

# Despliegue de IPv6 en Redes xDSL y algunas cosas más...

Ariel S. Weher

Usual Suspect / Well-Known Guilty / Anti NAT Activist Networking Gardener / Virtualization Chef

ariel@weher.net | @arielweher



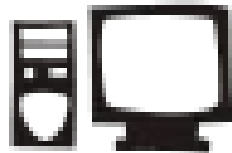
**“Usted puede hacer una transición planificada y cuidadosa a IPv6 , o puede hacerlo de urgencia y con pánico.**

**Pero debe saber muy bien que la urgencia y el pánico siempre son más caros.”**

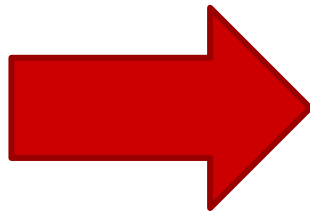
**Martin Levy  
Hurricane Electric**

# Lo que vamos a aprender hoy

NETWORKING FOR DUMMIES



YOUR COMPUTER



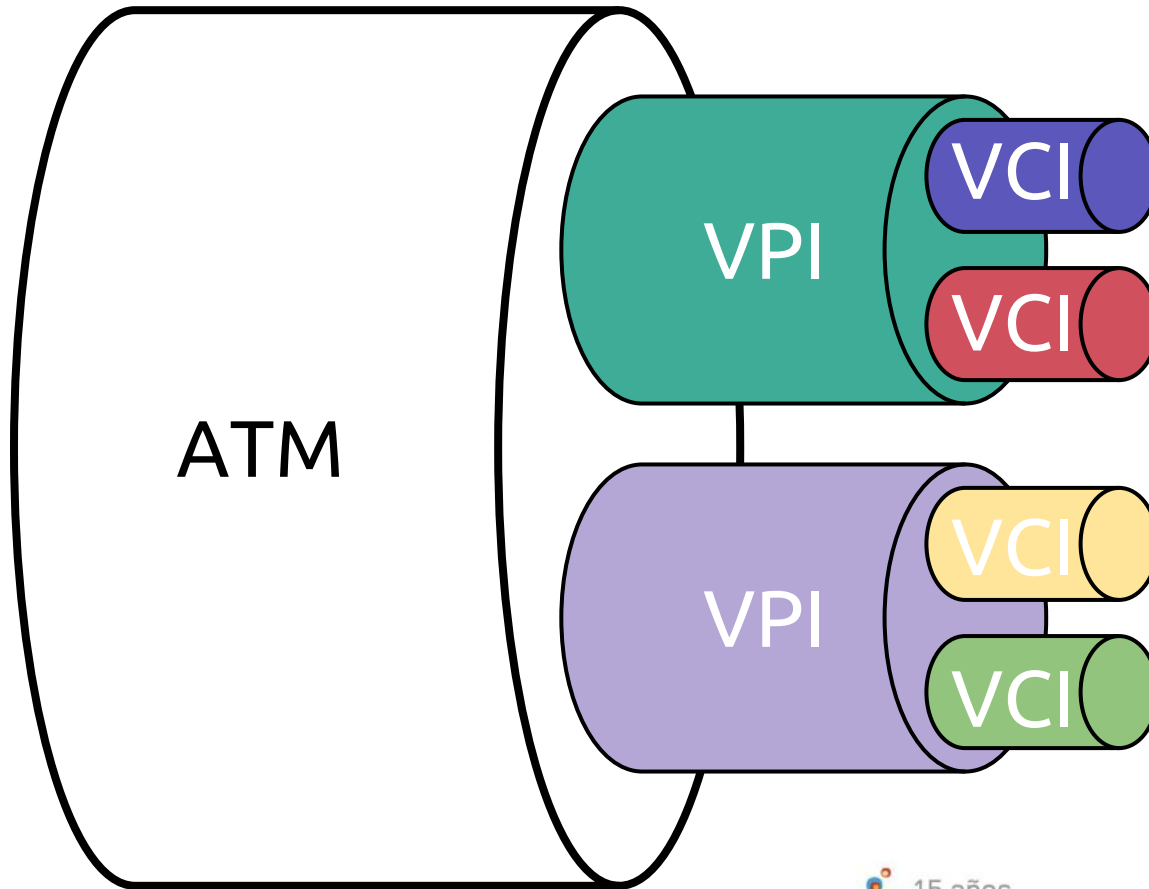
THE INTERNET

# Así que empieza la parte aburrida...

Conceptos Básicos de redes xDSL



# Direccionamiento en interfaces ATM

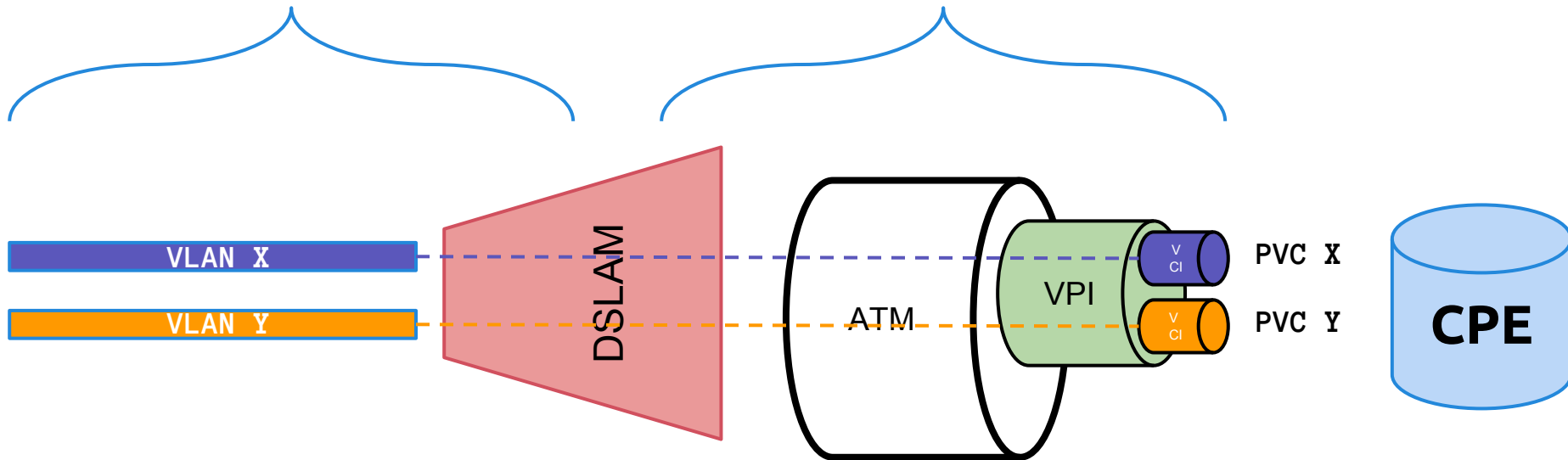


**PVC =  
VPI&VCI**

# Vinculación de entre VLAN's y PVC's

**ETHERNET**

**ATM**



**Generalmente un PVC vincula un solo servicio:**

- PVC X → Internet
- PVC Y → Televisión

**Es posible coexistir IPv4 e IPv6 en el mismo PVC**

# Modos de funcionamiento de los CPE's xDSL

## Router

Segmenta a Capa 3 el puerto WAN (ATM) y los puertos LAN (bridge ethernet). Se activa Source NAT para los paquetes que llegan desde la LAN y se permite que el CPE obtenga direccionamiento IP desde la interfaz WAN.

