

Protocolo IP (v6)

Agenda (1)

- **Necesidad de IPv6**
- **Protocolo IPv6**
- **Direcciones IPv6**
- **Autoconfiguración**
- **Links y más...**

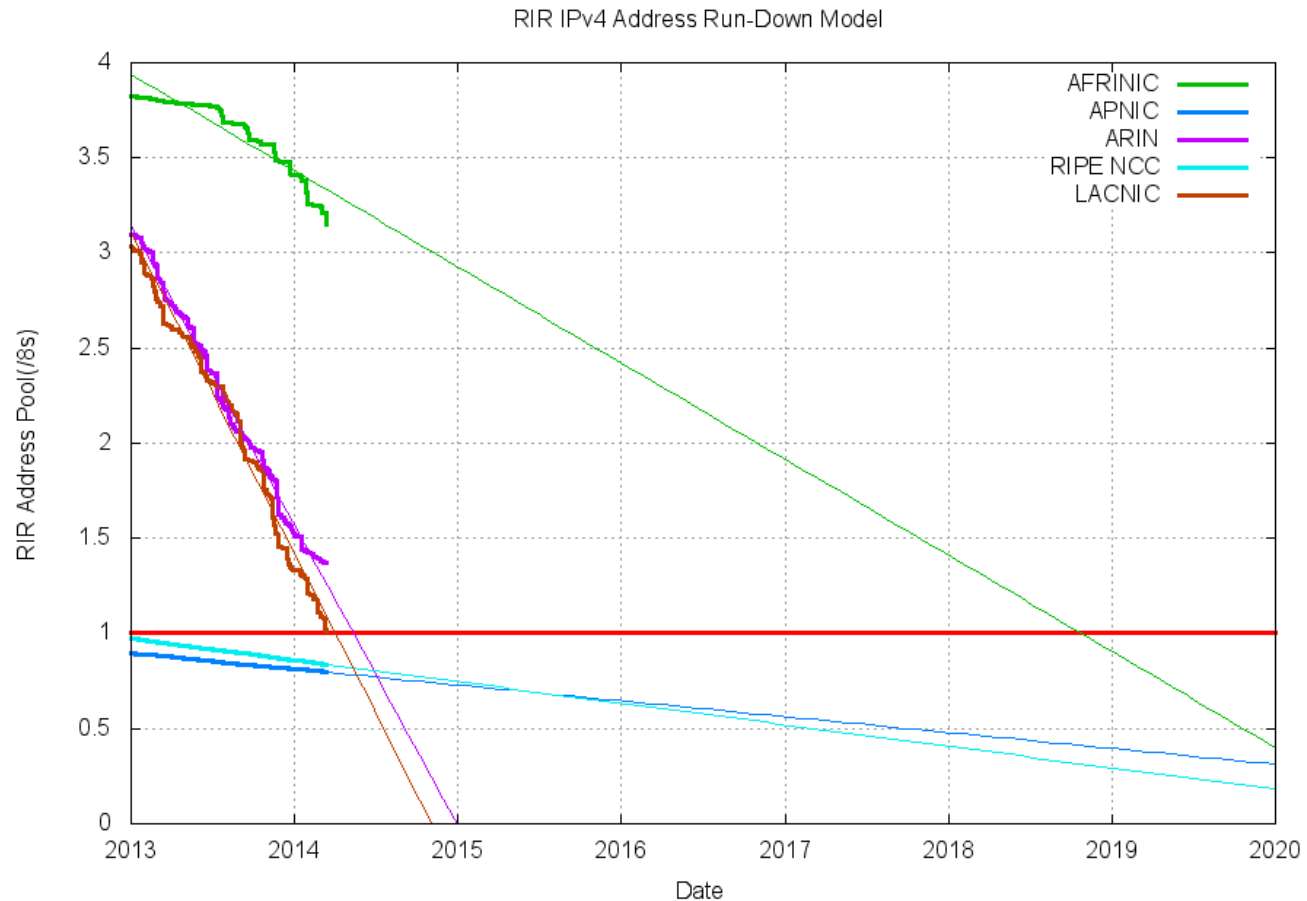
Escasez de las direcciones IPv4

- **Crecimiento del uso de Internet.**
- **Expansión a nivel comercial.**
- **Aumento de equipos portables y móviles.**
- **Uso ineficiente de direcciones IPv4.**
- **Crecimiento de las tablas de rutas por asignación de rangos pequeños y multihoming.**
- **Paliativos: CIDR y NAT.**
- **Solución: Nuevo protocolo IPv6.**
 - RFC 2460 “Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification”**
Hoy es un Draft Standard.

Escasez de las direcciones IPv4

- **Disponibilidad de direcciones IPv4 en la IANA**
 - 10% al principio de 2010
 - 6% a mediados de 2010
 - 5% dos meses después
 - 2% antes del final del 2010
 - 0% el 3 de Febrero de 2011

Escasez de las direcciones IPv4



Fuente: <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>

Escasez de las direcciones IPv4

Projected RIR Address Pool Exhaustion Dates:

RIR	Projected Exhaustion Date	Remaining Addresses in RIR Pool (/8s)
APNIC:	19-Apr-2011 (actual)	0.7980
RIPE NCC:	14-Sep-2012 (actual)	0.8352
ARIN:	01-Nov-2014	1.0146
LACNIC:	15-Mar-2015	1.3714
AFRINIC:	09-Sep-2020	3.1488

Fuente: <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>

Escasez de las direcciones IPv4

- **Hoy se niegan direcciones IPv4 públicas a la mayoría de los nuevos hosts.**
 - Uso de mecanismos como NAT, PPP, etc para compartir direcciones.
- **Pero los nuevos tipos de aplicaciones y mecanismos de acceso, requieren direcciones únicas.**

Agenda (2)

- Necesidad de IPv6
- **Protocolo IPv6**
- Direcciones IPv6
- Autoconfiguración
- Links y más...

Un poco de historia

- Diseñado por Steve Deering de Xerox Parc y Craig Mudge.
- Adoptado por la IETF en 1994 como “IP Next Generation” o IPng
- En julio 2004 la ICANN anuncia que los registros AAAA de Japón y Corea son visibles en los root-servers.
- En Febrero 2008 ICANN anuncia que 6 de los 13 root servers soportan IPv6
- Estados Unidos ordena el despliegue en todas sus agencias para el 2008... ¿se cumplió?
- 2008 Google comienza a implementar IPv6
- YouTube es accesible por IPv6
- World IPv6 Day – 8 Junio 2011
- Febrero 2012 IPv6 Regional Week Latam

Un poco de historia

- **En Uruguay:**

- **Mayo 2000 la RAU se conecta al 6bone a través de Merit**
- **Julio 2004 la RAU obtiene un prefijo de IPv6 en LACNIC**
- **2005 Antel obtiene el prefijo IPv6 2001:13c0::/32**
- **2007 Antel obtiene el prefijo IPv6 2800:a0::/28**
- **2008 Comienza la formación de UY6TF**
- **2008 Evento Hacia IPv6: Taller práctico y visión a futuro**
- **RedClara**
- **Otros ISP tienen prefijos IPv6 y comienzan pruebas**

Ventajas del Protocolo IPv6

- **Facilidad para la auto-configuración.**
- **Facilidad para la gestión/delegación de las direcciones.**
- **Espacios para más niveles de jerarquía y para la agregación de rutas.**
- **Habilidad para comunicaciones extremo-a-extremo con IPSec.**

(Porque no necesitamos NAT)

Ventajas adicionales del nuevo despliegue

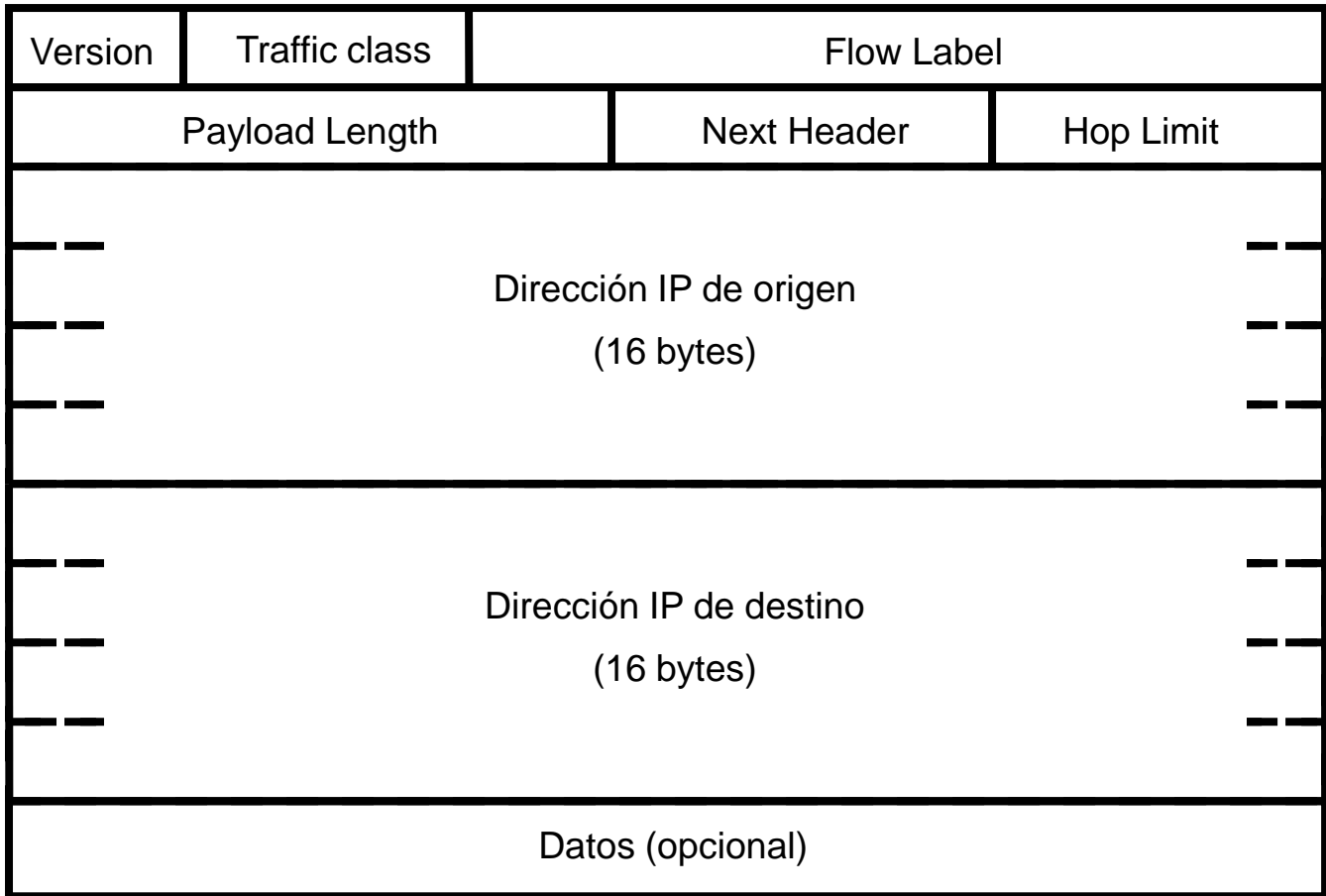
- **Oportunidad para eliminar parte de la complejidad, por ejemplo campos del encabezado IP.**
- **Oportunidad para actualizar la funcionalidad, por ejemplo Multicast, QoS, movilidad.**

