

Despliegue de IPv6 en la red de transmisión de datos universitaria. El caso de la Universidad Nacional de Cuyo.

Roberto Cutuli¹ Carlos Catania², Carlos García Garino^{2,3}

¹ Centro Informático Tecnológico, ² ITIC, ³ Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario, 5500 Mendoza, Argentina
rcutuli@uncu.edu.ar, {ccatania, cgarcia@itu.uncu.edu.ar}

Resumen. Los desarrollos relacionados con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, han dado lugar a una paulatina convergencia de redes de infraestructura y servicios de valor agregado. Esto plantea crecientes demandas a los administradores de las redes en general y por supuesto a los responsables de las redes universitarias. Sin embargo, los recursos muchas veces son escasos en términos de infraestructura o de recursos humanos para su despliegue, operación y administración. Por otro lado resulta necesario implementar de manera adecuada servicios y equipos para Educación a distancia; Repositorios Digitales o e-ciencia en general. En este contexto las comunicaciones constituyen un elemento central para la interacción de una universidad con otros centros de I+D, la sociedad y los integrantes de la comunidad. En particular, la infraestructura y los protocolos de red sobre la cual se basa todo el sistema de Telecomunicaciones juegan un rol central en las organizaciones del siglo XXI y ha sido objeto de atención durante las ediciones anteriores de TICAL. El trabajo presenta los antecedentes de la Red de Datos de la Universidad Nacional de Cuyo, describe la infraestructura actual y plantea el despliegue de IPv6 conviviendo con el protocolo actual IPv4. Se enfatiza la necesidad de contar con recursos dentro y fuera de la Universidad que en muchos de los casos no dependen directamente de los administradores de sistemas de red universitarios.

Palabras Clave: Protocolo IP; Redes de transmisión de datos; Despliegue IPv6; seguridad.

1 Introducción

La Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) [1] es la más grande del centro oeste de Argentina con cerca de 5000 puestos de trabajos y múltiples enlaces hacia otras redes institucionales y la propia Internet.

En un trabajo anterior presentado en TICAL 2011 [2] los autores describieron las características de la red de la Universidad, se hizo énfasis en la seguridad de la misma y se analizaron las diferentes herramientas de seguridad implementadas.

Además del tráfico de datos, típico de una red universitaria existen diferentes demandas como telefonía o servicios de valor agregado como Educación a distancia; Repositorios Digitales, Sistemas de Videoconferencia, IPTV y también servicios relacionados con la e-ciencia que plantean nuevas necesidades y requisitos a los administradores de la infraestructura y servicios.

En este trabajo se presenta la infraestructura de la Red IP actual, sus elementos y el plan para el despliegue de IPv6 a lo largo de toda la red.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta una síntesis de la red de la universidad. En la sección 3 se presentan algunos antecedentes sobre IPv6 en la UNCuyo, en la sección 4 se ven algunas experiencias similares, en la sección 5 se discute el proyecto para despliegue del protocolo IPv6. En la sección 6 muestra el despliegue en curso. Finalmente, en la sección 7 se presentan las conclusiones de este trabajo.

2 La red de transmisión de datos. Topología y consideraciones de conectividad

La red de la Universidad Nacional de Cuyo posee unos 5000 puestos de trabajo conectados a la misma. Estos recursos están distribuidos a lo largo de la red que interconecta a las facultades e institutos dentro o fuera del campus Universitario. A estos equipos que hay que adicionarle al menos unos 150 servidores de los cuales solo una tercera parte están instalados sobre equipos físicos y los restantes están funcionando sobre infraestructuras virtualizadas. Una descripción detallada de la misma puede verse en un trabajo previo de los autores presentado a TICAL 2011 [2]. En esta sección se presenta un esquema de la red a manera ilustrativa para contextualizar la infraestructura de red donde se estará desplegando IPv6 [3] el cual se discute en la sección 5.

En la figura 1 puede verse un esquema de la red de la universidad.

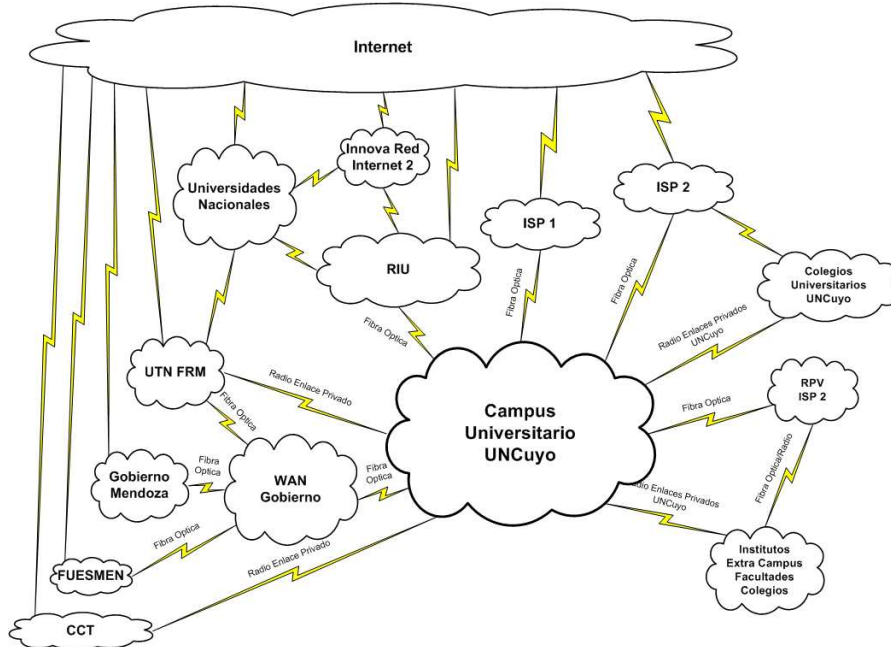


Fig. 1. Esquema de los (*enlaces*) de la Red de transmisión de datos de la Universidad Nacional de Cuyo.