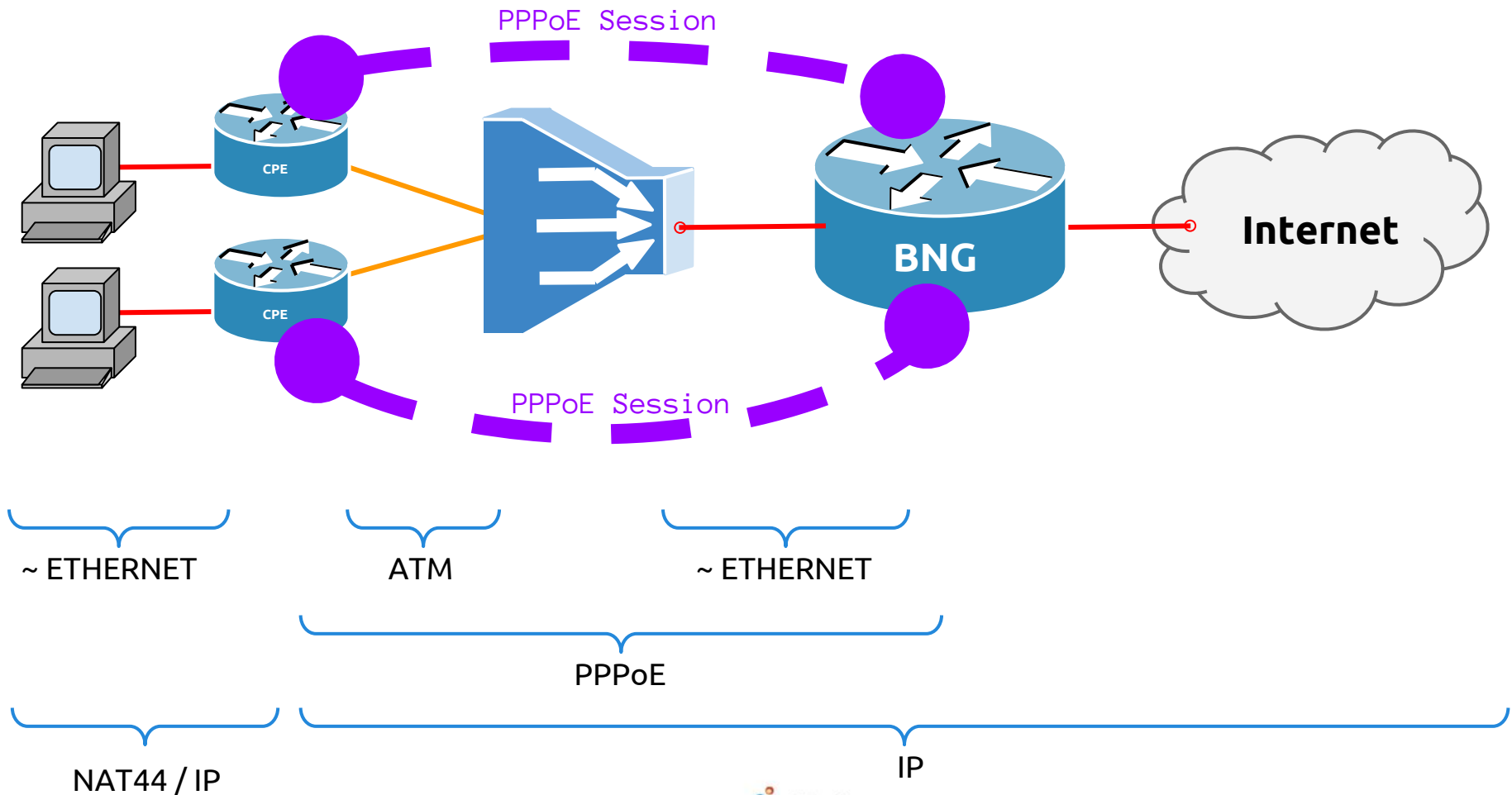
En caso de ser necesario, la interface WAN puede utilizar algún tipo de encapsulamiento PPP o bien PPP over Ethernet (PPPoE).

## Bridge

RFC1483 y RFC2684 describen dos métodos de multiplexación para los paquetes que viajan sobre ATM.

Básicamente este modo de funcionamiento transforma el CPE en un bridge transparente entre los datos contenidos en el PVC ATM + AAL5 (generalmente Ethernet) y las tramas ethernet que se reciben desde los puertos "LAN" del equipo. El cliente es responsable de los detalles de Capa 3.

# Esquema básico de servicio xDSL con IPv4





# Pasos completados hasta la implementación de IPv6

- ~~Negación... ¿Qué es esto del IPv6? ¿Por qué lo necesito?.~~
- ¿Cómo queremos dar el servicio?. Etapa de estudio teórico.
- Auditorías, desde los dispositivos hasta las aplicaciones.
- Realizar la planificación del espacio de direcciones necesario y obtenerlo desde el RIR.
- Obtener tránsito nativo en IPv6.
  - *Se debe tener la misma redundancia que en IPv4.*
  - ~~En el peor de los casos: túneles con publicación de recursos por BGP.~~
- Desplegar IPv6 en el core de la red.
  - *Dual Stack o 6PE si se corre MPLS.*
  - *La escalabilidad del ruteo es uno de los puntos más complejos.*
- Adaptar sistemas de provisión y cobranzas.
- Desplegar IPv6 en los clientes empresariales.
- Desplegar IPv6 en los clientes residenciales.
  - *Generalmente complejo debido a la necesidad de hacer upgrade a los CPE's o bien por la inversión necesaria para cambiarlos.*

# RFC 7084: Requerimientos básicos para CPE's compatibles con IPv6

- SLAAC
- DHCPv6.
  - Debe manejar al menos las siguientes opciones:
    - NTP.
    - DNS Server.
    - DNS Search List.
    - IA\_NA (Identity Association for Non-temporary Address).
    - Reconfigure Accept.
- Prefix Delegation.
- IPv6 over Ethernet.
- IPv6 over PPP.
  - IPv6CP de forma independiente a IPCP
- RFC 4193 - Unique Local Addresses.
- RFC 5969 - 6rd.
- RFC 6333 - Dual-Stack Lite.
- RFC 6092 - Simple security requirements for CPE's.

# Plan de direccionamiento

Inicialmente el RIR nos va a ofrecer un /32.

*Generalmente se puede obtener un prefijo más grande sin demasiadas complicaciones.*

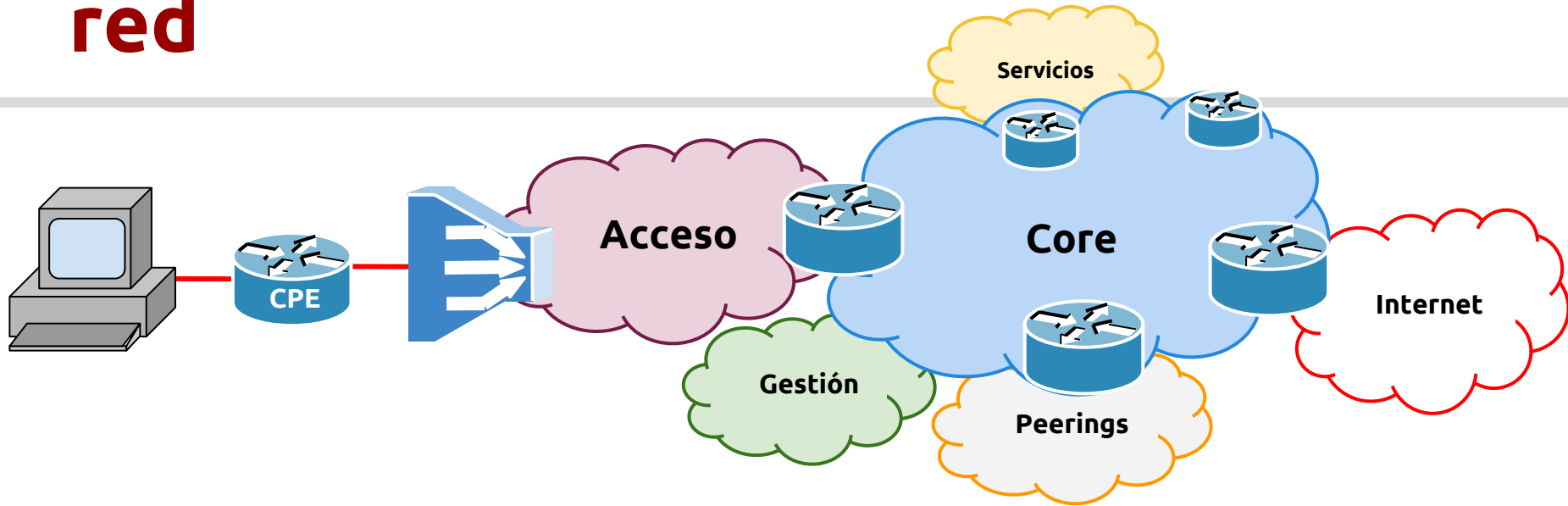
## ➤ **Todo cliente obtiene un /48 (RFC 6177).**

- /48 dinámico.
  - Asignado desde un pool configurado en el BNG.
  - Permite la agregación de prefijos en la red.
- /48 fijo.
  - Asignado desde el provisioning.
  - Aumenta la cantidad de prefijos de la red.
  - Obliga a mantener esquemas de redistribución en los protocolos de ruteo o una solución de mobility.