Resumen de las Principales Ventajas de IPv6

- **Aumento del espacio de direcciones.**
- **Autoconfiguración y reconfiguración “sin servidor” (“plug-n-play”).**
- **Mecanismos de movilidad más eficientes y robustos.**
- **Mayor seguridad.**
 - Incorporación de encriptado y autenticación en la capa IP
- **Formato de la cabecera simplificado e identificación de flujos.**
- **Soporte mejorado de opciones/extensiones**

Datagrama IPv6

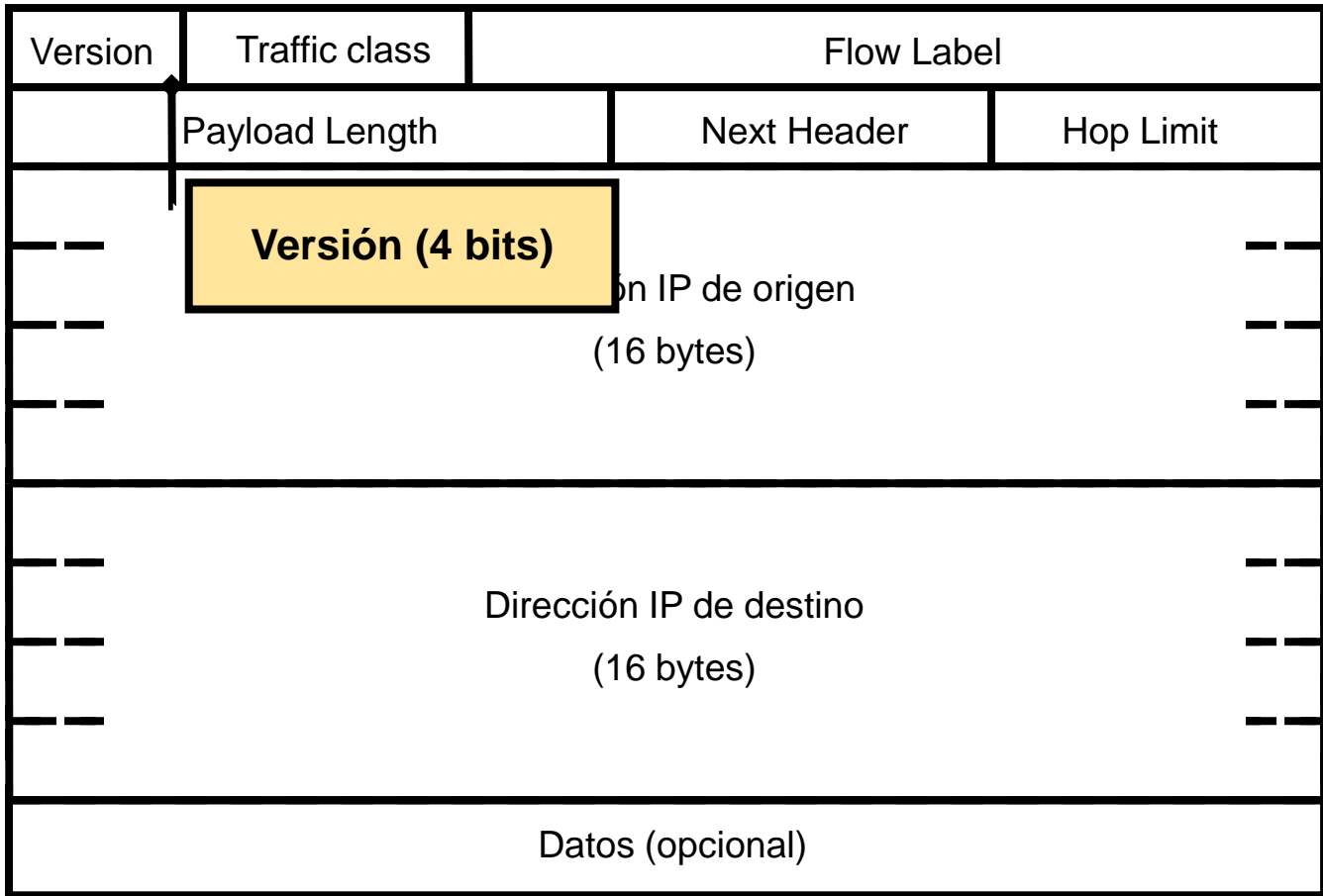
← Orden de transmisión



