



---

# Tutorial IPv6

---

<b>Versión – Fecha:</b>	4.0 – 05/01/2004
<b>Título:</b>	Tutorial IPv6
<b>Tipo:</b>	Divulgación
<b>Autor(es):</b>	6SOS
<b>Editor:</b>	Documento original suministrado por Jordi Palet Martínez. Adaptación por: René Serral i Gracià.

---

## **SUMARIO**

El nuevo protocolo de Internet, IPv6, está siendo, cada vez, más utilizado. Este documento da una visión general de la historia, las funcionalidades y la evolución que está sufriendo y ha sufrido este protocolo.

## **PALABRAS CLAVE**

IPv6, IPv6 Forum, Historia.

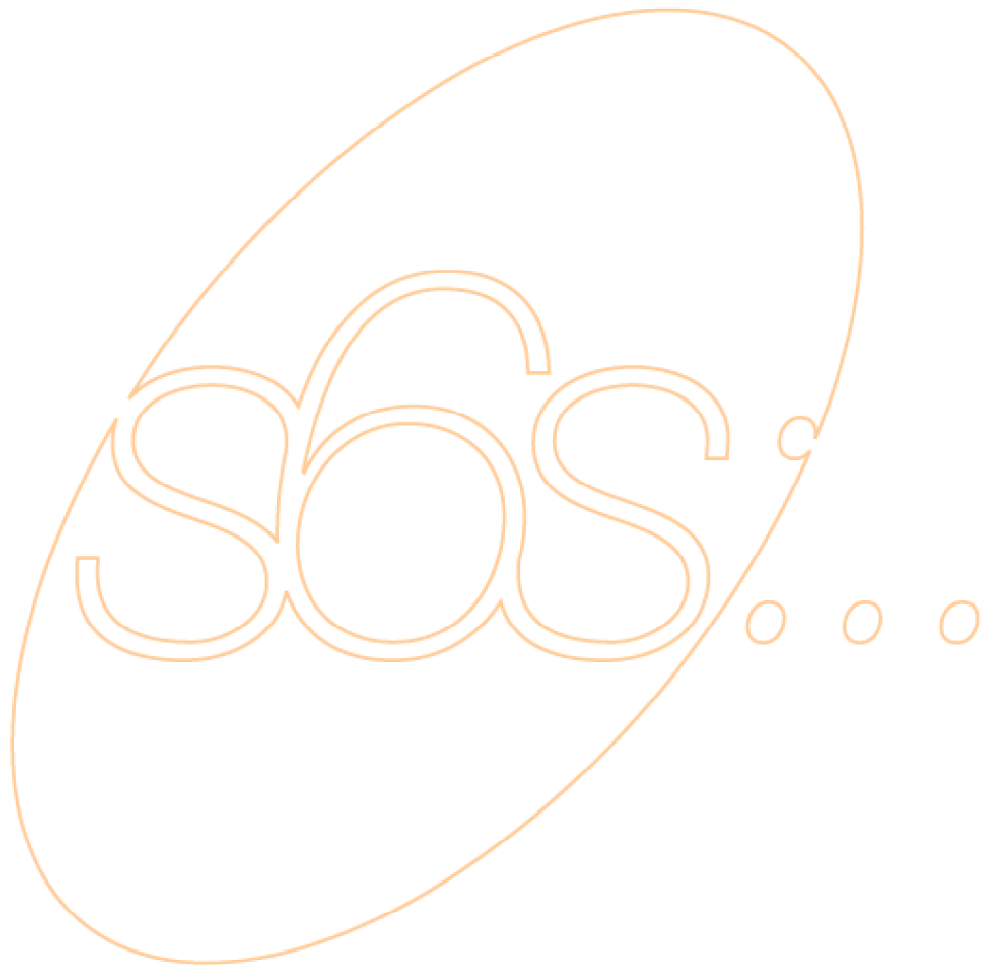
---

**TABLA DE CONTENIDO**

1)	Los motivos de IPv6.....	3
2)	¿Por qué IPv6? .....	4
3)	Cifras: el crecimiento de Internet .....	5
4)	Características principales de IPv6.....	7
5)	Un poco de “historia”.....	8
6)	Los cimientos de IPv6.....	10
7)	Conclusión .....	11

**TABLA DE FIGURAS**

Figura 3-1:	Mercado potencial de aplicaciones con necesidad de direcciones IP.....	5
-------------	--	---



## 1) Los motivos de IPv6

El motivo básico por el que surge, en el seno del IETF (Internet Engineering Task Force), la necesidad de crear un nuevo protocolo, que en un primer momento se denominó IPng (Internet Protocol Next Generation, o "Siguiente Generación del Protocolo Internet"), fue la evidencia de la falta de direcciones.