# Algunas best practices para conectarse al mundo IPv6 nativo

- En caso de ruteo estático, usar la default hacia 2000::/3.
  - Evitar los nexthop con direcciones de link local.
    - `ipv6 route 2000::/3 2001:db8::1`
- Mantener sesiones de BGP separadas para IPv4 e IPv6.
- Muchas reglas de seguridad para IPv4 también aplican:
  - BGP `maxas-limit` & `ttl-security`
  - Bogonsv6: <http://bit.ly/Filterv6atxSP>
  - uRPF.
  - RTBH: (100::/64) RFC 6666.
  - Control Plane Policing.
  - ICMPv6 Filtering: RFC 4890.
  - Network Ingress Filtering: BCP38.

# Formas (escalables) de plantear la red



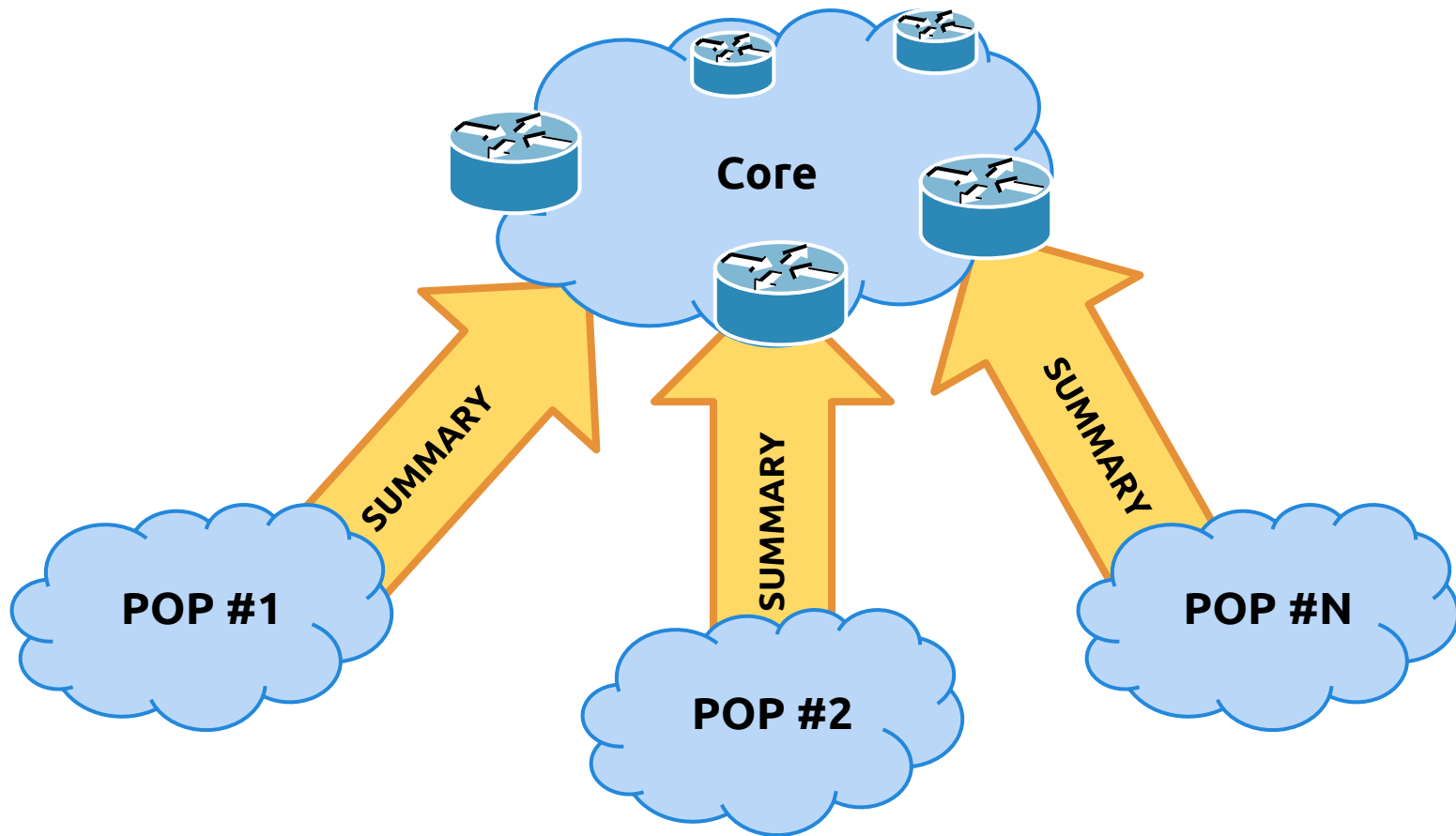
## Dual Stack Nativo

- Dual Stack en todos los routers.
- IGP IPv6 dedicado, no se comparte con ningún cliente.
- Todos BNG corren BGP.
- Solo los BGP Next-Hop y links de core están en el IGP.
- Route Reflectors para escalar.

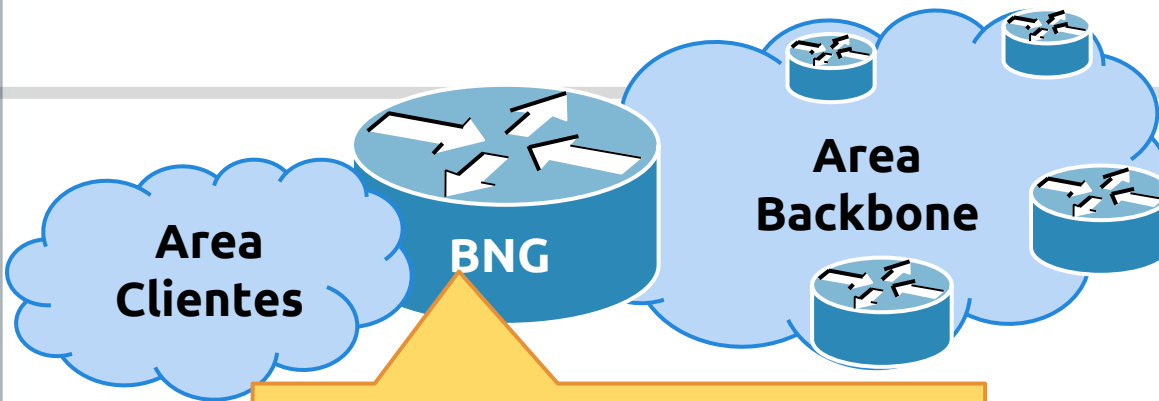
## Dual Stack c/MPLS

- Solo los PE corren BGP.
- Se usa MPLS para transportar datos entre los BGP Next-Hop.
- No hay configuraciones de IPv6 en el Core.
- IPv6 disponible sólo en los PE y Route Reflectors.

# Agregación de prefijos:



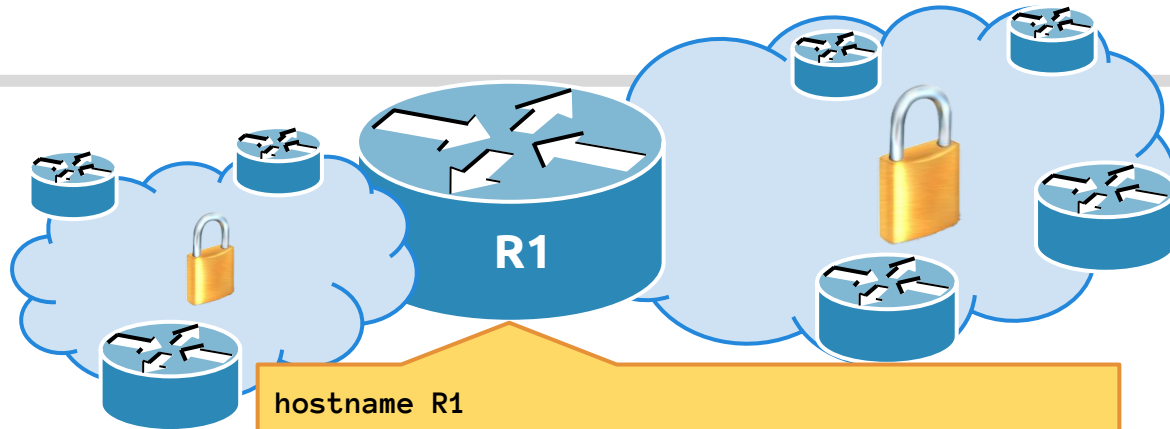
# Agregación de prefijos: OSPFv3



```
hostname BNG
!  
interface GigabitEthernet0/0  
  description Area Backbone  
  [...]  
  ipv6 address 2001:DB8::/64 eui-64  
  ipv6 ospf 10 area 0  
!  
interface GigabitEthernet0/1  
  description Area Clientes  
  [...]  
  ipv6 address 2001:DB8:8000::/64 eui-64  
  ipv6 ospf 10 area 20  
!  
ipv6 router ospf 100  
  [...]  
  area 20 range 2001:DB8:8000::/33
```

- Para mantener la estabilidad de la red evitar redistribuir las estáticas en el IGP del Core.
- Incluir las interfaces del lado de los clientes en un área diferente
- Sumarizar los prefijos de los clientes utilizando un *area range*.