La red interna del campus se basa en un esquema de interconexión tipo estrella, materializado por un switch. En cada unidad académica se dispone un router que se conecta de manera punto a punto al switch central mediante enlaces de fibra óptica en la mayoría de los casos, este año además está en curso la actualización de la red de fibra óptica, la cual podrá aumentar en al menos 10 veces la velocidad de transmisión, y agregar conectividad redundante en todos los puntos a conectar. Desde el punto de vista de los protocolos de redes, se emplea IP, la versión que está en producción es la 4, en algunos sectores de la red ya está incorporada la versión 6, además se disponen redes privadas en cada unidad académica y accesos VPN [4] desde el exterior de la Universidad. Estas redes privadas se enrutan dentro de toda la infraestructura de red de la UNCuyo ya sea dentro o fuera del campus Universitario. Hasta el 2012, el switch central ya mencionado se conectaba a un router central que administraba los enlaces hacia el exterior, como se muestra en la figura 2.

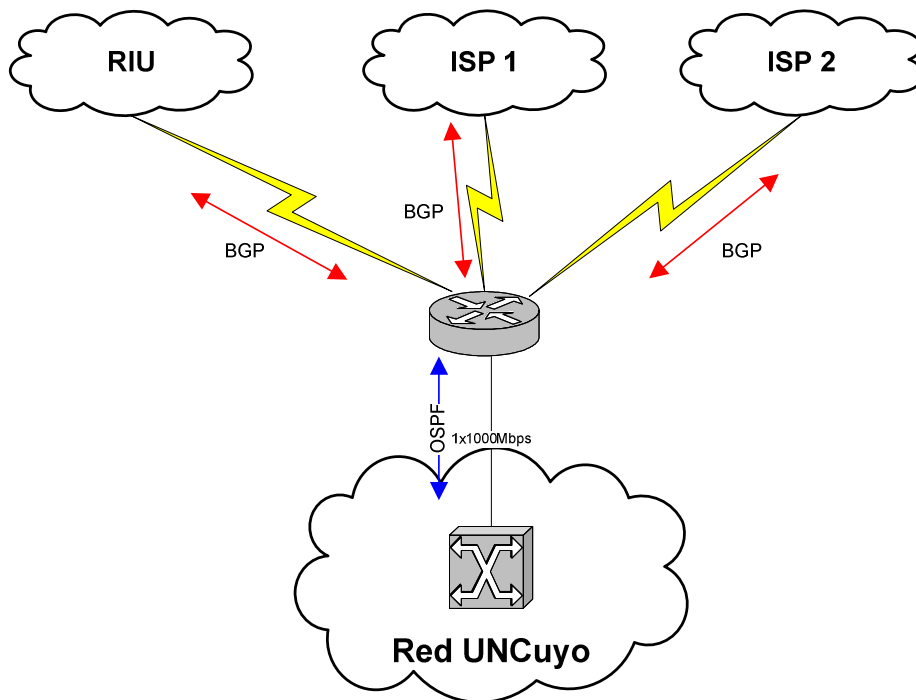


Fig. 2. Esquema de la (*conectividad en el borde*) de la Red de la UNCuyo (*anterior a 2013*)

En el 2013 con el despliegue de BGP [5] hacia todos los proveedores, la carga de enrutamiento hacia la internet se dividió en un router por cada proveedor, intercambiando rutas por iBGP entre ellos y eBGP hacia cada proveedor, ver figura 3.

Hacia el exterior la red tiene un complejo sistema de interconectividad con el mundo que está fuera del campus universitario al cual se puede acceder, como se observa en el gráfico de la figura 1, por más de un camino o enlace de red.

Existen varias conexiones a Internet con tecnología de fibra óptica. Mediante las mismas se provee conectividad a Internet 1 por intermedio de distintos ISP, y también a Redes Avanzadas (Internet 2) por medio del enlace provisto a tal efecto con la Red de Interconexión Universitaria (RIU) [6], el cual se conecta a los servicios brindados por InnovaRed [7]. RIU también provee a la UNCuyo, así como a las demás Universidades Nacionales servicios de I1 e I2, sobre la cual se ha implementado una red universitaria de telefonía IP [8] y otros servicios de valor agregado como el provisto por una MCU [9] central para Videoconferencia.