IPv4 tiene un espacio de direcciones de 32 bits, es decir,  $2^{32}$  (4.294.967.296).

En cambio, IPv6 nos ofrece un espacio de  $2^{128}$  direcciones:

- 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456

Además, IPv4 tiene otros problemas o "dificultades" que IPv6 soluciona o mejora.

Los creadores de IPv4, a principio de los años 70, no predijeron en ningún momento, el gran éxito que este protocolo iba a tener en muy poco tiempo, en una gran multitud de campos, no sólo científicos y de educación, sino también en innumerables facetas de la vida cotidiana.

Podemos recordar algunas "famosas frases" que nos ayudarán a entender hasta que punto, los propios 'precursores' de la revolución tecnológica que estamos viviendo, no llegaron a prever:

- "Pienso que el mercado mundial de ordenadores puede ser de cinco unidades", Thomas Watson, Presidente de IBM en 1.943.
- "640 Kbps. de memoria han de ser suficientes para cualquier usuario", Bill Gates, Presidente de Microsoft, 1.981.
- "32 bits proporcionan un espacio de direccionamiento suficiente para Internet", Dr. Vinton Cerf, padre de Internet, 1.977.

No es que estuvieran equivocados, sino que las Tecnologías de la Información han evolucionado de un modo mucho más explosivo de lo esperado. Además, ¿no dice el dicho "es de sabios rectificar"?

Desde ese momento, y debido a la multitud de nuevas aplicaciones en las que IPv4 ha sido utilizado, ha sido necesario crear "añadidos" al protocolo básico. Entre los "parches" más conocidos, podemos citar medidas para permitir la Calidad de Servicio (QoS), Seguridad (IPsec), y Movilidad, fundamentalmente.

El inconveniente más importante de estas ampliaciones de IPv4, es que utilizar cualquiera de ellos es muy fácil, pero no tanto cuando pretendemos usar al mismo tiempo dos "añadidos", y no digamos que se convierte en casi imposible o muy poco práctico el uso simultáneo de tres o más, llegando a ser un auténtico malabarismo de circo.

## 2) ¿Por qué IPv6?

Como hemos indicado en párrafos anteriores, la ventaja fundamental de IPv6 es el espacio de direcciones.

El reducido espacio de IPv4, a pesar de disponer de cuatro mil millones de direcciones (4.294.967.296), junto al hecho de una importante falta de coordinación, durante la década de los 80, en la delegación de direcciones, sin ningún tipo de optimización, dejando incluso grandes espacios discontinuos, nos está llevando a límites no sospechados en aquel momento.

Por supuesto, hay una solución que podríamos considerar como evidente, como sería la reenumeración, y reasignación de dicho espacio de direccionamiento. Sin embargo, no es tan sencillo, es incluso impensable en algunas redes, ya que requiere unos esfuerzos de coordinación, a escala mundial, absolutamente impensables.

Además, uno de los problemas de IPv4 permanecería: la gran dimensión de las tablas de encaminado (routing) en el troncal de Internet, que la hace ineficaz, y perjudica enormemente los tiempos de respuesta.

La falta de direcciones no es apreciable por igual en todos los puntos de la red, de hecho, no es casi apreciable, por el momento, en Norte América. Sin embargo, en zonas geográficas como Asia (en Japón la situación está llegando a ser crítica), y Europa, el problema se agrava.

Como ejemplos, podemos citar el caso de China que ha pedido direcciones para conectar 60.000 escuelas, tan sólo ha obtenido una clase B (65.535 direcciones), o el de muchos países Europeos, Asiáticos y Africanos, que solo tienen una clase C (255 direcciones) para todo el país.

Tanto en Japón como en Europa el problema es creciente, dado al importante desarrollo de las redes de telefonía celular, inalámbricas, módems de cable, xDSL, etc., que requieren direcciones IP fijas para aprovechar al máximo sus posibilidades e incrementar el número de aplicaciones en las que pueden ser empleados.

La razón de utilización de las direcciones IP por parte de los usuarios, está pasando en pocos meses de 10:1 a 1:1, y la tendencia se invertirá. En pocos meses, podemos ver dispositivos "siempre conectados", con lo que fácilmente un usuario podría tener, en un futuro no muy lejano, hasta 50 o 100 IP's (1:50 o 1:100).