# Autenticación OSPFv3



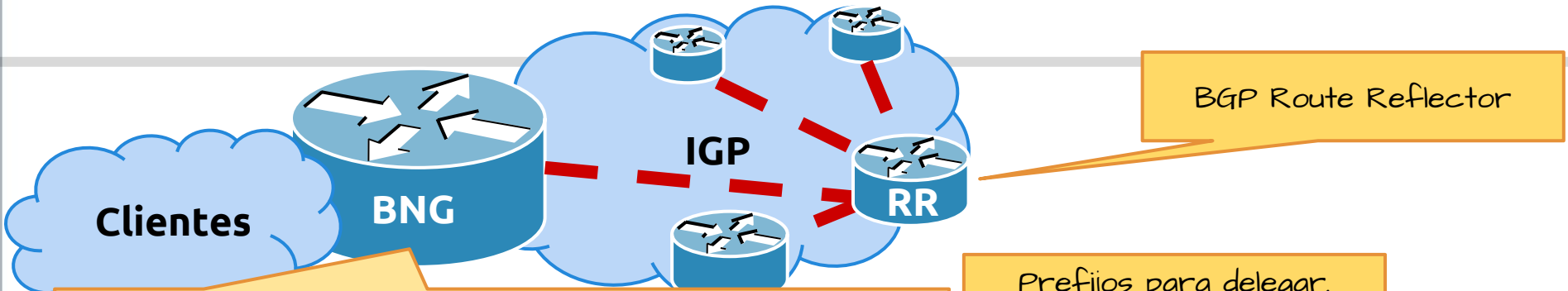
```
hostname R1
!  
interface GigabitEthernet0/0  
[...]  
ipv6 address 2001:DB8::/64 eui-64  
ipv6 ospf 10 area 0  
ipv6 ospf authentication ipsec spi 1024 sha1  
dd3e1646c4be8b3e252eab3607e99fb464050cf5
```

## Para obtener la clave SHA-1:

```
usuario@linuxbox:~$ dd if=/dev/urandom count=1024 | sha1sum  
1024+0 records in  
1024+0 records out  
524288 bytes (524 kB) copied, 0.0405063 s, 12.9 MB/s  
dd3e1646c4be8b3e252eab3607e99fb464050cf5 -
```



# Agregación de prefijos: BGP



```
[...]
ipv6 route 2001:DB8:8000/35 null0 250 tag 100
!
router bgp 65530
[...]
address-family ipv6
 redistribute static route-map PrefijosLocales
 exit address-family
!
ipv6 prefix-list prefijoschicos permit 2001:DB8::/32 ge 36
!
route-map PrefijosLocales deny 10
 match ipv6 address prefix-list prefijoschicos
route-map PrefijosLocales permit 20
 match tag 100
 set community no-export additive
route-map PrefijosLocales deny 1000
```

BGP Route Reflector

Prefijos para delegar.  
Evita flapping

Nuestras redes con  
máscara  $\geq /36$

Evita propagación de redes  
desagregadas al core

Evita propagación  
desagregada al mundo

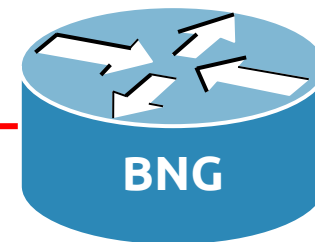
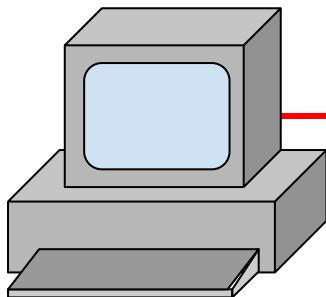
# Plain Dual Stack

Formas de dar el servicio de IPv6 en una red xDSL en forma transparente



# Hosts Individuales:

- **ND RA para ruta por defecto.**
  - DHCPv6 no propaga esta opción como en DHCPv4.
- **DHCPv6 para aprender servidores DNS.**
  - RFC 6106 DNS over RA Options no está en todas las implementaciones.
- **SLAAC para configuración de direcciones.**
- Cada subred obtiene un /64.
- Una subred por cliente (VLAN o PPPoE).
- Agregación de rutas por POP o por PE.



# Hosts Individuales: SLAAC

## Ejemplo de Configuración:

```
hostname BNG
!  
ipv6 dhcp pool ClienteMetroVLAN200  
  dns-server 2001:DB8:8::4  
  domain-name lacnog.org  
!  
interface GigabitEthernet0/0.200  
  description Acceso Metro Ethernet  
  encapsulation dot1q 200  
  ipv6 address 2001:DB8:8200::1/64  
  ipv6 nd other-config-flag  
  ipv6 nd router-preference High  
  no ipv6 nd ra suppress  
  ipv6 nd ra interval 5  
  ipv6 dhcp server ClienteMetroVLAN200
```

Un pool por cliente...

# Hosts Individuales: DHCPv6

## Ejemplo de Configuración:

```
hostname BNG
!
ipv6 dhcp pool ClienteMetroVLAN100
  address prefix 2001:DB8:2100::/64 lifetime 30 10
  dns-server 2001:DB8:8::4
  domain-name lacnog.org
!
interface GigabitEthernet0/0.100
  description Acceso Metro Ethernet
  encapsulation dot1q 100
  ipv6 address 2001:DB8:2100::1/64
  ipv6 nd prefix 2001:DB8:2100::/64 no-advertise
  ipv6 nd managed-config-flag
  ipv6 nd other-config-flag
  ipv6 nd router-preference high
  ipv6 nd cache-limit <numero máx de clientes>
  no ipv6 unreachable
  ipv6 dhcp server ClienteMetroVLAN100
  ipv6 verify unicast source reachable-via rx
```

La máscara podría  
no ser  
necesariamente un  
/64...

**RECORDAR:**  
DHCPv6 no tiene  
opción de  
default gateway.

### En el (router) cliente:

```
interface GigabitEthernet0/0
[...]
  ipv6 address dhcp
  ipv6 address autoconfig default
  ipv6 enable
  ipv6 nd ra suppress
```

# Ocultación de prefijo y DHCPv6: Algunos efectos secundarios.

```
hostname BNG
!
ipv6 dhcp pool ClienteMetroVLAN100
  address prefix 2001:DB8:2100::/64 lifetime 30 10
  dns-server 2001:DB8:8::4
  domain-name lacnog.org
!
interface GigabitEthernet0/0.100
  description Acceso Metro Ethernet
  encapsulation dot1q 100
  ipv6 address 2001:DB8:2100::1/64
  ipv6 nd prefix 2001:DB8:2100::/64 (no-advertise | no-autoconfig)
  ipv6 nd managed-config-flag
  ipv6 nd other-config-flag
  ipv6 nd router-preference High
  no ipv6 unreachable
  ipv6 dhcp server ClienteMetroVLAN100
  ipv6 verify unicast source reachable-via rx
```

La disponibilidad de los comandos depende de la versión de IOS.

Permite forwarding local entre equipos en la misma subnet..

Genera forwarding local a través del router de la subred.

# Hosts Individuales: DHCPv6-Relay

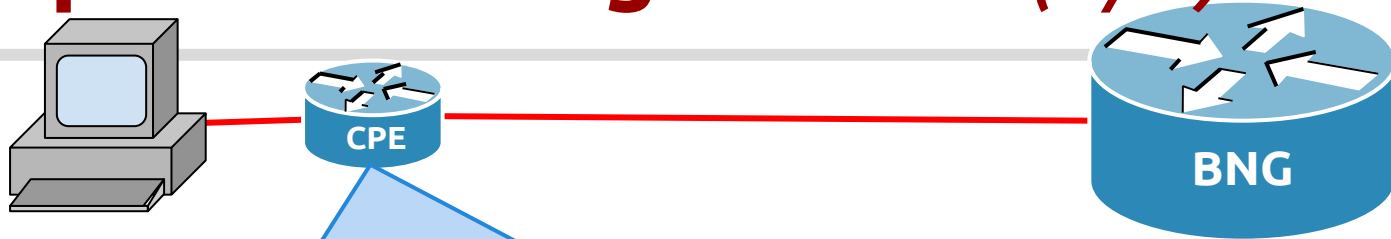
## Ejemplo de Configuración:

```
hostname BNG
!
interface GigabitEthernet0/0.100
  description Acceso Metro Ethernet
  encapsulation dot1Q 100
  ipv6 address 2001:DB8:2100::1/64
  ipv6 nd prefix 2001:DB8:2100::/64 no-autoconfig
  ipv6 nd managed-config-flag
  ipv6 nd router-preference High
  ipv6 dhcp relay destination 2001:DB8:3::4
  ipv6 dhcp relay source-interface Loopback0
  ipv6 verify unicast source reachable-via rx
```

Esto desactiva la publicación del prefijo para que se pueda asignar la dirección mediante DHCPv6.

