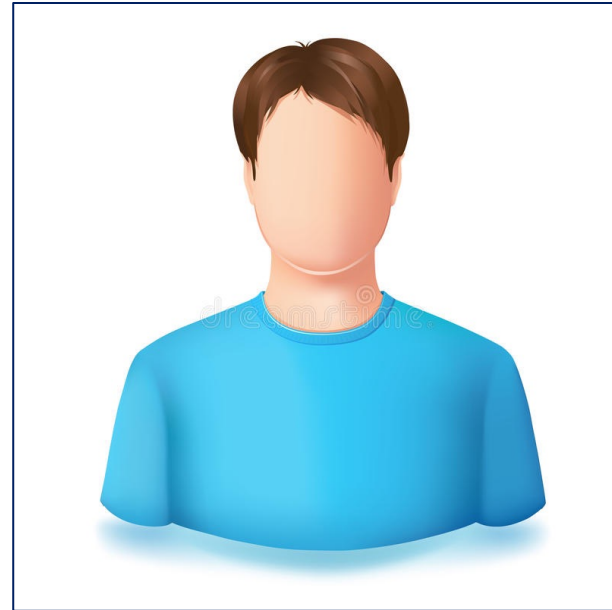


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DNS64

- ✓ Modifica las respuestas de las consultas DNS para que parezcan IPv6.
- ✓ Inventa una dirección IPv6 uniendo tu prefijo especial con la IP IPv4 real.
- ✓ Trabaja únicamente a nivel de nombres de dominio y no toca los datos.



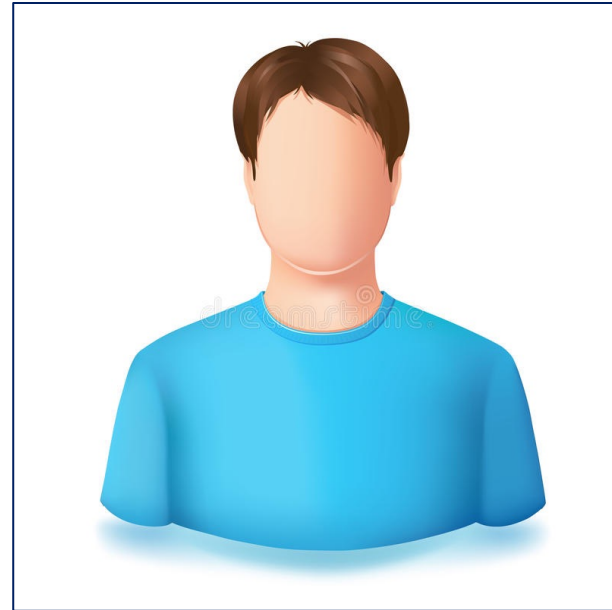
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Consulta DNS

```
root@DNS64-Unbound:~# nslookup amazon.com.mx 8.8.8.8
Server:           8.8.8.8
Address:          8.8.8.8#53

Non-authoritative answer:
Name:   amazon.com.mx
Address: 98.82.159.14
Name:   amazon.com.mx
Address: 98.87.171.164
Name:   amazon.com.mx
Address: 98.87.170.59
```



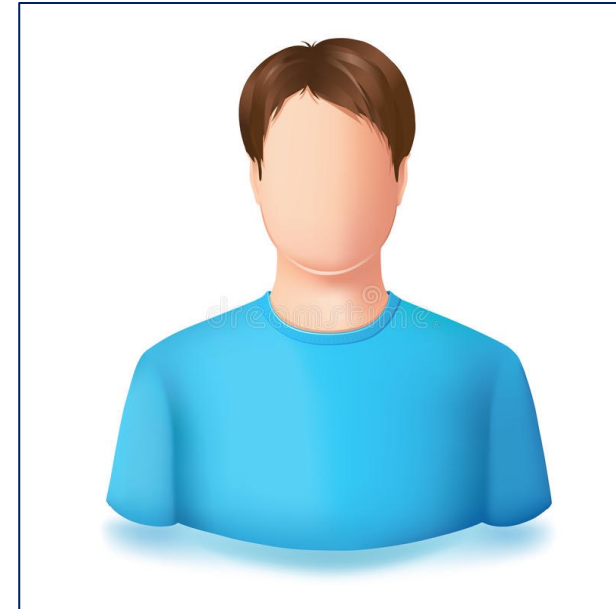
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Consulta DNS64

```
root@DNS64-Unbound:~# nslookup amazon.com.mx
Server:          127.0.0.1
Address:         127.0.0.1#53

Non-authoritative answer:
Name:   amazon.com.mx
Address: 98.82.159.14
Name:   amazon.com.mx
Address: 98.87.170.59
Name:   amazon.com.mx
Address: 98.87.171.164
Name:   amazon.com.mx
Address: 64:ff9b::6257:aba4
Name:   amazon.com.mx
Address: 64:ff9b::6252:9f0e
Name:   amazon.com.mx
Address: 64:ff9b::6257:aa3b
```

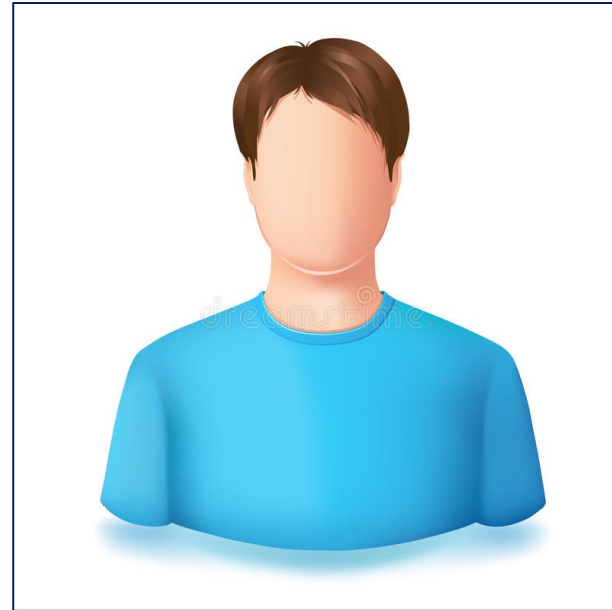


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



NAT64

- ✓ Utiliza el prefijo 64:ff9b::/96
- ✓ Desempaqueta la solicitud IPv6 y la convierte en IPv4
- ✓ No es exactamente un NAT de IPv4 tradicional
- ✓ Software libre: Tayga y Jool



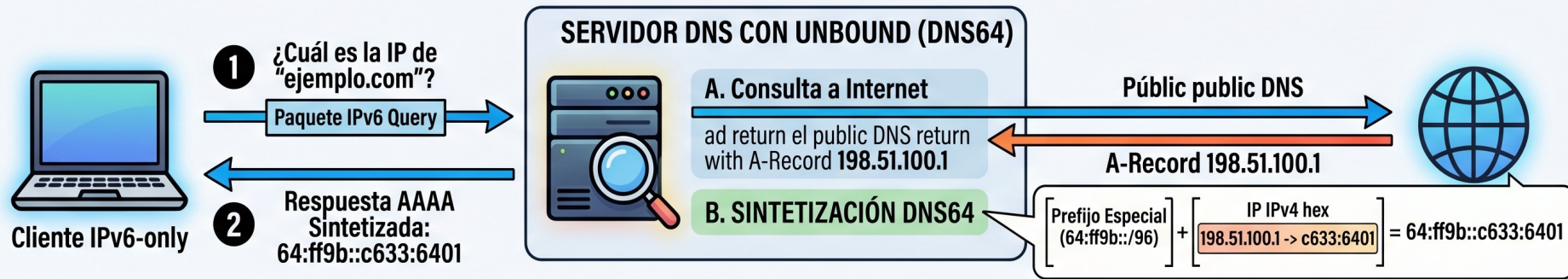
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



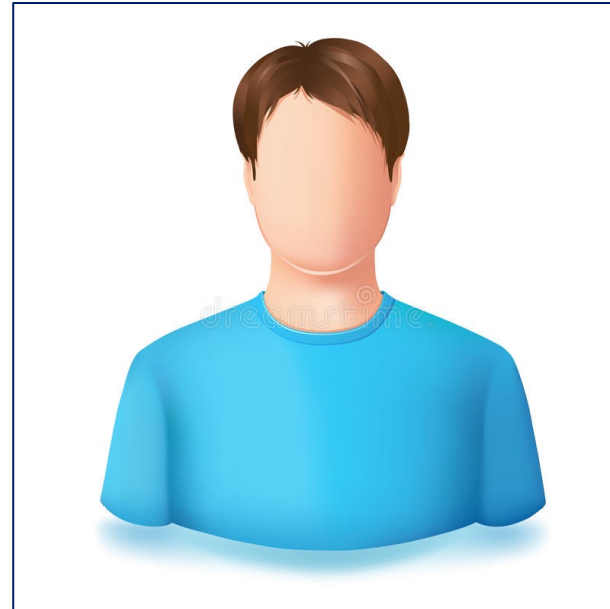
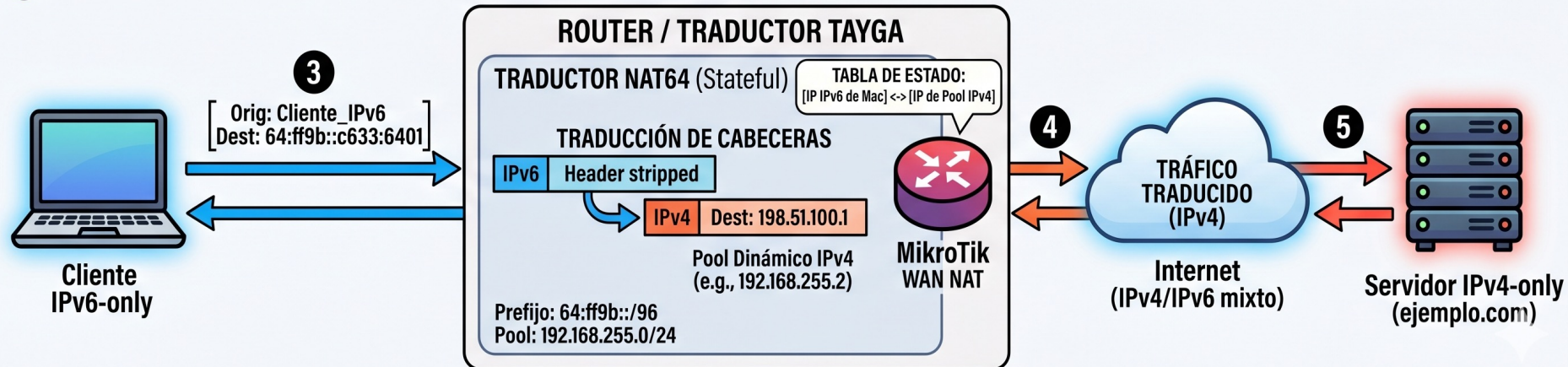
DNS64 + NAT64

DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE DNS64 Y NAT64 (EXPLICACIÓN CON ESTADO)

A) FLUJO DE CONSULTA DNS (DNS64)



B) FLUJO DE TRÁFICO DE DATOS (NAT64 CON ESTADO)

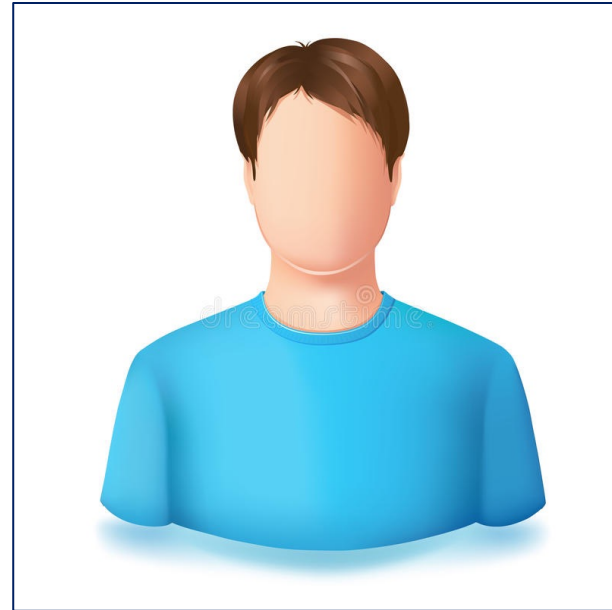


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DNS64 + NAT64 - Ventajas

- ✓ No debes gestionar 2 redes (IPv4 + IPv6)
- ✓ Menos horas de administración
- ✓ Menos vulnerabilidades

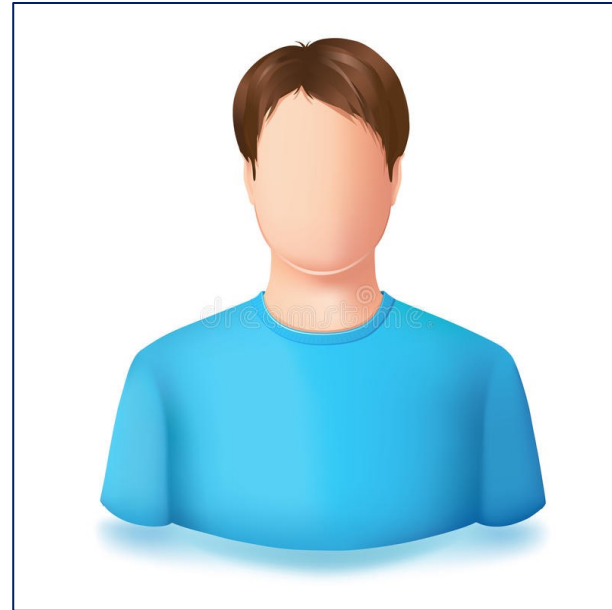


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DNS64 + NAT64 - Desventajas

- ✓ Solo funciona con apps que usan DNS
- ✓ No está pensado para gran escala (ISP)

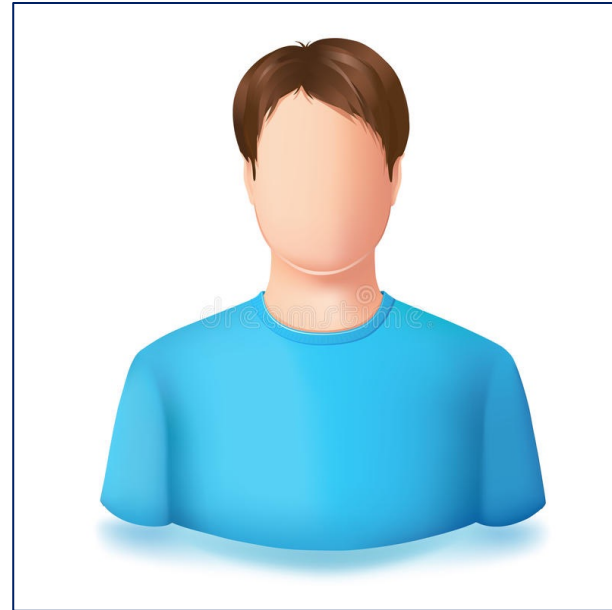


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



XLAT64

- ✓ Es la evolución tecnológica que evita que se rompan las aplicaciones IPv4 en redes IPv6
- ✓ Resuelve el problema de las apps que usan IPs fijas en lugar de nombres DNS.

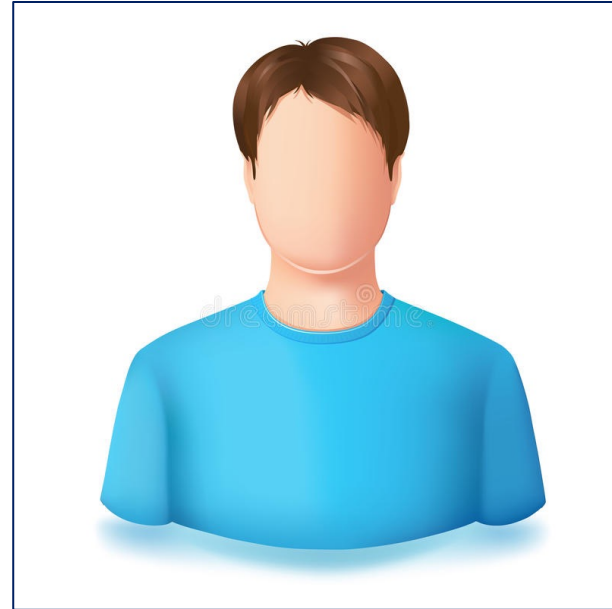


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



XLAT64

- ✓ Trabaja directamente en el dispositivo final
- ✓ Infraestructura cliente-servidor
- ✓ El cliente, necesita un software

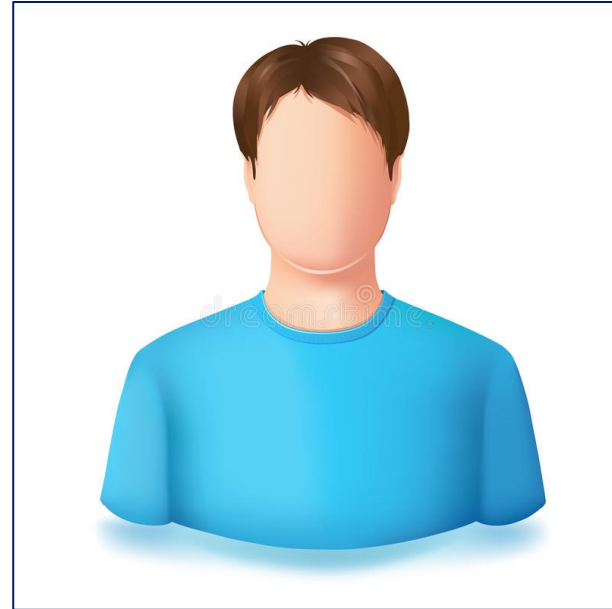


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



XLAT64 - Desventajas

✓ Agrega un pequeño retraso (latencia) a los paquetes al tener que traducir los datos dos veces en el camino.

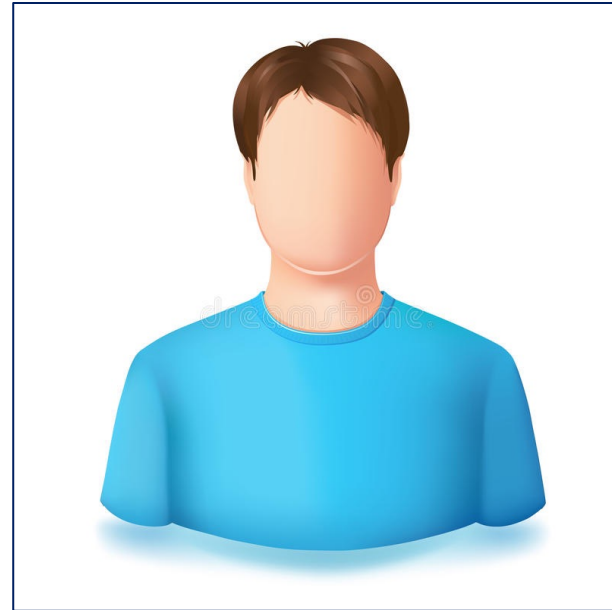


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



XLAT64 - Desventajas

✓ No todos los sistemas operativos o aparatos del hogar (como televisiones inteligentes) son compatibles con esta tecnología.