Algunos Proveedores de Servicios Internet se ven incluso obligados a proporcionar a sus clientes direcciones IP privadas, mediante mecanismos de NAT (traslación de direcciones, es decir, usar una sola IP pública para toda una red privada). De hecho, casi todos los PSI's se ven obligados a delegar tan sólo reducidos números de direcciones IP públicas para sus grandes clientes corporativos.

Como ya he apuntado, la solución, temporalmente, es el uso de mecanismos NAT. Desafortunadamente, de seguir con IPv4, esta tendencia no sería "temporal", sino "invariablemente permanente". Ello implica la imposibilidad práctica de muchas aplicaciones, que quedan relegadas a su uso en Intranets, dado que muchos protocolos son incapaces de atravesar los dispositivos NAT:

- RTP y RTCP ("Real-time Transport Protocol" y "Real Time Control Protocol") usan UDP con asignación dinámica de puertos (NAT no soporta esta traslación).
- La autenticación Kerberos necesita la dirección fuente, que es modificada por NAT en la cabecera IP.
- IPsec pierde integridad, debido a que NAT cambia la dirección en la cabecera IP.
- Multicast, aunque es posible, técnicamente, su configuración es tan complicada con NAT, que en la práctica no se emplea.

### 3) Cifras: el crecimiento de Internet

Las cifras de “internautas”, esperadas en los próximos años, avalan lo expuesto:

- Africa: 800.000.000 (sólo 3.000.000 sin NAT).
- América Central y del Sur: 500.000.000 (sólo 10.000.000 sin NAT).
- América del Norte: 500.000.000 (sólo 125.000.000 sin NAT).
- Asia: 2.500.000.000 (sólo 50.000.000 sin NAT).
- Europa Occidental: 250.000.000 (sólo 50.000.000 sin NAT).

Pero lo más importante es el imparable crecimiento de aplicaciones que necesitan direcciones IP públicas únicas, globales, válidas para conexiones extremo a extremo, y por tanto encaminables (enrutables): Videoconferencia, Voz sobre IP, seguridad, e incluso juegos.

Veamos más cifras. Sólo en Estados Unidos de América, el mercado potencial de aplicaciones susceptibles de ser conectadas a la red, según Driscoll & Associates, en un estudio del año 1.995, era:

Mercado Vertical	Ejemplos de Aplicación	Tamaño del Mercado
Lectura de Contadores	Lectura de consumos de agua, gas, electricidad, etc.	242.000.000
Seguridad	Sistemas de alarma, incendios, etc., tanto residenciales como comerciales	24.000.000
Posicionamiento de Vehículos/flotas e información de condiciones	Seguimiento automático de vehículos Seguimiento de inventarios Diagnóstico y seguridad de vehículos	15.000.000
Monitorización	Máquinas de venta automática (vending) Buzones de correo Gas e irrigación	7.900.000
<b>Total</b>		<b>288.900.000</b>

Figura 3-1: Mercado potencial de aplicaciones con necesidad de direcciones IP

En 1.997, el mercado de dispositivos con aplicaciones capaces de conectarse a Internet (sin incluir terminales ni ordenadores, tan sólo WebTV, agendas electrónicas, teléfonos con acceso a Internet, y consolas de juegos), era de 3.000.000. En el año 1.998, este se duplica hasta llegar a los 6.000.000, en el 2002 se esperaban 56.000.000.

Sólo contabilizando el crecimiento de la nueva generación de telefonía móvil (UMTS), en el año 2.004 se prevén cifras del orden de los 1.000.000.000 de usuarios, la misma cifra que para la telefonía fija y que para el número de usuarios “fijos” de Internet. En ese momento, los usuarios móviles con conexión a Internet se acercarán a los 400.000.000.

El mismo Foro UMTS/GSM prevé unas necesidades de direcciones IP para los dispositivos de la red (no para los dispositivos de los usuarios), para el año 2.005, de 3,2 millones, y de 6,3 para el 2.010. Según el mismo informe, en el 2.005, se requerirían un total de 20.000.000.000 de direcciones IP para los dispositivos de los usuarios.