El request DHCPv6 del cliente será enviado dentro de otro request DHCPv6 con el source interface definido en el comando o bien con la interfaz más cercana al destino según la RIB

# Prefix Delegation en CPE: Ejemplo de Configuración (1/2):

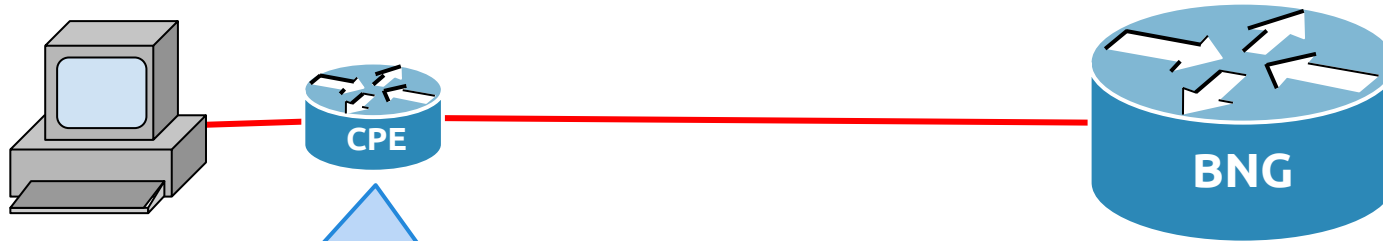


```
hostname CPE
!
ipv6 unicast-routing
ipv6 cef
!
interface Loopback0
  ipv6 address PrefijoDelegado ::1/64
!
interface FastEthernet0/0
  description Link al Cliente
  ipv6 address PrefijoDelegado ::1:0:0:0:1/64
!
interface FastEthernet0/1
  description Link al BNG
  ipv6 enable
  ipv6 nd autoconfig default-route
  ipv6 dhcp client pd PrefijoDelegado
  ipv6 nd ra suppress
```

En esta 'variable' se almacena el prefijo de red obtenido por el BNG, y luego se reemplaza en la configuración de las interfaces.



# Prefix Delegation en CPE: Ejemplo de Configuración (2/2):

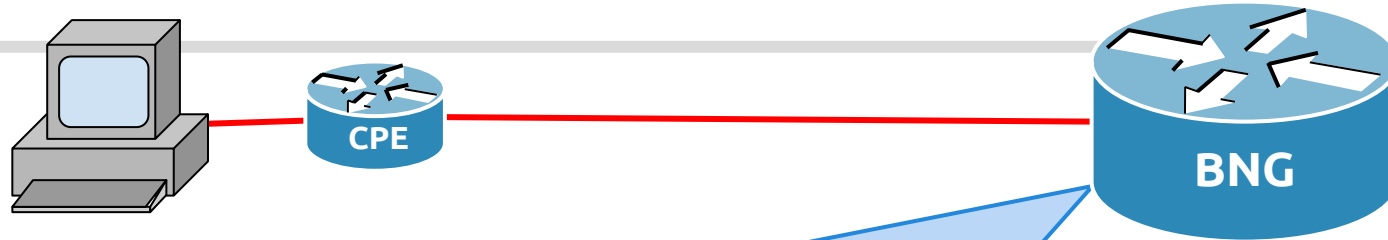


```
hostname CPE
!  
ipv6 dhcp pool Inside  
  import dns-server  
  import domain-name  
  import information refresh  
!  
interface FastEthernet0/0  
  ipv6 nd other-config-flag  
  ipv6 nd ra interval 4 3  
  ipv6 dhcp server Inside
```

Importar  
configuraciones  
adquiridas desde el  
BNG en el DHCPv6  
Local

Configurar el pool  
en cada interface

# Prefix Delegation en CPE: Ejemplo de Configuración



```
hostname BNG
!
ipv6 dhcp pool Clientes
prefix-delegation 2001:DB8:8300::/48 00030001CA04068A0008
prefix-delegation pool OtroPool
prefix-delegation pool OtroPool lifetime 1800 600
dns-server 2001:DB8:8::4
domain-name lacnog.org
!
ipv6 dhcp database <url>
!
ipv6 route 2001:DB8:A000::/35 Null0 tag 100
ipv6 local pool OtroPool 2001:DB8:A000::/35 48
```

DUID

Delegar prefijo fijo a cliente conocido.

Delegar dinámicamente al resto.

Setear de manera acorde, evitar los defaults (30 y 3.5 días)

Agregación de ruta para publicaciones.

Pool para clientes dinámicos. Delegar /48's desde el /35.

# Algunas consideraciones:

- Las rutas estáticas hacia los prefijos delegados pueden perderse en caso del flapeo de la interface o bien si el BNG es reiniciado.
- Un router puede restablecer las rutas estáticas leyendo la base de datos de bindings.
- Bulk Leasequery (RFC 5460) establece una forma de restablecer los leases desde un servidor DHCPv6.
  - `ipv6 dhcp-relay bulk-lease retry <num>`

# PPPoE

Formas de dar el servicio de IPv6 en una red xDSL con PPPoE:



# Stack PPPoE

Capas Superiores...

NCP's

LCP

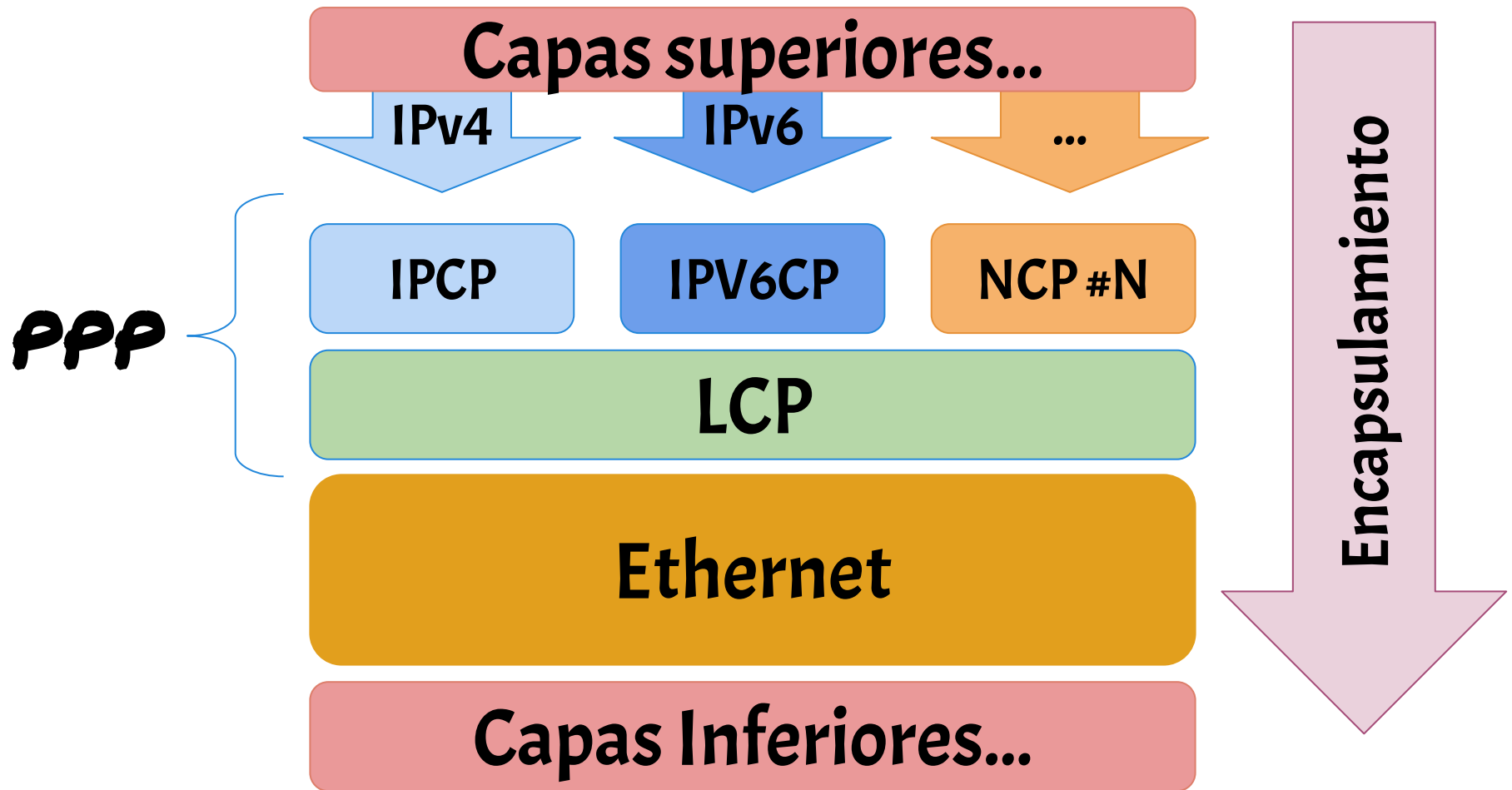
Ethernet

Capas Inferiores...