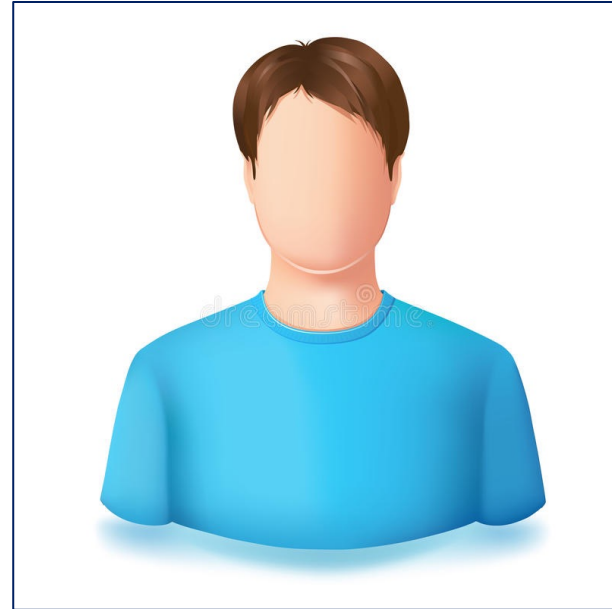


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



XLAT64 - Desventajas

✓ Sigue siendo un "parche" de transición y no una conexión moderna, limpia y directa de extremo a extremo.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



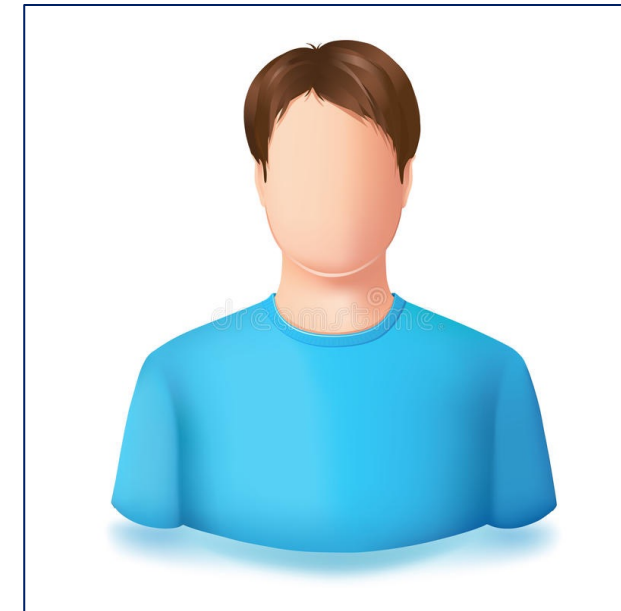


Resumen

Capitulo 5



MTCIPv6

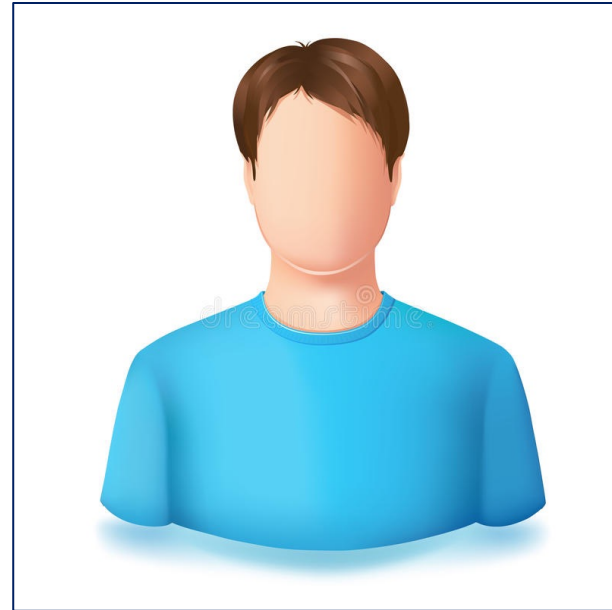


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IP Pool v6

- ✓ Defina el rango de direcciones IPv6 que se utilizará para los servidores SLAAC, DHCPv6 y PPP.
- ✓ Agrupe direcciones IPv6 para su uso posterior.
- ✓ Un único punto de configuración para todas las funciones que asignan direcciones IPv6 a los clientes.

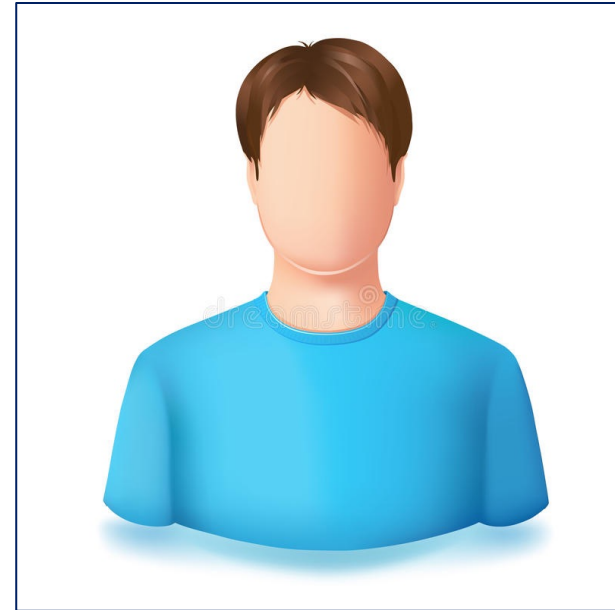


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IP Pool v6

- ✓ Prefix: Declara la red que quieres reservar
- ✓ Prefix Length: Que tamaño quieres tomar



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IP Pool v6

v6 IPv6 Pool > New...

Name

Prefix

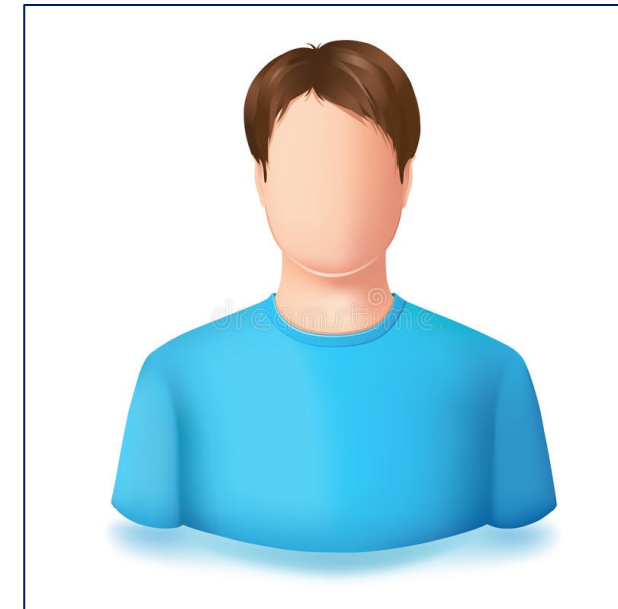
Prefix Length

Valid Lifetime

Preferred Lifetime

Cancel **Apply** **OK**

Copy

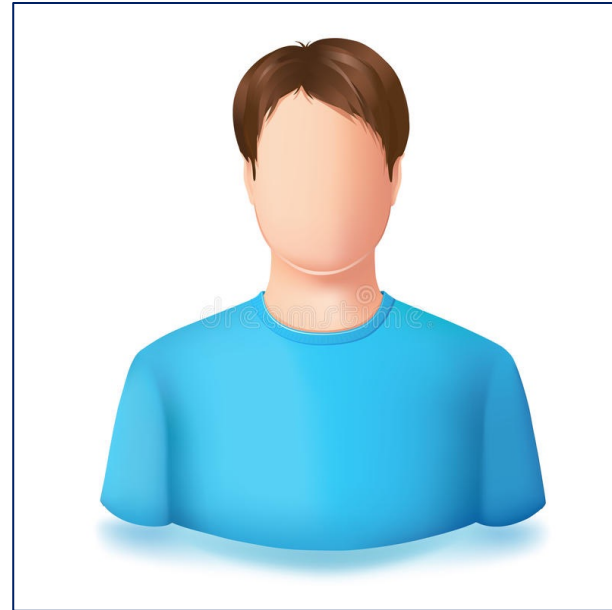


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6

- ✓ RouterOS soporta SLAAC
- ✓ Soporta DHCPv6 PD
- ✓ No soporta DHCPv6 server.

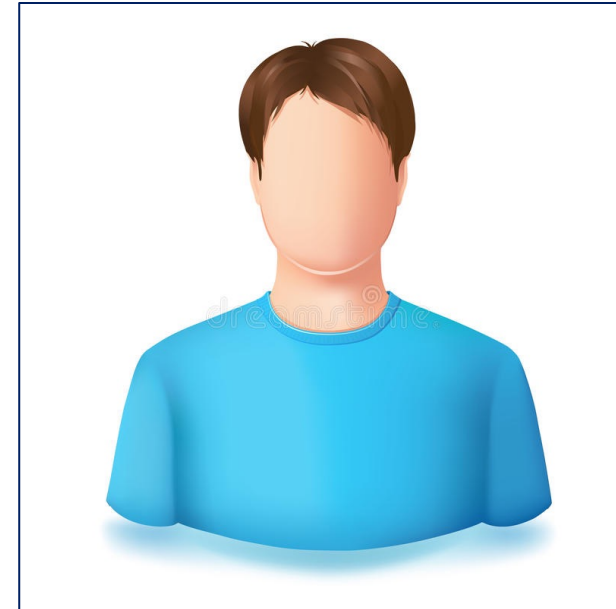


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 PD Client

- ✓ Para obtener un prefijo IPv6 de un servidor DHCPv6 PD
- ✓ Puede pedirse la ruta por defecto hacia el servidor DHCPv6 PD
- ✓ El router puede subdividir el prefijo adquirido y distribuirlo entre sus clientes



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 PD Client

v6 DHCPv6 Client > New...

DHCP Advanced Status

Enabled

Comment

Interface ether1

Request info address

Pool Name

Pool Prefix Length 64

Prefix Hint +

Accept Prefix Without Address

Address List +

Use Peer DNS

Custom Client DUID +

Use Interface DUID

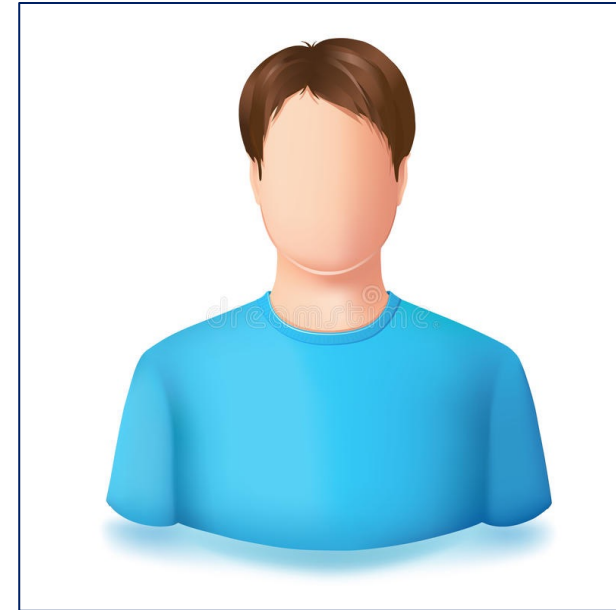
Custom IAPD ID +

Custom IANA ID +

Rapid Commit

Add Default Route

Allow Reconfigure Messages



Puedes solicitar una IP
en particular.

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 PD Client

DHCPv6 Client > New...

DHCP Advanced Status

Enabled

Comment

Interface ether1

Request info address prefix

Pool Name escribo-nombre-pool

Pool Prefix Length 64

Prefix Hint +

Accept Prefix Without Address

Address List +

Use Peer DNS

Custom Client DUID +

Use Interface DUID

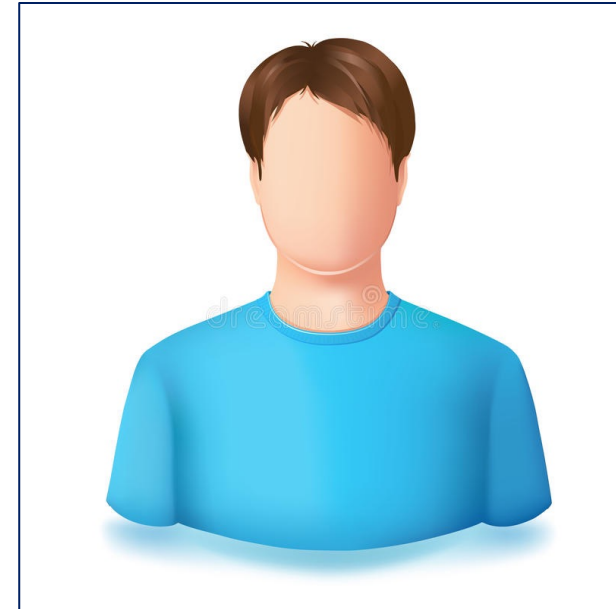
Custom IAPD ID +

Custom IANA ID +

Rapid Commit

Add Default Route

Allow Reconfigure Messages



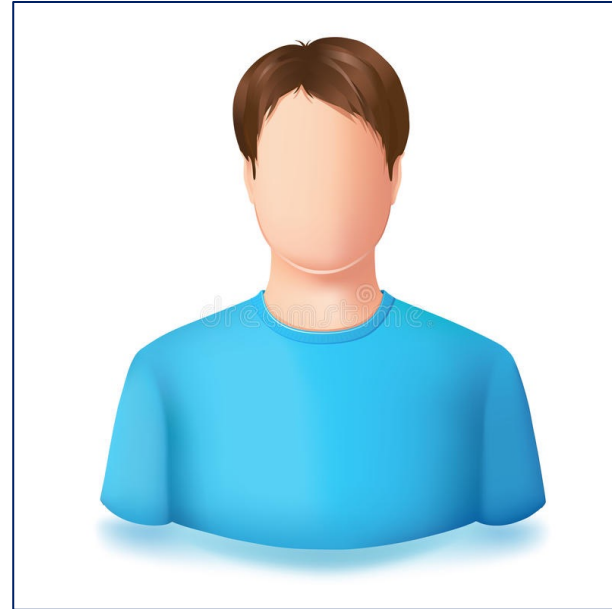
Puedes solicitar un prefijo, definir el nombre y la longitud

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCP unique identifier

- ✓ Cada cliente y servidor DHCP tiene exactamente un DUID
- ✓ DHCPv6 Server utiliza los DUID para identificar a los clientes
- ✓ Los DUID del lado del cliente, identifica a un servidor para los mensajes donde se requiere su identificación



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

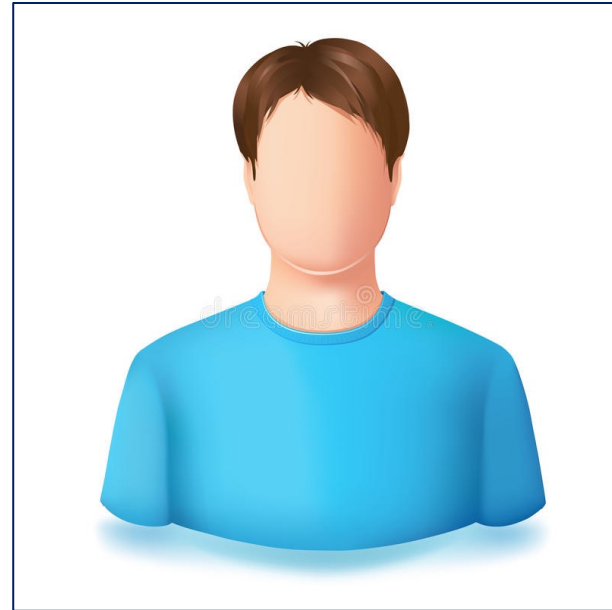


DHCPv6 PD Server

✓ Delegación de Prefijos

✓ Se utiliza para asignar prefijos a routers

✓ No olvides activar “Other Configuration”, para ser más compatible.



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 PD Server

DHCPv6 Server > New...

General Queues Script

Enabled Copy

Comment

Name server1

Interface ether2

Prefix Pool pool-ipv6

Address Pool pool-address-ipv6

Lease Time 3d 00:00:00

DHCP Options +

Address List +

Use RADIUS no

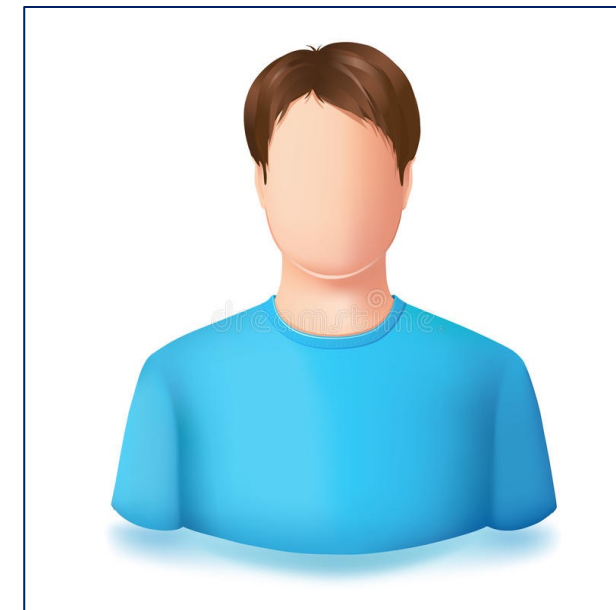
Rapid Commit

Use Reconfigure

Ignore IA-NA Bindings

Route Distance 1

Cancel Apply OK



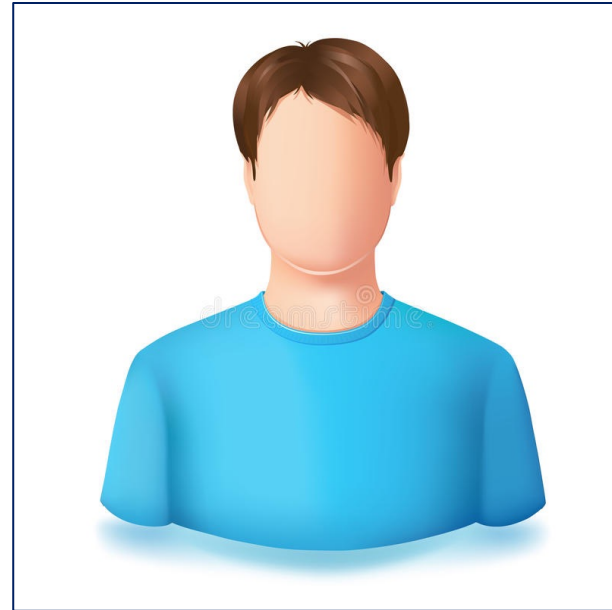
Lo compatible, es usar
"Prefix Pool"

Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 Bindings

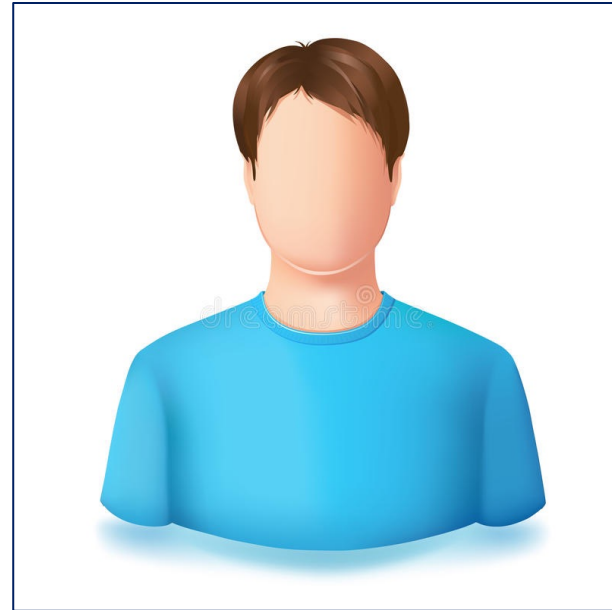
- ✓ Podras visualizar el prefijo entregado
- ✓ Similar al Leases de DHCPv4



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

Enrutamiento - Routing

- ✓ Funciona exactamente igual que IPv4
- ✓ Puedes tener rutas estáticas y dinámicas
- ✓ Disponible: BGP y OSPF
- ✓ Además, dinámico con DHCPv6-PD y PPPoE



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



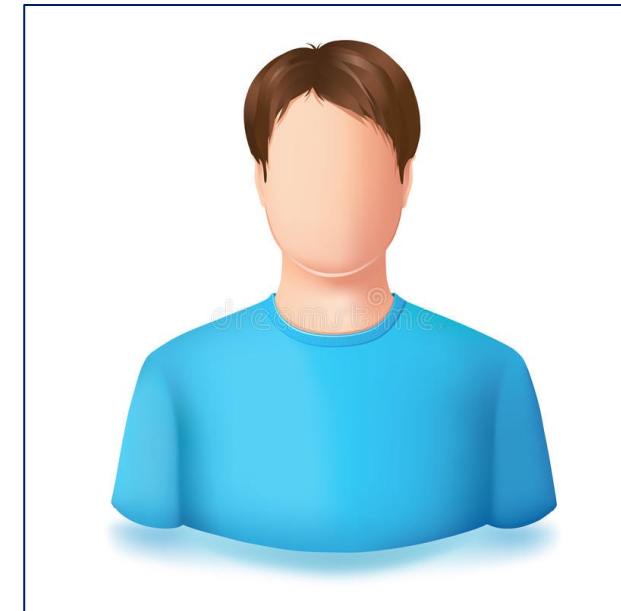
Enrutamiento - Routing

✓ Puedes usar IPv6 Globales

✓ IPv6 ULA

✓ IPv6 Link Local

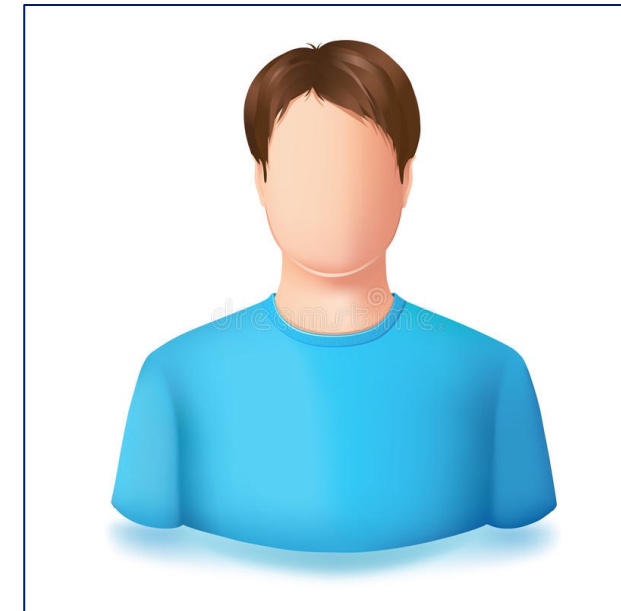
✓ Al usar Link Local, especifica la Interfaz



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



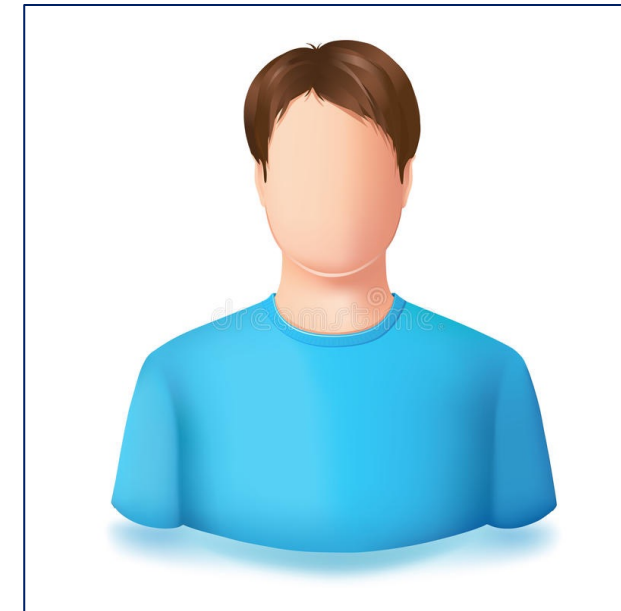
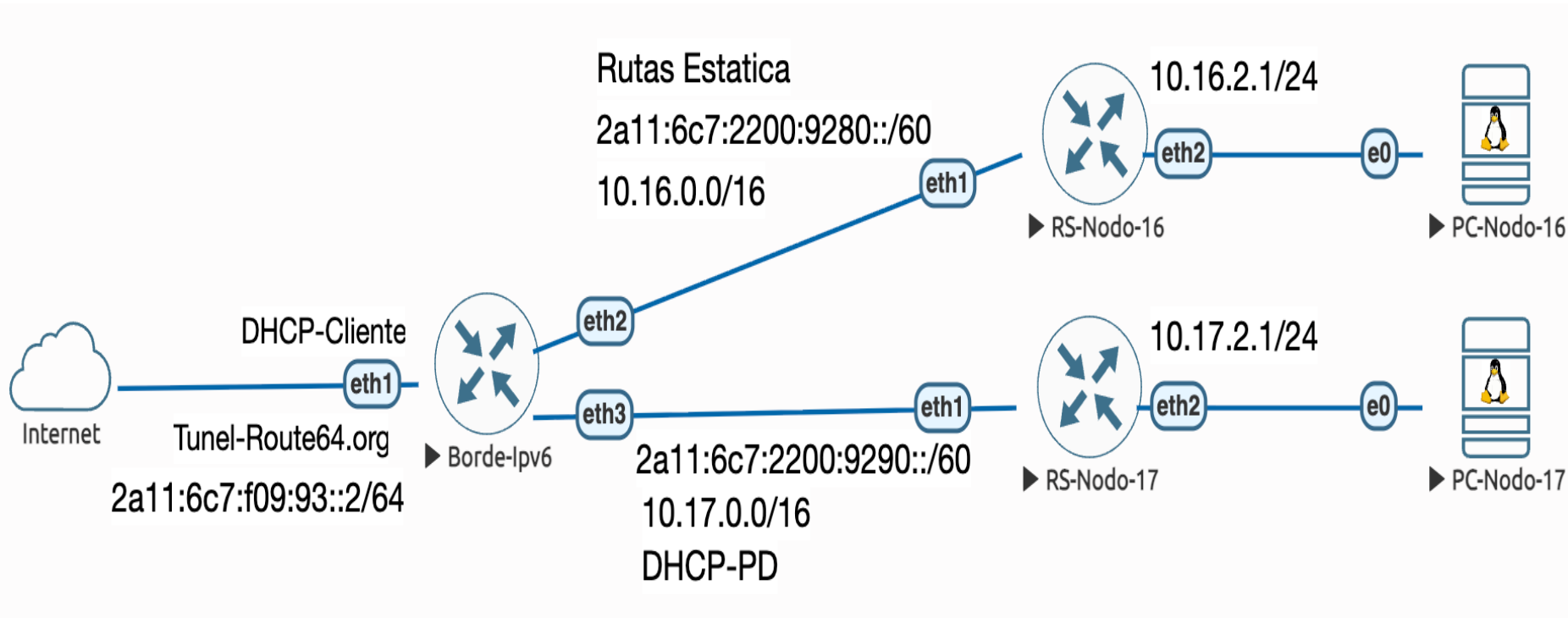
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – DHCPv6-PD



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



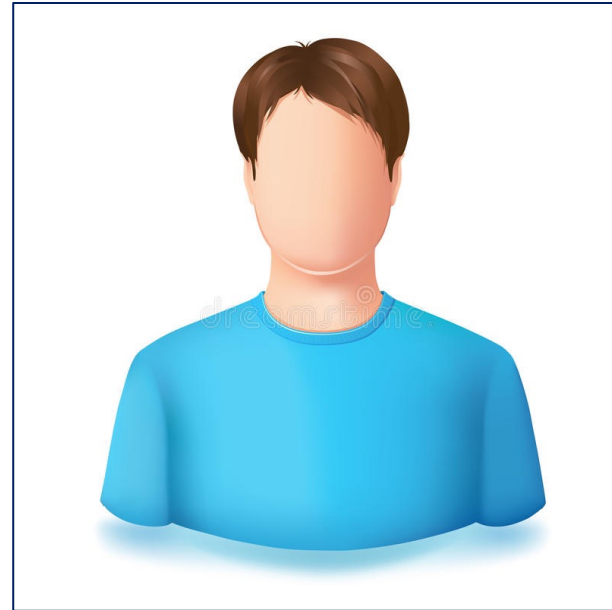
Independiente de la versión de IP

✓ IP Version Agnostic

✓ IP DNS, soporta IPv4 e IPv6

✓ NTP

✓ Herramientas (Tool)



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



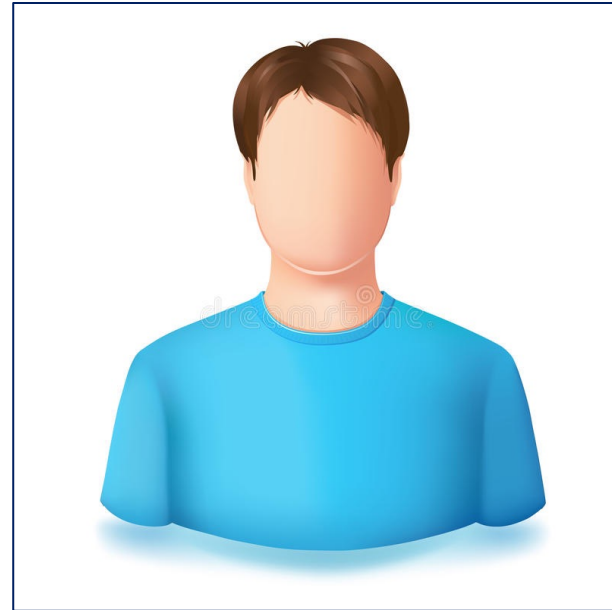
Ping

✓ Soporta ambas versiones

```
[ecatel@Borde-Ecatel] > ping 2a11:6c7:2200:4b07::100
```

SEQ	HOST	SIZE	TTL	TIME	STATUS
0	2a11:6c7:2200:4b07::100	56	64	202us	echo reply
1	2a11:6c7:2200:4b07::100	56	64	172us	echo reply
2	2a11:6c7:2200:4b07::100	56	64	174us	echo reply

sent=3 received=3 packet-loss=0% min-rtt=172us avg-rtt=182us max-rtt=202us



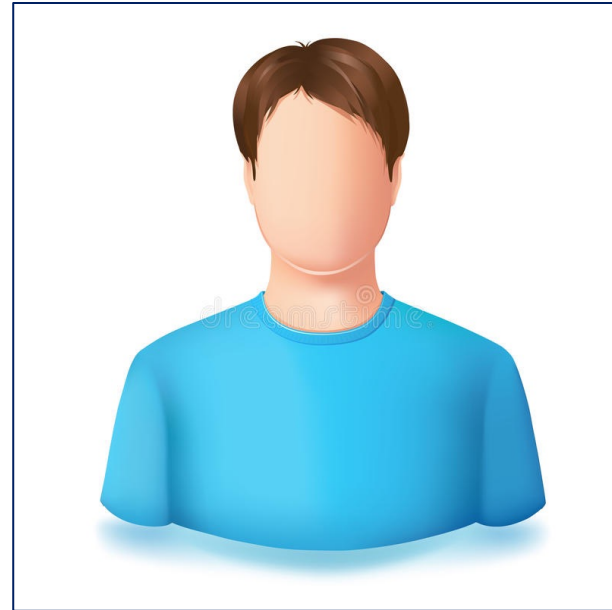
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Traceroute

✓ Soporta ambas versiones


```
[ecatel@Borde-Ecatel] > tool/traceroute 2001:4860:4860::8888
Columns: ADDRESS, LOSS, SENT, LAST, AVG, BEST, WORST, STD-DEV
# ADDRESS LOSS SENT LAST AVG BEST WORST STD-DEV
0 2806:261:200:64::1eae 0% 9 0.5ms 0.6 0.5 0.7 0.1
1 2806:261::10:5:56:139 0% 9 2ms 2.1 1.8 2.2 0.1
2 2607:f8b0:85a1:40::1 0% 9 12.8ms 12.9 12.8 12.9 0
3 2607:f8b0:85a1:40::1 0% 9 12.9ms 12.9 12.8 12.9 0
4 2001:4860:4860::8888 0% 9 12.2ms 12.2 12.1 12.3 0.1
```



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



NTP Cliente - Reloj

 NTP Client

Enabled

Mode

NTP Servers

VRF

Status

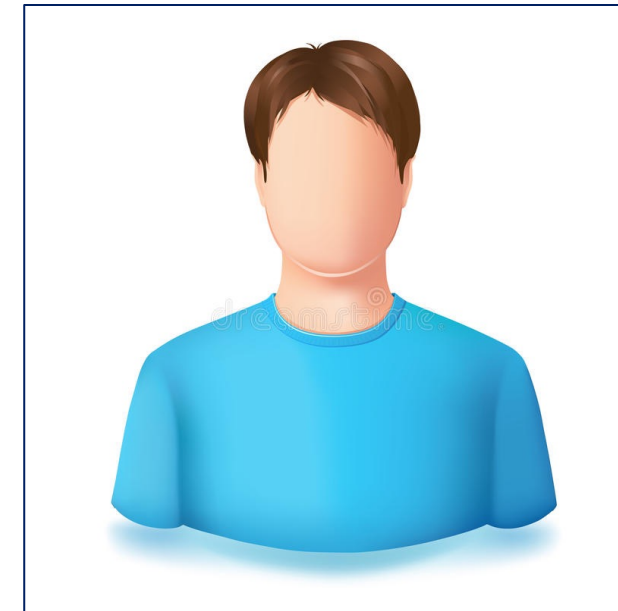
Freq. Drift

Synced Server

Synced Stratum

System Offset

✓ Soporta ambas versiones



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Torch

Torch

Basic

Interface: ether8

Entry Timeout: 00:00:03 s

Filters

Src. Address: 0.0.0.0/0

Dst. Address: 0.0.0.0/0

Src. Address6: ::/0

Dst. Address6: ::/0

MAC Protocol: all

Protocol: any

Port: any

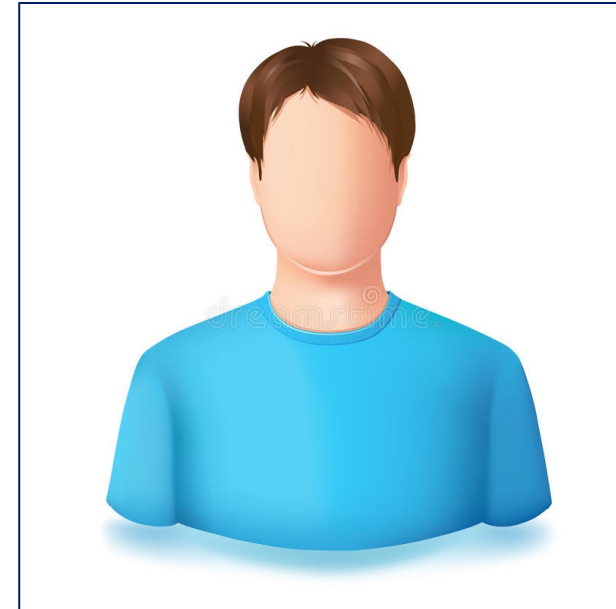
VLAN Id: any

DSCP: any

Total Tx: 0 bps Total Rx: 0 bps Total Tx Packet: 0 Total Rx Packet: 0

Find Filter

Eth. Protocol	Protocol	Src.	Dst.	VLAN Id	DSCP	Tx Rate	Rx Rate	Tx Packet...	Rx Packet...
800 (ip)	6 (tcp)	52.38.83.110:8883	192.168.100.129:40584			0 bps	0 bps	0	0
800 (ip)	6 (tcp)	47.236.195.174:443 (https)	192.168.100.128:38616		18	0 bps	0 bps	0	0
800 (ip)	6 (tcp)	50.112.167.160:8883	192.168.100.128:40457			0 bps	0 bps	0	0
800 (ip)	6 (tcp)	47.236.195.174:443 (https)	192.168.100.128:38616			0 bps	0 bps	0	0
86dd (ipv6)	17 (udp)	2a02:26f7:163:1:ace0:cd8a:::443 (https)	2806:261:494:87c2::15:58586			0 bps	0 bps	0	0
86dd (ipv6)	17 (udp)	2a02:6ea0:c87f::1:9993	2806:261:494:87c2::14:51419			0 bps	0 bps	0	0
86dd (ipv6)	6 (tcp)	2a10:50c0::ad1:ff:853	2806:261:494:87c2::15:39606			0 bps	0 bps	0	0




Jose Miguel Cabrera

www.ecatel.us



Netwatch

 Netwatch Host > 2001:4860:4860::8888

Host	Status	Up	Down	Test
------	--------	----	------	------

Enabled

Comment

Name

Host
VRF Inte...

Type

Src. Address

Interval

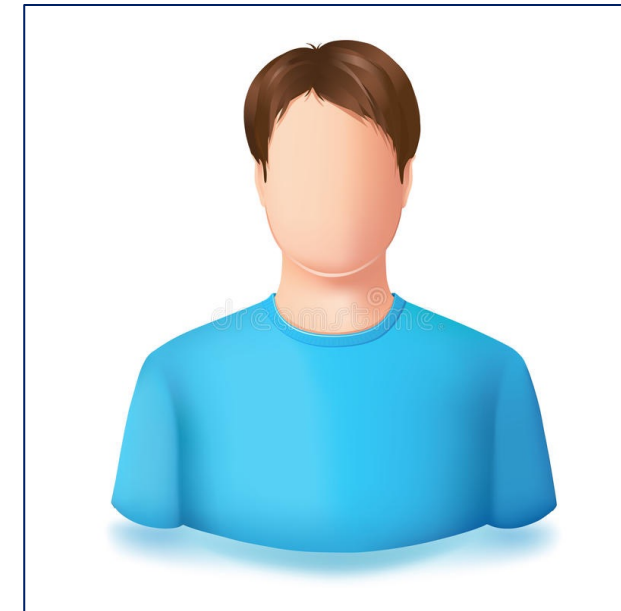
Timeout

Start Delay

Startup Delay

Ignore Initial Up


Ignore Initial Down



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Netwatch

 Netwatch Host > 2001:4860:4860::8888

Host	Status	Up	Down	Test
------	--------	----	------	------

Enabled

Comment

Name

Host
VRF Inte...