← 32 bits →

Datagrama IPv6

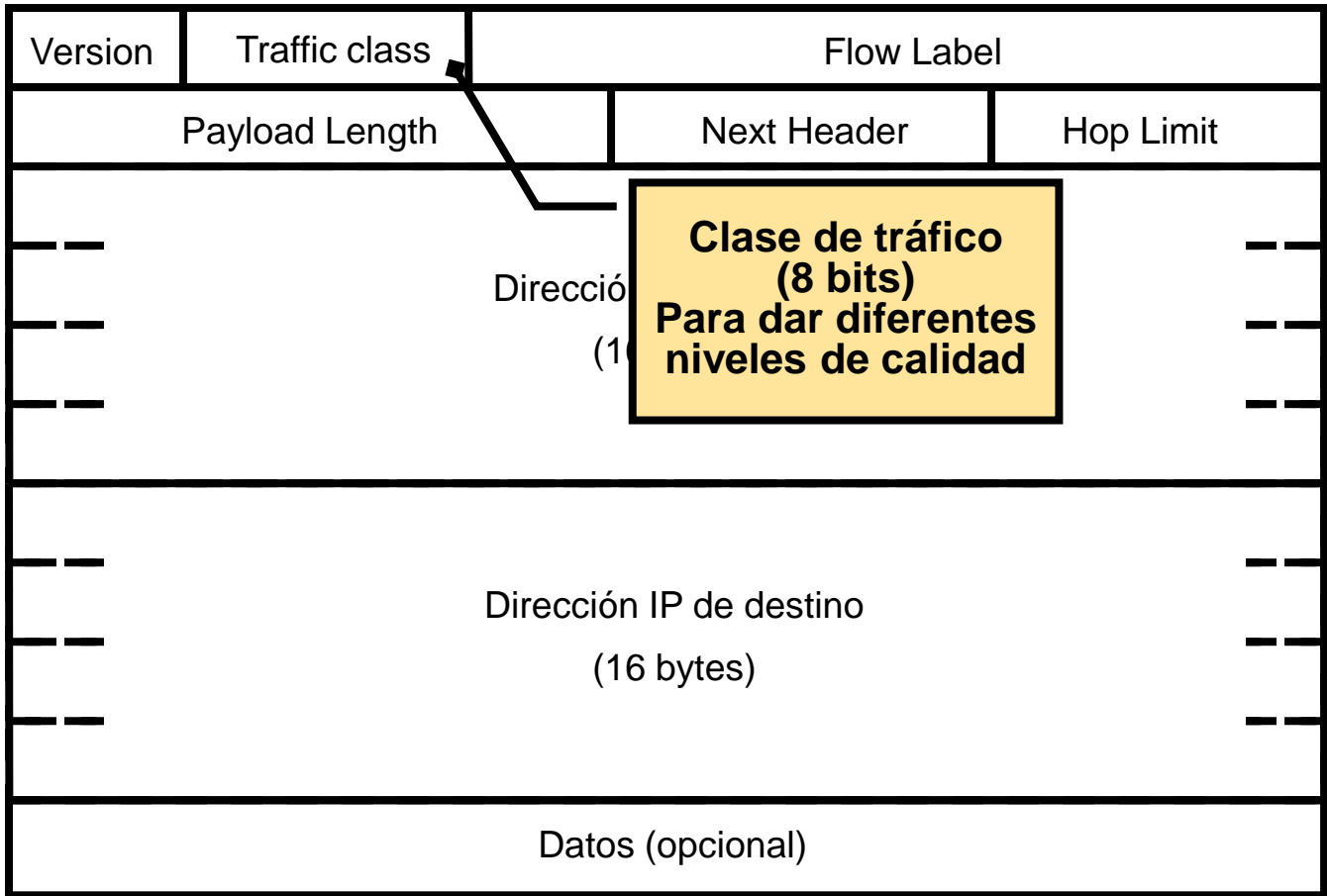
← Orden de transmisión



32 bits

Datagrama IPv6

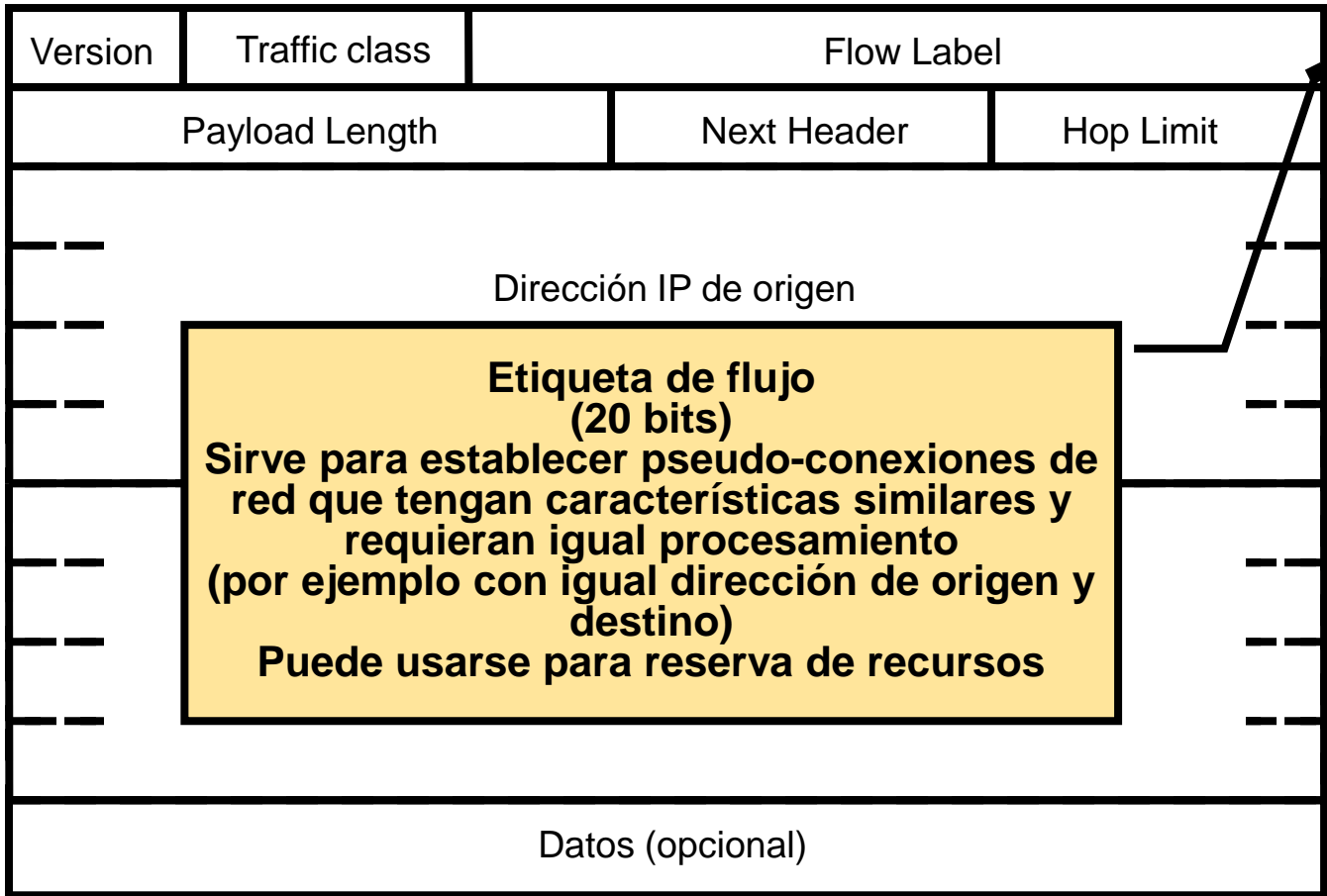
← Orden de transmisión



← 32 bits →

Datagrama IPv6

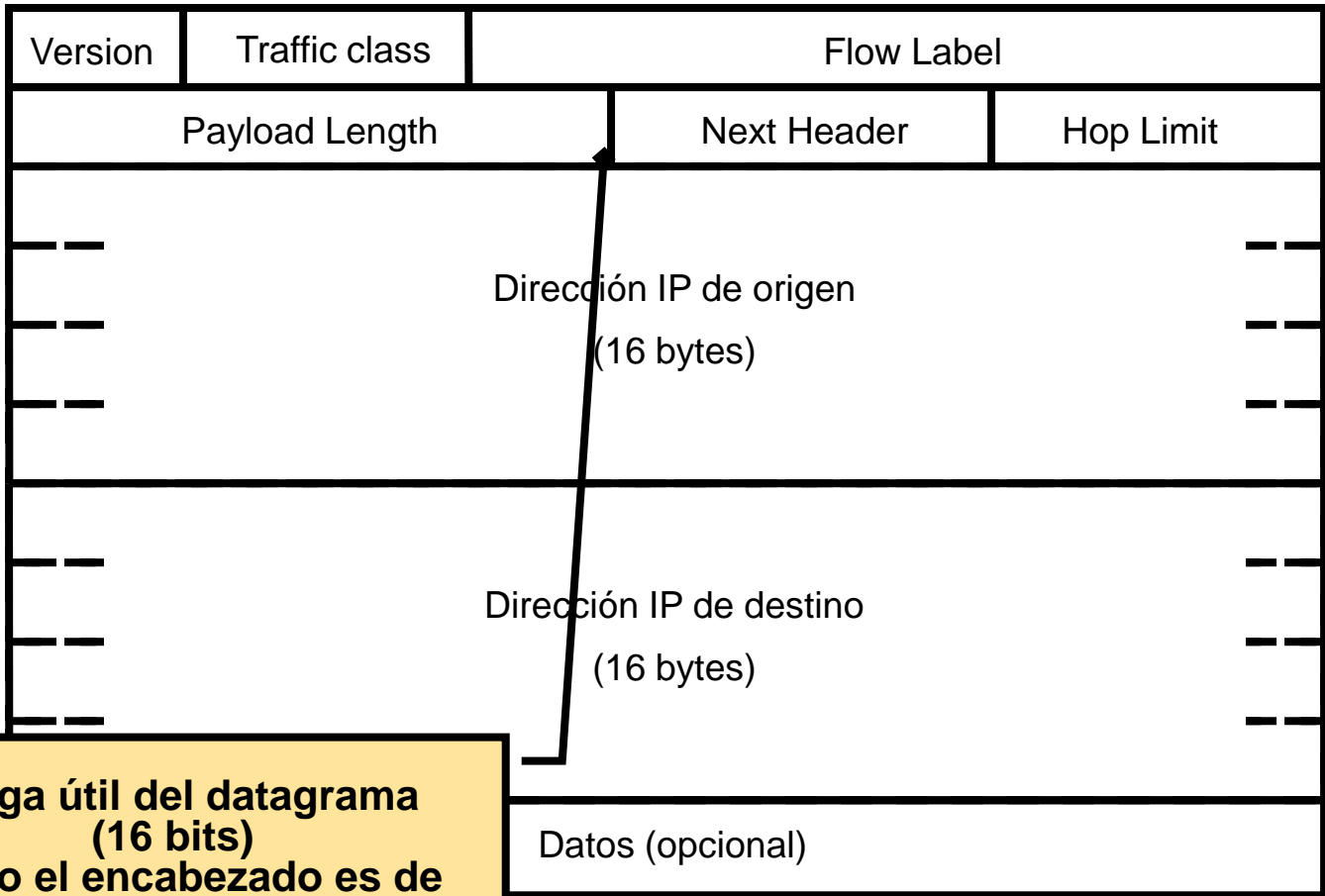
← Orden de transmisión



← 32 bits →

Datagrama IPv6

← Orden de transmisión

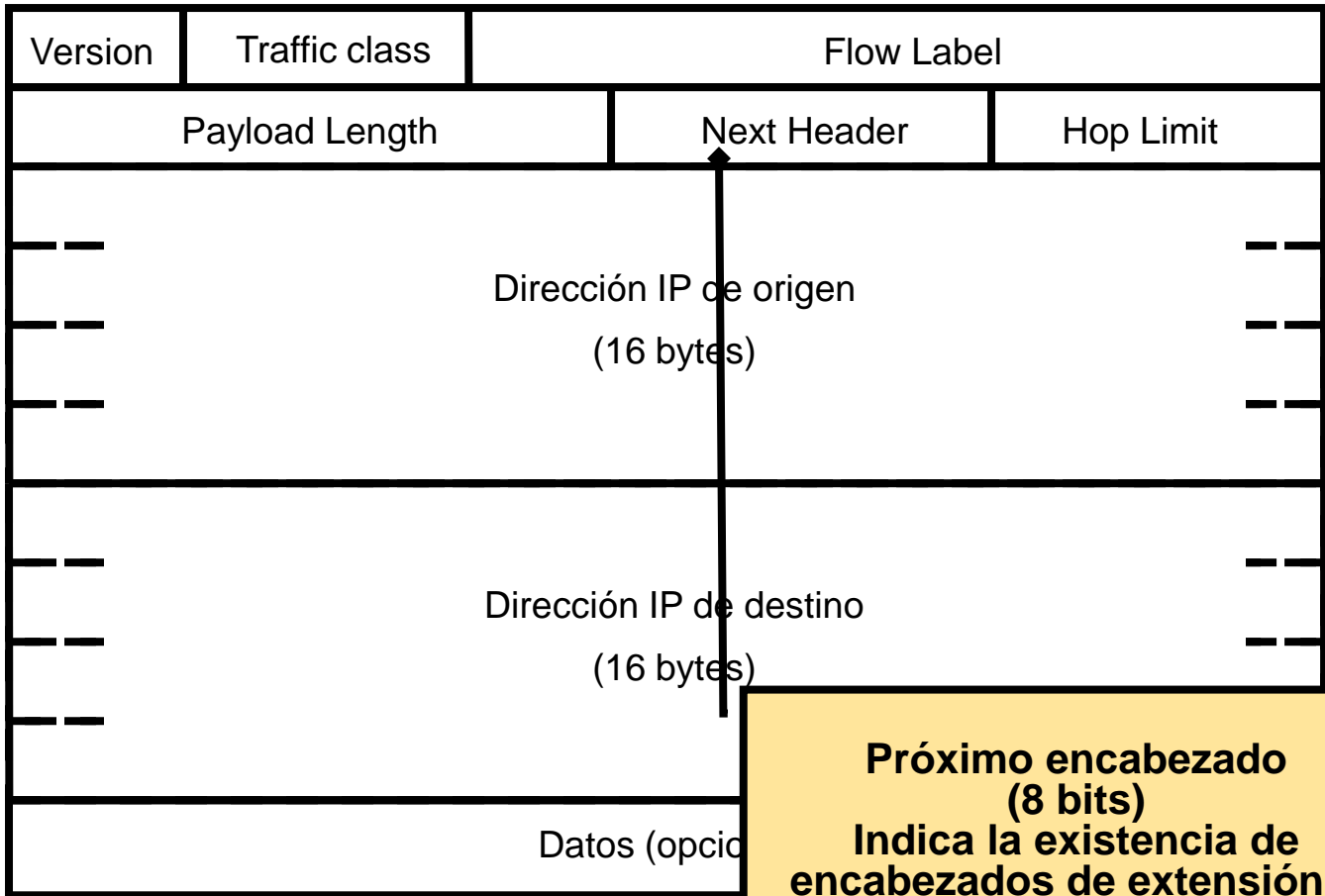


Carga útil del datagrama (16 bits)
Como el encabezado es de tamaño fijo se indica el tamaño de la carga útil

