

IPv6: Una experiencia innovadora en el Estado

Ing. Agustín Eijo

Lider en Proyectos de Networking
Dirección de Tecnología de la Subsecretaría de Informática de la Procuración General
de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires
Calle 50 N° 889 de la ciudad de La Plata
aeijo@mpba.gob.ar

Resumen: En este artículo se presenta el desarrollo de la implementación IPv6 en la red de datos de la Procuración General de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires. El objetivo se orientó a investigar este nuevo protocolo, aprovechar las ventajas que el mismo provee y prepararse para la transición que mundialmente sucederá, colaborando así con la modernización, la innovación del estado y el gobierno electrónico. Para ello, se expone el plan de direccionamiento de subredes, la puesta en marcha de los servicios Web, Email, Proxy, DNS, Ruteo, Firewall y Dominio de Usuarios para la red IPv6.

Hasta el momento, se han logrado exitosos resultados, se diseñó una óptima estructura jerárquica de direccionamiento y se incorporó IPv6 en los principales servicios que brinda nuestra organización, permitiendo que tanto los ciudadanos como los empleados interactúen a través de este nuevo protocolo.

Por último, consideramos que esta experiencia desarrollada en la Procuración General es el inicio de un proyecto mayor que pretende colaborar, promover y replicar el despliegue IPv6 en el Estado Argentino.

Palabras claves: IPv6, Procuración General, Estado Argentino.

1 Introducción

Las redes de computadoras, y en su máxima expresión Internet, han generado una revolución en todos los órdenes de la vida moderna. A mediados del siglo pasado comienzan a plantearse las primeras ideas sobre interconexión de computadoras. En 1962, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos empezó a desarrollar un sistema militar de comunicaciones que en los años 70' se convierte en la primera red científica y académica ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) interconectando 15 universidades y centros de investigación.

El éxito y repercusión de estos proyectos, promovieron, casi inesperadamente, la transición hacia una infraestructura global, Internet, utilizando como núcleo principal el conjunto de protocolos TCP/IP y en consecuencia el protocolo de red actual (Internet Protocol versión 4 o IPv4) [1].

Una de las principales dificultades que presenta el protocolo IPv4, es que si bien dispone de aproximadamente 4 mil millones de direcciones de Internet, éstas no son suficientes para abastecer las demanda actuales como el auge de los teléfonos móviles con acceso a Internet, redes sociales y el interés de interconectar cada uno de los diversos dispositivos tecnológicos. Asimismo, éstas fueron inicialmente mal distribuidas provocando un desperdicio excesivo de las mismas. Mediante técnicas como Network Address Translation (NAT), Classless Interdomain Routing (CIDR), planes de recuperación y reasignación de direcciones, hace más de una década que IPv4 sigue en vigencia logrando ajustarse a las exigencias actuales. Sin embargo, técnicas como NAT rompen con el paradigma original de comunicaciones de extremo a extremo, haciéndolo ineficiente e inhibiendo la creación de nuevos servicios para Internet [2,3,4].

A fines de 1994, The Internet Engineering Task Force (IETF) anuncia la creación del proyecto Internet Protocol Next Generation (IPng) más conocido como Internet Protocol versión 6 (IPv6) definida en la RFC 2460. Esta nueva versión del protocolo provee nuevas e importantes características: capacidad de direccionamiento extendida, simplificación del formato de cabecera, autoconfiguración de direcciones, procesamiento simplificado en los routers, mejor soporte para las extensiones y opciones, adelantos en Multicast y Anycast, etiquetado de flujo, comunicación segura de extremo a extremo, autenticación y privacidad, entre muchos otras [3,4].

En el presente artículo se desarrolla la implementación de IPv6 en la red de datos de la Procuración General de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires (SCJBA). Primeramente se expone la evolución del protocolo IPv6, las experiencias a nivel mundial y regional. Se describe cómo se encuentra constituida la Procuración General, su red de datos y los motivos que indujeron la investigación. Luego, se plantean los objetivos y se desarrolla la solución implementada, y por último, se analizan los resultados y conclusiones obtenidas.

2 Estado del Arte

En 1995, la Internet Engineering Task Force (IETF) publica los primeros estándares del protocolo IPv6 (RFC 1883) y comienzan a desarrollarse las primeras implementaciones. Un año después se crea "6Bone", un proyecto de colaboración entre Norteamérica, Europa y Japón

coordinado por la IETF. El objetivo principal fue la realización de pruebas de procedimientos ínter operacional y transaccional. Como consecuencia de la exitosa evolución, en el 2003. la IETF decidió que IPv6 debía dejar de ser un proyecto experimental para comenzar la transición definitiva, anunciando la finalización gradual para 6 de Junio del 2006 (6/6/6) día en el que finalmente concluyó.

En el año 1998, se actualizan los estándares vigentes publicando la RFC 2460. En estos años, comienza la integración del protocolo IPv6 en los principales sistemas operativos, consiguiendo en la actualidad una sólida madurez de implementación.

Hacia Febrero de 2011 la autoridad mundial de asignación de direcciones (Internet Assigned Numbers Authority) ha otorgado sus últimos cinco grupos de direcciones IPv4 disponibles a cada una de los Registro Regional Internet (RIRs). Esta noticia generó que los Proveedores de Servicios de Internet (ISPs), que hasta ahora no se habían preocupado, comiencen a actualizar su infraestructura para soportar IPv6.

En el corriente año, puntualmente el día 8 de Junio de 2011, será el día mundial de IPv6 "World IPv6 Day". Grandes empresas como Google, Facebook, Yahoo, Akamai y otras, ofrecerán todos sus servicios de sistemas informáticos, durante 24 horas, utilizando el protocolo IPv6. El objetivo es motivar el uso de IPv6 en las organizaciones, proveedores de Internet, fabricantes de hardware, sistemas operativos y empresas web [5].

En el ámbito académico, encontramos grupos de investigación que desde hace años han estado trabajando fuertemente en esta temática. Entre ellas, podemos enumerar: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Técnica Federico Santa María [6,7,8].

El rol que los gobiernos deben asumir en el proceso de despliegue de IPv6 es de vital importancia. Entre los países que se han manifestado al respecto se encuentran Francia, India, España, Australia, Japón, Corea del Sur, Estados Unidos, Malasia, Cuba, entre otros. En países como Estados Unidos, el despliegue de IPv6 es un mandato gubernamental [9]. Entre las noticias de actualidad al respecto, se destaca que el gobierno Español lanzó en Abril del corriente el Proyecto de implantación del protocolo IPv6 impulsado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio [10,11].

Finalmente, en el Estado Argentino no se han encontrado hasta la fecha anuncios, políticas, estudios, proyectos, ni implementaciones a nivel gubernamental.

3 La Procuración General de la Suprema Corte de Justicia

La Procuración General se desempeña en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires y está conformada por el cuerpo de fiscales, defensores oficiales y asesores de incapaces que, encabezado por la Procuradora General, actúa con legitimación plena en defensa de los intereses de la sociedad y en resguardo de la vigencia equilibrada de los valores jurídicos consagrados en las disposiciones constitucionales y legales.

La Provincia de Buenos Aires se encuentra dividida en 18 Departamentos Judiciales, cada Departamento Judicial está compuesto por Fiscalías y Defensorías Generales, integradas por Unidades Funcionales de Instrucción, Juicio y Ejecución, Defensa, Ayudantías Fiscales, Cuerpos de Instructores, Secretarías de Mediación y Centros de Asistencia a la Víctima, entre otras dependencias.

La red de datos de la Procuración General ha evolucionado exponencialmente desde el año 2005. Inicialmente formaba parte de la red de datos de la Suprema Corte de Justicia. A partir de la reforma del Código Procesal Penal de la Provincia de Buenos Aires nuestra organización pasó a tener un papel predominante en la investigación, defensa y desarrollo del proceso penal. En consecuencia, hoy la Procuración General cuenta con la administración completa de su red de datos, conservando sólo la interacción necesaria con la Suprema Corte de Justicia. El motivo principal de este proyecto surge de las limitaciones que presenta el actual plan de direccionamiento IPv4. Estas restricciones se exponen en detalle en el apartado 5.1 Plan de Asignación de Subredes.

El nodo central ubicado en la ciudad de La Plata y los 18 edificios de las Cabeceras Departamentales que conforman la topología principal de la red de datos están interconectados a través de Multiprotocol Label Switching (MPLS). Asimismo, cada una de estas cabeceras departamentales cuenta con oficinas descentralizadas redistribuidas en las localidades cercanas, conectadas mediante enlaces punto a punto, fibra óptica, interconexiones inalámbricas, etc. Todos estos puntos de interconexión heterogénea constituyen una única red de datos IP para la Provincia de Buenos Aires.

La red de datos de la Procuración General es el pilar fundamental para los servicios que la Procuración General brinda al ciudadano. Entre ellos podemos enumerar: Sistema Informático del

Ministerio Público (SIMP) [12], Registro Único de Detenidos (RUD) Ley 13.203 reformada por Ley 13.284, Registro de Procesos del Niño (RPN) Ley de Menores 13.634, Registro de Violencia Familiar (RVF) Ley 12.569, servicios Web, servicio de e-mail, DNS, navegación interna, Video conferencia, telefonía IP, Dominio de usuarios, entre otros.

4 Objetivo del Proyecto

La Dirección de Tecnología de la Subsecretaría de Informática se propuso como objetivo principal realizar el despliegue de IPv6 en la red de datos de la Procuración General de la SCJBA, investigar este nuevo protocolo, aprovechar las ventajas que el mismo provee, estar preparados para la transición que mundialmente acontecerá y colaborar en la modernización, la innovación del estado y el gobierno electrónico [13].

5 Marco Teórico-Methodológico

La Infraestructura Tecnológica, red de datos y servicios IPv4 de la Procuración General, se encuentra en gran medida implementada con Software Libre. Puntualmente, los principales servicios como Web, Email, Proxy, DNS, Ruteo y Firewall funcionan con aplicaciones de Software Libre sobre servidores GNU/Linux. En este sentido, consideramos que es de vital importancia la utilización de Software Libre en el Estado dada la filosofía intrínseca que el movimiento promueve [14].

Contar con gran parte de la Infraestructura Tecnológica montada con Software Libre ha sido una ventaja inmejorable a la hora de innovar, optimizar e incorporar servicios informáticos.

A través de la investigación sistemática y orientada se han resuelto los siguientes ítems:

5.1 Plan de Asignación de Subredes

La Procuración General cuenta con un plan de direccionamiento IPv4 utilizando el espacio de direcciones privadas 172.16.0.0/12 (RFC 1918). La decisión de utilizar dicho espacio de direcciones y no el espacio más amplio 10.0.0.0/8 (RFC 1918) surge de, originalmente, haber formado parte de la red de datos de la Suprema Corte de Justicia que utiliza el espacio de direcciones 10.0.0.0/8.

Como se expuso anteriormente el Plan de Asignación de Subredes actual, presentó restricciones importantes desde su inicio. El esquema fue creado para que, por medio del segundo octeto de la dirección IPv4, se logre identificar la pertenencia al Departamento Judicial. Sin embargo, la existencia de 18 Departamentos Judiciales y la restricción de contar con sólo 16 posibilidades en el segundo octeto, nos obligó a tomar la decisión de elegir a cuatro de los Departamentos Judiciales con menor expectativa de crecimiento para que compartan el segundo octeto, reduciendo así a la mitad, su capacidad de ampliación.

Asimismo, en los últimos meses nos hemos encontrado con la necesidad de reasignar subredes dentro de ciertos Departamentos Judiciales con el fin de acompañar el crecimiento de nuestra organización. Este tipo de restricciones no deberían volver a suceder.

A continuación se detallan aspectos técnicos del direccionamiento IPv6 y el nuevo Plan de Asignación de Subredes.

El formato general de una dirección IPv6 es el siguiente:

Prefijo de Alcance Global	ID de subred (SLA)	ID de Interfaz
48 bits	16 bits	64 bits

5.1.1 Prefijo de Alcance Global:

Los primeros 48 bits forman parte del prefijo público. En nuestro caso el mismo fue otorgado a nuestra organización por el Registro Regional de Internet: Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry (LACNIC).

5.1.2 ID de subred (SLA):

Se diseñó el esquema de direccionamiento utilizando los 16 bits del Subnetwork Level Aggregator (SLA) como se describe a continuación [15]:

SSSSSS	BB	RRRRRRRR
6 bits	2 bits	8 bits

Siendo:

S: Número de sitio (hasta 64 sitios).

B: Número de bloque (hasta 4 bloques por sitio).

R: Número de subred (hasta 256 subredes por bloque o 1024 por sitio).

Asignación de los bits S: Se considera sitio a la Red de Servicios Públicos, al edificio principal ubicado en la ciudad de La Plata y a cada Departamento Judicial de la Provincia de Buenos Aires.

La asignación del identificador de sitio se realizó de forma secuencial comenzando por el 1 (se reservó el identificador de sitio 0 para evitar confusiones en la lectura de los prefijos). Inicialmente se utilizaron los identificadores de sitios pares. Asimismo, se dejó abierta la posibilidad de dos números de sitio contiguos en caso que fuese necesario.

Asignación de los bits B: En principio se asignó sólo un bloque a cada sitio, el bloque con identificador 0. Quedando los tres restantes reservados para futuras asignaciones de bloques al mismo sitio en forma contigua.

En la siguiente tabla se muestran los prefijos para cada uno de los sitios mediante el esquema implementado:

Sitio	Asignación	Prefijo
RP	Red de Servicios Públicos	PFX:0400::/56
PG	Procuración General	PFX:0800::/56
AZ	Departamento Judicial Azul	PFX:1000::/56
BB	Departamento Judicial Bahía Blanca	PFX:1800::/56
DO	Departamento Judicial Dolores	PFX:2000::/56
JU	Departamento Judicial Junín	PFX:2800::/56
LM	Departamento Judicial La Matanza	PFX:3000::/56
LP	Departamento Judicial La Plata	PFX:3800::/56
LZ	Departamento Judicial Lomas de Zamora	PFX:4000::/56
MP	Departamento Judicial Mar del Plata	PFX:4800::/56
ME	Departamento Judicial Mercedes	PFX:5000::/56
MO	Departamento Judicial Morón	PFX:5800::/56
NE	Departamento Judicial Necochea	PFX:6000::/56
PE	Departamento Judicial Pergamino	PFX:6800::/56
QL	Departamento Judicial Quilmes	PFX:7000::/56
SI	Departamento Judicial San Isidro	PFX:7800::/56
SM	Departamento Judicial San Martín	PFX:8000::/56
SN	Departamento Judicial San Nicolás	PFX:8800::/56
TL	Departamento Judicial Trenque Lauquen	PFX:9000::/56
ZC	Departamento Judicial Zárate Campana	PFX:9800::/56

Nota: PFX es el prefijo público de alcance global.

Asignación de los bits R: El identificador de subred se asignó siguiendo el mismo esquema en cada uno de los sitios, identificándose fácilmente la red correspondiente a cada oficina. Por ejemplo, la subred de Fiscalía en todos los sitios es el identificador de red 01, la Defensoría 02, la red de Informática 55, entre otras. Estos valores a su vez se corresponden con el número de VLAN [16].

En la siguiente tabla se ilustran los prefijos de subred extendido dentro del Departamento Judicial Dolores:

Departamento Judicial Dolores - PFX:2000::/56		
Subred	VLAN	Prefijo de Subred Extendido
Fiscalía General	1	PFX:2001::/64
Defensoría General	2	PFX:2002::/64
Administración	3	PFX:2003::/64
Asesoría de Incapaces	4	PFX:2004::/64
Menores	5	PFX:2005::/64
Descentralizada Ayacucho	10	PFX:2010::/64
General Madariaga	11	PFX:2011::/64
Descentralizada Chascomús	12	PFX:2012::/64
Descentralizada Villa Gesell	13	PFX:2013::/64
Descentralizada Pinamar	14	PFX:2014::/64
Descentralizada Maipú	15	PFX:2015::/64
Subred de Servidores	44	PFX:2044::/64
Subred de Informática	55	PFX:2055::/64

Nota: PFX es el prefijo público de alcance global.

5.1.3 El ID de interfaz:

Es un número único que identifica una interfaz dentro de una subred. En redes Ethernet el ID de interfaz se calcula automáticamente a partir de la dirección MAC del adaptador. Además, es posible la asignación manual de direcciones.

Siguiendo el esquema IPv4 actual a cada equipo se le configuró una dirección IPv6. Esta dirección representa el servicio que provee. Por ejemplo, a todos los routers de la red se les asigna la dirección terminada en 2, los equipos que brindan servicio de DNS terminan su dirección en 6, los servidores de aplicación finalizan su dirección en 12, etc.

Finalmente, el Plan de Asignación de Subredes implementado, permite identificar con una simple lectura de la dirección IPv6, a qué sitio y subred pertenece, y cual es el servicio que ofrece. Por ejemplo, desglosando la dirección: 2801:0:a0:2055::2 vemos que pertenece a la Procuración General dado que los primeros dígitos (2801:0:a0) son el prefijo otorgado por LACNIC a nuestra organización, luego se observa que la dirección pertenece al Departamento Dolores (20), subred Informática (55). Y que el equipo que utiliza dicha dirección cumple la función de router de la red dado que finaliza en (::2).

5.2 Servicios de red IPv6

Se añadió el soporte IPv6 para los principales servicios de red brindados por nuestra organización permitiendo así que tanto los empleados como los ciudadanos interactúen beneficiándose con el uso del protocolo IPv6.

Entre ellos se destacan:

5.2.1 Web:

La Procuración General cuenta con un sitio principal y un conjunto de aplicaciones Web. Estas han sido desarrolladas por la Subsecretaría de Informática con el objetivo de facilitar el acceso a la información pública, apoyando la integración y el desarrollo entre el gobierno y el ciudadano [13].

La navegación web está basada en el modelo cliente-servidor mediante el protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Los principales servidores Web de la Procuración General utilizan como aplicación servidor el software Apache/2.2, el cual fue reconfigurado incorporando el soporte IPv6 [4,17].

5.2.2 Navegación Web interna:

La Procuración General provee a sus empleados la navegación de sitios Web que sean de utilidad para sus tareas cotidianas. Una de las grandes diferencias entre el protocolo IPv4 y el protocolo IPv6 es que en IPv4 resulta imposible que la totalidad de la red esté conformada por direcciones IP públicas con acceso a Internet. Por tanto, una de las soluciones más frecuentes es la utilización de servidores Proxy encargados de gestionar las solicitudes de usuarios sin acceso a Internet.

Si bien el despliegue de IPv6 permite asignar a cada equipo de la red una dirección pública, se decidió continuar utilizando el servicio de Proxy ya que posibilita optimizar el servicio mediante la utilización de cache, control de ancho de banda, control de acceso y el registro de navegación pertinente.

Se incluyó el soporte IPv6 para el software Squid/3.1 logrando el acceso a sitios que sólo proveen IPv6. A su vez, la comunicación entre los clientes internos y el servidor Proxy se realiza por medio de IPv6 [18].

5.2.3 Email:

Es uno de los métodos de comunicación más utilizados en la Procuración General, cada uno de los, aproximadamente, 7500 empleados posee una cuenta de email del dominio mpba.gob.ar. La infraestructura de email se encuentra implementada usando como servidor de Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) el software Postfix/2.7 [19] y como servidor Post Office Protocol (POP3) / Internet Message Access Protocol (IMAP) el software Cyrus/2.2 [20]. Estas aplicaciones han sido reconfiguradas logrando el envío y recepción de emails utilizando el protocolo IPv6.

5.2.4 El Sistema de Nombres de Dominio:

El Sistema de Nombres de Dominio (DNS) es un servicio esencial al momento de implementar IPv6 dada la complejidad en la representación de las direcciones. Se configuraron las aplicaciones Bind/9.6 [4,21] y el servicio de DNS de los controladores de dominio Microsoft Windows Server 2008 R2 con soporte IPv6 [4,22]. Asimismo, se agregaron los registros IPv6 (Resource Record AAAA) en la zona principal mpba.gob.ar para cada uno de los servicios IPv6 que brindamos (www.mpba.gob.ar, proxy.mpba.gob.ar, imap.mpba.gob.ar, smtp.mpba.gob.ar, pop.mpba.gob.ar), se creó el subdominio ipv6.mpba.gob.ar y las zonas reversas.

El servicio de DNS cumple un rol fundamental en lo que respecta a la transición transparente de IPv4 a IPv6. Las aplicaciones que actúan como cliente al iniciar una comunicación, consultan por las direcciones IP asociadas al servicio. El Servidor DNS responde ofreciendo las direcciones IPv6 y las direcciones IPv4. De esta manera, aquellas aplicaciones clientes que soporten el protocolo IPv6 inician la comunicación empleando como primera opción el protocolo IPv6.

5.2.5 Controladores de Dominio Microsoft Windows:

Se configuró IPv6 en los controladores de dominio Microsoft Windows Server 2008 R2, añadiendo funcionalidades IPv6 para autenticación, escritorio remoto, carpetas compartidas, servicio de DNS, entre otras; logrando ofrecer los mismos servicios que en IPv4 a equipos Microsoft Windows XP y Windows 7 en modo dual stack IPv4/IPv6 como en modo sólo IPv6 [4,22].

5.3 Ruteo Interno

La red de datos de la Procuración General cuenta con alrededor de 400 subredes de tecnologías heterogéneas. Por su magnitud, fue imperiosamente necesaria la utilización de un

protocolo de ruteo dinámico. Actualmente las subredes IPv4 se encuentran interconectadas mediante Open Shortest Path First (OSPF) con resultados altamente satisfactorios.

Al momento de implementar la red IPv6 se decidió que el ruteo interno debía ser mediante el protocolo OSPF en su versión 3 (OSPFv3, RFC 5340). La versión 3 de OSPF se crea en forma paralela al desarrollo de IPv6, conservando el mecanismo fundamental añadiendo las funcionalidades necesarias que involucra IPv6.

En cada Departamento Judicial existe un equipo con sistema operativo GNU/Linux cuya función consiste en ser el router principal de la cabecera departamental, interconectando las redes virtuales (VLANs) que allí se concentran, red de servidores, fiscalía, defensoría, administrativa, oficinas de las localidades cercanas, etc.

Del mismo modo, se configuró en estos equipos el protocolo de ruteo OSPFv3 utilizando el software Quagga/0.99 [23].

5.4 Ruteo Externo

Las primeras pruebas de conectividad externa se lograron a través de un túnel 6to4. La tecnología 6to4 consiste en enviar paquetes IPv6 sobre IPv4. El destino del túnel se alcanza mediante la dirección Anycast 192.88.99.1, es decir, se contactará con el relay 6to4 más cercano. El prefijo de alcance global se conforma utilizando el prefijo 2002::/16 común a todos los sitios 6to4 y añadiendo los 32 bits de una dirección pública IPv4, única globalmente. De esta forma, se obtiene un prefijo IPv6 de alcance global /48. Por ejemplo, si contamos con la dirección pública IPv4 160.1.2.3 cada uno de los octetos de la dirección IPv4 se expresarán como dos dígitos hexadecimales y se añaden al prefijo común. Obteniendo como resultado de este ejemplo, el prefijo 2002:A001:0203::/48 [3].

Por medio de la técnica 6to4 se logró la conectividad externa IPv6 operativa durante el desarrollo del proyecto. En forma paralela se solicitó a LACNIC un prefijo de alcance global que fue otorgado en Abril de 2011. Desde la obtención de este prefijo hemos estado trabajando con las empresas que proveen acceso a Internet a nuestra organización con el objetivo de rutear vía BGPv4 el mismo y obtener así el acceso nativo de IPv6.

5.5 Firewall

Una de las tareas fundamentales que se realizó junto al despliegue IPv6 son las políticas de seguridad. A diferencia de IPv4 todos los nodos de la red cuentan con direcciones públicas de alcance global, esto implica que, el control de acceso a los servicios y a cada uno de los nodos que conforman la red, asuma un rol esencial en el despliegue de IPv6.

En cada uno de los router de cabecera departamental se efectúa la función de Firewall principal mediante una aplicación desarrollada por la Subsecretaría de Informática. Dicho aplicación permite definir cada una de las redes y reglas de acceso a servicios que luego son aplicadas mediante el software Netfilter/ip6tables [24].

Con el objetivo de replicar las políticas de seguridad actuales, se ha reprogramado la aplicación antes mencionada, permitiendo, aplicar las mismas reglas de acceso a servicios IPv4 para los nodos IPv6 de la red.

6 Resultados

Hasta el momento, se obtuvieron exitosos resultados mediante el desarrollo de los ítems anteriormente citados.

- Se realizó el plan de asignación de Subredes IPv6. El esquema utilizado cumple con las expectativas propuestas:
 - Posibilita que futuras asignaciones a un mismo punto sean contiguas con las asignadas inicialmente.
 - El espacio de direcciones por subred es lo suficientemente amplio como para que no sea necesario realizar nuevas asignaciones frecuentemente.
 - Si bien se cuenta con una gran cantidad de direcciones mediante el procedimiento utilizado se evita el desperdicio excesivo de las mismas.
 - Ante un cambio en el prefijo de ruteo global, este esquema, sólo tiene en cuenta los bits correspondientes al SLA de una dirección IPv6. Por lo tanto, es independiente del o de los prefijos /48 que se asigne/n.

- El plan prevé la posibilidad de asignar hasta 64 sitios. Si bien actualmente se cuenta con 20 sitios, es inminente la creación de nuevos Departamentos Judiciales. Al quedar libre más de la mitad del espacio de sitios, estos podrían ser asignados sencillamente.
 - El esquema implementado permite determinar fácilmente a qué dependencia pertenece una dirección IP con una simple inspección visual de la dirección.
- Se efectuaron exitosas pruebas de interacción con los servicios Web, Email, Proxy, DNS y Dominio de Usuarios. No fue necesario actualizar los equipos clientes. Las pruebas se realizaron en distintos sistemas operativos (GNU/Linux, Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 7) tanto en modo IPv4/IPv6 como en modo sólo IPv6, en diversos puntos de la red provincial.
 - Se configuró el ruteo interno OSPFv3 en toda la red de datos provincial, permitiendo acceder por IPv6 a cada una de las subredes.
 - Se logró que nuestra organización sea accesible externamente por medio de la utilización de un túnel 6to4. En forma paralela, se continúa avanzando en la configuración nativa de IPv6 y la publicación vía BGP de nuestro prefijo definitivo.
 - Se replicaron las políticas de seguridad IPv4 en IPv6 reprogramando la aplicación Firewall. Se efectuaron pruebas de escaneo de puertos a los equipos más críticos, tanto en la red de servicios públicos como las redes de servidores y equipos de los Departamentos Judiciales.

7 Conclusiones

A pesar de los continuos esfuerzos, la transición de IPv4 hacia IPv6 que mundialmente se planeó aún no ha sucedido. Muchos coincidimos que la misma transcurre demasiado lenta. De todas formas, si bien a paso lento, los avances de IPv6 se realizaron en forma gradual y sostenida.

Este proyecto ha demostrado que técnicamente IPv6 puede ser implementado sin inconvenientes. Es así que eventos como "Word IPv6 Day", iniciativas como las del gobierno de España, el agotamiento de direcciones IPv4 y la movilización que generó al respecto en los grandes ISPs nacionales e internacionales, hacen parecer que la transición a IPv6, está cada vez más cerca.

En esta dirección, el proyecto planteado dentro de la Procuración General permitió efectuar el despliegue de IPv6 valiéndose de las ventajas que posibilitaron diseñar una óptima estructura

jerárquica de direccionamiento a través de un espacio extendido de direcciones, la autoconfiguración de equipos, seguridad en capa de red (autenticación y encriptación IPSec), entre otras. De este modo, nuestra organización ha incorporado un importante adelanto y se encuentra preparada para afrontar la transición definitiva en forma completamente transparente al usuario.

Si bien se cumplieron los objetivos propuestos, este proyecto no concluye aún, debemos continuar avanzando en la implementación de IPv6, evaluando, testeando e incorporando servicios informáticos. El cambio no es menor y requiere de un gran compromiso.

Esta experiencia exitosa lograda en el ámbito de la Procuración General es el inicio de un proyecto mayor que pretende colaborar, promover y replicar el despliegue de IPv6 en el Estado Argentino.

Agradecimientos

- MSc. Ing. Carlos Alberto Barcenilla, Universidad Politécnica de Madrid.
- Lic. Vanesa N. Bagaloni, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- Ing. Daniela Barbera, Subsecretaria de Informática, Procuración General de la SCJBA.
- Ing. Juan Pablo Fava, Director de Tecnología, Subsecretaria de Informática, Procuración General SCJBA.
- AC Mauro Sayavedra, Director de Sistemas, Subsecretaria de Informática, Procuración General SCJBA.
- Cristian Apas, Subsecretaría de Informática, Procuración General de la SCJBA.
- Pablo Corti, Subsecretaría de Informática, Procuración General de la SCJBA.
- Jorge Mansilla, Subsecretaría de Informática, Procuración General de la SCJBA.
- Ing. Luis Barrera, Subsecretaría de Informática, Procuración General de la SCJBA.

Referencias

1. Barry M. Leiner, Vinton G. Cerf, David D. Clark, Robert E. Kahn, Leonard Kleinrock, Daniel C. Lynch, Jon Postel, Larry G. Roberts, Stephen Wolff. A Brief History of the Internet, Internet Society ISOC.
2. CCNA Official Exam Certification Library (CCNA Exam 640-802), 3rd Edition, Cisco Press (2007).
3. Pete Loshin, IPv6: theory, protocol and practice 2nd ed. (2003).
4. Guillermo Cicileo, Roque Gagliano, Christian O'Flaherty, César Olvera Morales, Jordi Palet Martínez, Mariela Rocha, Alvaro Vives Martínez , IPv6 para Todos, Internet Society Argentina (2009).
5. World IPv6 Day, Internet Society ISOC, <http://isoc.org/wp/worldipv6day>
6. IPv6, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, <http://www4.ipv6.frlp.utn.edu.ar>
7. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM IPv6, <http://www.ipv6.unam.mx>
8. Felipe Ernesto Jara Saba, Estudio e implementación de una red IPv6 en la UTFSM, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso – Chile (2009)
9. Portal IPv6, LACNIC, <http://portalipv6.lacnic.net/es/ipv6/ipv6-en/gobierno>
10. Proyecto de implantación del protocolo IPv6 en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, España (2011).
11. Diario El País, edición Lunes 9/5/2011, http://www.elpais.com/articulo/Pantallas/Espana/lanza/abril/plan/nuevas/direcciones/Internet/elpepurtv/20110312elpepirtv_1/Tes
12. Ana Haydée Di Iorio, Mauro Sayavedra. La solución informática del Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires. Jaiio 39 (2010).
13. Plan Nacional de Gobierno Electrónico Decreto 378/2005. Subsecretaría de Gestión Pública. Jefatura de Gabinete de Ministros.
14. The GNU Project, Philosophy, <http://www.gnu.org/philosophy/philosophy.html>
15. MSc. Ing. Carlos Alberto Barcenilla, Ing. Agustín Eijo, Propuesta de Asignación de Subredes IPv6 para la Universidad Tecnológica Nacional (2004).
16. Sander Steffann, Preparing an IPv6 Addressing Plan (2010).
17. The Apache HTTP Server Project, <http://httpd.apache.org/docs/2.0/bind.html#ipv6>.
18. Squid, Optimising Web Delivery, <http://wiki.squid-cache.org/Features/IPv6>
19. Postfix IPv6 Support, http://www.postfix.org/IPV6_README.html
20. Cyrus IMAP Server, <http://www.cyrusimap.org/>
21. Internet Systems Consortium, Inc. (ISC), Bind, <http://www.isc.org/software/bind/documentation>
22. Microsoft Internet Protocol Version 6 (IPv6), Networking and Access Technologies, <http://technet.microsoft.com/en-us/network/bb530961.aspx>
23. Quagga Routing Software Suite, <http://www.quagga.net/docs/docs-info.php#SEC65>
24. Netfilter, firewalling, NAT, and packet mangling for linux, <http://www.netfilter.org/>