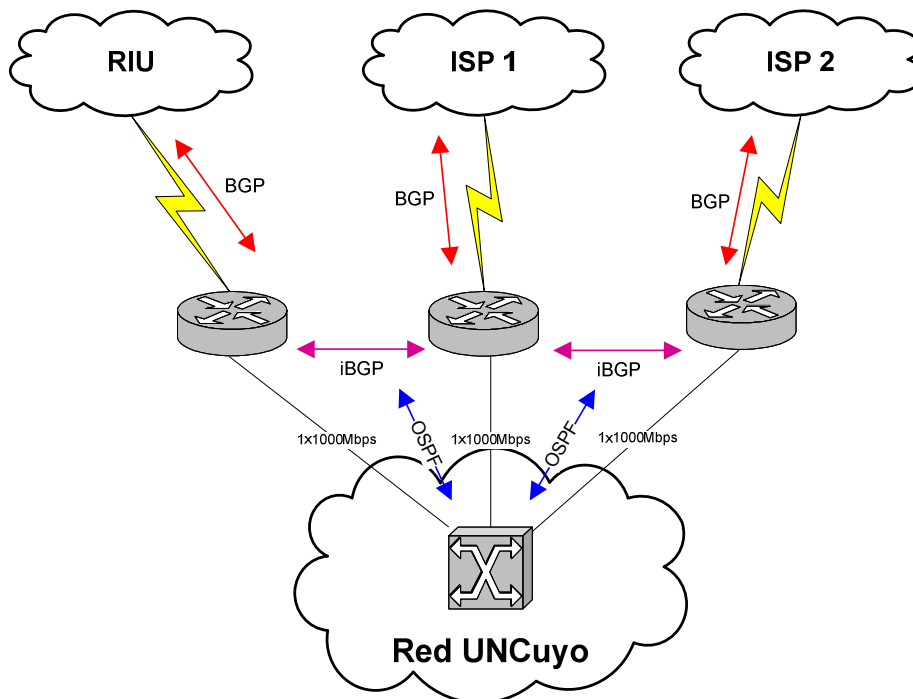


Fig. 3. Esquema de la (conectividad actual en el borde) de la Red de la UNCuyo.

3 Protocolo IPv6 en la UNCuyo

3.1 Antecedentes

Desde el año 2005 se comenzó a tomar conciencia en que había que planificar el despliegue de IPv6 en la UNCuyo, en aquellos tiempos se decía que “IPv4 quizás terminará de agotarse en algunos pocos años” y que en 2008-2009 sería el momento en el cual se produciría la transición hacia IPv6 en la región. LACNIC [10] organizó un evento: IPv6 TOUR, el cual tenía como objetivo “divulgar el conocimiento al respecto del Nuevo Protocolo de Internet (IPv6)” en toda América Latina, y ser esto el

puntapié inicial para desplegar IPv6 en las organizaciones de la Región. En aquel entonces IPv6 estaba siendo desplegado en todo el mundo y América Latina y Caribe corrían el riesgo de quedarse atrás y perder el tren de la innovación que la utilización de IPv6 conllevaría a corto y medio plazo.

Uno de los motivos principales que impulsa el despliegue de IPv6 que es “contar con un espacio de direcciones más grande, -casi inagotable-“, todo esto para poder asignar un número de IP a cientos de nuevos dispositivos que se conectan día a día, en su mayoría móviles tales como: teléfonos celulares, computadoras portátiles, PDAs, cámaras de vigilancia (tele-vigilancia, teledetección), sensores (monitoreo, alarmas, automatización), domótica, dispositivos como televisores inteligentes, sistemas de videoconferencia, teléfonos IP o algún otro equipo electrónico que requiera conectividad directa a Internet y sin ningún tipo de restricciones como las que impone NAT [11] en IPv4. Para la Universidad, dar conectividad total a todos los que la demanden es también un elemento más para romper la brecha digital. Es una necesidad poder contar con soporte a tráfico multimedia en tiempo real, multicast nativo, Calidad de Servicio y movilidad para la pronta implementación de IPTV [12]. Implementar IPv6 es además, una solución a la limitación de asignación de direcciones IPv4 válidas para cada uno de los usuarios. Las aplicaciones necesitan conectividad extremo a extremo con seguridad no a través de un NAT, ni a través de túneles, se necesitan mecanismos de movilidad más eficientes como los que ofrece en forma nativa IPv6. El protocolo de enrutamiento utilizado hacia internet es BGP y dentro de la Universidad es OSPF [13].

3.2 Implementación inicial.

La conectividad de la red de la UNCuyo a IPv6 se efectuó por primera vez el 8 de julio de 2011. Este trabajo surgió como parte de la iniciativa de la Red de Interconexión Universitaria (RIU) para el “Día Mundial del IPv6 (IPv6 World Day)” [14]. La implementación se basó en la tecnología de túnel manual 6in4 [15] contra RIU como se muestra en la figura 4, ya que RIU cuenta con IPv6 nativo.

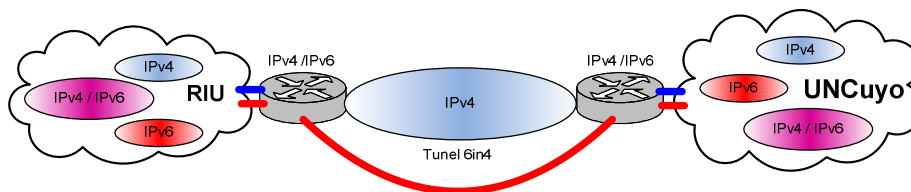


Fig. 4. Esquema de (túnel IPv6 Sobre IPv4) entre el Router de la UNCuyo y el Router de RIU.

Luego de un periodo de pruebas, la conexión quedó en producción, siendo actualmente RIU, el proveedor de conectividad IPv6 para la Universidad. Se ha configurado IPv6 en el segmento donde están conectados los enlaces a Internet, en la DMZ donde se conectan los Servidores principales y también se ha incorporado el

protocolo en el campus universitario en donde están conectadas las Facultades, esto se muestra en la Figura 5.