32 bits →

Datagrama IPv6

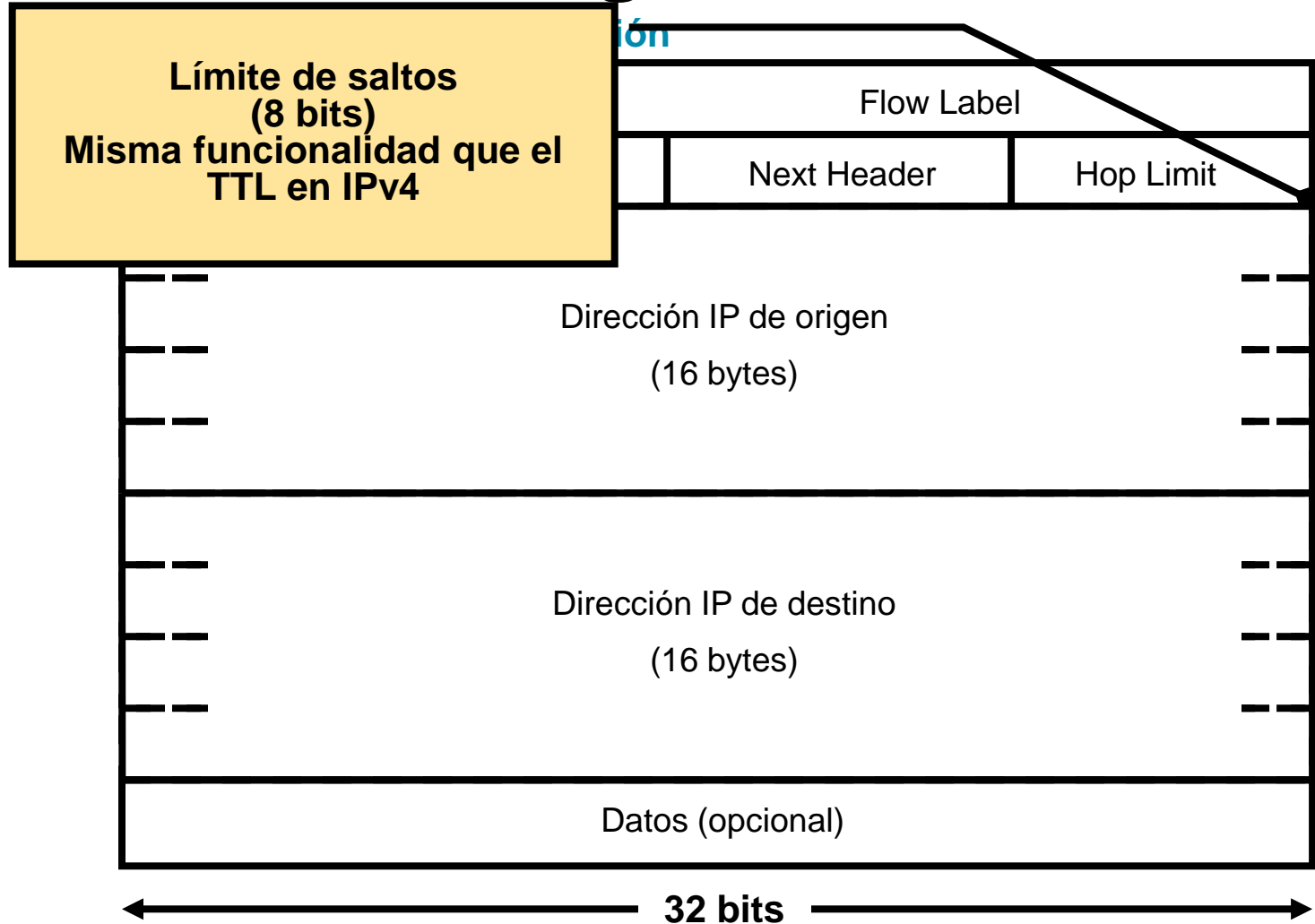
← Orden de transmisión



← 32 bits

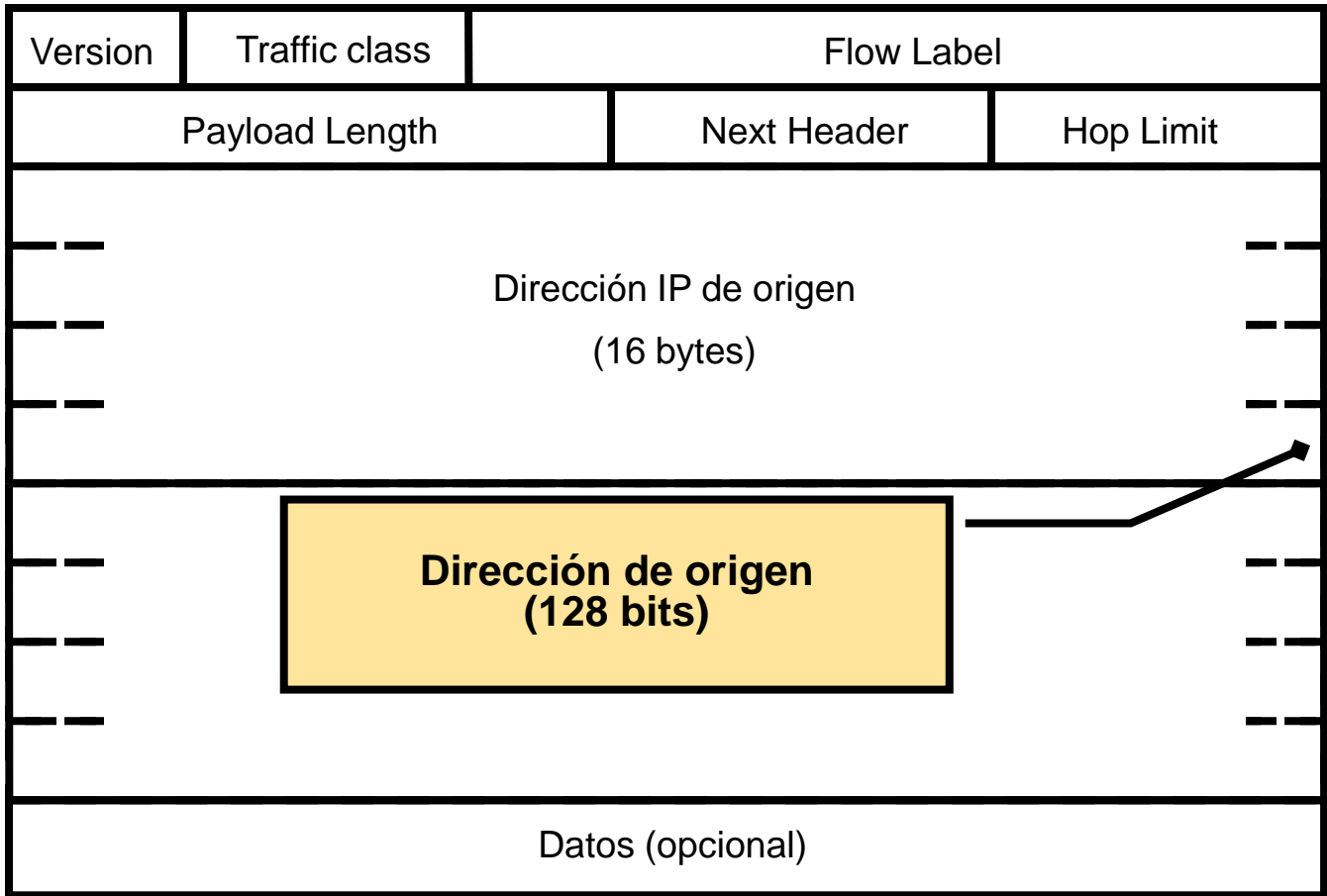
Próximo encabezado (8 bits)
Indica la existencia de encabezados de extensión o indica el protocolo de capa superior que se transporta