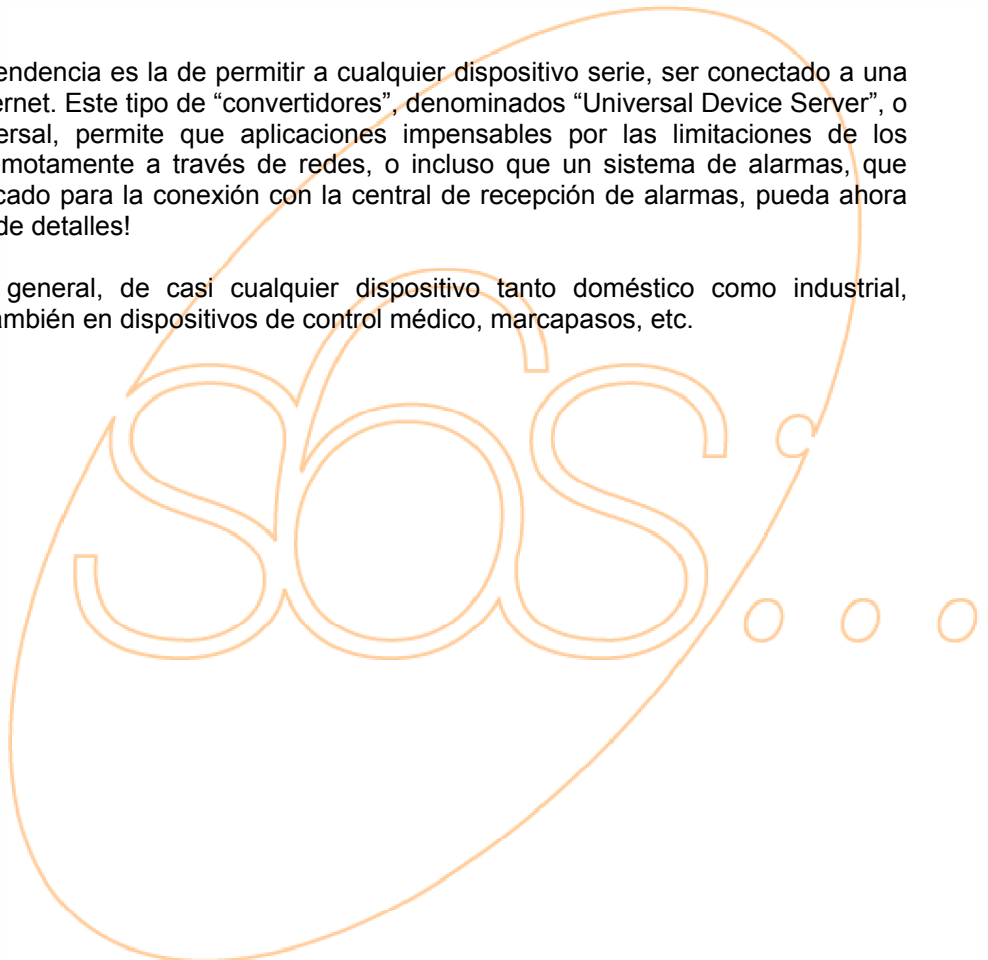
A esto hemos de sumar los innumerables dispositivos que vamos creando, o los ya existentes a los que damos nuevas o mejoradas aplicaciones, mediante su conexión a la red, valgan como ejemplos:

- Teléfonos, pues la siguiente generación, sin duda, pasará por tecnologías IP (VoIP).
- Televisión y Radio, también basados en tecnologías IP.
- Sistemas de seguridad, televigilancia y control.
- Frigoríficos que evalúan nuestros hábitos de consumo y nos dan la opción de
  1. imprimir la lista de la compra.
  2. hacer el pedido en el supermercado para que nos sea entregado automáticamente.
  3. hacer el pedido para que pasemos a recogerlo decidiendo "in situ" el resto de la compra.
  4. navegar por un supermercado virtual y permitimos llenar el carro según nuestros hábitos añadiendo nuestros caprichos ocasionales.
- Despertadores, que conocen nuestros tiempos de desplazamiento habituales a nuestro lugar de trabajo, y con motivo de un accidente o gran nevada, de los que son informados mediante los servicios de la red, calculan el tiempo adicional que necesitamos y nos levantan con la anticipación precisa, ¡aún a riesgo de que los destrocemos al arrojarlos contra la pared!
- Walkman MP3, que conectados a la red, nos permiten recuperar y almacenar creaciones musicales.