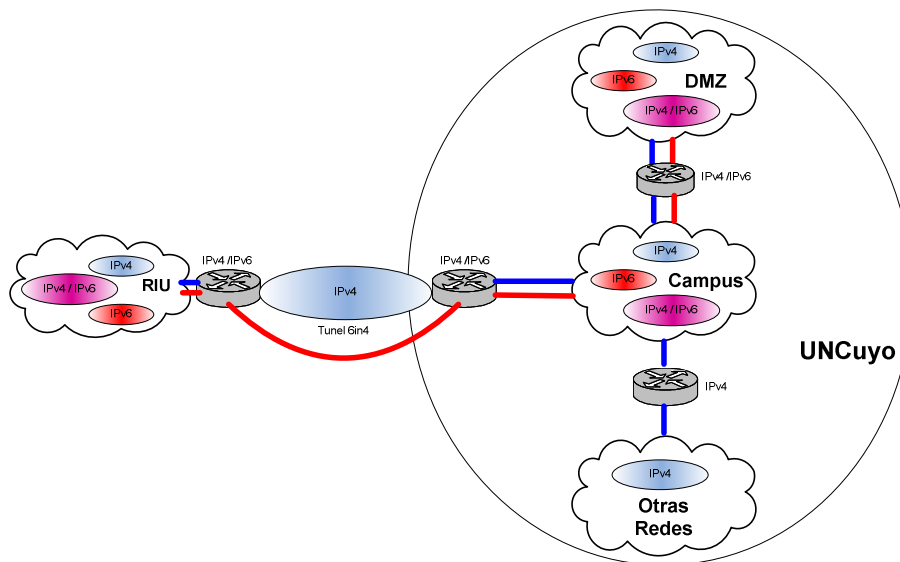


Fig. 5. (Despliegue actual de IPv6) en la UNCuyo.

El protocolo de enrutamiento utilizado es OSPFv3, en el segmento de servidores solo el DNS atiende consultas IPv6. El direccionamiento utilizado está basado en la numeración asignada por la red de interconexión Universitaria (RIU), AR-RIUN-LACNIC, la que tiene asignado una red IPv6 /32 (2800:110::/32), esta organización distribuyó sub-bloques de IPv6 con máscara (/48) a las Universidades Nacionales. El Bloque delegado a la UNCuyo es la subred (2800:110:2800::/48).

Si bien, actualmente, un bloque /48 es suficiente para distribuir dentro de la Universidad, en algún tiempo hacia adelante este espacio de direcciones será insuficiente, por lo que se está tramitando la asignación de un bloque más grande de direcciones IPv6 ante LACNIC, luego de obtener este bloque, se efectuará una nueva redistribución de los prefijos de direcciones IPv6 dentro de la Universidad. De acuerdo al espacio de direcciones disponibles se efectúan dos planes de direccionamiento: uno de acuerdo al bloque delegado por RIU y otro correspondiente a la futura asignación del bloque que se recibirá de LACNIC.

Durante el despliegue inicial del protocolo IPv6 hacia el interior de la Universidad, en el backbone del Campus Universitario y en algunos otros segmentos seguros y controlados como el de servidores, se encontraron algunas dificultades, entre ellas, la imposibilidad de conectar directamente a la UNCuyo con IPv6 en forma nativa, esto es porque la Red MPLS [16] del Proveedor no tiene desplegado aún IPv6 hacia las Universidades, fue ese el motivo por el cual se conectó por medio de un túnel 6in4 manual. Esta tarea fue sencilla ya que se efectuó con el soporte de los técnicos de RIU, los cuales poseen una capacitación adecuada para efectuar la implementación del protocolo IPv6.

Una limitación del Bloque asignado a la Universidad es que pertenece al Sistema Autónomo [17] AS4270 de RIU, la dificultad de esto es que solo puede ser propagado por medio de la conexión con ese AS y no por donde se propagan las redes propias pertenecientes al AS de la Universidad, es por eso también que es indispensable tener un bloque IPv6 propio que esté dentro del sistema autónomo de la Universidad (AS 27875), esto es para dejar de depender del bloque delegado por RIU.

Por último, un factor crítico es la capacidad del enlace de datos con RIU (2Mbps), el cual es 75 veces inferior a los provistos por los ISP contratados por la UNCuyo (150Mbps). Una vez que LACNIC asigne el bloque IPv6 a la Universidad, se procederá a anunciar por BGP este bloque, de ser necesario por medio de Túneles 6in4 hacia internet hasta contar en un corto plazo con proveedores de servicio nativo de IPv6 y así ya dejar de depender de los túneles o de algún otro Tunnel-Broker [18].

4 Experiencias Similares

Se han relevado algunos proyectos e implementaciones de IPv6 en otras organizaciones, uno de ellos es el del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España [19] en el cual una de las principales problemáticas es el escaso espacio de direcciones IPv4 con el que cuentan, por lo que en el corto plazo se quedarán sin disponibilidad de números. Para resolver este inconveniente deciden llevar adelante el proyecto de implantación de IPv6, en donde uno de los principales objetivos es obtener un espacio de direcciones ilimitado para que los servicios de red sigan funcionando en forma plena. Al Igual que en la UNCuyo, el final de la asignación de las direcciones IPv4 y el inicio de uso del plan de direccionamiento IPv6 supondrá la necesidad de convivencia durante un periodo previsiblemente largo de ambas versiones. Para que sea viable la coexistencia técnica deben desplegarse mecanismos técnicos de transición. Por otro lado, dado la complejidad del proyecto español, deciden crear una infraestructura en paralelo donde funcionará el nuevo protocolo sin que esto afecte el funcionamiento de los servicios sobre IPv4, sin embargo en la UNCuyo se decide desplegar el protocolo sobre la infraestructura existente dado los altos costos para crear una infraestructura en paralelo. Otra similitud con del proyecto español es que se comenzó instalando un entorno con doble pila ipv4/ipv6 para permitir alcanzar los objetivos propuestos de trasladar algunas páginas web a IPv6/IPv4 en corto plazo, sirviendo de laboratorio y permitiendo adquirir el conocimiento necesario para la explotación de la nueva red y minimizando los riesgos sobre la plataforma actual. Por último, la experiencia de este proyecto se utilizará de referencia para la incorporación del protocolo IPv6 en otras organizaciones públicas y privadas de España.