Datagrama IPv6



Datagrama IPv6

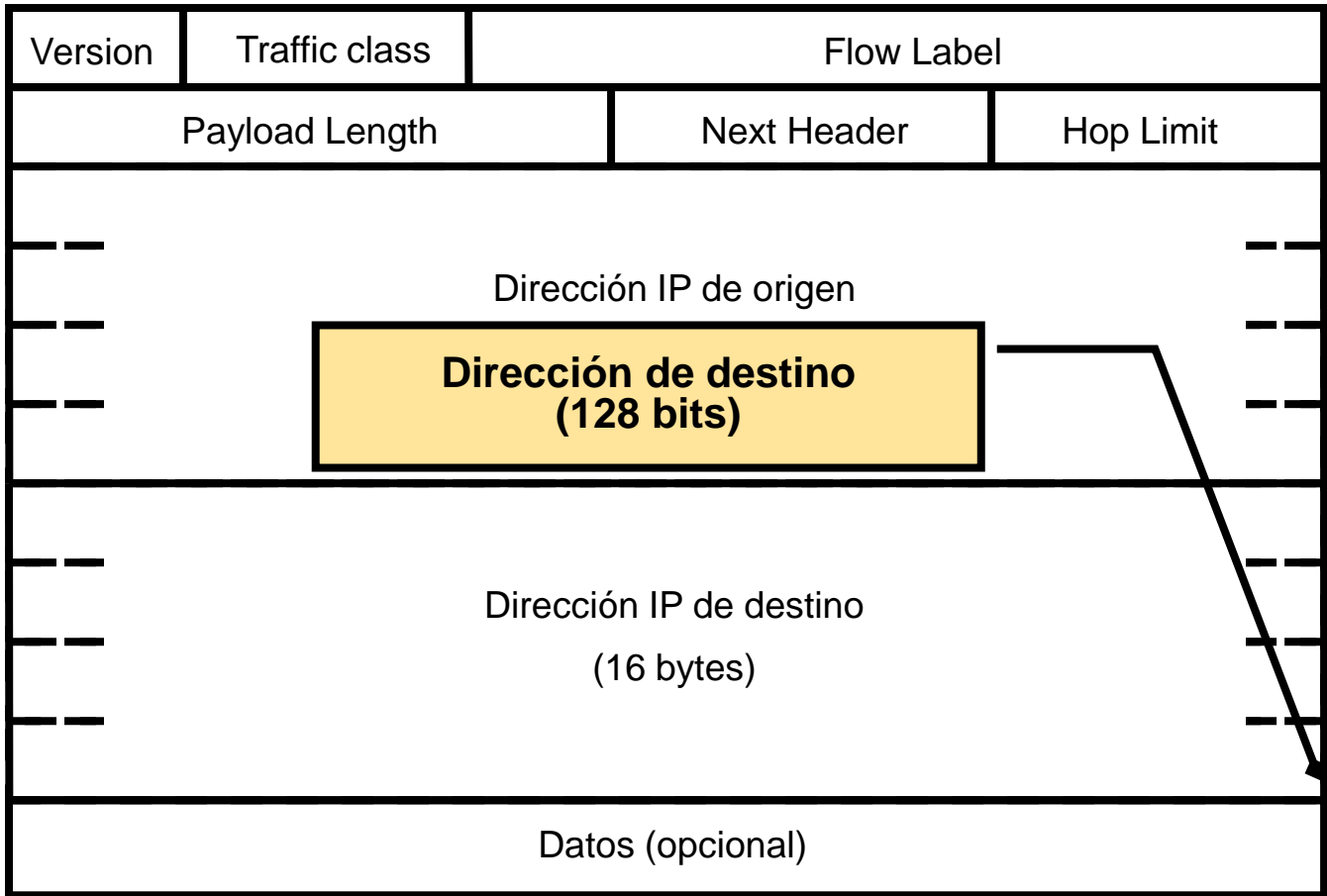
← Orden de transmisión



← 32 bits →

Datagrama IPv6

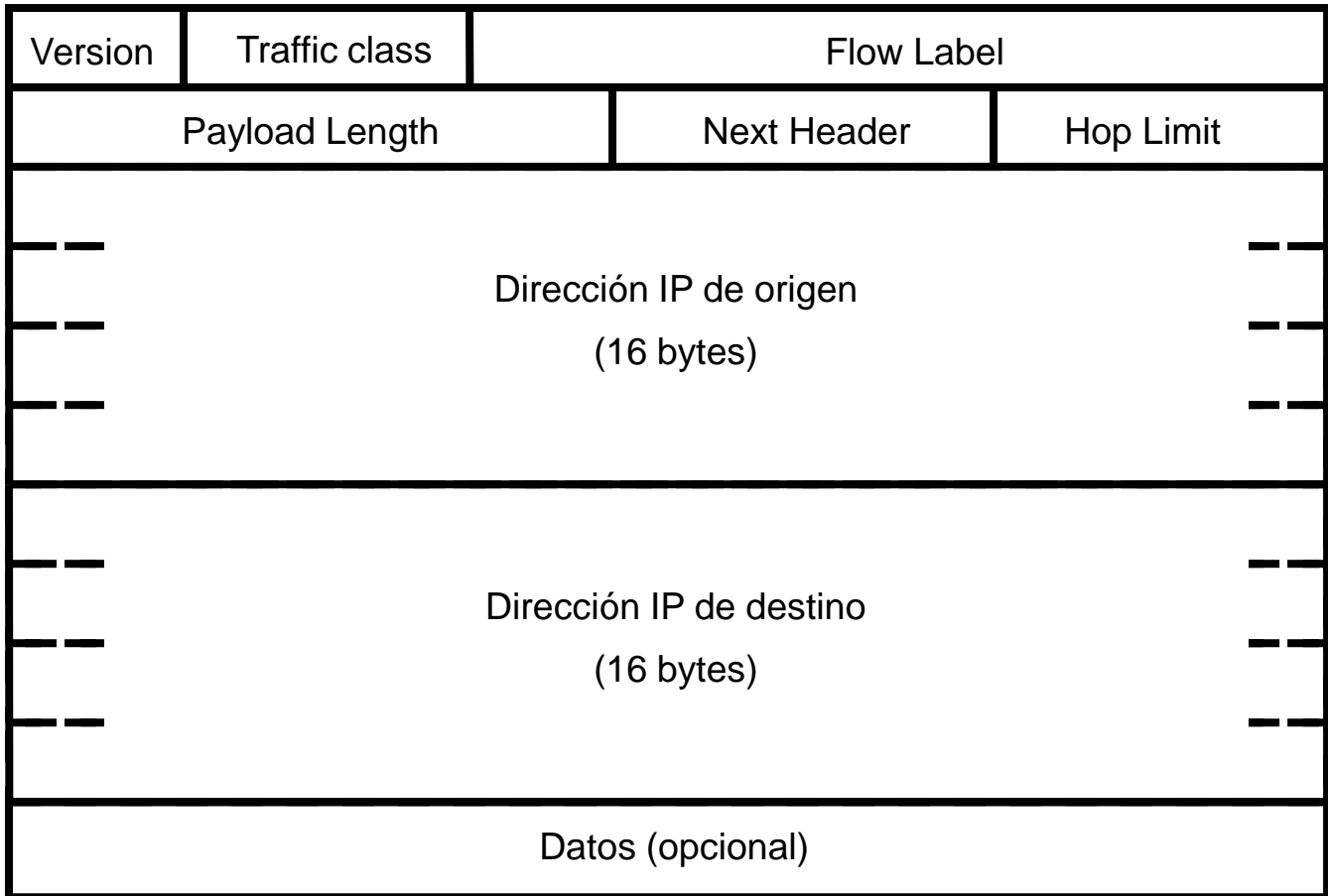
← Orden de transmisión



32 bits

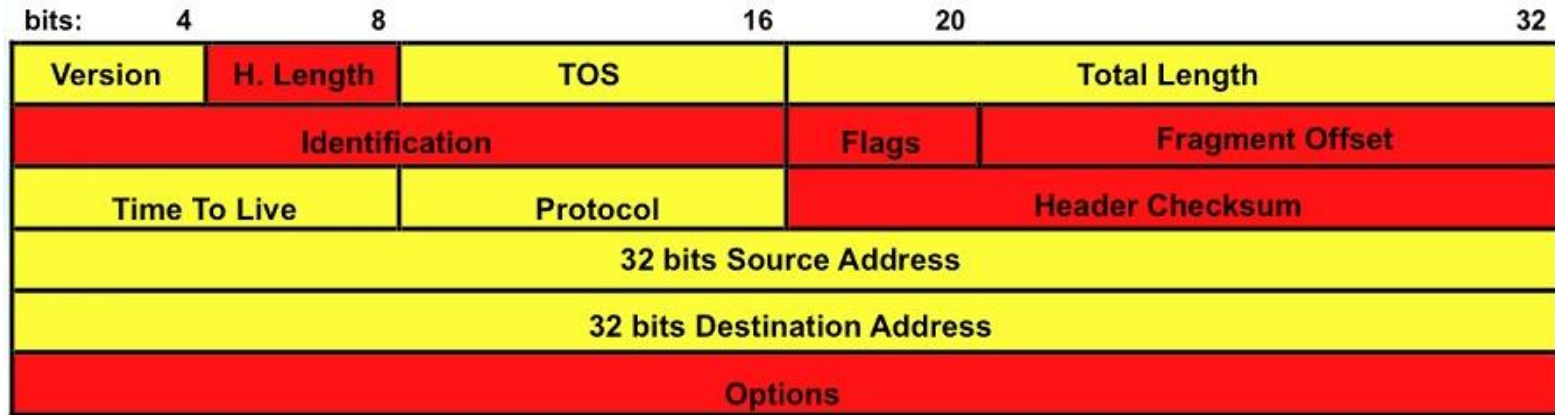
Datagrama IPv6

← Orden de transmisión



← 32 bits →

Comparación de encabezados IPv4 e IPv6



Modified Field

Deleted Field

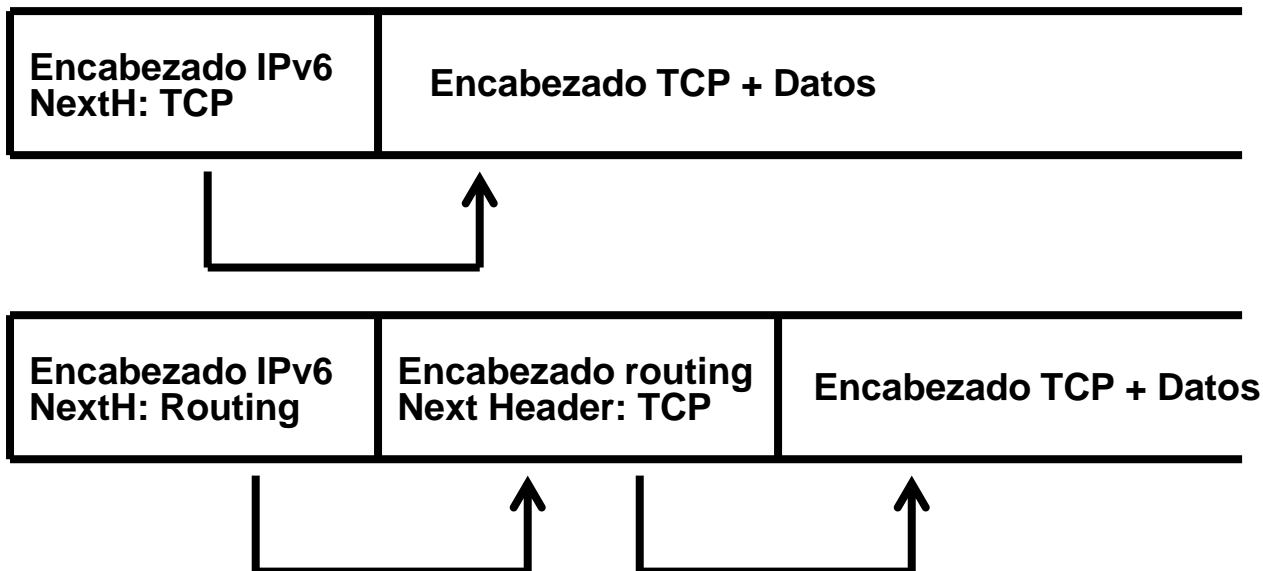
Comparación de encabezados IPv4 e IPv6

- **Tamaño fijo de encabezado (40 bytes)**
- **Aumento de direcciones (7×10^{23} direcciones por m^2 de planeta!) de 32 a 128 bits**
340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 direcciones
- **Eliminación del checksum**
- **No se permite fragmentación en equipos intermedios**
- **Revisión de parámetros: largo (de carga útil), protocolo (next header), TTL (hop limit), versión**
- **Nuevos campos: flow label, traffic class (tipo de servicio)**
- **Opciones se manejan con encabezados de extensión (extension headers)**