Type

Src. Address

Interval

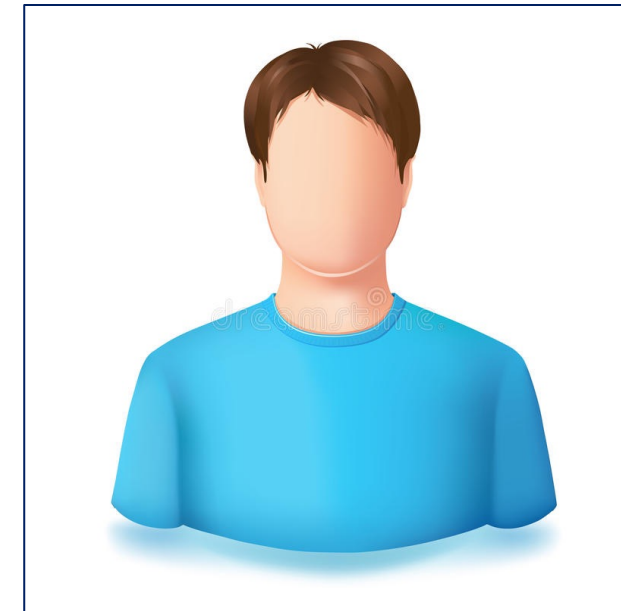
Timeout

Start Delay

Startup Delay

Ignore Initial Up

Ignore Initial Down



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Email

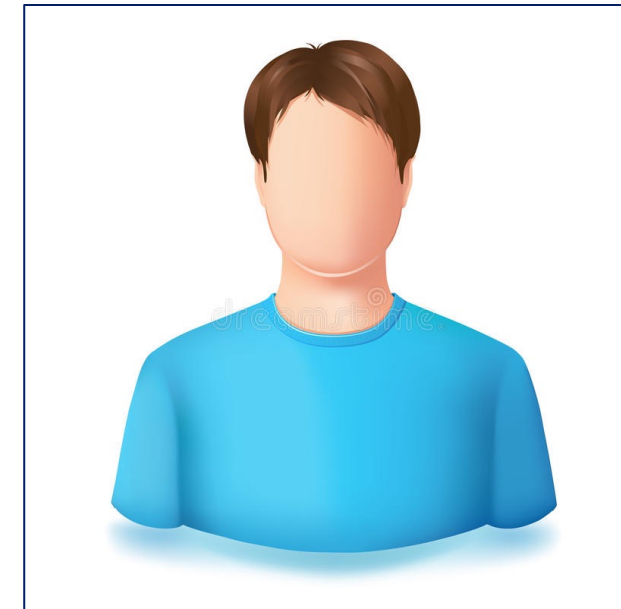
Email Settings

Server	<input type="text" value="2001:4860:4860:8888"/>
Port	<input type="text" value="25"/> -
TLS	<input type="text" value="no"/> v
VRF	<input type="text" value="main"/> v
From	<input type="text" value="<>"/>
User	<input type="text" value="+"/>
Password	<input type="text" value="+"/>
Certificate Verification	<input type="text" value="no"/> v
Last Status	<input type="text" value="None"/>
Last Address	<input type="text" value="0.0.0.0"/>

Actions

Send Email

Cancel **Apply** **OK**



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Traffic Flow (Netflow)

v4 Traffic Flow Target > 2a11:6c7:2200:4b06::105

Enabled

Src. Address 0.0.0.0

Dst. Address 2a11:6c7:2200:4b06::105

Port 2055

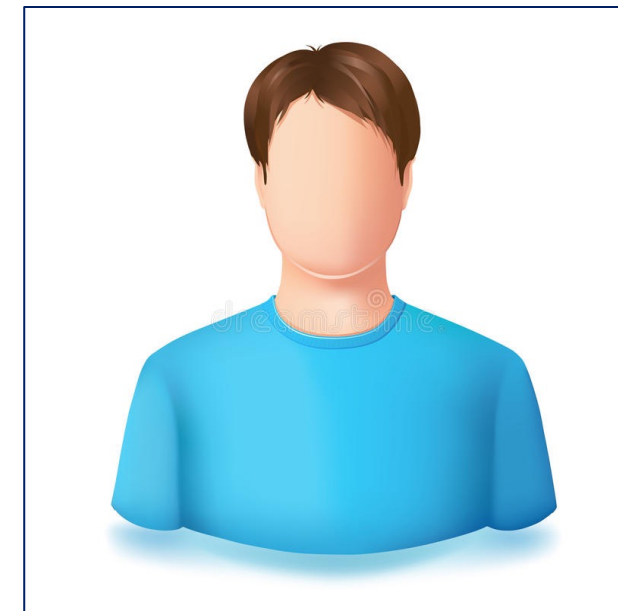
Version 9

v9/IPFIX Template Refresh 20

v9/IPFIX Template Timeout 1800

Copy
Remove

Cancel Apply OK

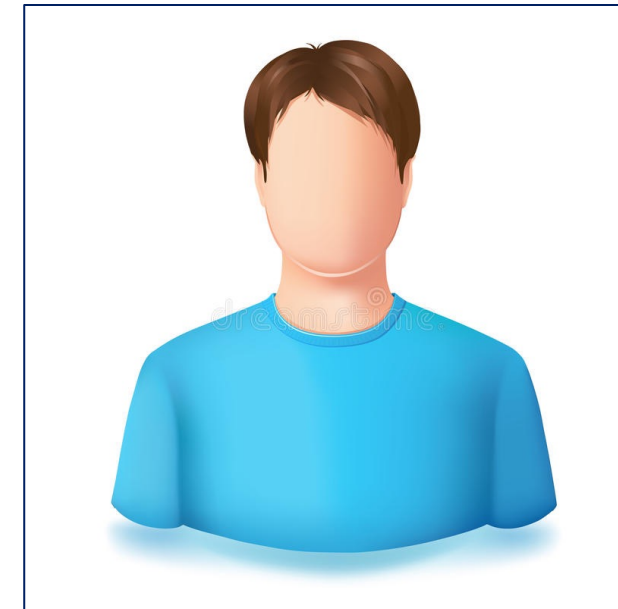


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Traffic generator

The screenshot displays the 'Traffic Generator' application interface. The main window has tabs for 'Ports', 'Packet Templates', 'Raw Packet Templates', and 'Streams'. The 'Packet Templates' tab is active, showing a list of templates with 'packet-template1' selected. A configuration window for 'packet-template1' is open, showing the 'IPv6' tab. The configuration includes fields for 'Src.', 'Dst.' (set to '2001:4860:4860::8888'), 'Next Header', 'Gateway', 'Traffic Class', 'Flow Label', and 'Hop Limit'. Below these are 'Assumed' fields for 'Src.', 'Dst.', 'Next Header' (set to '17 (udp)'), 'Traffic Class' (set to '0'), and 'Flow Label' (set to '0'). The interface also includes 'Copy' and 'Remove' buttons for the selected template, and 'Cancel', 'Apply', and 'OK' buttons at the bottom.

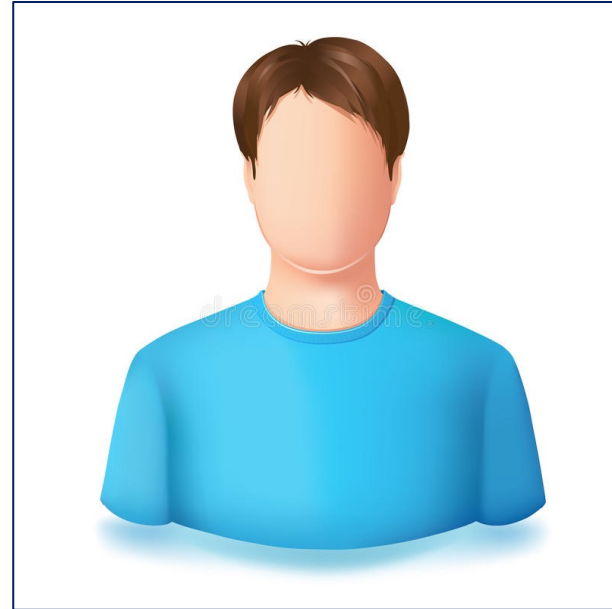


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



PPPoE v6

- ✓ Es un complemento, del PPPoE para IPv4
- ✓ Depende del soporte del cliente PPPoE
- ✓ Por lo general, solo necesitas un Pool para PD
con /64 o /60
- ✓ A veces, un pool para Address



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

PPPoE v6

PPP Profile > Default_PPpoe

General Protocols Limits Queue Up Down

Comment

Name Default_PPpoe

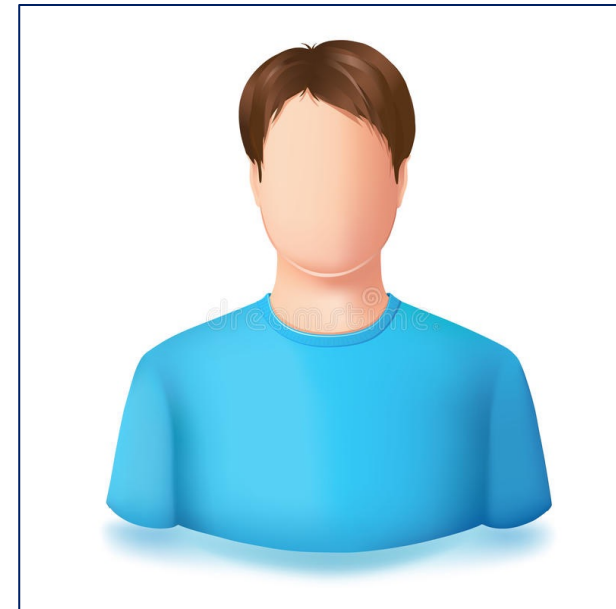
Local Address 10.16.128.1

Remote Address pool-v4-pppoe

Remote IPv6 Prefix Pool pool-address-ula-ipv6

Remote IPv6 Prefix Reuse

DHCPv6 PD Pool pool-pd-ipv6



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



PPPoE Cliente v6

v6 DHCPv6 Client > New...

DHCP Advanced Status

Enabled

Comment

Interface

Request info address prefix

Pool Name

Pool Prefix Length

Prefix Hint +

Accept Prefix Without Address

Address List +

Use Peer DNS

Custom Client DUID +

Use Interface DUID

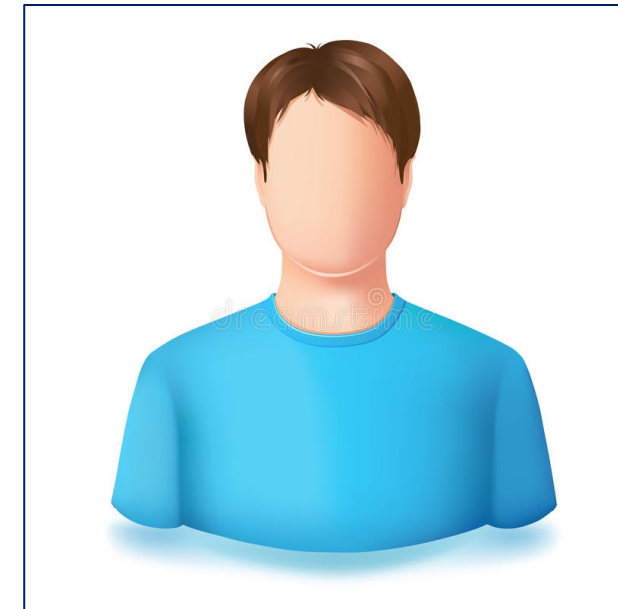
Custom IAPD ID +

Custom IANA ID +

Rapid Commit

Add Default Route

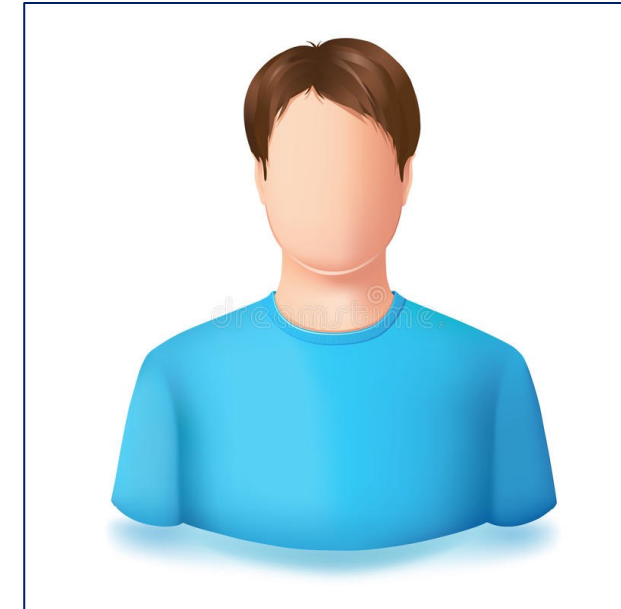
Allow Reconfigure Messages



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



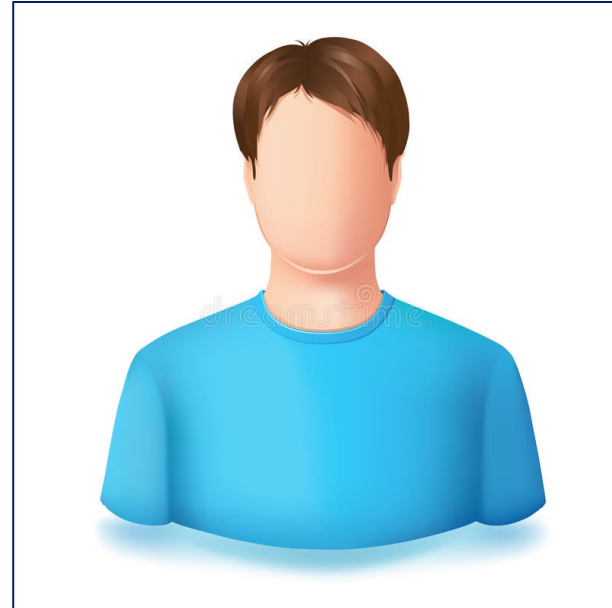
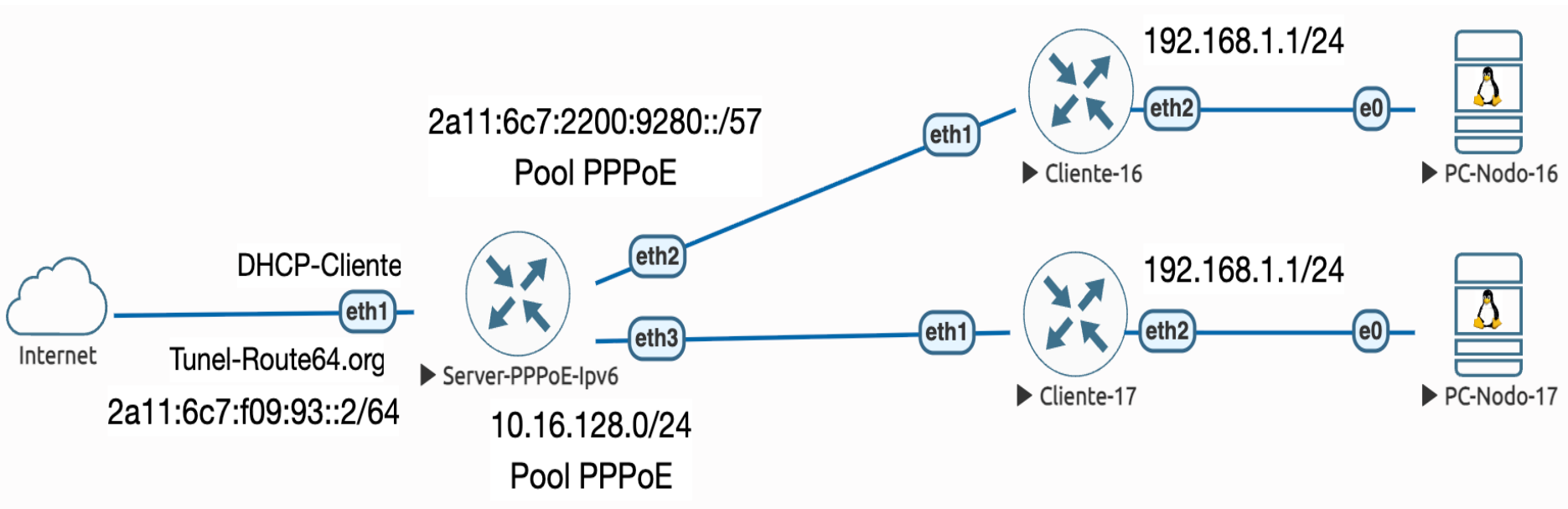
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – PPPoE-PD



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Túneles en IPv6

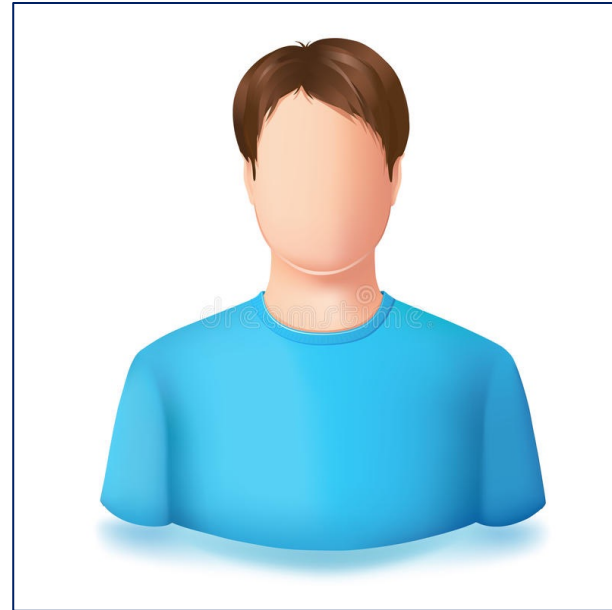
✓ Actualmente MikroTik soporta:

✓ IP/IPv6

✓ EoIPv6

✓ GRE6

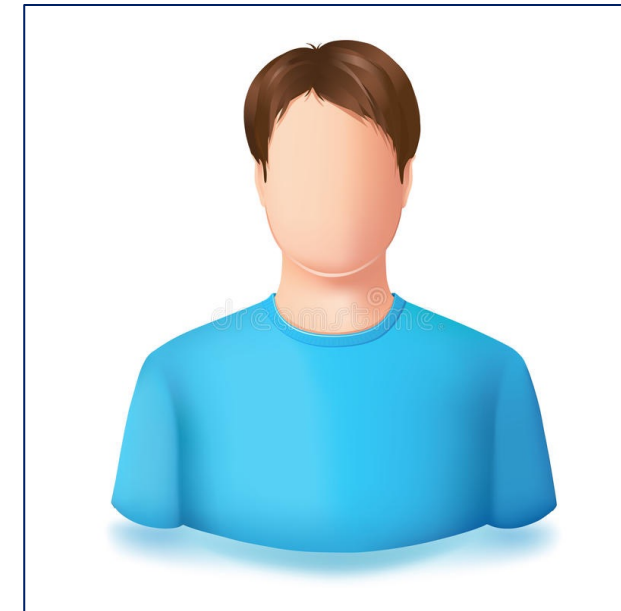
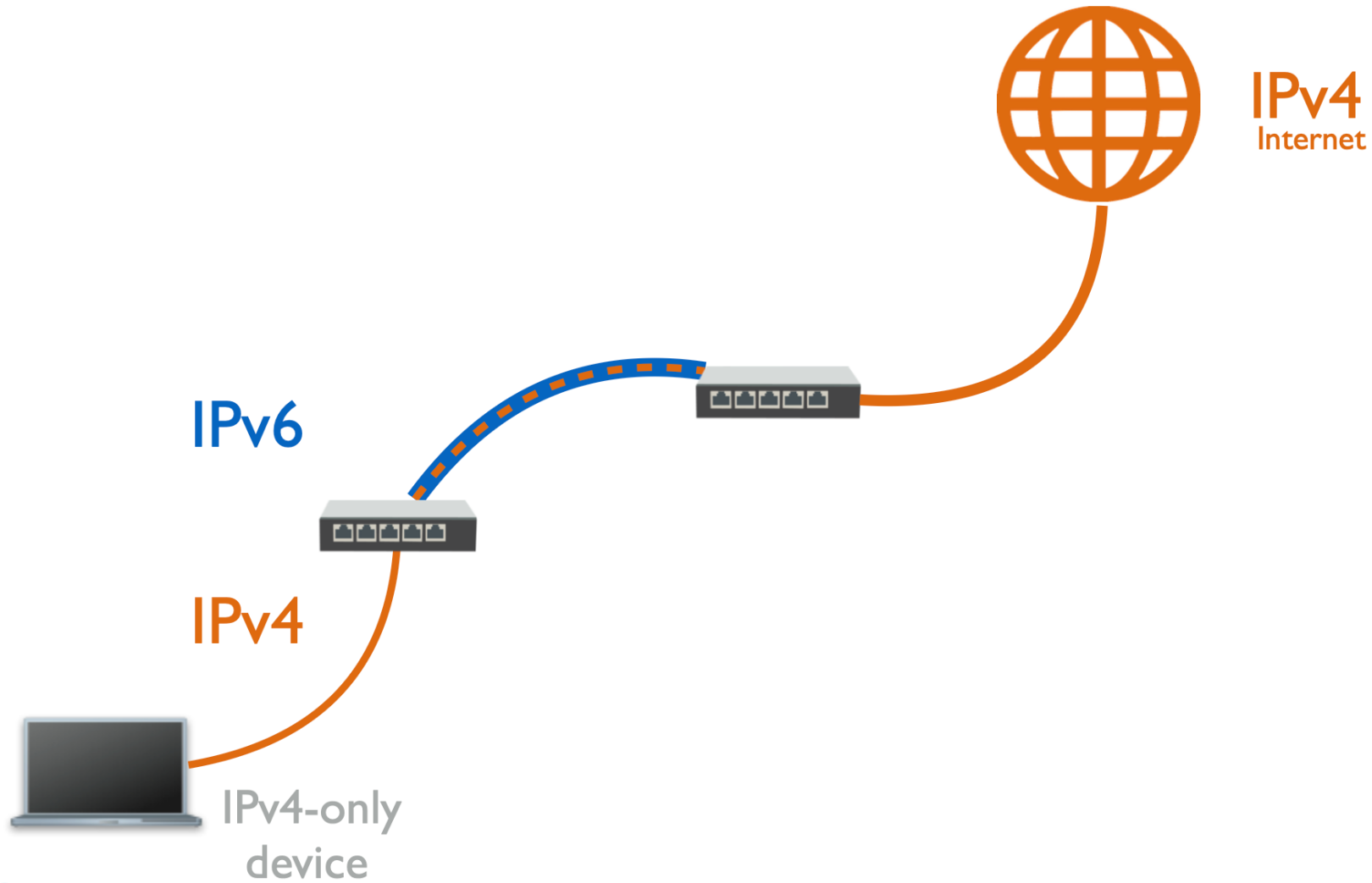
✓ Funcionan igual que en IPv4



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Soportan IPv4 sobre tunel

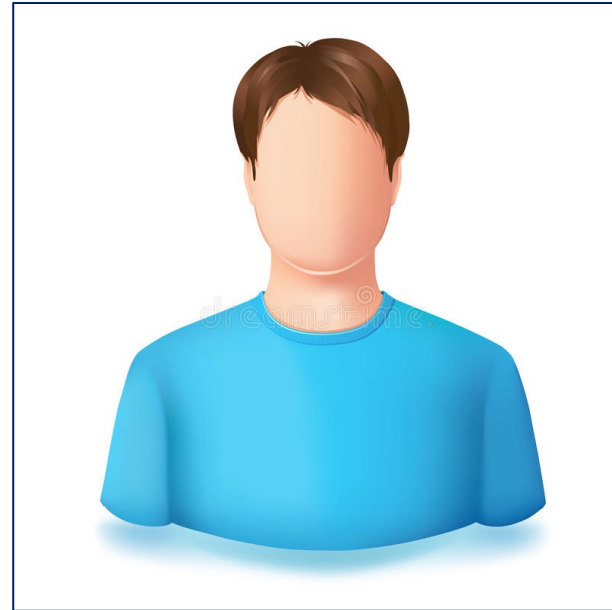


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



IPIP6

- ✓ Encapsular tráfico IPv4 o IPv6 dentro de un túnel que viaja sobre una infraestructura IPv6
- ✓ El tráfico se envía dentro de paquetes IPv6
- ✓ Conectar dos sitios donde ambos tienen IPv6

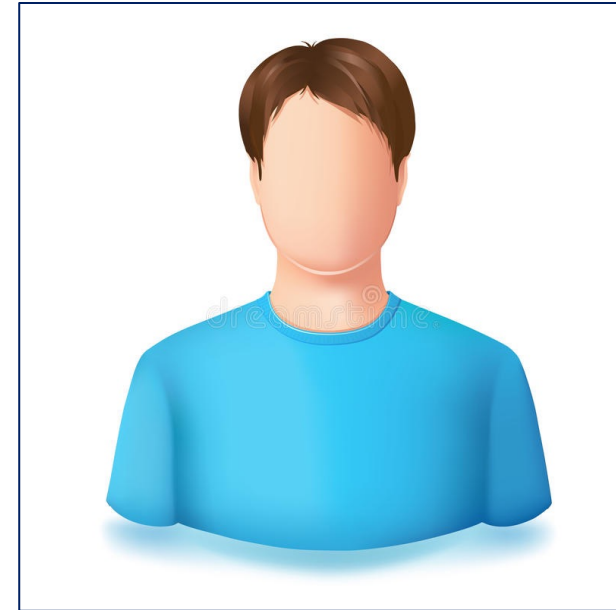


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



GRE6

- ✓ Encapsular tráfico IPv4 o IPv6 dentro de un túnel que viaja sobre una infraestructura IPv6
- ✓ El tráfico se envía dentro de paquetes IPv6
- ✓ Conectar dos sitios donde ambos tienen IPv6



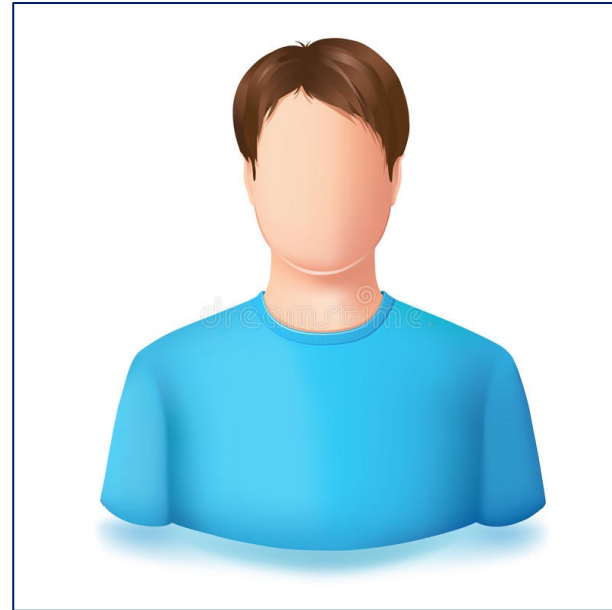
Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us





¿Qué es Wireguard?

- ✓ Es una VPN sencilla, rápida y moderna que utiliza criptografía de última generación.
- ✓ Su objetivo es ser más rápida, simple, eficiente y útil que Ipsec.

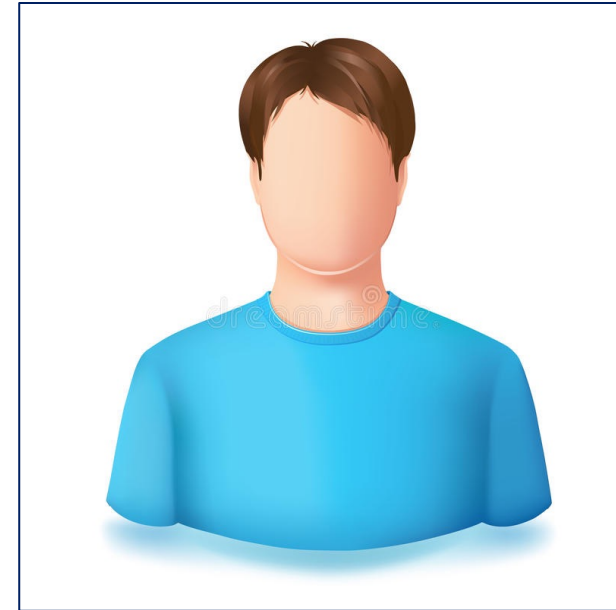


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Wireguard

- ✓ Encapsular tráfico IPv4 o IPv6 dentro de un túnel que viaja sobre una infraestructura IPv6
- ✓ El tráfico se envía dentro de paquetes IPv6
- ✓ Conectar dos sitios donde ambos tienen IPv6

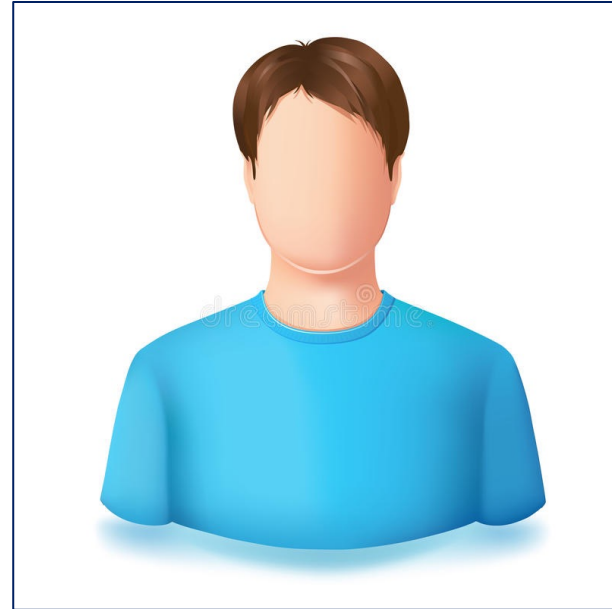


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Wireguard

- ✓ Debes compartir tu llave Pública
- ✓ El otro extremo, comparte su llave Pública
- ✓ También deben intercambiar el puerto
- ✓ El tráfico es UDP, abre el puerto en el firewall

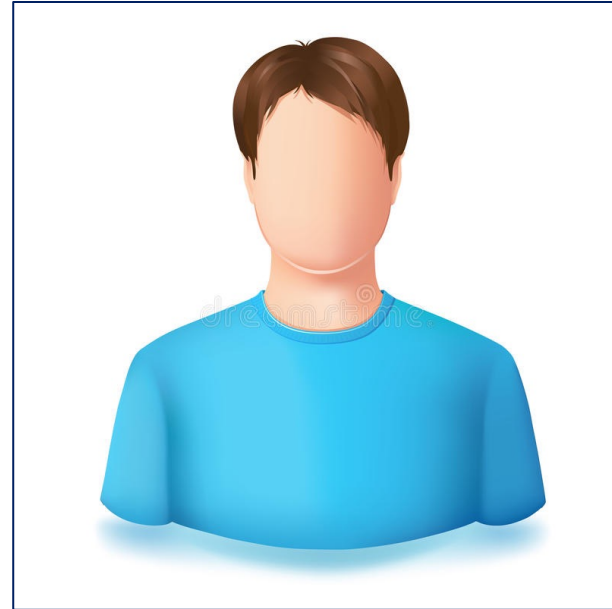


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Wireguard

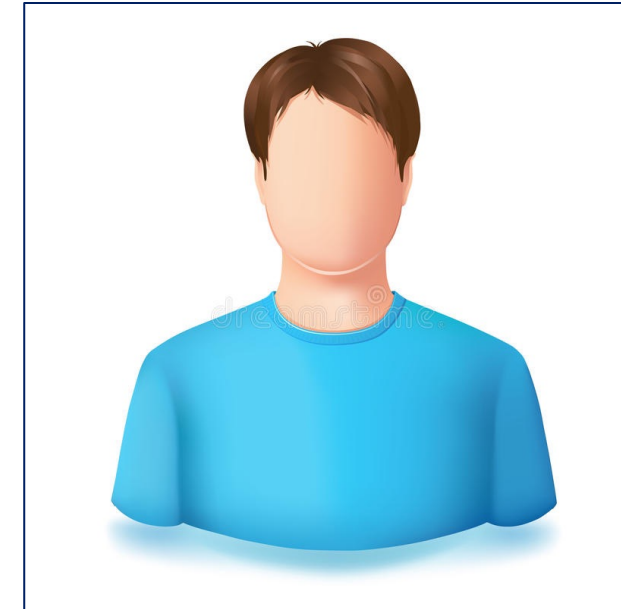
1. Creas la interfaz WireGuard
2. Creas el peer con la informacion intercambiada
3. Asignas una direccion IP a la interfaz
4. Si es necesario, creas rutas usando el tunel



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



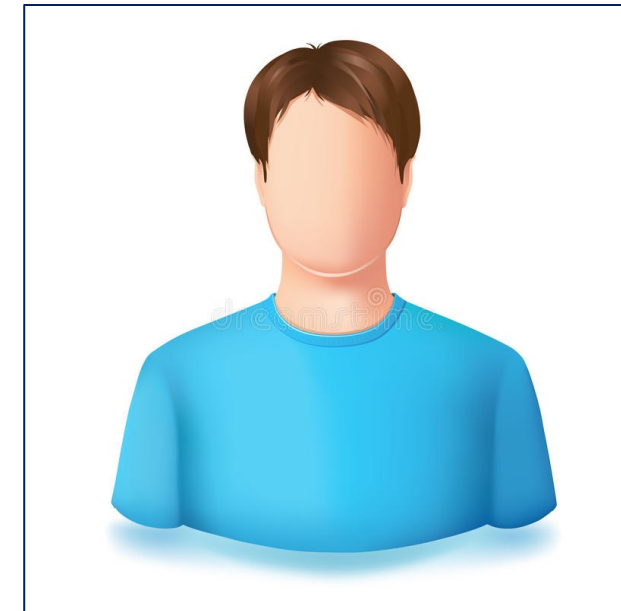
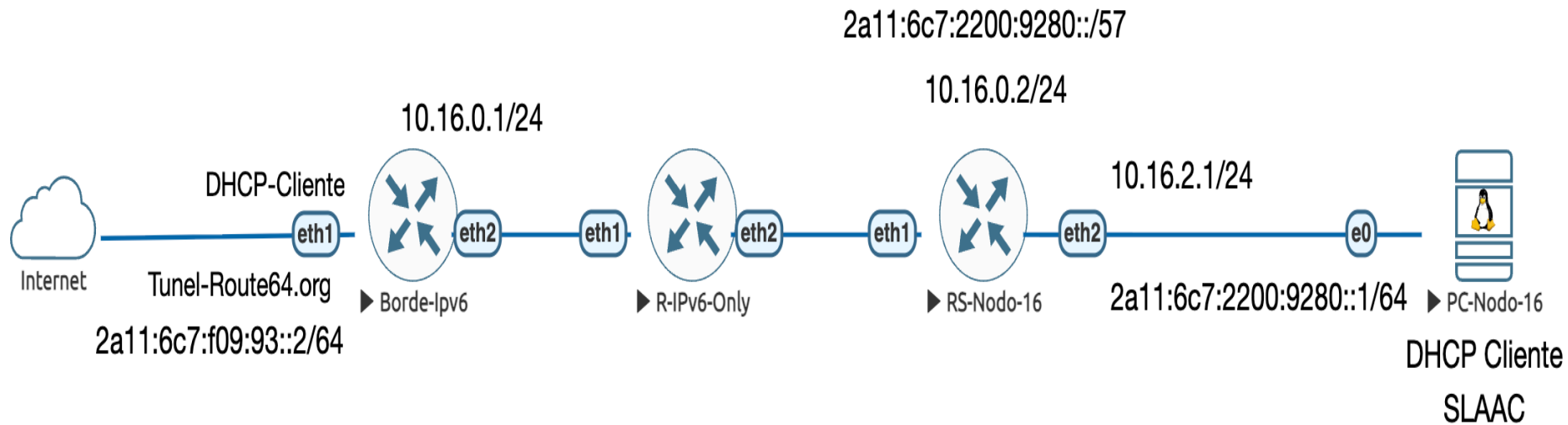
Ejercicio Práctico



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Ejercicio Práctico – WireGuard