Otro proyecto que se analizó es el de la “Red Nicaragüense de Internet Avanzada (RENIA) [20], en el marco del programa FRIDA [21]: Proyecto ID6 “Implementación y Desarrollo de IPv6 en Nicaragua” que se inició en 2005 y terminó de implementarse en setiembre de 2006. Se observaron similitudes con la UNCuyo respecto de las limitaciones que existían en la infraestructura existente y en el recurso humano al momento de crear el proyecto. Esta red no poseía hardware con capacidad IPv6, por lo que en un principio no se podía implementar el protocolo hasta que la

infraestructura se actualizara. Los recursos humanos de las instituciones miembros de RENIA poseían poca experiencia en IPv6, lo que trae como consecuencia que no existía capacidad para la realización de pruebas experimentales sobre protocolos de IPv6. Varios objetivos y etapas del proyecto de Implementación de IPv6 en la Red RENIA son similares a los del proyecto de la UNCuyo, se pueden citar como ejemplo: 1) *crear las capacidades de operación*: compra o actualización de hardware, realización de pruebas piloto, obtención de numeración IPv6 de LACNIC, planificar la numeración 2) *capacitar el recurso humano*: realizar talleres, intercambiar experiencias, efectuar seminarios, 3) *desplegar el protocolo con los mecanismos de transición* adecuados en todos los sectores de la red: túneles 6in4, doble pila IPv4/IPv6 entre otros, 4) *difundir IPv6* en la comunidad donde presta servicios la Red.

Finalmente es de destacar que existen muchas similitudes entre los proyectos en marcha o finalizados en cuanto a las *fases de implementación* [22], objetivos de la implementación, problemática, limitaciones y otras características. Es muy importante tener en cuenta las experiencias anteriores ya que existen aspectos similares en las organizaciones donde se va a desplegar el protocolo, para lo cual pueden tomarse como referencia los trabajos desarrollados en organizaciones parecidas.

5 Proyecto de despliegue del protocolo IPv6 en la UNCuyo

5.1 Objetivos del despliegue de IPv6.

- Adecuar el sistema de red para poner en producción el protocolo IPv6 en los ámbitos donde tenga alcance la red de la UNCuyo, esto es para que cualquier servicio de red o equipo conectado a ella sea accesible desde el exterior o se pueda acceder a él, con direccionamiento IPv4 o IPv6. En primer lugar y en todos los casos, se estará utilizando doble pila (IPv4/IPv6, deben convivir) ya que esta es la recomendación estándar para redes en producción hasta que el protocolo esté probado en el tiempo y las aplicaciones sean estables corriendo en la nueva versión.
- Desplegar IPv6 en forma nativa en todos los sitios donde sea posible de acuerdo a los dispositivos de enrutamiento instalados, si la red no está preparada para la implementación nativa se prevé la posibilidad de transportar IPv6 por medio de túneles manuales 6in4.
- Conectarse a los proveedores comerciales de Internet (ISP) en forma nativa con el protocolo IPv6, dejar de utilizar túneles 6in4.
- Conectar a la UNCuyo a Redes Avanzadas (RedClara [23]) directamente con IPv6. En otra etapa del proyecto, ofrecer los servicios que lo soporten con ambos protocolos (IPv6/IPv4).
- A mediano plazo, participar en el desarrollo de proyectos de IPv6 nacionales e internacionales.
- Fortalecer y difundir el protocolo IPv6 y sus aplicaciones.
- Proveer servicios de IPv6 en la región donde se encuentra la UNCuyo.

- Una vez que se haya alcanzado la estabilidad comprobada del protocolo se irá eliminando la doble pila IP, dejando solamente la versión 6.

5.2 Etapas, alcances y condiciones de la Implementación

- a) 1ra etapa: Desplegar IPv6 en los enlaces hacia los proveedores ISP por medio de túneles, lo cual a la fecha, se está completando. El objetivo final es implementar IPv6 en forma nativa, para lo cual es necesario realizar un acuerdo con los ISP con el fin que se cuente con IPv6 en las conexiones a Internet.
- b) 2da etapa: Implementar IPv6 a nivel del campus para poder ofrecer IPv6 a cualquier facultad o instituto conectado a la red de distribución de núcleo. Esta etapa está comenzando, debe efectuarse un proceso de capacitación del personal que implementará el protocolo. El recurso humano existente en el nodo informático es el adecuado para capacitarse en la nueva implementación. Luego de la capacitación, hay que adecuar o actualizar los dispositivos de red, elaborar un plan de direccionamiento y configurar los dispositivos correspondientes. Respecto del recurso humano de las facultades o institutos, hay mucha diversidad en el manejo de la tecnología IP, por lo que se necesita trabajar en la capacitación para facilitar la adopción de IPv6. La implantación del protocolo debe hacerse de forma controlada ya que algún error en la configuración puede causar inconvenientes de conectividad de los usuarios. Hay algunos ejemplos en donde se levantó IPv6 a nivel de prototipo e inmediatamente esos equipos tuvieron inconvenientes de conectividad.
- c) 3ra etapa: Implementar a nivel de zonas de servidores, desplegar IPv6 en los servicios de internet brindados por la UNCuyo. Para esto, debe efectuarse un proceso de capacitación del personal en lo que se refiere a servicios donde se implementará el protocolo, luego habrá que adecuar o actualizar los servidores y los sistemas operativos, configurar los servicios en doble pila, ponerlos en funcionamiento y finalmente monitorearlos y controlarlos.
- d) 4ta etapa: Implementar a nivel de laboratorios de computación y de investigación, estos son ámbitos más pequeños y controlados. Para cumplir con esto, se deberá capacitar y dar soporte en el protocolo IPv6 al personal encargado de los laboratorios e institutos de investigación.
- e) 5ta etapa: Implementar a nivel de Facultades e Institutos. Esta se llevará a cabo luego de cumplida la capacitación de los encargados de las redes de las Unidades Académicas o Facultades. Esta capacitación deberá ser intensiva en lo que respecta al protocolo de red y en los servicios a prestar
- f) 6ta etapa: Implementar a nivel de usuario final, llevar IPv6 a cualquier dispositivo conectado que tenga soporte para IPv6. Se cumplirá cuando las primeras cinco hayan sido llevadas a cabo en forma exitosa, ya que será la consecuencia de haber cumplido las etapas anteriores y llevado el protocolo a todos los lugares, será lo que el usuario final pueda obtener.