Encabezados de extensión

- **Las opciones se manejan mediante los encabezados de extensión (extension headers)**
- **Se encadenan con el campo Next Header**
- **Hay definidos 6 tipos de encabezados de extensión:**
 - hop-by-hop header (información entre routers)
 - routing header (equivalente a source routing)
 - fragment header (fragmentación en origen)
 - authentication header (firma de originador)
 - encrypted security payload (paquete encriptado)
 - destination option header (opciones para el destino)

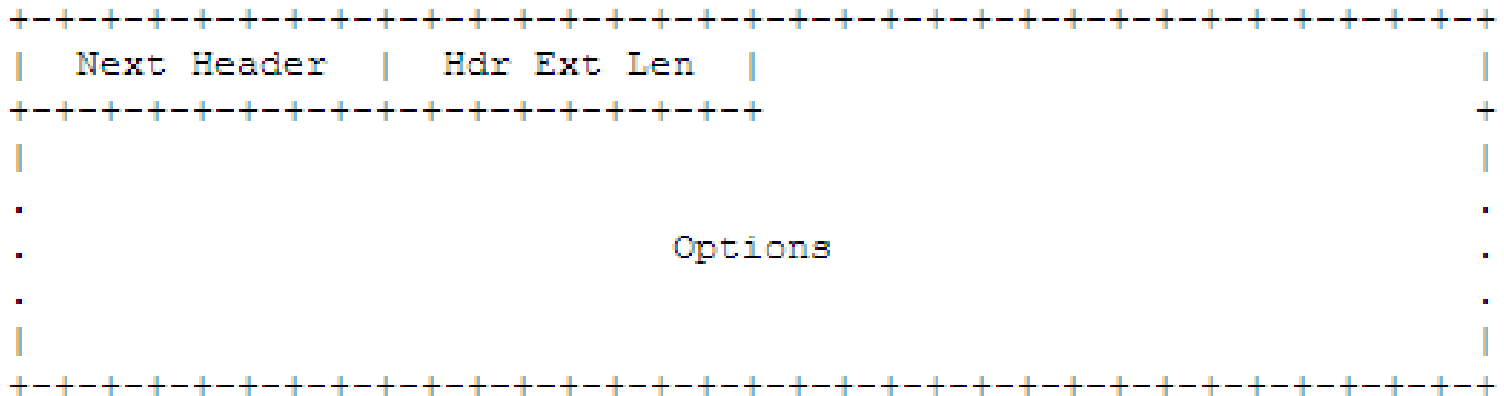
Encabezados de extensión



Encabezados de extensión

Encabezado Hop-by-hop

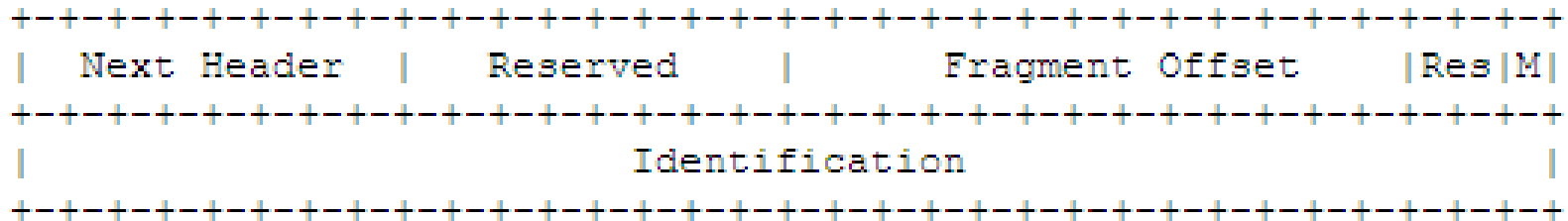
- Next-Header = 0
- Lleva información que debe ser procesada por todos los nodos intermedios.



Encabezados de extensión

Encabezado de Fragmentación

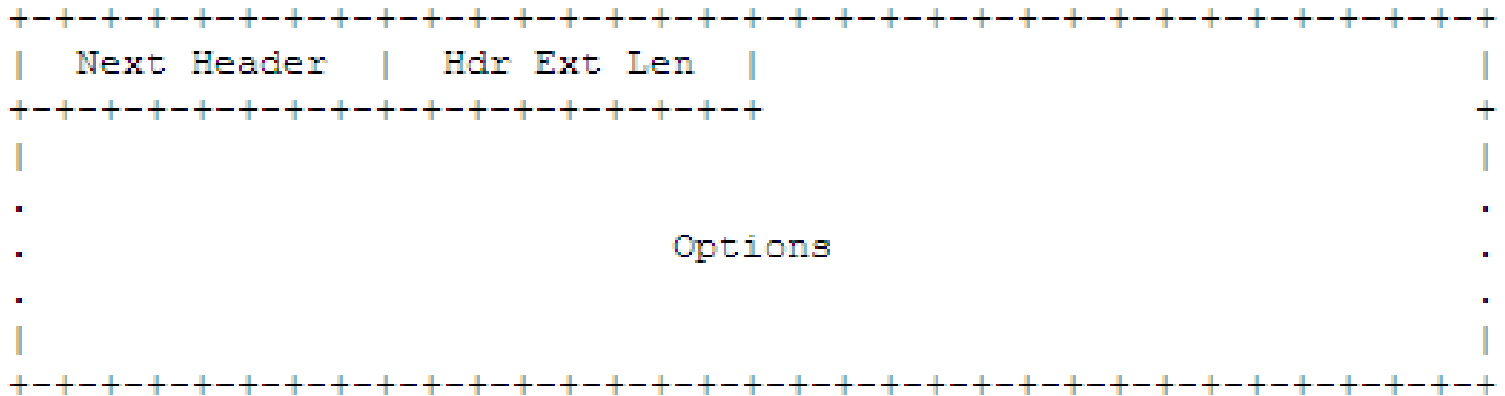
- Next-Header = 44
- Utilizado para enviar paquetes de tamaños mayores al MTU path hasta el destinatario.
- Determinación del MTU path con: Path MTU discovery.



Encabezados de extensión

Encabezado de opciones de destino

- Next-Header = 60
- Lleva información que debe ser procesada en el destino del paquete.



Encabezados de extensión

- **Cómo hacer para evitar el procesamiento innecesario?**
- **Se establece un orden:**
 - 1) **Encabezado IPv6**
 - 2) **Encabezado hop-by-hop**
 - 3) **Encabezado opciones de destino (1)**
 - 4) **Encabezado de routing**
 - 5) **Encabezado de fragmentación**
 - 6) **Encabezado de autenticación/encrypción**

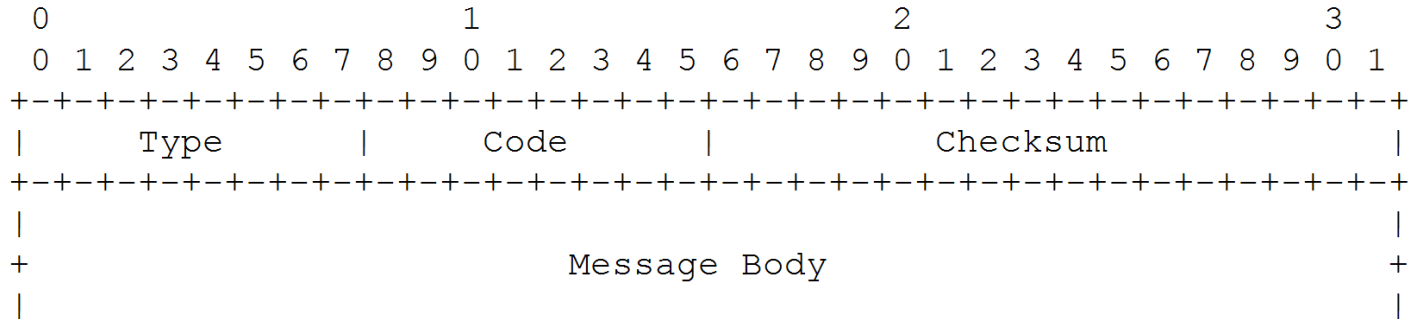
Autenticación RFC 2402 – Encrypción RFC 2406
 - 7) **Encabezado de opciones de destino (2)**
 - 8) **Encabezado de capas superiores**

No Next Header (Next-Header=59)

Evolución de ICMP

- **Internet Control Message Protocol (ICMPv6)**
 - RFC 4443 ICMPv6
- **Se incorporan las funciones de IPv4 Group Membership protocol (IGMP)**
- **Se agregan funciones para auto-configuración y descubrimiento de vecinos.**

Evolución de ICMP (2)



- 1 Destination Unreachable
- 2 Packet Too Big
- 3 Time Exceeded
- 4 Parameter Problem
- 128 Echo Request
- 129 Echo Reply
- 130 Group Membership Query
- 131 Group Membership Report
- 132 Group Membership Termination
- 133 Router Solicitation
- 134 Router Advertisement
- 135 Neighbor Solicitation
- 136 Neighbor Advertisement
- 137 Redirect

- **Códigos definidos para Mensajes ICMP.**
- **Códigos definidos para funciones de IGMP**
- **Códigos definidos para mensajes de auto-configuración y descubrimiento de vecinos**

Impacto en capas superiores

- **Checksum de TCP, UDP**
 - Forma de calcular el pseudo header
- **IPv6 y el Domain Name Service (DNS)**
 - Creación del registro AAAA
 - Resolución inversa nueva rama IP6.ARPA.

Agenda (3)

- Necesidad de IPv6
- Protocolo IPv6
- Direcciones IPv6
- Autoconfiguración
- Links y más...