Nuevas tecnologías emergentes, como Bluetooth, WAP, redes inalámbricas, redes domésticas, etc., hacen más patente esta necesidad de crecimiento, al menos, en los que al número de direcciones se refiere.

Por ejemplo, la última tendencia es la de permitir a cualquier dispositivo serie, ser conectado a una LAN o WAN, y por que no a Internet. Este tipo de "convertidores", denominados "Universal Device Server", o Servidor de Dispositivos Universal, permite que aplicaciones impensables por las limitaciones de los cableados serie, se realicen remotamente a través de redes, o incluso que un sistema de alarmas, que antes requería un módem dedicado para la conexión con la central de recepción de alarmas, pueda ahora enviar un e-mail, ¡con todo lujo de detalles!

Podríamos hablar, en general, de casi cualquier dispositivo tanto doméstico como industrial, integrado en la gran red, pero también en dispositivos de control médico, marcapasos, etc.



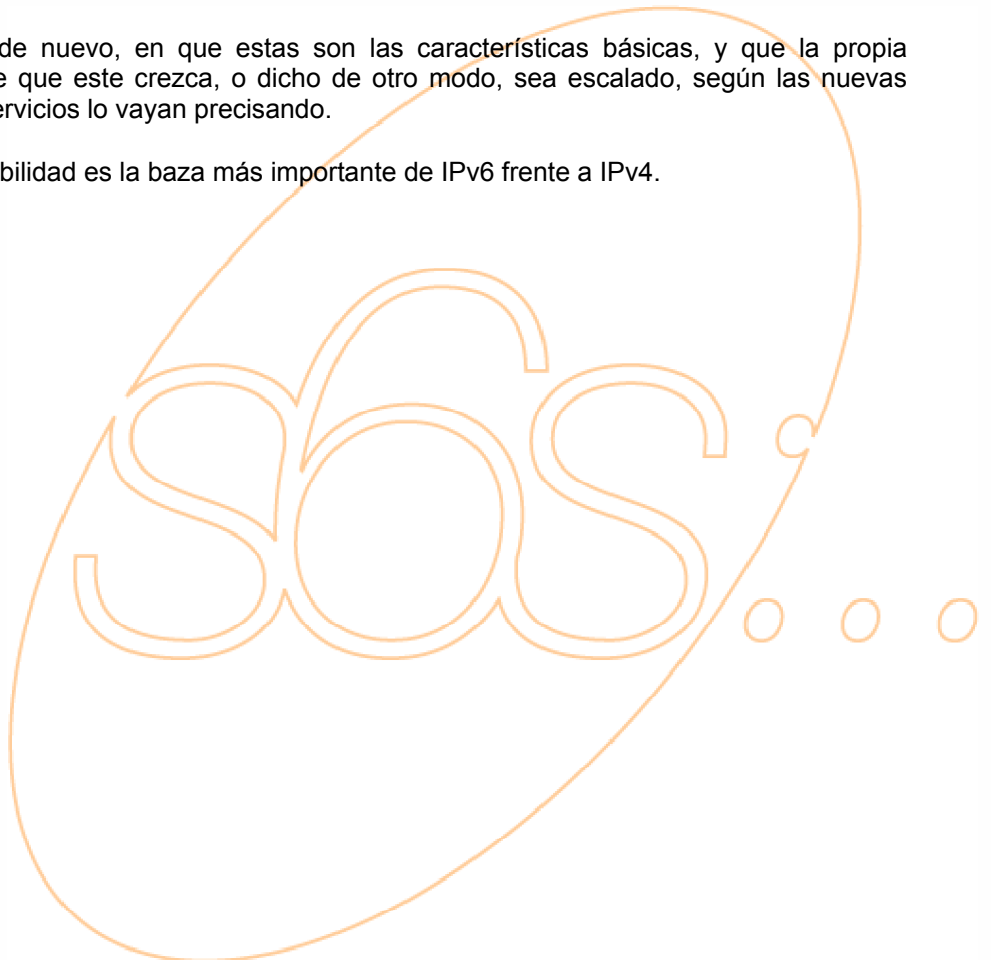
#### 4) Características principales de IPv6

Si resumimos las características fundamentales de IPv6 obtenemos la siguiente relación:

- Mayor espacio de direcciones.
- “Plug & Play”: Autoconfiguración.
- Seguridad intrínseca en el núcleo del protocolo (IPsec).
- Calidad de Servicio (QoS) y Clase de Servicio (CoS).
- Multicast: Envío de UN mismo paquete a UN GRUPO de receptores.
- Anycast: Envío de UN paquete a UN receptor dentro de UN GRUPO.
- Paquetes IP eficientes y extensibles, sin que haya fragmentación en los encaminadores (routers), alineados a 64 bits (preparados para su procesamiento óptimo con los nuevos procesadores de 64 bits), y con una cabecera de longitud fija, más simple, que agiliza su procesamiento por parte del encaminador (router).
- Posibilidad de paquetes con carga útil (datos) de más de 65.535 bytes.
- Encaminado (enrutado) más eficiente en el troncal (backbone) de la red, debido a una jerarquía de direccionamiento basada en la agregación.
- Renumeración y “multi-homing”, que facilita el cambio de proveedor de servicios.
- Características de movilidad.

Pero hay que insistir, de nuevo, en que estas son las características básicas, y que la propia estructura del protocolo permite que este crezca, o dicho de otro modo, sea escalado, según las nuevas necesidades y aplicaciones o servicios lo vayan precisando.

Precisamente, la escalabilidad es la baza más importante de IPv6 frente a IPv4.



## 5) Un poco de “historia”

Básicamente ha habido tres fases importantes en el desarrollo de IPv4 hasta lo que hoy conocemos como IPv6:

- 1.992 – TUBA
  - Implementación de mecanismos para usar TCP y UDP sobre mayores direcciones.
  - Se emplea ISO CLNP (Connection-Less Network Protocol, “protocolo de redes sin conexión”).
  - Se descarta.
- 1.993 – SIPP
  - Proyecto “Simple IP Plus”.
  - Mezcla de SIP y PIP (dos tentativas anteriores para sustituir IPv4).
  - Direcciones de 64 bits.
- 1.994 – IPng
  - Se adopta SIPP.
  - Se cambia el tamaño de las direcciones a 128 bits.
  - Se renombra como IPv6.

Como fase adicional, muy significativa, podemos añadir la constitución oficial, en Julio de 1.999, del “IPv6 Forum” o Foro IPv6, que ha implicado, en un plazo de tan solo seis meses, un importantísimo crecimiento respecto del fomento, promoción, uso y aplicación del protocolo, con adopciones tan importantes como las realizadas por la OTAN, ETSI, UMTS, 3GPP, o la Comunidad Europea.

Por último, entre el 13 y el 16 de Marzo de 2.000, en Telluride (Colorado – US), una pequeña población, antigua colonia minera fundada por Españoles, convertida ahora en un importante completo turístico dedicado al esquí, mientras se celebraba el 1<sup>er</sup> Congreso Internacional de IPv6 en Norteamérica (Global IPv6 Summit), organizado por el Foro IPv6, se ha producido un importante acontecimiento, de gran relevancia para IPv6.

La apertura del ciclo de conferencias ha incluido la presentación magistral de Judy Estrin, CTO (Chief Technology Officer) y Vice-Presidente Senior de Cisco Systems, y miembro de las juntas directivas de importantes empresas como Sun Microsystems, Walt Disney y Federal Express. En su cargo es responsable de la planificación de tecnologías estratégicas y desarrollo del negocio, incluyendo inversiones y adquisiciones, ingeniería de consultoría, proyectos avanzados de Internet, así como de asuntos legales y con el gobierno. Fue una de las personas involucradas en los primeros desarrollos del protocolo TCP/IP, desde la Universidad de Stanford.

En su conferencia resaltó frases tan significativas como “Cisco esta comprometido con IPv6, pero estamos comprometidos con la integración, no con la transición”, y urgió a la comunidad IPv6 a proporcionar herramientas y técnicas de gestión que faciliten la integración de IPv6 con IPv4, indicando que “debemos traer IPv6 junto a IPv4, como dos afluentes que convergen para crear un río más poderoso”. Reconoció que Cisco ha percibido un creciente interés en IPv6.

Además, citó las siguientes tendencias como conductoras de la necesidad de IPv6:

- La creciente movilidad de los usuarios de Internet: los usuarios desean poder acceder a los mismos servicios Internet, tanto desde el trabajo, como desde su casa, como desde el coche, lo que crea la necesidad de más de una IP por persona.
- Redes domésticas: con la venida al hogar de accesos a Internet de gran ancho de banda, y oferta de servicios “siempre conectado”, los consumidores desean conectar a la red dispositivos de seguridad, al igual que otros muchos.