5.3 Consideraciones adicionales:

La complejidad de la red se incrementará durante el periodo de transición o coexistencia por lo cual se deberá contar con el personal adecuadamente capacitado para llevar adelante algún plan de contingencia en caso que haya algún problema en la red causado por la implantación de IPv6.

Una de las limitaciones más críticas es la capacitación de los administradores de redes que están dentro de la UNCuyo, por lo que de inmediato hay que llevar adelante un plan de capacitación sobre el nuevo protocolo, ya sea a nivel de numeración como en el tema de implementación en los servicios y las medidas de seguridad a aplicar en cada lugar de la red donde esté desplegada la nueva versión de IP.

5.4 Prefijos de Red y Plan de direccionamiento:

La asignación del número que identifica al host (Identificación de la Interface, últimos 64 bits de la dirección IPv6) se realizará según el método EUI-64 Modificado [24] que se muestra en la figura 6.

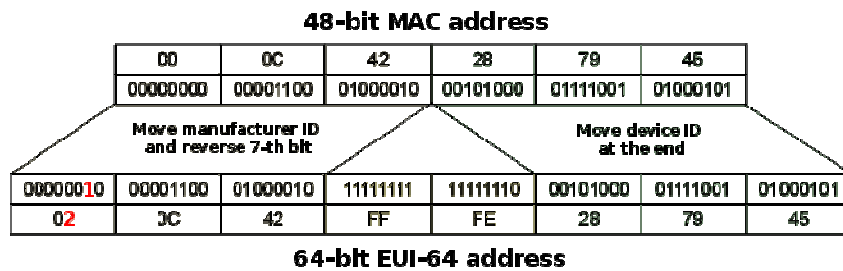


Fig. 6. Esquema del método de (*direccionamiento EUI-64 Modificado*) utilizado en IPv6. Fuente <http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:IPv6/Address>.

Las políticas de asignación del prefijo de red IPv6 (primeros 64 bits) se efectuará de acuerdo al siguiente esquema: 0 y F estarán reservados, se asignarán entre 1 y E, las asignaciones a las unidades académicas serán de un /48, a institutos más pequeños /52 y /56, las asignaciones de una red en cualquier sitio serán de /64.

5.5 Bloque a asignar a cada facultad: 2001:NNNN:FFDD::/48

Tabla 1. Se muestra a continuación el esquema propuesto para la distribución de números por Unidad Académica. *FF:* Facultad, *DD:* Dependencia. Con un /48 se podrá tener 65535 facultades con 65535 redes /64 cada una.

FFDD: Número	FF: Facultad	DD: Dependencia
0101	01: Rectorado	01: Informática – Redes
0102	01: Rectorado	02: Informática – Servidores
0103	01: Rectorado	03: Secretaría Administrativa
0201	02: Facultad de Derecho	01: Informática
0202	02: Facultad de Derecho	02: Secretaría Académica

5.6 Bloque a asignar a un Colegio/Instituto: 2001:NNNN:FFDD:PPQQ::/52, /56

Tabla 2. Se muestra a continuación el esquema propuesto para la distribución de números por Colegio. El campo *FFDD:* llevará el número *CCDD:* que *Identifica que es un Colegio.* La asignación de colegio será: **2001:NNNN:FFDD:PPQQ::/52.** Con un /52 se podrá tener 256 colegios con 256 redes /64 cada uno.

FFDD:PPQQ Número	FFDD: Colegio	PP: Nro. Colegio	QQ: Nro. Red
CCDD:0101	CCDD: Colegio	01: Colegio 1	01: Red 1
CCDD:0102	CCDD: Colegio	01: Colegio 1	02: Red 2
CCDD:0103	CCDD: Colegio	01: Colegio 1	03: Red 3
CCDD:0201	CCDD: Colegio	02: Colegio 2	01: Red 1
CCDD:0202	CCDD: Colegio	02: Colegio 2	02: Red 2
CCDD:0203	CCDD: Colegio	02: Colegio 2	03: Red 3

Tabla 3. Es similar a lo que se muestra en la tabla 2. El campo *FFDD:* llevará el número *CCEE:* que *identifica que es un Instituto.* La asignación de un instituto será: **2001:NNNN:FFDD:PPQQ::/56.** Con un /56 se podrá tener 4096 Institutos con 16 redes /64 cada uno.

FFDD:PPQQ Número	FFDD: Instituto	PP: Nro. Instituto	QQ: Nro. Red
CCEE:0101	CCEE: Instituto	01: Instituto 1	01: Red 1
CCEE:0102	CCEE: Instituto	01: Instituto 1	02: Red 2
CCEE:0201	CCEE: Instituto	02: Instituto 2	01: Red 1
CCEE:0202	CCEE: Instituto	02: Instituto 2	02: Red 2

Una vez salvadas las dificultades para llevar a cabo las etapas de la implementación, queda por delante motivar a los usuarios de las facultades e Institutos de la UNCuyo a Utilizar IPv6, efectuar un plan de difusión interna hacia todos los usuarios de red de la UNCuyo.