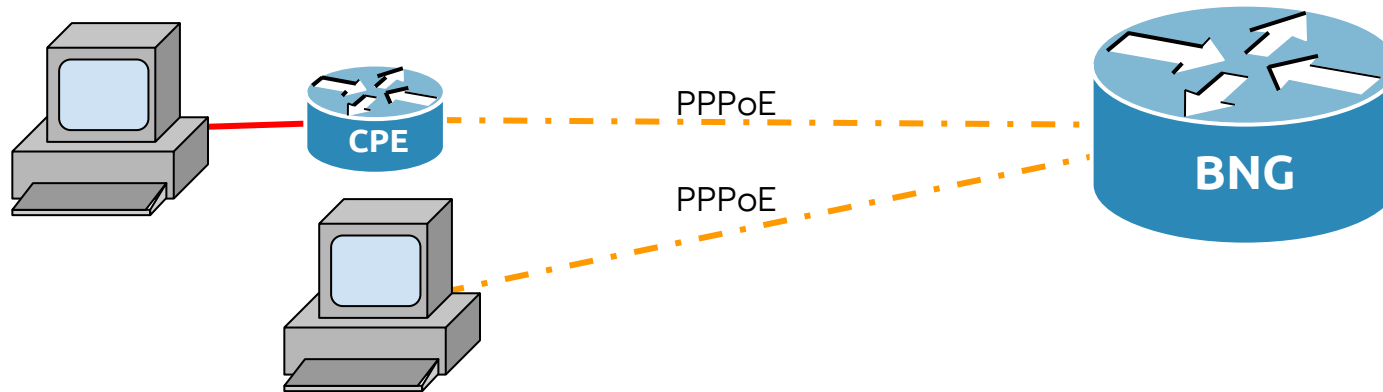
PPP

PPPoE

# En el Stack PPPoE, cada NCP es independiente y opcional...



# Acceso IPv6 mediante PPPoE:



- Cada sesión de PPPoE es una subred, por lo que necesita un /64 asignado.
- El router CPE necesita Prefix Delegation para distribuir el servicio a los equipos que residen detrás de él.
- Habitualmente se utiliza algún servidor de AAA con algún backend de base de datos para validar al usuario:
  - RADIUS (el más usado).
  - TACACS+.
  - DIAMETER.

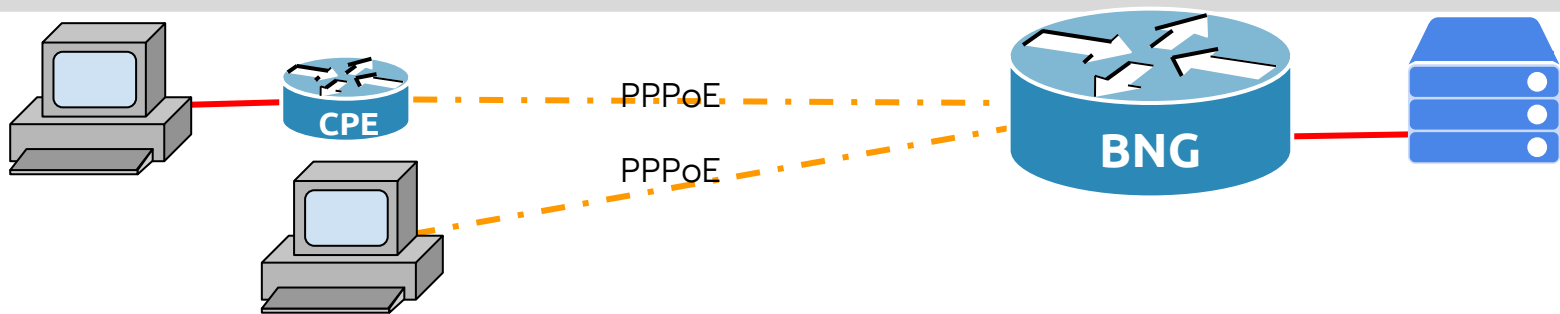
# Acceso IPv6 mediante PPPoE con direccionamiento local:



- Es la opción más simple y no requiere servidores de AAA.
- Generalmente no permite validación de usuario más allá de las opciones Remote ID / Subscriber ID (DHCPv6 Option 37/38).
- Se configura un pool de prefijos para el enlace entre el CPE y el BNG.
- Se agrega un pool de prefijos más grandes para delegar a los clientes.