- La convergencia de voz, vídeo y datos, en infraestructuras basadas en IP: lo que implica el movimiento hacia la arquitectura ofrecida por IPv6, más simple, escalable y más fiable.

Judy Estrin remarcó que la infraestructura actual de IPv4 está extendida, y que el mayor espacio de direcciones de IPv6 ofrece ventajas y eficacias, pero que los métodos de implementación han de asegurar una integración suave, entre IPv4 e IPv6.

Según Judy, los desafíos para la implantación de IPv6 no son técnicos, sino de educación de los usuarios finales, y del desarrollo de casos de negocio para la tecnología. No debemos ilusionarnos sólo por una única aplicación definitiva.

Pocas horas después, dos relevantes proveedores de la industria de las Tecnologías de la Información, Cisco y Microsoft, anunciaron sus planes inmediatos de soportar “oficialmente” IPv6. Se puede encontrar más información al respecto en:

<http://www.networkworld.com/news/2000/0314ciscoipv6.html> y

<http://www.microsoft.com/presspass/press/2000/Mar00/IPv6PR.asp>.

Se trata de los último “gigantes” en confirmar su apoyo incondicional a IPv6, pues previamente, durante un evento similar, celebrado en Diciembre del 1.999, en Berlín, el resto de los fabricantes habían hecho similares anuncios.

De hecho, incluso antes de dicho encuentro, todos los fabricantes tenían versiones beta, para algunos de sus productos. En concreto, uno de ellos, Ericsson Telebit, dispone de productos comerciales con IPv6 desde hace varios años, y diversas plataformas UNIX también ofrecen dicho soporte.

Por otro lado, Sun Microsystems, anunciaba también la disponibilidad actual de la nueva versión de su Sistema Operativo Solaris 8, que YA incluía IPv6, soporte que se ha mejorado con la aparición de la versión 9. Más información en <http://www.sun.com/solaris/ipv6>.

Además, Nokia y Cernet (red de educación e investigación China), anunciaron la implantación mediante encaminadores (routers) de Nokia, de una nueva e importante red, dentro del programa “Internet 6”, basada en este protocolo. La noticia completa esta disponible en

<http://www.businesswire.com/webbox/bw.031300/200731676.htm>.

Por si no fuera suficiente, NTT Multimedia Communications Laboratories (MCL), subsidiaria de NTT Communications, anunciaba la creación del primer nodo neutro de intercambio de tráfico Internet basado en IPv6, en Norteamérica, disponible en el mes de Abril de 2.001. Información completa disponible en

<http://www.businesswire.com/webbox/bw.031300/200730477.htm>.

En Berlín, durante otra de las conferencias del Foro IPv6, NTT hizo un anuncio similar, para el ámbito Europeo, incluso con ofertas de conexión gratuita, a dicho servicio, durante el primer año.

Se trata de un complejo e inesperado cúmulo de noticias al respecto de IPv6 que hacen prever una avalancha de otras nuevas, de similar índole, y que auguran un desarrollo mucho más rápido de lo inicialmente previsto para IPv6.

Se dispone de un resumen actualizado de las noticias más relevantes respecto de IPv6 en

<http://www.ipv6forum.com/navbar/ipv6forum/pressroom.htm>.