Por último se implementarán sistemas de traducción o coexistencia entre los dispositivos que no soporten alguno de los dos protocolos (IPv4 o IPv6) tales como NAT64 [25] y DNS64 [26], lo que se muestra en la figura 7.

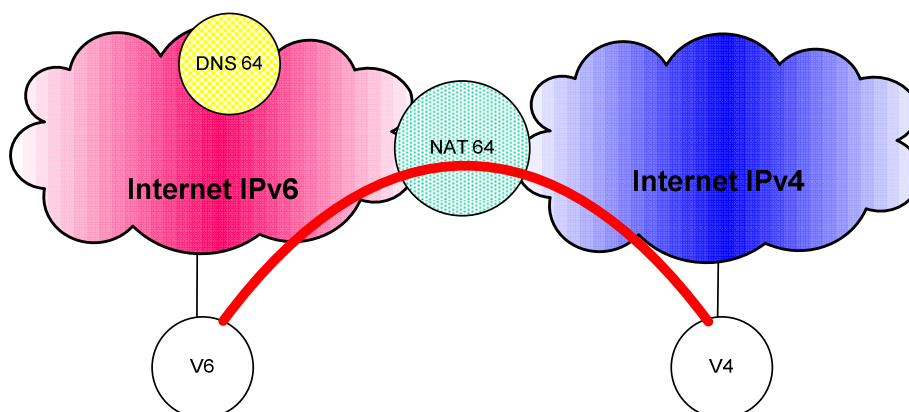


Fig. 7. Esquema de (sistemas de traducción y coexistencia)

6 El despliegue: en curso

6.1 Actualización del Hardware y Software de red.

Visto la complejidad de la red, se decidió instalar IPv6 sobre la infraestructura existente ya que se juzgó que sería inviable montar una infraestructura en paralelo, luego se decide actualizar el Hardware existente, y donde no fue posible se reemplazó por nuevo equipamiento. Al momento se han efectuado las actualizaciones del hardware y de los sistemas operativos de los enrutadores del núcleo de la red. En primera instancia se procedió a la actualización del hardware o Sistemas Operativos de los routers de borde para que tengan soporte IPv6, estos conectan la red de backbone con los ISP. Luego se actualizaron los dispositivos de interconexión de las redes de backbone, tales como switches de capa 3, en los que se instalaron sistemas operativos con soporte IPv6 para distribuir el protocolo hacia adentro de la red universitaria. Posteriormente se efectuarán las actualizaciones del hardware y de los sistemas operativos de los enrutadores que conectan a las Facultades en el campus universitario y todo el equipamiento ubicado fuera del campus universitario. Esto se realiza para que puedan ponerse en producción IPv6 en forma nativa en las facultades que estén conectadas directamente a la red del campus. Los que no están directamente

enlazados por la fibra óptica del campus, los que dependen de radioenlaces privados o conexiones con proveedores de servicio, levantarán IPv6 en los equipos y enlaces que lo soporten o túneles 6in4 en donde el protocolo no sea soportado, por ejemplo en los enlaces RPV (Red Privada Virtual) provistos por los ISP comerciales.

Mientras se llevan a cabo las tareas relacionadas con el hardware y software, se capacita el recurso humano para la correcta operación y administración del protocolo IPv6. Además se efectúan pruebas de los distintos mecanismos de transición. La capacitación es interna, en la cual, además de consultar bibliografía al respecto, casos de aplicación, cursos en línea y también a personas con experiencia y conocimientos en el tema, se están armando modelos y laboratorios de prueba creados en segmentos de red habilitados para tal fin. La primera etapa de capacitación es acerca del direccionamiento IPv6, luego protocolos de enrutamiento, y finalmente servicios, como DNS y Web en primera instancia, luego se capacitará en los demás servicios. Se efectuará un plan de capacitación del recurso humano que se desempeña en las Unidades Académicas e Institutos descentralizados mediante talleres que irán desde una introducción a IPv6, direccionamiento, enrutamiento, mecanismos de transición, implementaciones en Linux, y finalmente Redes Avanzadas. Esta capacitación se llevará a cabo con los técnicos del Nodo Informático y de Comunicaciones que administran el núcleo de la red y los servidores principales de la UNCuyo, en esta, se volcarán las experiencias adquiridas en la implementación del protocolo.

A medida que se vayan desplegando y configurando con la nueva versión del protocolo, las distintas redes y servicios, se dará soporte a los administradores externos al nodo informático y de telecomunicaciones del CIT. Continuamente se efectuarán controles del funcionamiento del nuevo protocolo en cuanto a la carga de tráfico, sistema de enrutamiento interior y exterior, desempeño de los servidores y los servicios corriendo en estos, aceptación o dificultades por parte de los usuarios. Con esta información se analizará globalmente el sistema implantado y se harán las correcciones necesarias.

Actualmente la Universidad ha solicitado a LACNIC un bloque /32 o lo más cercano a este (2001:NNNN::/32) para poder asignar a cada uno de los institutos bloques /48 y así tener un espacio de IPv6 con previsión de asignación por muchos años hacia adelante, luego de tener el bloque definitivo asignado por LACNIC, se pondrá en producción el protocolo en forma definitiva.

En la figura 8 se muestra cómo será la versión final de la red. En esta versión de la Red el protocolo estará desplegado en todos los sectores.