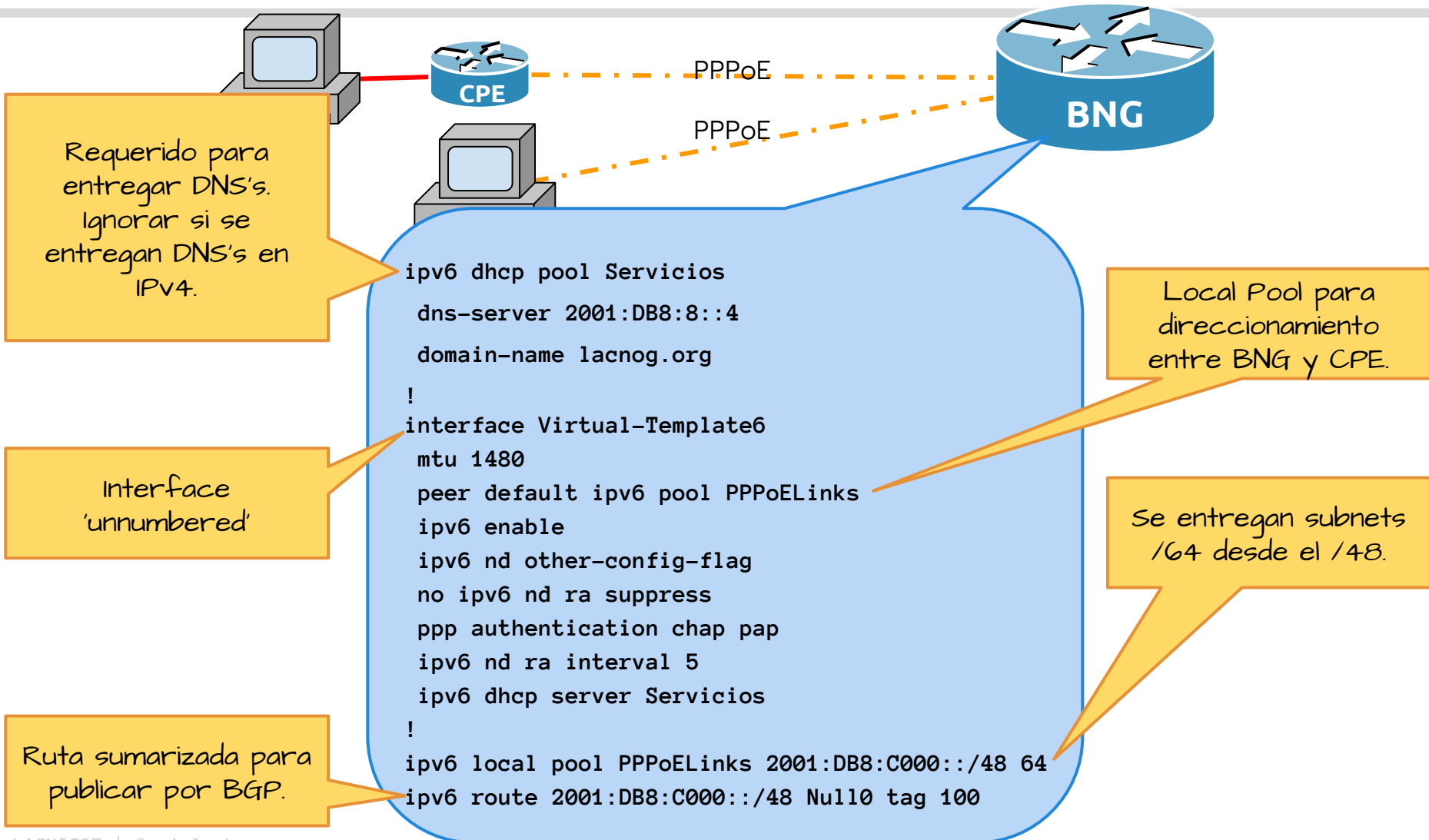


# Acceso IPv6 mediante PPPoE con direccionamiento centralizado:



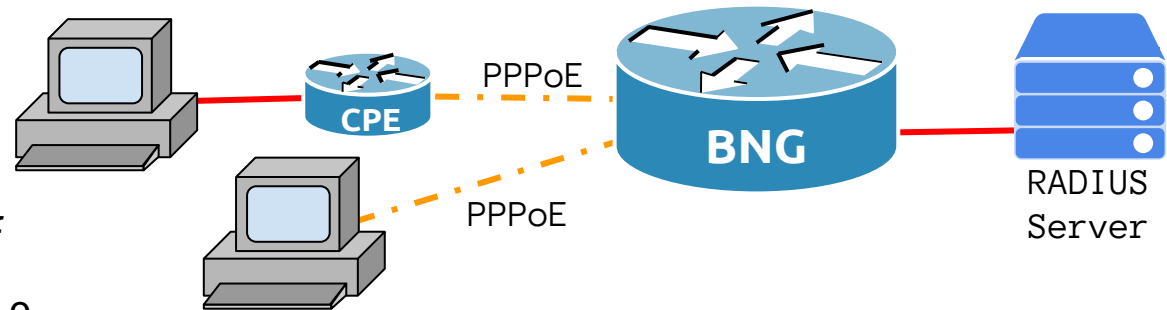
- En el caso de RADIUS utiliza atributos específicamente creados para la provisión de este servicio:
  - Para definir estáticamente el vínculo entre el BNG y el CPE:
    - Framed-IPv6-Prefix
  - Para elegir el direccionamiento entre el BNG y el CPE desde un pool:
    - Framed-IPv6-Pool
  - Para designar los prefijos delegados:
    - Delegated-IPv6-Prefix

# Direccionamiento entre el BNG y el CPE desde un pool local:



# Direccionamiento entre el BNG y el CPE desde servidor RADIUS:

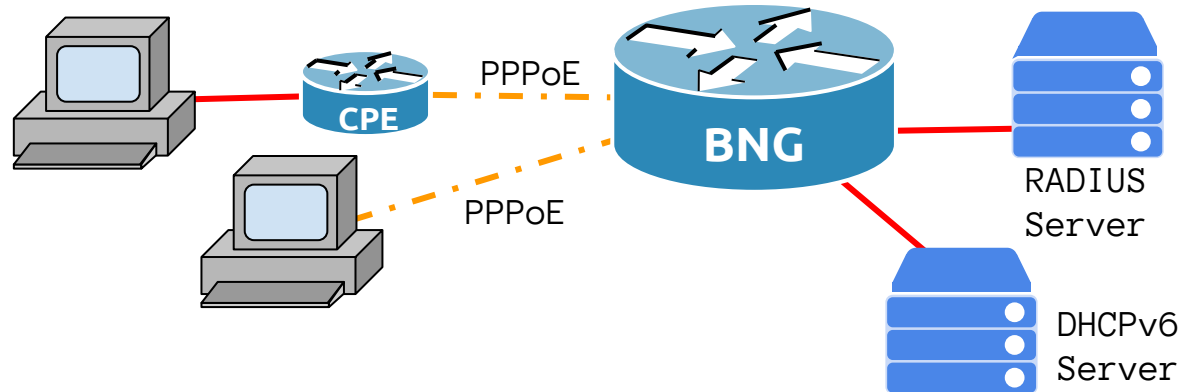
- El atributo *Framed-IPv6-Pool* sobrescribe el comando peer default ipv6 pool.
- El atributo *Framed-IPv6-Prefix* agrega otro prefijo BNG-CPE.
- Siempre usar configuración local o atributos de RADIUS, pero no ambos.



## Archivo *users* de RADIUS:

```
Juan      Cleartext-Password := "sup3rs3cr3t0"  
          Service-Type = Framed-User,  
          Framed-Protocol = PPP,  
          Framed-IPv6-Prefix = "2001:DB8:C000:1::/64"  
Pedro     Cleartext-Password := "ind3sc1fr4bl3"  
          Service-Type = Framed-User,  
          Framed-Protocol = PPP,  
          Framed-IPv6-Pool = "PPPoELinks"
```

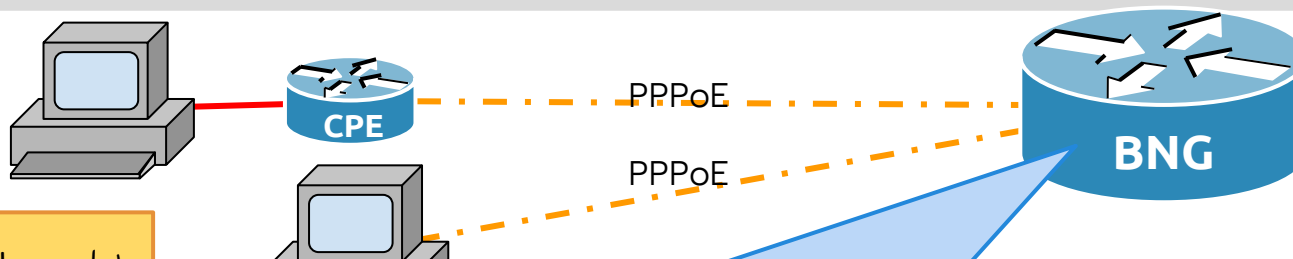
# PPPoE: DHCPv6 Prefix Delegation:



## Opciones de implementación:

- Prefix Delegation de pool local en el BNG.
- Servidor central de DHCPv6 y DHCPv6 Relay en el BNG.
- Prefix Delegation determinado por atributos de RADIUS (RFC 4818).
- Otras no recomendadas.

# Prefix Delegation desde un pool local en el BNG:



Define el nombre del pool local para delegaciones.

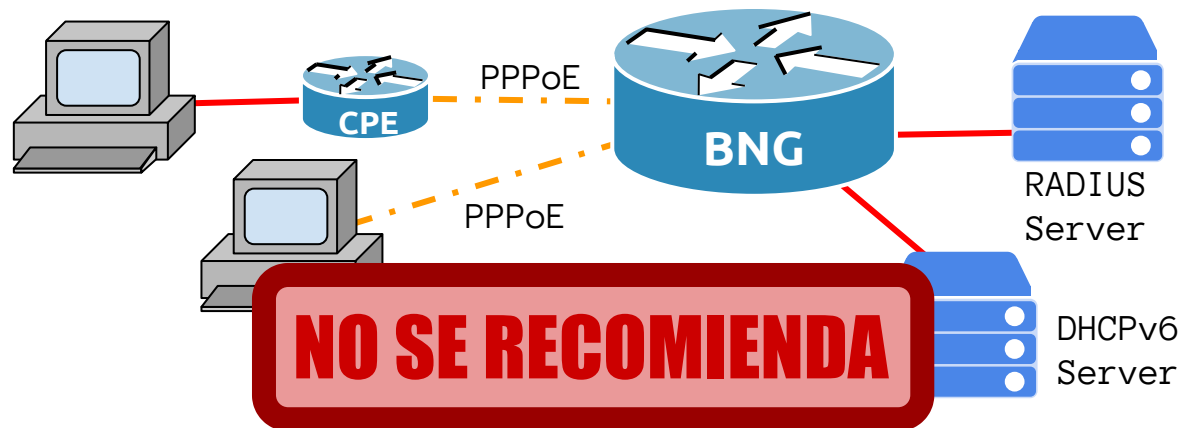
```
ipv6 dhcp pool PPPoE_PD
prefix-delegation pool IA_PD lifetime 7200 300
dns-server 2001:DB8:8::4
domain-name lacnog.org
!
interface Virtual-Template6
[...]
peer default ipv6 pool BNG-CPE
ipv6 enable
ipv6 nd other-config-flag
ipv6 nd ra managed-config-flag
no ipv6 nd ra suppress
ipv6 nd ra interval 5
ipv6 dhcp server PPPoE_PD
!
ipv6 local pool BNG-CPE 2001:DB8:C000::/48 64
ipv6 local pool IA_PD 2001:DB8:E000::/38 48
ipv6 route 2001:DB8:C000::/48 Null0 tag 100
```

Local Pool para direccionamiento entre BNG y CPE.