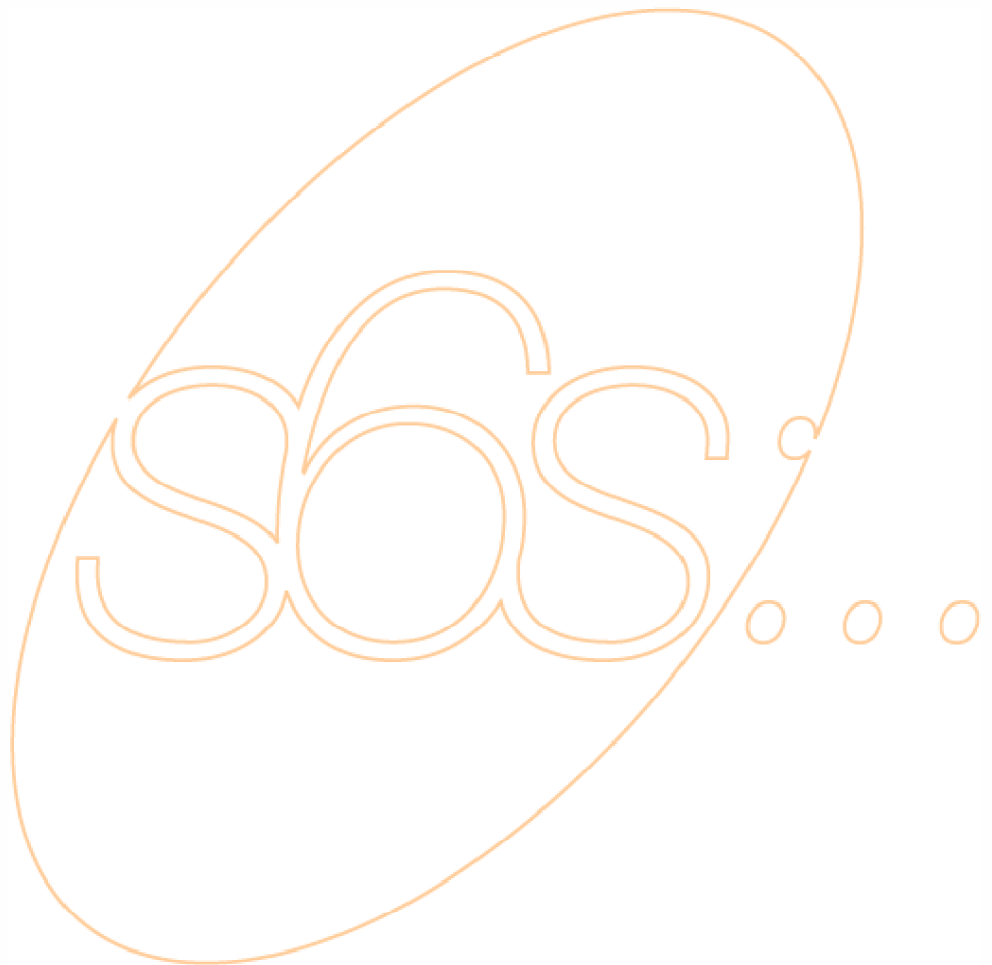
## 6) Los cimientos de IPv6

Los criterios que se han seguido a lo largo del desarrollo de IPv6 han sido fundamentales para obtener un protocolo sencillo y al mismo tiempo extremadamente consistente y escalable.

Son de destacar, entre estos criterios, además de todo lo dicho hasta el momento (número de direcciones, seguridad, movilidad y autoconfiguración) la especial aptitud para ser soportado por plataformas existentes, y una evolución que permite su uso concurrente con IPv4: No es necesario realizar un cambio "instantáneo en una fecha X", sino que el cambio es transparente.

Estos criterios se han alcanzado en gran medida por la ortogonalidad y simplificación de la cabecera de longitud fija, lo que redundará en la eficacia de su encaminado (enrutado), tanto en pequeños encaminadores como en los más grandes, con soportes de ancho de banda muy superiores a los 100 Gbps con los dispositivos actuales.

Los equipos actuales, a pesar de sus tremendas capacidades de procesamiento de paquetes, no serían capaces de acometer la misma tarea, ni de ofrecer soluciones a todas las necesidades emergentes, con la estructura de la cabecera IPv4, sin contar la imposibilidad de gestionar las tablas de encaminado de los troncales, si siguen creciendo al ritmo actual.



## 7) Conclusión

Me permito reflejar aquí una conclusión de una importante compañía de ingeniería y consultoría Canadiense, "Viagénie", también miembro del Foro IPv6, que copreside el directorado técnico:

"La verdadera cuestión no es si necesitamos y creemos en IPv6, sino ¿estamos interesados en una red que permita a cualquier dispositivo electrónico IP comunicarse transparentemente con otros, independientemente de su localización, en la red global?"

Mi propia conclusión, extendiendo la frase anterior, a la que me adhiero categóricamente, es:

"El camino de IPv4 a IPv6 no es una cuestión de transición ni de migración, sino de evolución, de integración, pero se trata de una evolución disruptora, rompedora, y al mismo tiempo necesaria. IPv6 nos permitirá un crecimiento escalable y simple, principales handicaps actuales de IPv4. Preparemos y mejoremos nuestras redes, las de nuestros clientes, las de nueva implantación, con dispositivos, sistemas operativos y aplicaciones que estén realmente listos o en camino de cumplir las especificaciones de IPv6, sin por ello dejar de ser válidos en IPv4. Hay que asegurar el futuro, no hipotecarlo, frente al inevitable *comercio electrónico móvil* (m-commerce), por la salud de la red global. Seamos y estemos ¡IPv6 READY!".