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Incompatibles con IPv6

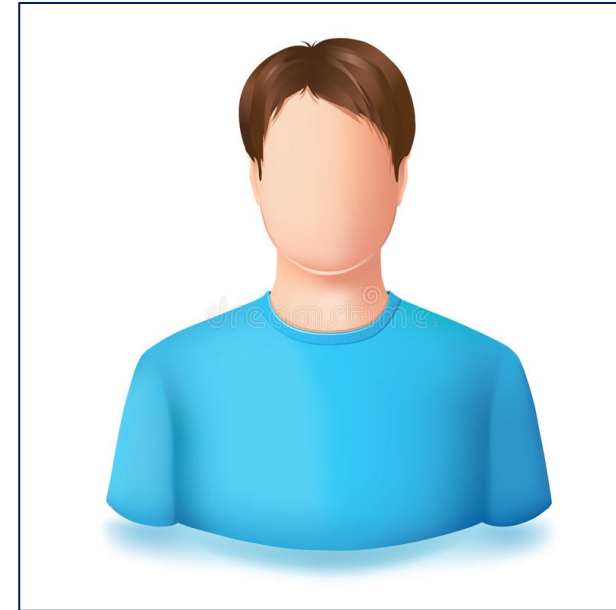
~~✓ NAT~~ → *Ahora, disponible*

✓ HotSpot

~~✓ Policy Routing~~ → *Ahora, disponible*

✓ DHCPv6 Server

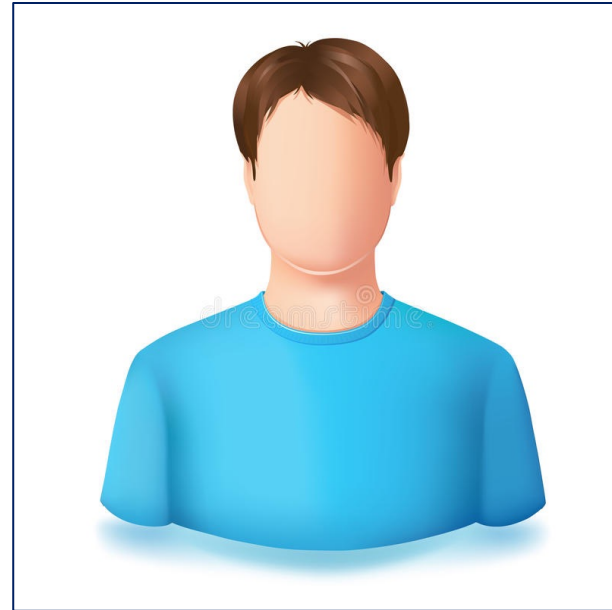
✓ Radius



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us

NAT66

- ✓ Natear, de IPv6 a IPv6
- ✓ No es lo ideal, tómallo como transición.
- ✓ No puedes convertir IPv4 a IPv6
- ✓ Funciona igual que en NAT de IPv4

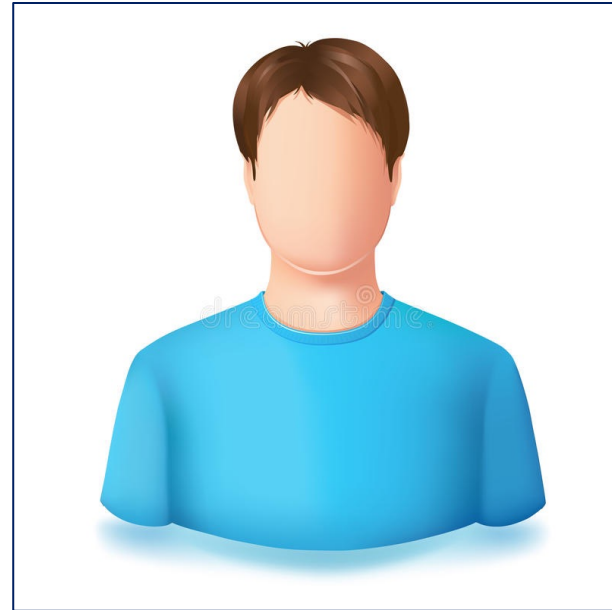


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Policy Routing

- ✓ Define sin mangle que ruta tomar
- ✓ Puedes tener multiples tablas de enrutamiento

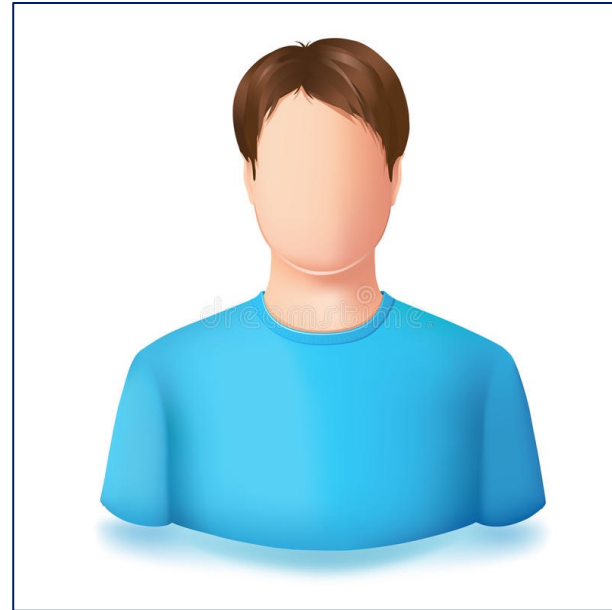


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Balanceo de Carga

- ✓ Se puede hacer
- ✓ Soporta balanceo PCC con mangle
- ✓ Soporte balanceo ECMP con rutas redundantes

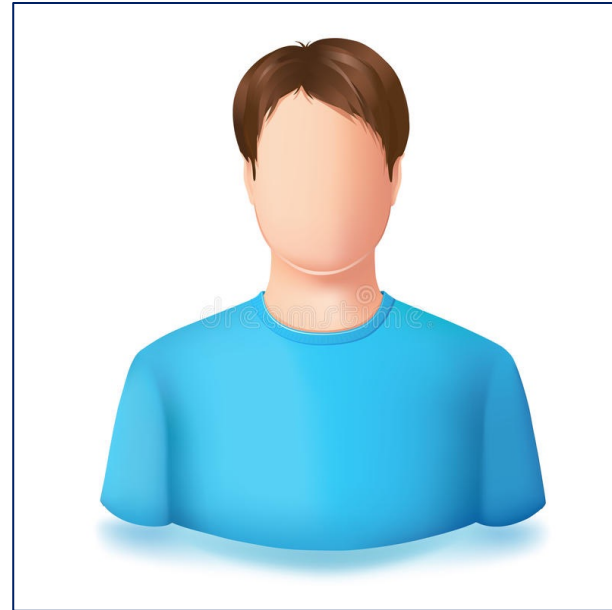


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



HotSpot IPv6

- ✓ Actualmente no soporta
- ✓ MikroTik planea implementarlo
- ✓ No hay un plazo definido aún

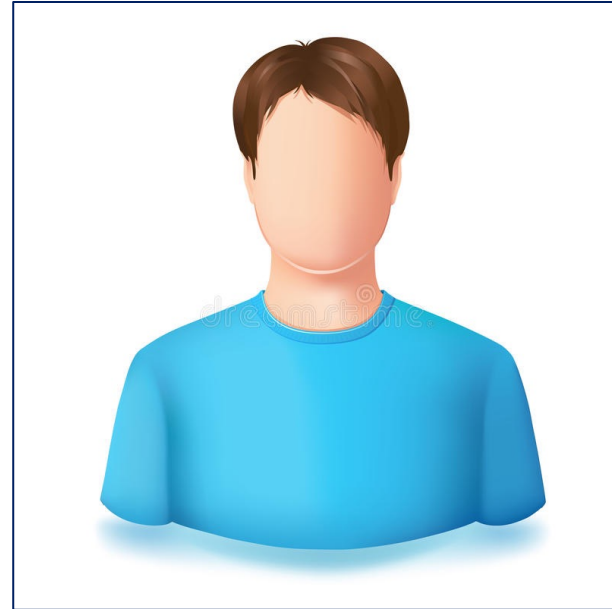


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



DHCPv6 Server

- ✓ Actualmente no soporta Statefull
- ✓ MikroTik no planea implementarlo
- ✓ Deberías asignar segmento /64 al usuario

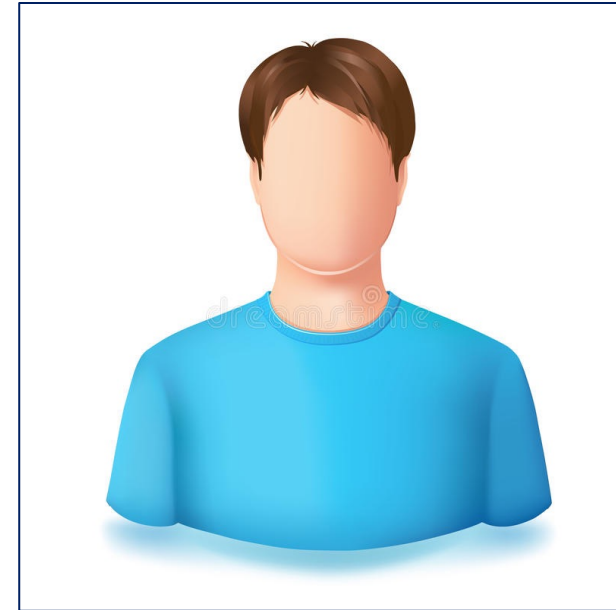


Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us



Radius IPv6

- ✓ Actualmente lo soporta parcialmente
- ✓ MikroTik planea implementarlo por completo
- ✓ No hay un plazo definido aún



Jose Miguel Cabrera
www.ecatel.us





Resumen

Capitulo 6



Derechos de Autor

La empresa Ecatel LLC **declara** tener los derechos de autor del presente material.

Conforme a Ley de Derechos de Autor (Copyright Act), el Título 17 del Código de los Estados Unidos (17 U.S.C.), cualquier reproducción total o parcial del material sin el previo consentimiento del autor es considerado un delito.



Compartir este material ESTA PROHIBIDO

Si usted es testigo de este delito, por favor denuncie:

info@ecatel.us



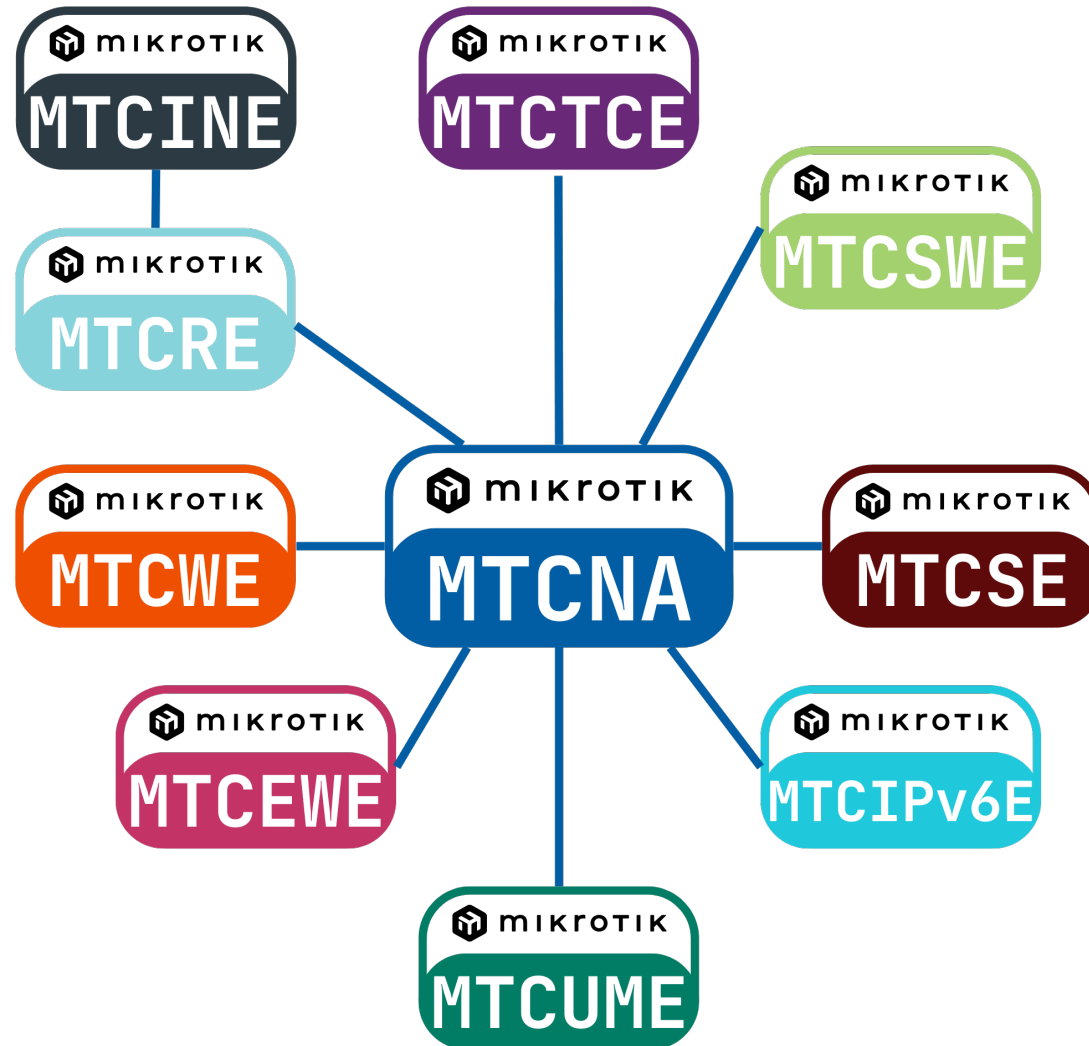


Resumen

MTCIPv6E



Programa de Certificaciones



Ayúdanos

Antes del examen, debes calificarnos (Feedback)

- Calificas con 1 a 5 estrellas, que te pareció la clase del profesor
- Calificas con 1 a 5 estrellas, que te pareció el material (PDF, Laboratorios)
- Escribes libremente una opinión (opcional)

1 Estrella
Lo peor



5 Estrellas
Lo mejor



Ayúdanos



[Home](#) [About](#) [Buy](#) [Jobs](#) [Hardware](#) [Software](#) [Support](#) [Training](#) [Account](#)

Training

[Schedule](#) [About](#) [Training centers & trainers](#) [Academies](#) [Train the Trainer](#) [Certificate search](#) [Archive](#)

José Miguel Cabrera Dalence,
Miguel Felix, Carlo Mata / ECATEL

Rating: ★★★★★ 5/5 (46 votes)

Average student result: 83%

**MTCNA, MTCRE, MTCWE, MTCTCE,
MTCUME, MTCINE, MTCIPv6E, MTCSE**

Guadalajara, Mexico

Fuente: <https://mikrotik.com/training/centers/latinamerica>

Con tu ayuda, pronto llegaremos al 1er lugar



Condiciones del Examen

- Tendrás 60 minutos para contestar 25 preguntas.
- Para pasar, deberás responder correctamente más del 60% de las preguntas.
- Guardar o imprimir las preguntas del examen, ayudar u obtener asistencia de otras personas o de cualquier fuente no autorizada invalida sus resultados.
- MikroTik es el único propietario del contenido del examen de certificación.
- Usted reconoce que la exhibición pública y otras actividades similares relacionadas con la prueba de Certificación y sus preguntas en cualquier forma constituye una violación de la política de propiedad intelectual de MikroTik e infringe los derechos de autor de MikroTik.
- Si MikroTik, a su entera discreción, determina que un estudiante ha violado estos términos y condiciones, MikroTik sin previo aviso por escrito anulará el certificado del estudiante e iniciará las acciones legales correspondientes.
- El estudiante certifica que ha leído, entendido y cumplirá estos términos y condiciones



Examen de Certificacion

- Si lo necesitas, restaura tu router desde un backup
- Accede a la web www.mikrotik.com
- Ingresa a la opción “Account” con tu cuenta
- Selecciona “my training sessions”
- ¡Buena suerte!





EJERCICIO – Implementar IPv6 (sencillo)

- ✓ **Tema:** Implementar IPv6
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría en un sencillo ejercicio
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

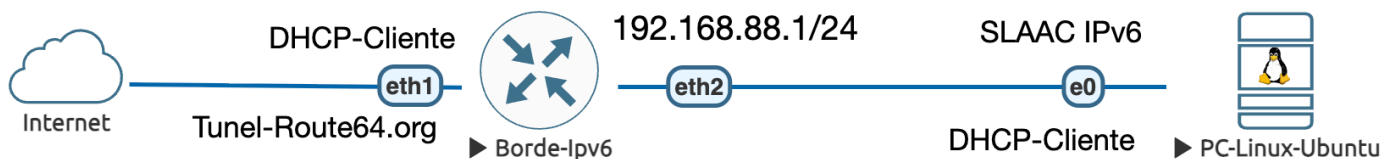
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 1 routers MikroTik, 1 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=192.168.88.1/24 interface=ether2
```

Configurar DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.88.2-192.168.88.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=192.168.88.0/24 gateway=192.168.88.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-server
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Divide tu Pool /56 en dos redes /57 y registrarlos de la siguiente manera

```
/ipv6 pool
```

```
add name=pool1-ipv6-local prefix=2a11:6c7:2200:9200::/57 prefix-length=64
```

```
add name=pool2-proximo-router prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=60
```

Asigna del pool 1 de IPv6 la IP terminacion ::1 para la interfaz ether2

```
/ipv6 address
```

```
add address=::1 from-pool=pool1-ipv6-local interface=ether2
```

PC

- Configura dirección IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

ping google.com

Ingresa a la web <https://test-ipv6.com/> y verifica que obtienes calificación de 10/10

CONCLUSIÓN

- Sólo fue necesario crear una sola regla de NAT en IPv4
- Tu red es Dual Stack, es decir, tienes funcionando IPv4 e IPv6 al mismo tiempo
- Verificaste que efectivamente configuraste todo al 100%
- Aplicaste el concepto de ruta estática y asignación por SLAAC

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPv6 ND

- ✓ **Tema:** Implementar IPv6 con ND
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de ND Proxy en un ejercicio
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

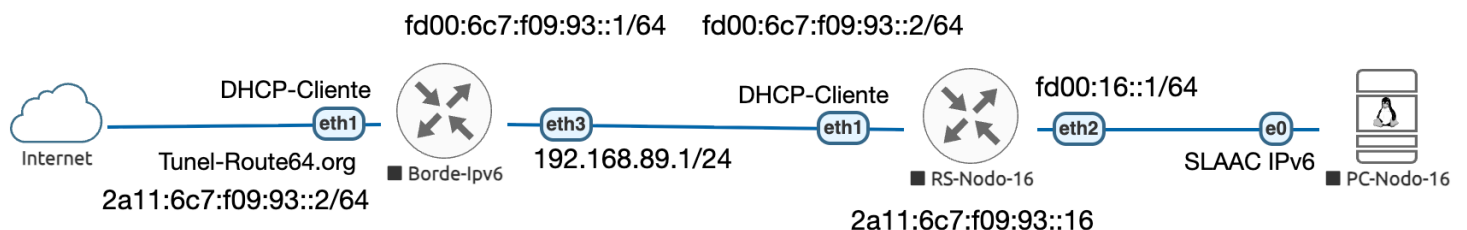
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 1 routers MikroTik, 1 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.1/24 interface=ether3
```

Enruta el segmento 10.16.0.0/16 hacia 10.16.0.2

```
/ip route
```

```
add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.0.2
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0 interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Asigna IPv6 ULA fd00:6c7:f09:93::1/64 a la interfaz ether3

```
/ipv6/address
```

```
add address=fd00:6c7:f09:93::1/64 interface=ether3 advertise=no
```

Configura ND proxy para la IPv6

```
/ipv6 nd proxy
```

```
add address=2a11:6c7:f09:93::16 interface=route64-tunnel-server
```

Configura una ruta para la IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:f09:93::16 gateway=fd00:6c7:f09:93::16
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.0.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.2.2-10.16.2.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.2.0/24 gateway=10.16.2.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Configura IPv6

```
/ipv6 address
```

```
add address=fd00:6c7:f09:93::16 advertise=no interface=ether1
```

```
add address=2a11:6c7:f09:93::16/128 advertise=no interface=lo
```

```
add address=fd00:16::1 interface=ether2
```

Establece DNS

```
/ip dns
```

```
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway=fd00:6c7:f09:93::1 pref-src=2a11:6c7:f09:93::16
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Crea una NAT en IPv6 para el usuario final

```
/ipv6 firewall nat
```

```
add action=src-nat chain=srcnat out-interface=ether1 \
```

```
src-address=fd00:16::/64 to-address=2a11:6c7:f09:93::16/128
```