Direcciones IPv6

- **Las direcciones se asignan a interfaces**
- **Cada interfaz puede tener varias direcciones**
- **Tres tipos de direcciones:**
 - **Unicast**
 - **Anycast**
 - **Multicast**

Notación de las direcciones IPv6

Formas de representar las direcciones IPv6 (RFC 5952)

A. Ocho enteros de 16 bits en hexadecimal separados por “:”

Ej: abcd:0000:0000:0000:9abc:0700:c035:0453
 abcd:0:0:0:9abc:700:c035:453

B. Simplificación de cadenas de ceros:

Ej: abcd::9abc:700:c035:453
El loopback (0:0:0:0:0:0:0:1) quedaría ::1

C. Para entornos mixtos IPv4 e IPv6 se pueden representar los últimos 4 bytes en “dotted-decimal”.

Ej: abcd::9abc:700:192.53.4.83

Notación de las direcciones IPv6

Reglas generales de representación de las direcciones IPv6

- A.** Ceros a la izquierda de la palabra de 16bits deben ser suprimidos.
- B.** Utilización de ::
 - Reducir al máximo posible
 - Un único 0000 debe ser remplazado por 0 y no por ::
 - Se debe colocar el :: en la cadena más larga de 0
- C.** Utilizar minúsculas para representar las letras “a”, “b”, “c”

Arquitectura de las direcciones IPv6

- **RFC 4291 IPv6 Addressing Architecture (Feb-2006 Draft Standard)**

Address type	Binary prefix	IPv6 notation
-----	-----	-----
Unspecified	00...0 (128 bits)	::/128
Loopback	00...1 (128 bits)	::1/128
Multicast	11111111	FF00::/8
Link-Local unicast	1111111010	FE80::/10
Global Unicast	(everything else)	

- **Unspecified**

- Dirección con todos 0's, representable como ::
- Puede usarse antes de que un nodo aprenda su dirección.

- **Loopback**

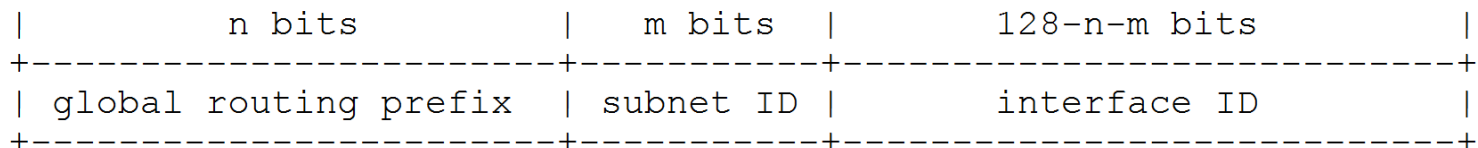
- Comunicación interna dentro de la máquina, representable como ::1

Direcciones IPv6 (Cont.)

- **Multicast**
 - Identificador para un grupo de interfaces.
 - Un paquete enviado a una dirección de multicast es entregado a todas las direcciones del grupo.
 - Las direcciones de multicast no deben aparecer como origen de ningún paquete ni en las opciones de ruteo.
- **Anycast**
 - Identificador para un grupo de interfaces.
 - Se trata como una dirección cualquiera y se confía en que los protocolos de ruteo lo harán llegar al nodo más cercano (de acuerdo a la métrica) del grupo.
- **Direcciones enlace local (link-local unicast)**
 - Se utilizan en etapas de pre-configuración o para pruebas de performance.

Estructura de las direcciones unicast globales

- **RFC 3587 IPv6 Global Unicast Address Format**



- **Global routing prefix**

- Valor asignado a un sitio (cluster de subredes/links)
- Asignado por la IANA a través de los RIRs (AfrNIC, ARIN, APNIC, LACNIC & RIPE NCC)
- Diseñado para ser estructurado jerárquicamente por RIRs e ISPs
- <http://www.iana.org/assignments/ipv6-address-space>

Direcciones unicast globales (2)

- **Subnet ID**
 - Identificación de subred adentro del sitio.
 - Diseñado para ser estructurado jerárquicamente por el administrador.
- **Interface ID**
 - Debe ser única en conjunto con un prefijo de subnet.
 - Generalmente se deriva de la dirección de la capa de enlace.
 - Se utiliza el formato EUI-64 y una forma usada es generarlo a partir de la dirección MAC (Ethernet) de 48 bits de la interfaz.
 - RFC4941 – Como generar Interface ID Random

Otras direcciones unicast

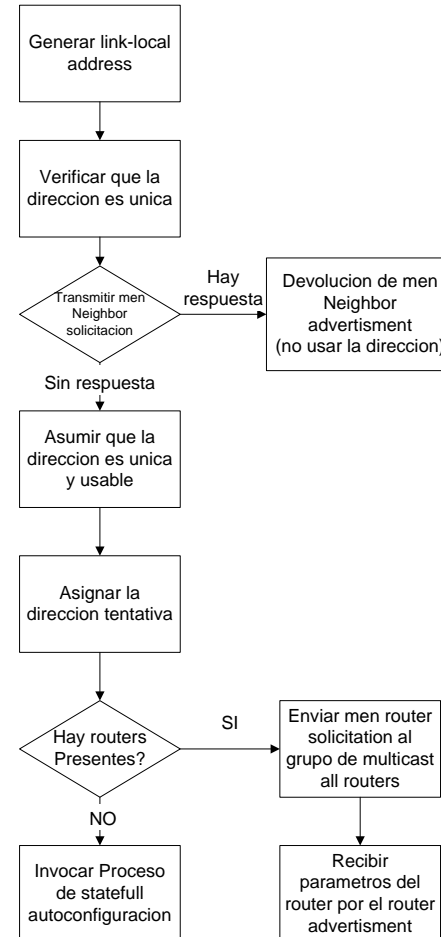
- **IPv4-Compatibles**
 - Definida para ayudar en la transición.
 - Se rellena con 0's delante de la dirección IPv4
Ej. 164.73.38.2 queda como ::164.73.38.2
 - Actualmente obsoleto.
- **IPv4-Mapeado**
 - Usada para representar las direcciones de nodos IPv4 como nodos IPv6.
 - Se rellena con 80 ceros y dos bytes en FF
Ej: 192.168.1.1 queda como ::FFFF:192.168.1.1
 - RFC 4038 “Application Aspects of IPv6 Transition”.
- **Site-Local IPv6 Unicast**
 - Originalmente definidas para direccionamiento dentro del sitio sin la necesidad de un prefijo global.
 - Compuestas por los 10 bits de orden mayor “1111111011”.
 - Depreciadas en Setiembre 2004 deben considerarse como Global Unicast en las nuevas implementaciones.

Agenda (4)

- Necesidad de IPv6
- Protocolo IPv6
- Direcciones IPv6
- **Autoconfiguración**
- Links y más...

Autoconfiguración (Plug and Play)

- La mínima intervención del administrador para que el equipo se comuniqué.
- Dos mecanismos de autoconfiguración.
 - Stateful Autoconfiguración
 - Stateless Autoconfiguración
- Pueden complementarse entre ellos.



Stateful Autoconfiguration

- **RFC 3315 Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6).**
 - Actualizada por RFC 4361. Para compatibilidad con DHCPv4.
- **Requiere la presencia de un servidor para la gestión del espacio de direcciones.**
- **Utiliza mensajes UDP.**
- **El cliente utiliza como dirección de origen la link local.**
- **El servidor se puede ubicar en una dirección de multicast reservada de alcance local.**
- **Permite enviar más parámetros que la dirección IP en un solo intercambio de mensaje respuesta.**
 - Servidores recursivos de DNS
 - Servidores NTP

Stateless Autoconfiguration

- **RFC 4862 IPv6 Stateless Address Autoconfiguration.**
- **No requiere la presencia de un servidor para la gestión del espacio de direcciones.**
- **Se basa en una combinación de la información generada localmente y la difundida por el router.**
- **Utiliza los mensajes ICMP**
 - **Códigos 133 y 134 para comunicarse con el router**
 - **Códigos 135 y 136 para verificar unicidad de la dirección**

Stateless Autoconfiguration (2)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 1)

Stateless Autoconfiguration (2)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 1)

1. Generación de dirección link-local.

- Generar el Interface ID.
- En conjunto con el prefijo well-known para direcciones link-local (FE80::/10) genera la dirección.

Stateless Autoconfiguration (2)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 1)

1. Generación de dirección link-local.

- Generar el Interface ID.
- En conjunto con el prefijo well-known para direcciones link-local (FE80::/10) genera la dirección.

2. Verificación de unicidad de la dirección generada.

- Envía un mensaje de Neighbor Solicitation (ICMP Code 135) con la dirección generada.
- Este mensaje será respondido por un Neighbor Advertisement (ICMP Code 136) si la dirección está siendo usada.

Stateless Autoconfiguration (2)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 1)

1. Generación de dirección link-local.

- Generar el Interface ID.
- En conjunto con el prefijo well-known para direcciones link-local (FE80::/10) genera la dirección.

2. Verificación de unicidad de la dirección generada.

- Envía un mensaje de Neighbor Solicitation (ICMP Code 135) con la dirección generada.
- Este mensaje será respondido por un Neighbor Advertisement (ICMP Code 136) si la dirección está siendo usada.