Ruta resumida para publicar por BGP.

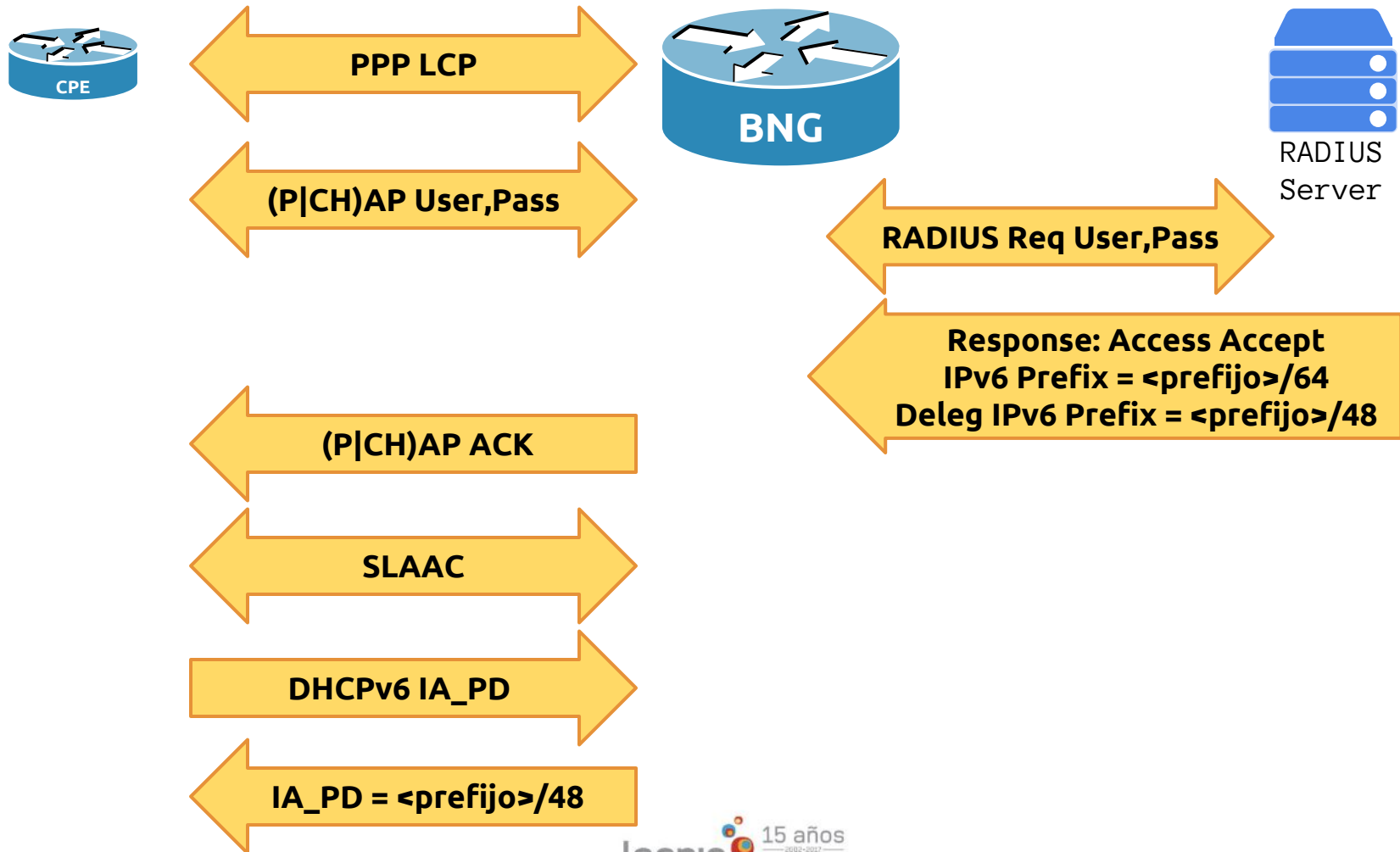
Se delegan subnets /48 desde el /38.

# PPPoE: DHCPv6 Prefix Delegation con dos usuarios de acceso:



- Algunos vendedores obligan a mantener dos usuarios de PPPoE paralelos y realizar doble autenticación:
  - usuario
    - Asignar prefijo CPE<->BNG.
  - usuario-*dhcprv6*
    - Asignar prefijo delegado.

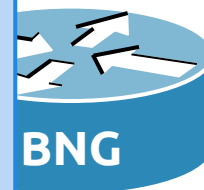
# RFC 4818: Diálogos que permiten la asignación de prefijos vía RADIUS:



# RFC 4818: Atributo Delegated-IPv6-Prefix

Configuración del BNG:

```
aaa authorization configuration IA_PD group radius
!
ipv6 dhcp pool PPPoE-RADIUS
prefix-delegation aaa method-list IA_PD lifetime 7200 300
dns-server 2001:DB8:8::4
domain-name lacnog.org
!
interface Virtual-Template6
[...]
ipv6 enable
ipv6 nd other-config-flag
no ipv6 nd ra suppress
ipv6 dhcp server PPPoE-Radius
```



Configuración del usuario de RADIUS:

```
Juan      Cleartext-Password := "sup3rs3cr3t0"
          Service-Type = Framed-User,
          Framed-Protocol = PPP,
          Framed-IPv6-Prefix = "2001:DB8:C000:1::/64"
          Delegated-IPv6-Prefix="2001:DB8:A001::/48"
```





# EEM Applet: Limpiar el prefijo delegado ante un flapping:

```
event manager applet MONITOR-IPV6-DHCP-APP
event syslog pattern "DIALER-6-BIND"
action 1.0 cli command "enable"
action 1.1 cli command "clear ipv6 dhcp client Dialer0"
action 2.0 syslog priority debugging msg "Refreshed DHCP PD lease (Dialer rebind)"
```

# Resumen

Y notas de último momento...



# Direccionamiento:

- Cada subred de cliente necesita un /64.
- Clientes con CPE's necesitan *al menos* un /64 para la red interna y otro /64 para el link externo contra el BNG.
- CPE's con varias subredes internas necesitan que sea delegado un prefijo más grande.
- Las interfaces externas deben ser provisionadas mediante SLAAC o DHCPv6.
- Las interfaces internas son direccionadas con prefijos delegados.

# Seguridad:

- Mantener una VLAN por cliente.
  - 802.1q tunneling (QinQ).
  - Client Isolation en los WAP's.
  - Private VLAN's.
- Tratar de hacer llegar la Capa 3 lo más cerca posible de los clientes.
- Utilizar medidas de seguridad bien conocidas cerca de cliente:
  - uRPF.
  - RA Guard.
  - DHCPv6 Snooping.

# Routing:

- Maximizar la agregación de prefijos.
- Mantener el IGP aislado de los clientes.
  - Solamente mantienen la alcanzabilidad de los NextHop de BGP.
  - 6PE en caso de tener un core con IPv4&MPLS
- En redes con muchos clientes o puntos de acceso usar BGP se vuelve indispensable.
  - Escalar la red usando Route Reflectors.
- Agregar manualmente en los PE/BNG.
  - Marcar las rutas estáticas null-eadas con un TAG.
  - Redistribuir estáticas en BGP solo si tienen el TAG.

# Locación de direcciones y prefijos:

- Mantener una solución redundante de servidores DHCPv6 o RADIUS centralizados.
  - Ocultar prefijos al SLAAC en caso de entregarlos con DHCPv6.
- Usar RA para entregar la ruta por defecto.
- Mantener los CPE's bien controlados.
  - Broadband Forum Technical Report 69 (TR-069).
  - Monitoreo exhaustivo con SNMP.
- Minimizar el uso de túneles y políticas de transición ineficientes.
  - CGN **NO** es una alternativa a IPv6.

# Algunas cosas para chequear en casa:

- **RFC 7217**
  - A Method for Generating Semantically Opaque Interface Identifiers with IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC).
- **RFC 6164**
  - Using 127-Bit IPv6 Prefixes on Inter-Router Links
- **RFC 3971**
  - Secure Neighbor Discovery (SeND).
- **RFC 6105**
  - IPv6 Router Advertisement Guard.
- **RFC 6092**
  - Recommended Simple Security Capabilities in CPE for providing Residential IPv6 Internet Service.
- **BCP 180**
  - DHCPv6 Redundancy Deployment Considerations.

# ¡Muchas Gracias!

*Todas sus consultas serán bienvenidas*