PC

- Configura dirección IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

ping google.com

Ingresa a la web <https://test-ipv6.com/> y verifica que obtienes calificación de 10/10

CONCLUSIÓN

- Sólo fue necesario crear una sola regla de NAT en IPv4
- Tu red es Dual Stack, es decir, tienes funcionando IPv4 e IPv6 al mismo tiempo
- Gracias al ND pudiste asignar una IPv6 de un prefijo /64 de manera remota
- Aplicaste el concepto de ruta estática y asignación por SLAAC

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPv6 Subnetting

- ✓ **Tema:** Implementar Subnetting en IPv6 con Pool
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de Subredes en un ejercicio
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

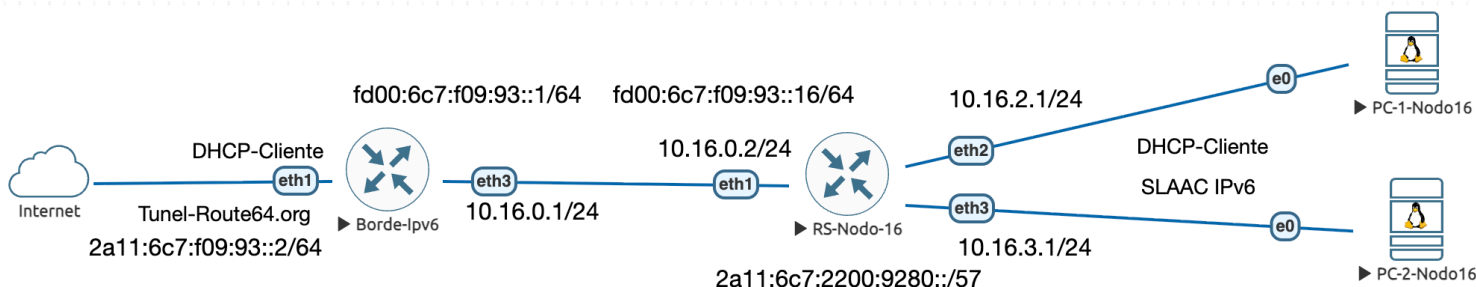
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 2 routers MikroTik, 2 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.1/24 interface=ether3
```

Enruta el segmento 10.16.0.0/16 hacia 10.16.0.2

```
/ip route
```

```
add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.0.2
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0 interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Asigna IPv6 ULA fd00:6c7:f09:93::1/64 a la interfaz ether3

```
/ipv6/address
```

```
add address=fd00:6c7:f09:93::1/64 interface=ether3 advertise=no
```

Configura una ruta para la IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9280::/57 gateway=fd00:6c7:f09:93::16
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

```
add address=10.16.3.1/24 interface=ether3
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.0.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.2.2-10.16.2.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.2.0/24 gateway=10.16.2.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

```
/ip pool add name=dhcp_pool1 ranges=10.16.3.2-10.16.3.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.3.0/24 gateway=10.16.3.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool1 interface=ether3 name=dhcp2
```

Configura Pool IPv6

```
/ipv6 pool
```

```
add name=pool-ipv6 prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=64
```

Configura IPv6

```
/ipv6/address
```

```
add address= fd00:6c7:f09:93::16/64 interface=ether1 advertise=no
```

```
add address=::1 from-pool=pool-ipv6 interface=ether2
```

```
add address=::1 from-pool=pool-ipv6 interface=ether3
```

Establece DNS

```
/ip dns
```

```
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway=fd00:6c7:f09:93::1 pref-src=2a11:6c7:f09:93::16
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888 src-address=2a11:6c7:2200:9280::1
```

PC

- Configura dirección IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

ping google.com

Ingresa a la web <https://test-ipv6.com/> y verifica que obtienes calificación de 10/10

CONCLUSIÓN

- Sólo fue necesario crear una sola regla de NAT en IPv4
- Tu red es Dual Stack, es decir, tienes funcionando IPv4 e IPv6 al mismo tiempo
- Gracias al ND pudiste asignar una IPv6 de un prefijo /64 de manera remota
- Aplicaste el concepto de ruta estática y asignación por SLAAC

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPv6 Hop Limit

- ✓ **Tema:** Implementar Hop Limit en IPv6 con Pool
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de limite de saltos en un ejercicio
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

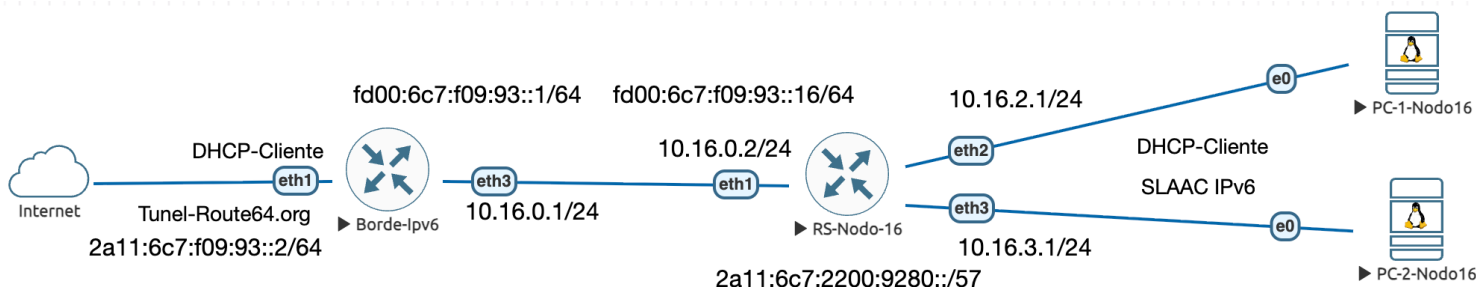
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 2 routers MikroTik, 2 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuacion conectate por Winbox y sigue estos pagos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.1/24 interface=ether3
```

Enruta el segmento 10.16.0.0/16 hacia 10.16.0.2

```
/ip route
```

```
add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.0.2
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0 interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Asigna IPv6 ULA fd00:6c7:f09:93::1/64 a la interfaz ether3

```
/ipv6/address
```

```
add address=fd00:6c7:f09:93::1/64 interface=ether3 advertise=no
```

Configura una ruta para la IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9280::/57 gateway=fd00:6c7:f09:93::16
```

Limitar TTL y Hop Limit

```
/ip firewall mangle
```

```
add chain=postrouting out-interface=ether3 action=change-ttl new-ttl=set:1
```

```
/ipv6 firewall mangle
```

```
add chain=postrouting out-interface= ether3 protocol=icmpv6 action=accept
```

```
add chain=postrouting out-interface=ether3 action=change-hop-limit new-hop-limit=set:1
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1, ether2 y ether3

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

```
add address=10.16.3.1/24 interface=ether3
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.0.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.2.2-10.16.2.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.2.0/24 gateway=10.16.2.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

```
/ip pool add name=dhcp_pool1 ranges=10.16.3.2-10.16.3.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.3.0/24 gateway=10.16.3.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool1 interface=ether3 name=dhcp2
```

❑ Configura Pool IPv6

```
/ipv6 pool
```

```
add name=pool-ipv6 prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=64
```

❑ Configura IPv6

```
/ipv6/address
```

```
add address= fd00:6c7:f09:93::16/64 interface=ether1 advertise=no
```

```
add address=::1 from-pool=pool-ipv6 interface=ether2
```

```
add address=::1 from-pool=pool-ipv6 interface=ether3
```

❑ Establece DNS

```
/ip dns
```

```
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

❑ Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway=fd00:6c7:f09:93::1 pref-src=2a11:6c7:f09:93::16
```

❑ Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888 src-address=2a11:6c7:2200:9280::1
```

PC

- Configura direccion IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

```
ping 2001:4860:4860::8888
```

```
ping 8.8.8.8
```

No funciona ¿verdad? Deshabilitemos temporalmente las reglas de MANGLE en ipv4 e ipv6 y repitamos las pruebas.

CONCLUSIÓN

- Hop Limit funciona correctamente
- Podemos utilizar para evitar que compartan nuestro internet
- Sugerencia, aplicarlo lo más cerca al usuario final.

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPv6 RA Guard

- ✓ **Tema:** Implementar RA Guard
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de RA Guard
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

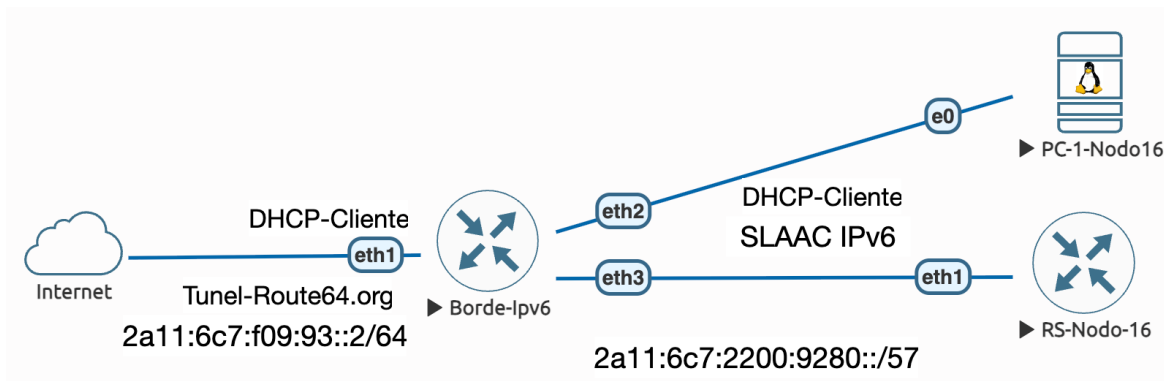
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 2 routers MikroTik, 1 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura una interfaz bridge

```
/interface bridge
```

```
add name=bridge1 dhcp-snooping=yes ra-guard=yes
```

```
/interface bridge port
```

```
add bridge=bridge1 interface=ether2
```

```
add bridge=bridge1 interface=ether3
```

Configura direcciones IP para el bridge1

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.1/24 interface=bridge1
```

Configura DHCP Server v4

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.0.2-10.16.0.254
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=bridge1 name=dhcp1
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.0.0/24 gateway=10.16.0.1
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-  
server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Configura ND – Advertise DNS y Other Configuration

```
/ipv6 nd  
set [ find default=yes ] advertise-dns=yes other-configuration=yes
```

Configura IPv6 para el bridge1

```
/ipv6 pool  
add name=pool-ipv6 prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=64  
  
/ipv6 address  
add address=::1 from-pool=pool-ipv6 interface=bridge1
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura el router para aceptar SLAAC y reinicia para aplicar

```
/ipv6 settings set accept-router-advertisements=yes
```

```
/system reboot
```

```
y
```

Configura una IPv4 y un DHCP server (Rogue, intentando ataque MiM)

```
/ip address add address=192.168.66.1/24 interface=ether1
```

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.66.2-192.168.66.254
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether1 name=dhcp1
```

```
/ip dhcp-server network add address=192.168.66.0/24 gateway=192.168.66.1
```

Configura una IPv6 y Advertise (Rogue, intentando ataque MiM)

```
/ipv6 address add address=fd00:db8::1 interface=ether1
```

PC

- Configura direccion IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

```
ping 2001:4860:4860::8888
```

```
ping 8.8.8.8
```

Verifica el segment IPv4 y IPv6 que recibe

Intenta desactivar DHCPv4 Server en el Borde y el Advertise

¿RS-Nodo-16 puede asignare IP a la PC?

CONCLUSIÓN

- Aseguramos los mensaje RA correctamente
- Desde la version 7.22 podemos utilizar GUARD para evitar falsas Advertise
- Se aplica en switches, revisa compatibilidad de otras marcas.

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPv6 Firewall

- ✓ **Tema:** Implementar Firewall bajo RFC 6092 en IPv6
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Bloquear ingreso NO solicitado
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

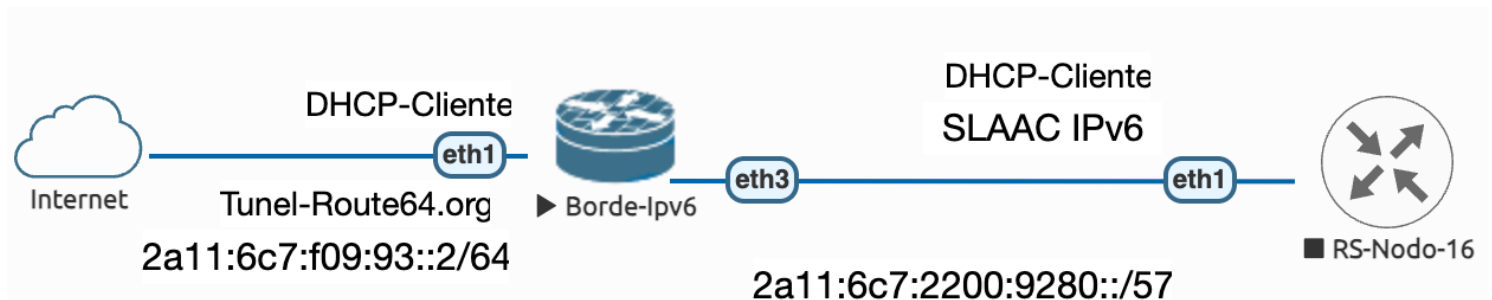
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 2 routers MikroTik



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuacion conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.1/24 interface=ether3
```

DHCP Server para IPv4

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.0.2-10.16.0.254
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether3 name=dhcp1
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.0.0/24 gateway=10.16.0.1
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

❑ **Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64**

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-server advertise=no
```

❑ **Establece una ruta por defecto en IPv6**

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

❑ **Configura DNS IPv6**

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

❑ **Prueba tu salida IPv6**

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

❑ **Configurar un Pool de IPv6**

```
/ipv6 pool add name=pool-ipv6 prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=64
```

❑ **Configura un IPv6 con Advertise**

```
/ipv6 address
```

```
add address>:::1 from-pool=pool-ipv6 interface=ether3
```

❑ **Reglas de Firewall IPv6 esenciales**

```
/ipv6 firewall address-list
```

```
add list=LAN-ipv6 address=2a11:6c7:2200:9200::/56
```

```
/ipv6 firewall filter
```

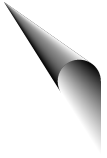

```
add action=accept chain=input connection-state=established,related in-interface-list=Internet
```

```
add action=accept chain=input src-address=fe80::/10
```

```
add action=accept chain=input dst-address=fe80::/10
```

```
add action=accept chain=input protocol=icmpv6
```

```
add action=accept chain=input dst-port=8291 in-interface-list=Internet protocol=tcp
```



```
add action=accept chain=input dst-port=546,68 in-interface-list=Internet
protocol=udp
```

```
add action=drop chain=input in-interface-list=Internet
```

```
## Forward
```

```
add action=accept chain=forward connection-state=established,related
```

```
add action=accept chain=forward protocol=icmpv6
```

```
add action=accept chain=forward src-address-list=LAN-ipv6
```

```
add action=accept chain=forward dst-port=8291 protocol=tcp
```

```
add action=drop chain=forward dst-address-list=LAN-ipv6
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Aceptar Advertise y reiniciar

```
/ipv6 settings
```

```
set accept-router-advertisements=yes
```

```
/system reboot
```

```
y
```

Testear conectividad

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

CONCLUSIÓN

- Permitimos la Salida libre de IPv6
- Solo abrimos la entrada de lo que se necesita
- El usuario final, está seguro

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPsec en IPv6

- ✓ **Tema:** Implementar IPsec en IPv6
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de IPsec en una red IPsec
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

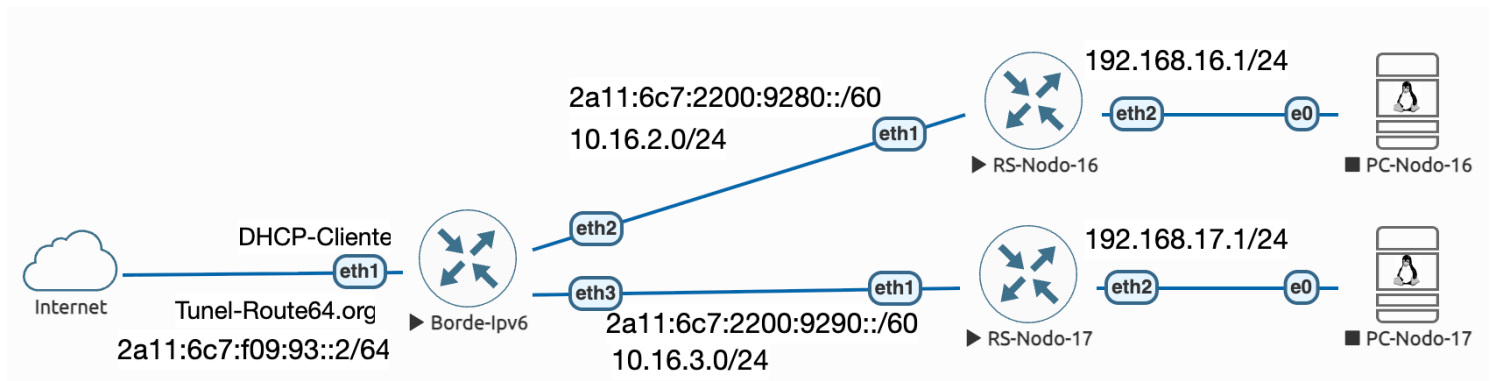
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 3 routers MikroTik, 2 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2 y ether3

```
/ip address
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

```
add address=10.16.3.1/24 interface=ether3
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-  
server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Configura direcciones IPv6 para el ether2 y ether3

```
/ipv6 address
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9281::1/64 interface=ether2
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9291::1/64 interface=ether3
```

Enruta un segmento /60 a cada router

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9280::/60 gateway=2a11:6c7:2200:9281::2
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9290::/60 gateway=2a11:6c7:2200:9291::2
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.2.2/24 interface=ether1
```

```
add address=192.168.16.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.2.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.16.2-192.168.16.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=192.168.16.0/24 gateway=192.168.16.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Configura NAT para IPv4

```
/ip firewall nat add action=masquerade chain=srcnat out-interface=ether1
```

❑ Configura IPv6

```
/ipv6 address
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9281::2/64 interface=ether1
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9282::1/64 interface=ether2
```

❑ Configura ruta por defecto IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway=2a11:6c7:2200:9281::1
```

❑ Establece DNS

```
/ip dns
```

```
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

❑ Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

❑ Configura IPsec

```
/ip ipsec peer
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9291::2/128 name=peer1
```

```
/ip ipsec identity
```

```
add peer=peer1 secret=Test123
```

```
/ip ipsec policy
```

```
add peer=peer1 tunnel=yes \
```

```
src-address=2a11:6c7:2200:9280::/60 dst-address=2a11:6c7:2200:9290::/60
```

ROUTER RS-Nodo-17:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-17"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.3.2/24 interface=ether1
```

```
add address=192.168.17.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.3.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.17.2-192.168.17.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=192.168.17.0/24 gateway=192.168.17.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Configura NAT para IPv4

```
/ip firewall nat add action=masquerade chain=srcnat out-interface=ether1
```

❑ Configura IPv6

```
/ipv6 address
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9291::2/64 interface=ether1
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9292::1/64 interface=ether2
```

❑ Configura ruta por defecto IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway=2a11:6c7:2200:9291::1
```

❑ Establece DNS

```
/ip dns
```

```
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

❑ Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

❑ Configura IPsec

```
/ip ipsec peer
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9281::2/128 name=peer1
```

```
/ip ipsec identity
```

```
add peer=peer1 secret=Test123
```

```
/ip ipsec policy
```

```
add peer=peer1 tunnel=yes \
```

```
src-address=2a11:6c7:2200:9290::/60 dst-address=2a11:6c7:2200:9280::/60
```

PC

Configura direccion IP por DHCP

Verifica que obtuvo IPv6

Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

Haz ping desde una PC a otra, constante

Verifica si se estableció IPsec

Verifica con Torch en el Borde, cómo se ve el tráfico

CONCLUSIÓN

IPsec oculta mi trafico local de “curiosos”

Podemos utilizar para evitar que vean nuestro tráfico local

Verifica los equipos que tengan acelerador por Hardware

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar 6to4 sobre IPv4

- ✓ **Tema:** Implementar tunel 6to4
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de 6to4 sobre una red IPv4
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

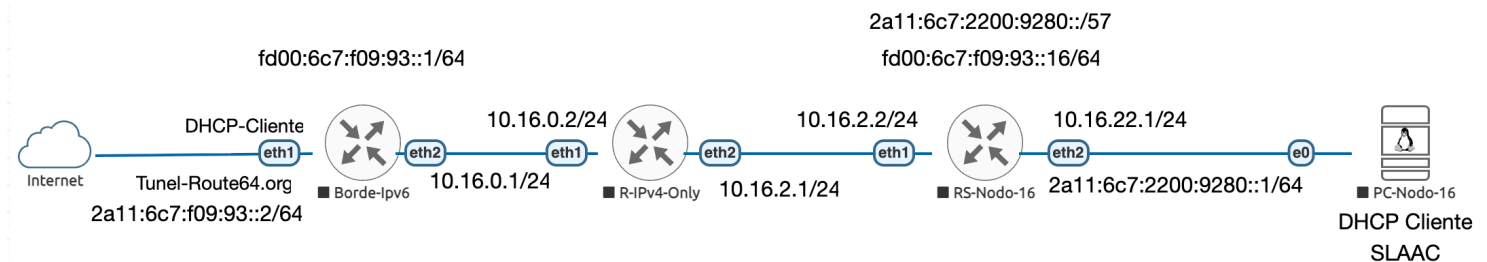
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 3 routers MikroTik, 1 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2 y Ruta

```
/ip address add address=10.16.0.1/24 interface=ether2
```

```
/ip route add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.0.2
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-  
server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Establece tunel 6to4

```
/interface 6to4
```

```
add name=6to4-tunnel1 ipsec-secret=Test123 \
```

```
local-address=10.16.0.1 remote-address=10.16.2.2
```

Configura direcciones IPv6 para el ether2 y ether3

```
/ipv6 address
```

```
add address=fd00:6c7:f09:93::1/64 interface=6to4-tunnel1
```

Enruta un segmento /60 a cada router

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9280::/57 gateway=fd00:6c7:f09:93::16
```

ROUTER R-IPv4-Only6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="R-IPv4-Only"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4 y Ruta hacia 10.16.0.0/16

```
/ip route
```

```
add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.2.2
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.0.1
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.2.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.16.22.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.2.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.22.2-10.16.22.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.22.0/24 gateway=10.16.22.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Establece tunel 6to4

```
/interface 6to4  
add name=6to4-tunnel1 ipsec-secret=Test123 \  
    local-address=10.16.2.2 remote-address=10.16.0.1
```

Configura IPv6

```
/ipv6 address  
add address=fd00:6c7:f09:93::16 advertise=no interface=6to4-tunnel1  
add address=2a11:6c7:2200:9280::1/64 interface=ether2
```

Configura ruta por defecto IPv6

```
/ipv6 route  
add gateway= fd00:6c7:f09:93::1
```

Establece DNS

```
/ip dns  
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

PC

- Configura direccion IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

CONCLUSIÓN

- Dentro de mi red local, puedo establecer tunel 6to4
- Necesitas que ambos extremos se vean SIN NAT v4
- El MTU disminuye, en redes modernas eso no debería ser un problema.

¡Felicidades!

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configura direcciones IP para el ether2 y ether3, con sus rutas

```
/ip address add address=10.16.0.1/24 interface=ether2
```

```
/ip address add address=10.17.0.1/24 interface=ether3
```

```
/ip route add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.0.2
```

```
/ip route add dst-address=10.17.0.0/16 gateway=10.17.0.2
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-  
server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Configurar ruta para segmento de ether2

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9200::/57 gateway= fe80::5200:ff:fe03:0%ether2
```

Configura un pool v6 y DHCPv6-PD para ether3

```
/ipv6 pool
```

```
add name=pool-ether3 prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=60
```

```
/ipv6 dhcp-server
```

```
add interface=ether3 name=server1 prefix-pool=pool-ether3
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4 y Ruta hacia 10.16.0.0/16

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.0.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.2.2-10.16.2.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.2.0/24 gateway=10.16.2.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Configura IPv6

```
/ipv6 address
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9202::1/64 interface=ether2
```

Gateway IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway=fe80::5200:ff:fe01:1%ether1
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

ROUTER RS-Nodo-17:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-17"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.17.0.2/24 interface=ether1
```

```
add address=10.17.2.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4 y Ruta hacia 10.16.0.0/16

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.17.0.1
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.17.2.2-10.17.2.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.17.2.0/24 gateway=10.17.2.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Pedir prefijo IPv6 mediante DHCPv6-PD cliente

```
/ipv6 dhcp-client
```

```
add interface=ether1 request=prefix \
```

```
pool-name=pool-pd-cliente
```

Configura IPv6

```
/ipv6 address
```

```
add address=::1/64 from-pool=pool-pd-cliente interface=ether2
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

PC

- Configura direccion IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

CONCLUSIÓN

- Dentro de mi red local, puedo usar Link Local.
- DHCP-PD me crea el enrutamiento de manera dinámica.
- Estoy conciente que en una red ISP podría causarme problema si se daña un equipo.

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar IPv6 sobre PPPoE

- ✓ **Tema:** Implementar Dual Stack en PPPoE
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Aplicar la teoría de PD para PPPoE
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

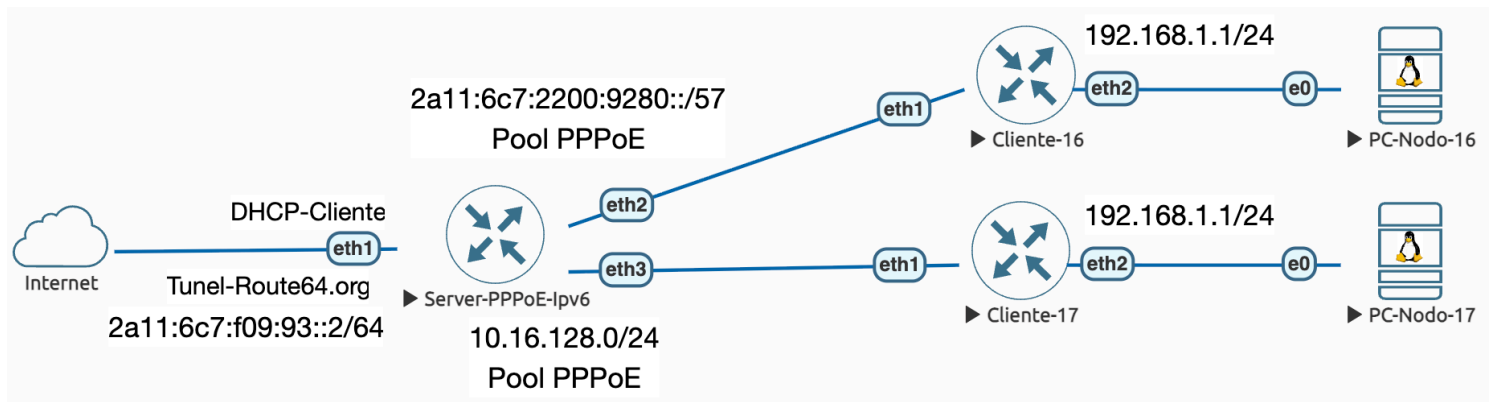
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 3 routers MikroTik, 1 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuación conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Server-PPPoE-Ipv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Server-PPPoE-Ipv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Configurar Pool IPv4 para PPPoE

```
/ip pool add name=Pool-IPv4-PPPoE ranges=10.16.128.2-10.16.128.254
```

Configurar Pool IPv6 para PPPoE

```
/ipv6 pool
```

```
add name=pool-ipv6-pppoe-pd prefix=2a11:6c7:2200:9280::/57 prefix-length=60
```

Configurar Profile PPP

```
/ppp profile
```

```
add name=Plan_10Mbps rate-limit=10M/10M
```

```
add name=Profile-Default-PPPoE change-tcp-mss=yes \
```

```
local-address=10.16.128.1 remote-address=Pool-IPv4-PPPoE \
```

```
dns-server=8.8.8.8 \
```

```
dhcpcv6-pd-pool=pool-ipv6-pppoe-pd
```

❑ **Configurar Secret PPP (cuentas locales)**

```
/ppp secret
```

```
add name=test16 password=123 profile=Plan_10Mbps service=pppoe
```

```
add name=test17 password=123 profile=Plan_10Mbps service=pppoe
```

❑ **Configurar Servidor PPPoE en ambas interfaces (ether2 y ether3)**

```
/interface pppoe-server server
```

```
add default-profile=Profile-Default-PPPoE disabled=no \
```

```
    interface=ether2 keepalive-timeout=60 authentication=pap
```

```
add default-profile=Profile-Default-PPPoE disabled=no \
```

```
    interface=ether3 keepalive-timeout=60 authentication=pap
```

❑ **Establece tunel WireGuard con Router64**

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

❑ **Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64**

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-  
server advertise=no
```

❑ **Establece una ruta por defecto en IPv6**

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

ROUTER Cliente-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Cliente-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=192.168.1.1/24 interface=ether2
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.1.2-192.168.1.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=192.168.1.0/24 gateway=192.168.1.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Establecer sesion pppoe

```
/interface pppoe-client
```

```
add name=pppoe-out1 disabled=no interface=ether1 \
```

```
user=test16 password=123 add-default-route=yes use-peer-dns=yes
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface= pppoe-out1 action=masquerade
```

Solicitar prefijo por el PPPoE

```
/ipv6 dhcp-client
```

```
add interface=pppoe-out1 pool-name=pool-ipv6-pd request=prefix
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ipv6 address
```

```
add address=:::1 from-pool=pool-ipv6-pd interface=ether2
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

ROUTER Cliente-17:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Cliente-17"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Configura direcciones IP para el ether2

```
/ip address
```

```
add address=192.168.1.1/24 interface=ether2
```

Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=192.168.1.2-192.168.1.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=192.168.1.0/24 gateway=192.168.1.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

Establecer sesion pppoe

```
/interface pppoe-client
```

```
add name=pppoe-out1 disabled=no interface=ether1 \
```

```
user=test17 password=123 add-default-route=yes use-peer-dns=yes
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface= pppoe-out1 action=masquerade
```

Solicitar prefijo por el PPPoE

```
/ipv6 dhcp-client
```

```
add interface=pppoe-out1 pool-name=pool-ipv6-pd request=prefix
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ipv6 address
```

```
add address=:::1 from-pool=pool-ipv6-pd interface=ether2
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

PC

- Configura dirección IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

CONCLUSIÓN

- Las rutas con PPPoE IPv6 son dinámicas
- Tienes Dual Stack a través de PPPoE
- Se limita la velocidad Dual Stack en su conjunto.

¡Felicidades!



EJERCICIO – Implementar WireGuard sobre IPv6

- ✓ **Tema:** Implementar tunel WireGuard
- ✓ **Objetivo de la actividad:** Brindar Dual Stack mediante tunel por IPv6
- ✓ **Docente:** Ing. José Miguel Cabrera Dalence

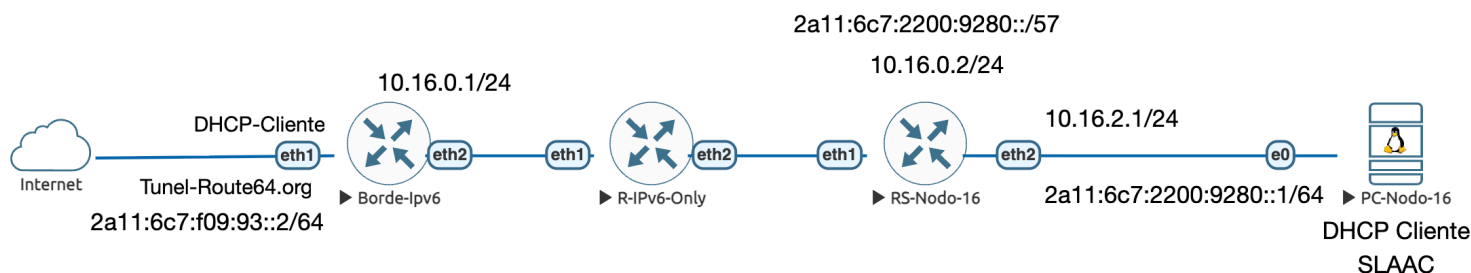
ESCENARIO

Recomendamos utilizar GNS3 o EVE-NG para montar todo el laboratorio virtual, sin embargo, puede hacerse la misma práctica también con equipos reales.

Se plantea el escenario con 1 salida a Internet, un router conectado a esta salida y una PC como usuario final.

¿QUÉ NECESITAS ANTES DE EMPEZAR?

1. Computadora con emular (GNS3 o EVE-NG) listo para trabajar
2. En un proyecto nuevo: 1 cloud, 3 routers MikroTik, 1 PC



GUÍA DE PASOS A SEGUIR (CHECK LIST)

Antes de empezar, coloca todos los elementos. Conectalos, colocalos nombres, enciendelos y bloquea el proyecto (candado) para no arrastrarlo por accidente. A continuacion conectate por Winbox y sigue estos pasos en cada equipo.

ROUTER Borde-IPv6:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="Borde-IPv6"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Verifica que tenga internet mediante DHCP Client, en ether1

```
/ip/dhcp-client/print
```

Haz una regla de NAT sencilla

```
/ip firewall nat
```

```
add chain=srcnat out-interface=ether1 action=masquerade
```

Crear tunel WG hacia RS-Nodo-16

```
/interface wireguard
```

```
add name=wg1 listen-port=25350 \
```

```
private-key="2H8WJHLmpL3vjEF944BLZrtbkhVcfwehz/n33HXN3nM="
```

```
/interface wireguard peers
```

```
add name=RedPrivada interface=wg1 \
```

```
endpoint-address=2a11:6c7:2200:9280::1 endpoint-port=13499 \
```

```
public-key="MOdCKF7lNwdVU0CHPGvpGGuQcM+Ing4l+24jY3gnHTw=" \
```

```
allowed-address=::/0,0.0.0.0/0
```

Configura direcciones IP para el ether2 y Ruta

```
/ip address add address=10.16.0.1/24 interface=wg1
```

```
/ip route add dst-address=10.16.0.0/16 gateway=10.16.0.2
```

Establece tunel WireGuard con Router64

```
/interface/wireguard add listen-port=20064 mtu=1420 name=route64-tunnel-server  
private-key="Tu-LlavePrivada-Busca-en-tu-panel"
```

```
/interface/wireguard/peers add allowed-address=0.0.0.0/0,::/0  
interface=route64-tunnel-server persistent-keepalive=15s public-key="La-  
LlavePrivada-Busca-en-tu-panel" endpoint-address=213.145.83.41 endpoint-  
port=20064
```

Establece una IPv6 para el tunel WireGuard con Router64

```
/ipv6/address add address=2a11:6c7:f09:93::2/64 interface=route64-tunnel-  
server advertise=no
```

Establece una ruta por defecto en IPv6

```
/ipv6/route add gateway=2a11:6c7:f09:93::1
```

Configura DNS IPv6

```
/ip dns set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

Enruta un segmento /57

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address= 2a11:6c7:2200:9280::/57 gateway= fe80::5200:ff:fe02:0%ether2
```

ROUTER R-IPv6-Only:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="R-IPv6-Only"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Enruta el segmento IPv6 y la ruta por defecto

```
/ipv6 route
```

```
add dst-address=2a11:6c7:2200:9280::/57 gateway=fe80::5200:ff:fe03:0%ether2
```

```
add gateway=fe80::5200:ff:fe01:1%ether1
```

ROUTER RS-Nodo-16:

Colocarle identity

```
/system/identity/set name="RS-Nodo-16"
```

Activa el RoMON

```
/tool romon set enabled=yes
```

Crear tunel WG hacia el Borde-IPv6

```
/interface wireguard
```

```
add name=wg1 listen-port=13499 \
```

```
private-key="oIBqVfKse7bJSq4gssg2DdPuH2XdrHL2TA+D55dJR1w="
```

```
/interface wireguard peers
```

```
add name=RedPrivada interface=wg1 \
```

```
endpoint-address=2a11:6c7:2200:9280::1 endpoint-port=13499 \
```

```
public-key="KpArYNSuG+0ziRHpWycan7LUCiQ41xro9hfjJ4/9BRE=" \
```

```
allowed-address=::/0,0.0.0.0/0
```

Configura direcciones IP para el wg1 y ether2

```
/ip address
```

```
add address=10.16.0.2/24 interface=wg1
```

```
add address=10.16.2.1/24 interface=ether2
```

Establece una ruta por defecto en IPv4

```
/ip route
```

```
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.16.0.1
```

❑ Configura DHCPv4 Server

```
/ip pool add name=dhcp_pool0 ranges=10.16.2.2-10.16.2.254
```

```
/ip dhcp-server network add address=10.16.2.0/24 gateway=10.16.2.1
```

```
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool0 interface=ether2 name=dhcp1
```

❑ Configura IPv6

```
/ipv6 address
```

```
add address=2a11:6c7:2200:9280::1/64 interface=ether2
```

❑ Configura ruta por defecto IPv6

```
/ipv6 route
```

```
add gateway= fe80::5200:ff:fe02:1%ether1
```

❑ Establece DNS

```
/ip dns
```

```
set servers=2001:4860:4860::8888,8.8.8.8
```

❑ Prueba tu salida IPv6

```
/ping 2001:4860:4860::8888
```

PC

- Configura direccion IP por DHCP
- Verifica que obtuvo IPv6
- Verifica que puedes llegar a todas las ips de la red

ping 2001:4860:4860::8888

ping 8.8.8.8

CONCLUSIÓN

- Utilizamos Link Local, para enrutar el tráfico
- Se estableció tunel usando las ipv6 globales
- Se para direcciones IPv4 a través del tunel.

¡Felicidades!