3. Después de conseguir una dirección única se asigna la dirección a la interfaz.

Stateless Autoconfiguration (3)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 2)

Stateless Autoconfiguration (3)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 2)

4. Determinar si hay enrutadores presentes.

- Envía un Router Solicitation (ICMP Code 133)
- Espera un Router Advertisement (ICMP Code 134)
- Si no hay router debe ir a un método stateful

Stateless Autoconfiguration (3)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 2)

4. Determinar si hay enrutadores presentes.

- Envía un Router Solicitation (ICMP Code 133)
- Espera un Router Advertisement (ICMP Code 134)
- Si no hay router debe ir a un método stateful

5. Procesar el Router Advertisement.

- Bandera 'managed address configuration'
- Bandera 'other stateful configuration'
- 0 o más prefijos para generar direcciones globales

Stateless Autoconfiguration (3)

Procedimiento para Autoconfigurar (Fase 2)

4. Determinar si hay enrutadores presentes.

- Envía un Router Solicitation (ICMP Code 133)
- Espera un Router Advertisement (ICMP Code 134)
- Si no hay router debe ir a un método stateful

5. Procesar el Router Advertisement.

- Bandera 'managed address configuration'
- Bandera 'other stateful configuration'
- 0 o más prefijos para generar direcciones globales

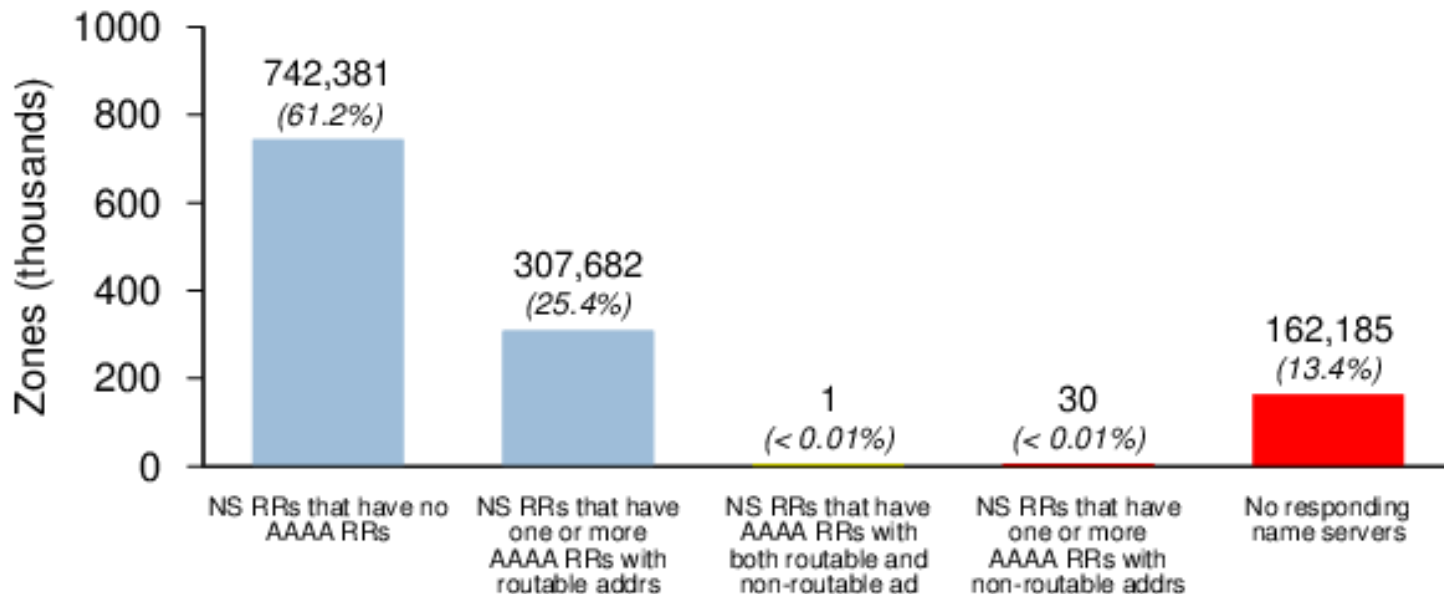
6. Por seguridad la unicidad de todas las direcciones es testeada antes de ser asignada a la interfaz.

Agenda (5)

- **Necesidad de IPv6**
- **Protocolo IPv6**
- **Direcciones IPv6**
- **Autoconfiguración**
- **Links y más...**

Adopción IPv6 Octubre 2011

Número de zonas con registros AAAA

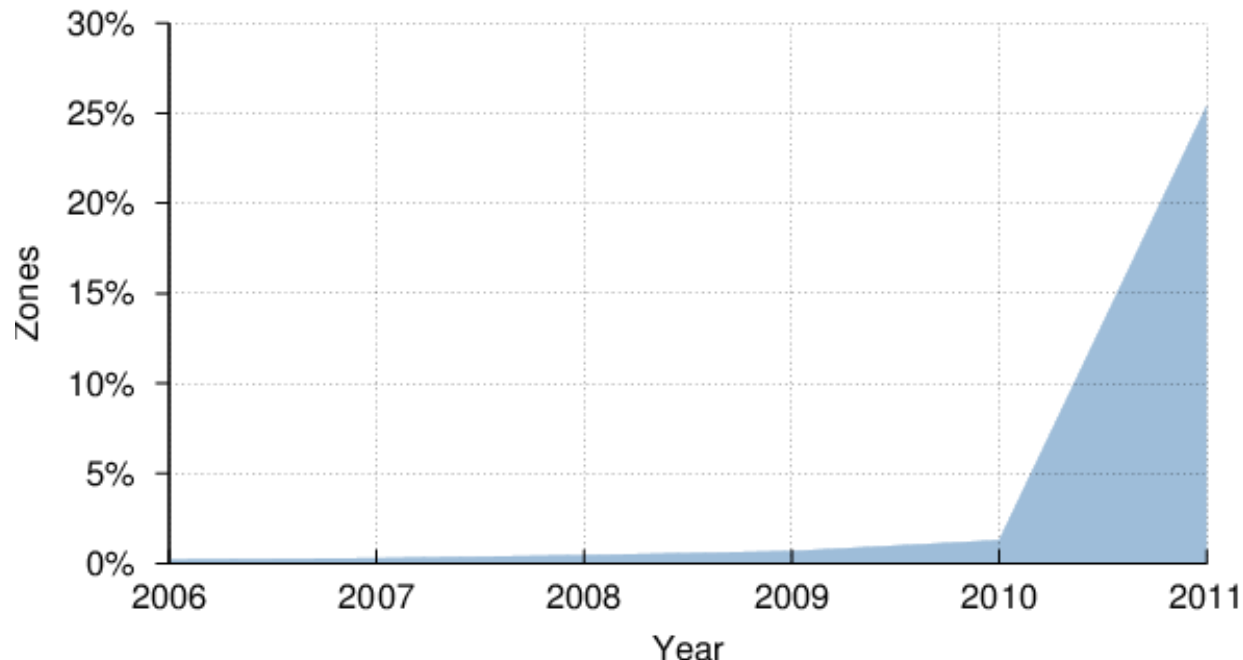


Fuente:

<http://dns.measurement-factory.com/surveys/2011/IPv6/>

Adopción IPv6 Octubre 2011

Percentages de zonas con registros AAAA



Fuente:

<http://dns.measurement-factory.com/surveys/2011/IPv6/>

Adopción IPv6 Q3 2013

Country/Region	Q3'13 IPv6 Traffic %
1 Romania	7.3%
2 Switzerland	7.0%
3 France	5.0%
4 Luxembourg	4.9%
5 United States	4.2%
6 Germany	4.1%
7 Peru	3.9%
8 Belgium	3.8%
9 Ireland	3.8%
10 Japan	1.9%

Figure 10: IPv6 Traffic Percentage, Top Countries/Regions

Fuente:

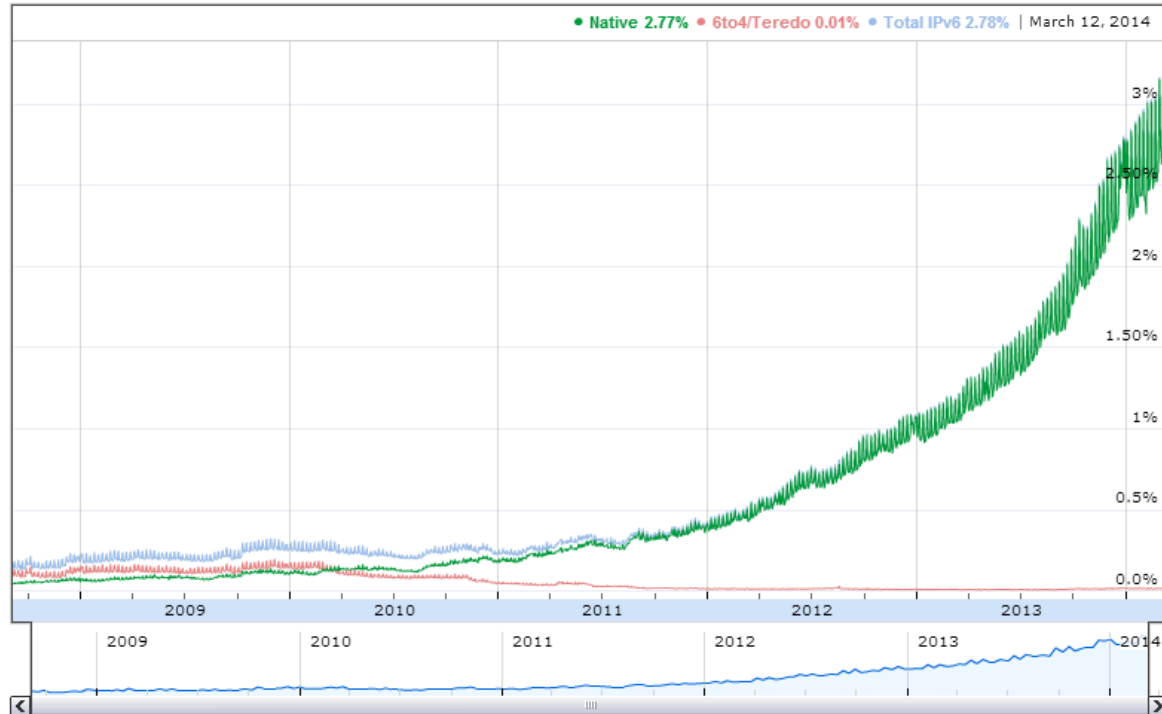


Network Provider	Q3'13 IPv6 Traffic %
Google Fiber (U.S.)	51%
Verizon Wireless (U.S.)	39%
Brutele (Belgium)	30%
Proxad/Free (France)	20%
RCS & RDS (Romania)	17%
Swisscom (Switzerland)	16%
KDDI (Japan)	9.6%
AT&T (U.S.)	8.2%
Comcast (U.S.)	6.9%
Deutsche Telekom (Germany)	5.0%
Telefonica Del Peru (Peru)	4.2%
Time Warner Cable (U.S.)	1.8%

Figure 12: IPv6 Traffic Percentage, Selected Networks

Adopción IPv6

Porcentajes de usuarios que acceden a google por IPv6



Fuente:

<http://www.google.com/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption>

Links y más...

- **Enrutamiento: RIPng, OSPFv3, BGP-4+**
- **Mecanismos de transición de IPv4 a IPv6: túneles.**

<http://lacnic.net/sp/seminarios/2011-02.html>

- <http://www.ipv6forum.com/>
- <http://www.getipv6.info/>
- <http://www.redclara.net/>
- <http://www.ietf.org/html.charters/ipv6-charter.html>
- <http://www.rfc-editor.org>