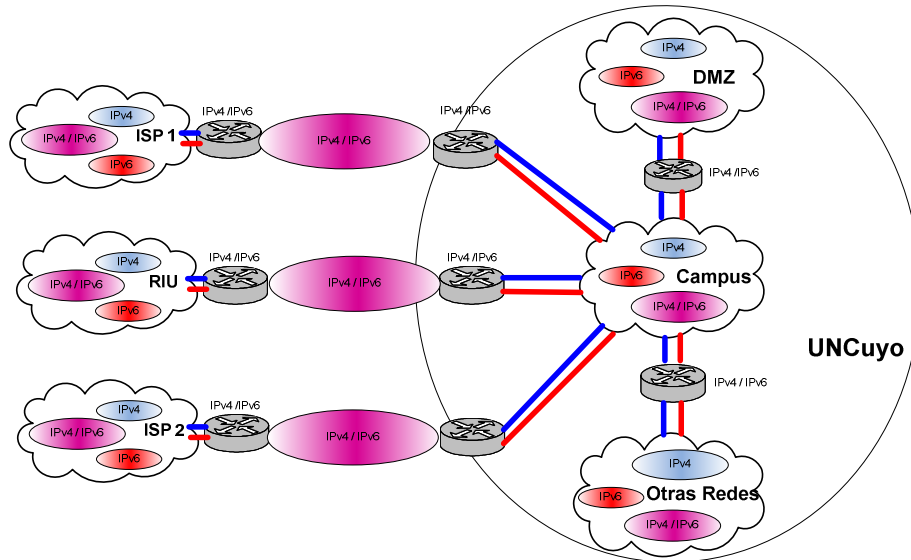


Fig. 8. (Despliegue final de IPv6) en la UNCuyo

7. Conclusiones

La principal motivación para el despliegue de IPv6 es la expansión del espacio de direcciones disponible para todos los usuarios de la red de datos de la UNCuyo, con esto la red estará preparada para permitir que se conecten en forma transparente y sin limitaciones todos los dispositivos que así lo demanden.

Es difícil establecer durante cuánto tiempo ambos protocolos seguirán siendo utilizados y en qué momento se dejara de utilizar IPv4, es por eso que en el despliegue de IPv6 se prevé un largo período de transición y coexistencia entre ambos.

Un punto muy crítico y aplicable a todos los casos es que previo al despliegue hay que ajustar la infraestructura de seguridad (firewalls, IDS/IPS, proxies, etc.) y compatibilizar los problemas en los servicios de las funcionalidades no existentes o erróneas, lo cual demandará mucho esfuerzo adicional.

La implantación de IPv6 requiere un análisis cuidadoso pese a que las funcionalidades son similares a las de IPv4, los mecanismos utilizados son distintos. Entonces es hora de capacitarse y entrenarse, por lo tanto uno de los principales costos que tenemos junto con la actualización del hardware es la capacitación del recurso humano.

Referencias

1. Reseña Histórica de la UNCuyo: <http://www.uncu.edu.ar/paginas/index/resena-historica>.
2. R. Cutuli, C. Catania y C. García Garino: Problemas y herramientas en la seguridad de redes de transmisión de datos universitarias. El caso de la Universidad Nacional de Cuyo. Primera Conferencia de Directores de Tecnología de Información. TICAL 2011, Panamá, Junio 2011
3. IPv6: Protocolo de Internet Versión 6. RFC2460 - Internet Protocol, Version 6 (IPv6)
4. VPN: Redes Virtuales Privadas, en la UNCuyo se utiliza OpenVPN: <http://openvpn.net>.
5. BGP: Border Gateway Protocol; Sam Halabi, "Internet Routing Architectures", Cisco Press
6. Red de Interconexión Universitaria Argentina: <http://www.riu.edu.ar>.
7. InnovaRed, Red Nacional de Educación e Investigación en Argentina: <http://www.innova-red.net>.
8. M. Martín, F. Aversa: Tecnología de voz sobre IP aplicada a la integración de plataformas de telefonía en instituciones académicas públicas de Argentina. TICAL 2011
9. MCU: Unidad de Control Multipunto. ITU-T Recommendation H.231. Multipoint Control Units For Audiovisual Systems.
10. Registro de Direcciones de Internet para América Latina y Caribe. <http://lacnic.net>
11. NAT: Traducción de Dirección de Red. RFC3022 - Nat tradicional.
12. IPTV: Internet Protocol Television. Open IPTV Forum: <http://www.openiptvforum.org/>
13. OSPF: Open Shortest Path First. Protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior. RFC 2328, OSPF Version 2. RFC 5340, OSPF for IPv6.
14. <http://www.internetsociety.org/ipv6/archive-2011-world-ipv6-day>
15. Túnel IPv6 sobre IPv4: Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers – RFC4213.
16. R. Fusario, E. Carrara, J. Mon, A. Castro Lechtaler y C. García Garino: An Overview of MPLS Technology: Quality of Service and Traffic Engineering 23-34, II Workshop de Arquitecturas, Redes y Sistemas Operativos. Anales del CACIC 2007, XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Corrientes, Universidad del Nordeste, 2007, ISBN 978-950-656-109-3.
17. AS: Sistema Autónomo. <http://www.iana.org/assignments/as-numbers/as-numbers.xml>
18. Proveedor de Túnel IPv6. IPv6 Tunnel Broker – RFC3053.
19. Proyecto de Implementación IPv6: Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España: <http://www.ipv6.es/es-ES/transicion/casos/Paginas/Casos.aspx>.
20. Implementación de IPv6 en Nicaragua: <http://www.renia.net.ni>
21. FRIDA: Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y El Caribe, Proyecto ID6, <http://programafrida.net/theme/default/files/17.pdf>
22. Fases para la adopción de IPv6: <http://www.govtech.com/newsletters/5-Phases-for-IPv6-Adoption.html>
23. Red Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas (Clara): <http://www.redclara.net>
24. EUI-64: <http://standards.ieee.org/develop/regauth/tut/eui64.pdf>. RFC4291-IP Version 6 Addressing Architecture.
25. RFC6146: Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers.
26. RFC6147: DNS64: DNS Extensions for Network Address Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers.