

De la planeación de TIC a la implementación de IPv6 un escenario deseado para desarrollar el “Internet de las cosas” en la Universidad de Ibagué Colombia

Oscar Eduardo Motta Barrera^a, Ricardo Pelaez Negro^b

^a Coordinación de Tecnologías de Información, Centro de Gestión de Redes^b

Universidad de Ibagué, Barrio Ambalá, Ibagué, Tolima, Colombia

^a oscar.motta@unibague.edu.co, ricardo.pelaez@unibague.edu.co^b

Resumen. La planeación estratégica es un proceso imprescindible para el desarrollo de las organizaciones. Conscientes de esto, la Universidad de Ibagué desde el año 2008 inició con la formulación de su plan estratégico de tecnologías de la información. La formulación de este plan, le ha permitido a esta institución consolidar su infraestructura de procesamiento y de comunicaciones. En este sentido, con esta ponencia se pretende exponer a la comunidad TICAL cómo desde una Universidad de carácter regional, como la Universidad de Ibagué, logró traducir su plan estratégico en un escenario que posibilitara la implementación del protocolo IPv6 y así desarrollar el “Internet de las cosas”. Lo anterior, desde la mirada gerencial de la gestión desarrollada por la Coordinación de Tecnologías de la Universidad, con el diseño, puesta en marcha y seguimiento al plan estratégico de tecnologías. Como conclusiones de lo aquí descrito, hay que destacar que gran parte del éxito de la implementación del protocolo IPv6 está sustentado primero, en la formulación articulada del plan estratégico de tecnología con el plan institucional y segundo en la gestión y consolidación de relaciones de apoyo a través de redes y comunidades nacionales e internacionales. Por su parte, uno de los obstáculos de mayor impacto en el proceso, es el rezago en la infraestructura de los proveedores de Internet respecto al despliegue del protocolo IPv6, por lo cual las universidades están llamadas a promover que los ISP implementen IPv6 en sus redes, de lo contrario, el agotamiento de IPv4 seguirá retrasando el avance hacia nuevas tecnologías más eficientes y seguras.

Palabras Clave: Planeación estratégica de TIC; Implementación IPv6; DNS; Redes Académicas; LACNIC.

1 Introducción

Las TIC están jugando un papel determinante en la estrategia institucional dentro de las Universidades y en general en las instituciones de educación. La desarticulación de los procesos estratégicos con los tecnológicos en las Universidades, genera un desgaste institucional entre los diferentes actores relevantes, incremento en costos de operación, ineficiencia en las operaciones diarias y una descentralización negativa en los servicios que se ofrecen.

En la Universidad de Ibagué – Unibague, se evidenció que esa desarticulación no permitía el logro de los objetivos misionales, y por tal motivo tomó la decisión de formular su Plan Estratégico de Tecnologías de la Información, articulado con los objetivos misionales descritos dentro de su Plan de Desarrollo Institucional – PDI. Metodológicamente la Universidad de Ibagué, formó parte de una iniciativa nacional para la formulación de los planes estratégicos de TI dentro de las Universidades Colombianas, esta iniciativa nacional se llamó PlanesTIC y fue coordinada por el Ministerio de Educación Nacional con apoyo de la Universidad de los Andes y otras instituciones pioneras en el proceso. La experiencia de la incorporación de PlanesTIC en la Unibague ha sido enriquecedora, se han desarrollado proyectos que han permitido fortalecer los procesos de enseñanza y de aprendizaje; la definición de estrategias y el plan de acción ayudó a dar claridad en la adquisición de soluciones tecnológicas y así fortalecer los sistemas de información, la infraestructura de procesamiento y comunicaciones.

Con la articulación entre el PDI y PlanesTIC de la Unibague, junto con el fortalecimiento en la infraestructura de procesamiento y comunicaciones de la Universidad según lo planeado y proyectado, la Coordinación de Tecnología y el Centro de Gestión de Redes de la Universidad de Ibagué iniciaron con un proceso de indagación sobre los escenarios posibles para la implementación del protocolo IPv6, así como un proceso administrativo e ingenieril con LACNIC[1], proveedores de Internet, RADAR[2], RENATA[3], entre otros.

El presente trabajo pretende dar a conocer a la comunidad TICAL cómo desde la formulación y ejecución de las estrategias del Plan Estratégico de Tecnologías de la Información, la Universidad de Ibagué realizó la implementación del protocolo IPv6 en su infraestructura de core, también revelar las experiencias en el proceso, el impacto positivo de haber trabajado colaborativamente con RADAR red académica regional que hace parte de la red nacional RENATA en Colombia, los aciertos y desaciertos con los proveedores de Internet y cómo LACNIC se convierte en un apoyo en el proceso por ser miembros. Las alianzas con cada una de estas organizaciones permitieron a la Unibague el logro de este objetivo, implementar el protocolo de Internet, que facilitará el desarrollo del “Internet de las cosas”.

De este modo, la presente ponencia se desarrolla primero, con una descripción del contexto de la Universidad de Ibagué, institución de carácter regional y que dentro de su objetivo misional promueve el desarrollo de la región. Segundo, muestra cómo se construyó el plan de desarrollo estratégico de tecnología articulado al plan de desarrollo institucional, para finalmente exponer cómo se realizó la implementación del protocolo IPv6.

2. Contexto institucional: Una Universidad comprometida con el desarrollo regional.

La Universidad de Ibagué, se ubica en el centro de Colombia, en un campus universitario totalmente arborizado de cerca de 13 hectáreas; está situada en la capital (con el mismo nombre) de un Departamento (Tolima) de un millón y medio de habitantes; tiene una población de aproximadamente 548.209 personas en su capital, sus ingresos provienen de los sectores servicios, comercio y agricultura. Más del 90 %

del territorio de la capital es rural, aunque la mayoría de la población se asienta en la zona urbana.

La Universidad tiene 33 años de existencia, es privada, sin ánimo de lucro, fundada por un grupo de empresarios regionales. Empezó con cuatro programas académicos, hoy tiene 17 programas universitarios, 12 programas tecnológicos y 5 programas en extensión (son de Unibague pero se desarrollan en otras universidades). Además, se cuenta con posgrados a nivel de especializaciones y maestrías.

Para el semestre B del 2014, se cuenta en total con 5431 alumnos de pregrado, organizados en cinco Facultades con 150 docentes de planta de tiempo completo en aula y 168 profesores catedráticos. Actualmente, 32 docentes están estudiando diferentes posgrados (16 maestrías y 16 doctorados).

Dentro de la estructura organizacional de la Unibague, la Coordinación de Tecnología depende de la Dirección de Planeación, dirección encargada de formular el plan de desarrollo institucional y de incorporar PlanesTIC a la planeación estratégica; la Coordinación de Tecnología es el área encargada de la formulación y actualización del plan estratégico de tecnologías de información, está compuesta por el Centro de Gestión de Redes, área encargada de diseñar y mantener la infraestructura de procesamiento y comunicaciones, la Oficina de Sistemas, encargada de articular e integrar los diferentes sistemas de información y el área de Gestión de la Información, encargada del análisis de datos y del reporte a los sistemas de información del Ministerio de Educación Nacional -MEN.

La figura 1 describe la estructura de la Dirección de Planeación y las áreas de tecnología.

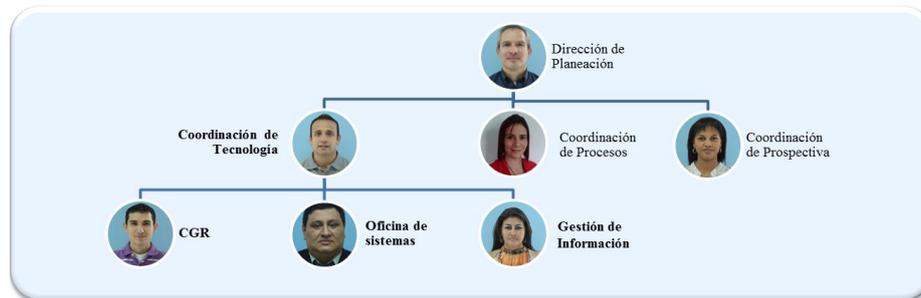


Fig. 1. Estructura orgánica de la Dirección de Planeación de la Universidad de Ibagué.

3. Proceso de construcción del Plan Estratégico de Tecnologías de la información. PlanesTIC.

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia, después de varios ejercicios puntuales, desarrolló en el año 2007 el proyecto: “Lineamientos para la formulación de planes estratégicos de incorporación de TIC”. El proyecto, partió retomando una consulta realizada en el 2006 con las Instituciones de Educación Superior -IES [4], se indagó en 125 Instituciones; aproximadamente el 50% de ellas manifestaron tener un plan estratégico de TIC, por lo tanto se identificaron las experiencias de estas IES,

con el propósito de reconocer algunas formas particulares y exitosas de responder a las condiciones y retos para la incorporación de TIC en el contexto colombiano.

A partir del reconocimiento de estas experiencias, y de la revisión conceptual de algunos marcos internacionales, se plantearon los lineamientos para la formulación o fortalecimiento de planes estratégicos de incorporación de TIC en IES. En el año 2008 se implementó el proyecto piloto de la estrategia de acompañamiento, coordinada por la Universidad de los Andes (Colombia), la cual se constituyó en un escenario de validación de los lineamientos y una oportunidad para que 28 instituciones formularan o fortalecieran sus planes estratégicos de TIC. En el 2009 se creó la comunidad PlanesTIC, que tenía como propósito conformar y consolidar grupos de IES en torno al tema de planeación estratégica para la incorporación de TIC, en Instituciones de Educación Superior. Se crearon tres subcomunidades. [5]

- IES interesadas en el tema de planeación estratégica para la incorporación de TIC.
- IES que están siendo acompañadas en su proceso de planeación estratégica para la incorporación de TIC.
- IES que se encuentran en la fase de implementación de su planes estratégico de incorporación de TIC.

La Universidad de Ibagué se incorporó en la segunda cohorte en el año 2009, junto con otras 63 IES de diferentes regiones del país. Se trabajó bajo la coordinación general de la oficina de Planeación de la Universidad, durante un año, en el desarrollo de la ruta para IES interesadas en la planeación estratégica de incorporación de TIC.

Se contó en Unibague con la asesoría de la Universidad de La Sabana para la formulación del Plan. El proceso se inició con un auto diagnóstico institucional, con varios grupos focales y se continuó con la formulación de la Visión de la Universidad de Ibagué en materia de TIC al año 2014 y de los objetivos estratégicos que permitirían alcanzarla.

La visión de PlanesTIC se enunció así:

“En el año 2014, la Universidad de Ibagué será reconocida en el ámbito regional por incorporar las TIC a la innovación pedagógica, a la promoción de la investigación y a la consolidación de las relaciones de la Universidad con la Empresa y el Estado, en cumplimiento de su compromiso de ser pertinente desde el conocimiento y la formación, con el desarrollo regional” [6].

De igual forma, mediante la participación de grupos focales pertinentes, según las áreas, se formularon los objetivos del plan estratégico de TIC por categorías.

3.1 Objetivos del PlanesTIC Unibague por categorías.

Las categorías estudiadas para la conformación del Plan estratégico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Universidad de Ibagué fueron: Talento humano, Enseñanza y aprendizaje, Gerencia del plan e Infraestructura.

Tabla 1. Objetivos formulados por categorías en el PlanesTIC de la Universidad de Ibagué.

Categoría	Objetivo
Talento humano	Lograr que los docentes posean las habilidades y conocimientos para incorporar las TIC apropiada y permanentemente a sus funciones universitarias.
Enseñanza y aprendizaje	Hacer del uso de las TIC una práctica aceptada en la institución como uno de los elementos fundamentales del desarrollo y la ampliación de la oferta curricular, en forma conjunta con otras organizaciones cuando sea apropiado.
Gerencia del plan	Desarrollar una cultura activa de trabajo colaborativo en TIC que permita compartir recursos y experiencias entre sí y con otras organizaciones, que conlleve a tener un impacto positivo en el desarrollo institucional y local. Lograr que los fondos para TIC sean una parte integral de los procesos presupuestados, a través de una partida separada de fondos para TIC o una localización explícita dentro del presupuesto delegado a cada unidad administrativa.
Infraestructura	Garantizar que todo el personal y los estudiantes de la institución tengan un buen acceso al equipamiento, Internet, los sistemas y plataformas de aprendizaje, a la velocidad, en el lugar y por el tiempo que los necesiten; y los usen comprensiblemente.

Con los objetivos formulados, se convocó a actores relevantes de la Universidad para responder a la pregunta: ¿Qué estrategias se podrían diseñar para cumplir con los objetivos planteados?, así se obtuvo, el diseño de nueve estrategias que han permitido cumplir con los objetivos planteados.

Tabla 2. Estrategias diseñadas en el PlanesTIC de la Universidad de Ibagué.

Estrategias
1. Formular políticas, directrices y lineamientos institucionales, acorde al modelo pedagógico de la Universidad, que orienten y permitan el logro de condiciones (tiempo, recursos, incentivos...) para vincular a los docentes a los procesos de incorporación de las TIC al currículo.
2. Crear una unidad funcional de carácter interdisciplinario que disponga de recursos de infraestructura, tecnológicos, pedagógicos, humanos y de medios, que explore estándares y proponga criterios, establezca alianzas y estimule, promueva, apoye y gestione la incorporación de las TIC al currículo.
3. Capacitar a los docentes en herramientas TIC en el marco del modelo pedagógico.
4. Desarrollar proyectos piloto con docentes entusiastas e interesados en vincular

las TIC a sus procesos académicos.
5. Proveer una infraestructura de conectividad ágil, confiable, óptima y segura; y acceso a equipamiento adecuado y suficiente.
6. Desarrollar alianzas estratégicas y participar en redes y proyectos colaborativos con comunidades académicas nacionales e internacionales.
7. Promover proyectos de investigación que ejecuten recursos propios y externos en atención a problemas regionales.
8. Incorporar PLANESTIC al Plan de Desarrollo Institucional PDI.
9. Comunicar, difundir y sensibilizar acerca de la cultura de las TIC y del PlanesTIC para conseguir su apropiación en la comunidad y el compromiso voluntario de los universitarios.

3.2 Ejecución del plan de acción del PlanesTIC de la Universidad de Ibagué.

En el marco del Plan estratégico de tecnologías de la información PlanesTIC, se plantearon acciones que permitieron consolidar y proyectar la infraestructura de procesamiento y comunicaciones de la Universidad de Ibagué; gracias al desarrollo de la estrategia cinco del PlanesTIC, la Universidad inició con el diseño, adquisición e implementación de la infraestructura de servidores Blade, esta acción permitió articular los proyectos de procesamiento avanzado de datos y consolidar los servicios de infraestructura de servidores en la Universidad, así mismo, realizó la reestructuración del centro de cableado principal y actualización de los dispositivos que soportan la conexión física e inalámbrica, esta acción fortaleció la conectividad en el campus universitario y brindó un servicio de calidad a los cursos rediseñados por el Centro de Innovación Educativa – ÁVACO de la Universidad. Una acción desarrollada en paralelo fue el rediseño de la estructura de la red física e inalámbrica y la adquisición de dispositivos para proteger el flujo de datos y el control de accesos de usuarios a las diferentes redes de la Universidad; con el rediseño de la red física, la adquisición del Firewall y un generador de reportes de tráfico, se logró optimizar y maximizar el rendimiento de la red.

En esta misma estrategia se realizaron diferentes acciones relacionadas con los sistemas de información con los que cuenta la Universidad, entre las acciones realizadas se encuentra la adquisición e implementación de la solución ERP, se adquirió bajo una solución cloud el sistema Alejandría de Biblioteca, así mismo, se realizó un estudio para identificar requerimientos y definir términos de referencia para la decisión de compra o mejora del sistema de información académico.

La Universidad con el desarrollo del Plan Estratégico de Tecnologías de la Información centró sus esfuerzos en optimizar sus sistemas de comunicaciones y hacer más eficiente sus procesos y apoyar a los actores relevantes en la toma de decisiones.

Las acciones anteriormente enunciadas fueron la base para dar el siguiente paso hacia el escenario tecnológico deseado por la Universidad, la implementación del protocolo que soporta el desarrollo real del “Internet de las cosas”, es decir IPv6. En los numerales siguientes se describe el proceso desarrollado por la Unibague para su implementación.

4. Desarrollo del plan de implementación IPv6.

Al considerar IPv6 como uno de los proyectos del plan estratégico de tecnologías de la Unibague, se inició un proceso de revisión de las mejores prácticas, explorando como otras universidades de la región y del país abordaron el proceso de implementación de IPv6. En primera instancia se encontró que la Universidad de Ibagué por pertenecer a RENATA, tenía asignado un bloque IPv6 (/44). Este bloque es parte del apoyo que RENATA ofrece a las Universidades pertenecientes a la red y hace parte de su estrategia para promover el uso del protocolo IPv6.

Adicionalmente se encontró que el ISP como parte de la negociación del canal de conexión a la red académica, debía garantizar una conectividad IPv6 nativa y configurar en el router de borde de cada institución miembro de Renata, el bloque de direcciones IPv6 asignado. Sin embargo dadas estas condiciones, dentro de la Unibague no se contaba con la experiencia ni el conocimiento para dar inicio a la implementación del protocolo IPv6 en la infraestructura de core.

Como resultado de la exploración e investigación se llegó a LACNIC, organización no gubernamental internacional establecida en Uruguay en el año 2002. Responsable de la asignación y administración de los recursos de numeración de Internet (IPv4, IPv6), números autónomos y resolución inversa, entre otros recursos para la región de América Latina y el Caribe. Es uno de los 5 registros regionales de Internet en el mundo [7].

Con el contacto establecido en LACNIC, la solicitud inicial por parte de la Universidad, fue un sistema autónomo (AS) y un bloque IPv4 (/24). Al momento de la solicitud todo el direccionamiento IPv4 asignado dependía del ISP. Por obtener la membresía de LACNIC, se asignó a la Unibague un bloque IPv6 (/48), esta asignación constituyó el primer avance real hacia la implementación de IPv6, y abrió la posibilidad de dejar de depender del direccionamiento de los ISP y lograr minimizar los problemas de reenumeración derivados del cambio de proveedores.

A pesar de tener un bloque IPv6 asignado el reto se mantenía, aún no se contaba con el plan de direccionamiento para la implementación de IPv6.

4.1 LACNIC 19, Definición del plan de direccionamiento.

La Universidad de Ibagué, por ser miembro de LACNIC participó en su evento anual LACNIC 19 que reúne a los representantes de diferentes sectores, entre ellos, gobiernos, sector académico, ISPs, operadores de ccTLDs y NAPs, especialistas en seguridad, proveedores de contenido, carriers internacionales, staff de los Registros Regionales de Internet, ICANN y representantes de la sociedad civil. Durante el evento el conversar y discutir ideas sobre la implementación del protocolo IPv6 en las Universidades, facilitó el diseño del plan de direccionamiento para la Universidad de Ibagué. Lo que se pretendía con el plan era que cada una de las sedes y subredes de la Universidad contaran con un bloque IPv6 (/48) y cubriera las necesidades actuales y las proyecciones a futuro.

Como LACNIC ya había realizado una asignación inicial, la Universidad solicitó formalmente la ampliación de su bloque IPv6 (/48) a un bloque IPv6 (/42), para lo cual debió justificar su plan de direccionamiento y su proyección de crecimiento.

La justificación a LACNIC de la ampliación del bloque fue exitosa y se reasignó el bloque IPv6 por el sugerido 2801:1a0::/42. La figura 2 muestra el diseño elaborado.

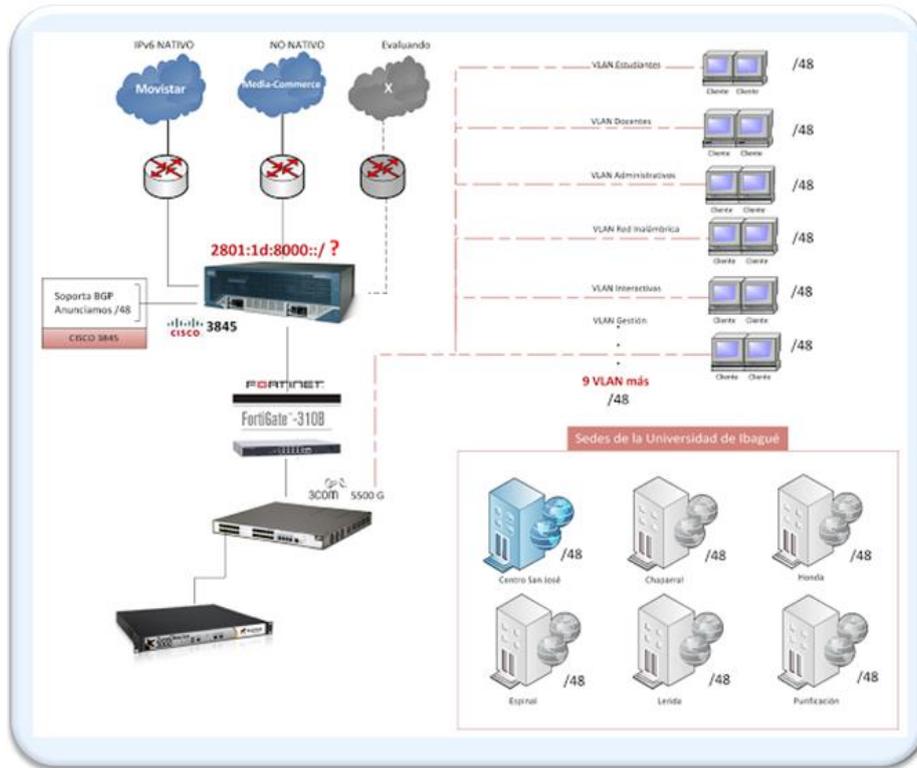


Fig. 2. Diseño del plan de direccionamiento para la Universidad de Ibagué.

4.2. Apoyo de RENATA en el proceso de implementación de servicios.

La implementación del plan de direccionamiento y la reasignación del bloque IPv6 realizada por LACNIC, permitió contar con la infraestructura requerida para hacer parte de la convocatoria, “Impulso a la implementación del protocolo IPv6” promovida por RENATA. El objetivo de la convocatoria era capacitar al personal técnico de las Universidades miembros de RENATA y hacer un acompañamiento en el diagnóstico, diseño e implementación del protocolo IPv6.

La metodología de trabajo propuesta por RENATA, inició con la capacitación y explicación del cómo implementar cada uno de los servicios (FTP, DNS, SSH, entre otros) bajo la filosofía de IPv6, luego con el diseño, planeación y realización de la convivencia IPv6 – IPv4 en los servicios a implementar, seguido del registro ante validadores internacionales. La figura 3 describe el proceso metodológico propuesto

por RENATA [8] para la implementación del protocolo IPv6 en las universidades miembros de la red.

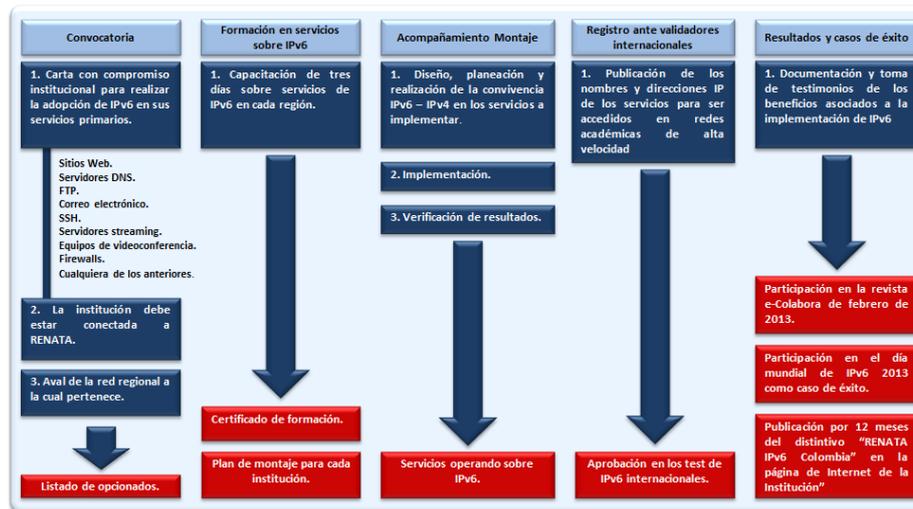


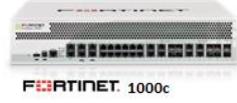
Fig. 3. Proceso metodológico propuesto por RENATA para la implementación de IPv6 en las Universidades miembros de la red.

Durante la fase de formación en servicios sobre IPv6, la Universidad debió presentar un diagnóstico de la infraestructura de hardware y software y validar que los dispositivos de red soportaran el protocolo IPv6. A manera general el diagnóstico permitió a los asesores conocer la composición de la estructura física de la red.

La red de la Unibague contaba con aproximadamente 1200 puntos de red cableados distribuidos en el campus académico para soportar un promedio de 600 usuarios concurrentes. Alrededor de 35 puntos de acceso inalámbrico con capacidad para soportar 80 usuarios concurrentes por punto de acceso y una capacidad total de 1500 usuarios concurrentes. La infraestructura de core (dispositivos de red de los ISP, firewall, switches y servidores) se encuentran alojados en el centro de cableado principal, centro donde convergen los centros de cableados secundarios.

Como parte de la validación los equipos de red listados en la siguiente tabla deben soportar IPv6 para poder hacer la implementación. En la infraestructura de la Universidad se encontró que el router de borde y el firewall soportaban el protocolo y se contó con limitaciones en el switch de core.

Tabla 3. Validación del protocolo IPv6 en los equipos de red de la Universidad de Ibagué.

Equipo	Soporte IPv6	Observaciones
Router de borde 	SI	Equipo propiedad del Telefónica que soporta la conexión hacia Internet y redes académicas
Firewall 	SI	Equipo central que determina los servicios que pueden ser visibles desde y hacia las redes académicas (Web, DNS)
Switch de core 	Limitado	A pesar que la hoja técnica del dispositivo informa que soporta IPv6, se encontró que soporta un número limitado de direcciones IPv6.

Dentro de la validación también fue necesario hacer un análisis alrededor de los servicios, este análisis se centró en verificar, los sistemas operativos base, sistema de virtualización, arquitectura de los servidores, arquitecturas de los servidores físicos (Intel 32, Intel 64, Sparc, Itanium), servicios publicados en internet o intranet, registros DNS, direccionamiento IPv4 asociado y las versiones de cada uno de estos elementos.

La información detallada de cada uno de los servicios de la Universidad, permitió re-evaluar la continuidad de algunos dispositivos por su obsolescencia y su capacidad para soportar el protocolo IPv6, también con la información se planificó la adquisición de nuevos equipos y software con capacidad para soportar IPv6 al interior de la red.

Con la validación efectuada, se solicitó al ISP anunciar el prefijo de red asignado por LACNIC y a su vez configurar el direccionamiento IPv6 asignado, en las interface del router de borde que conecta con el firewall. La figura 4 muestra los direccionamientos del router y del firewall.

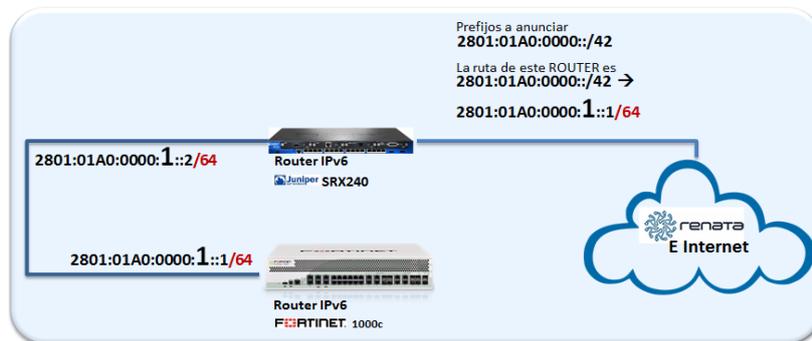


Fig. 4. Direccionamiento entre el router de borde y el firewall.

Una vez realizados los ajustes de direccionamiento en el router de borde se inició el proceso de configuración del firewall. Por las características de la red de la Unibagué, el firewall es el dispositivo central encargado de administrar las conexiones entrantes y salientes IPv4 e IPv6. Una de las consideraciones a tener en cuenta en la implementación es que cada dispositivo puede tener una dirección global unicast o dirección pública en el contexto de IPv4, incluso aquellos dispositivos que por años sólo tuvieron una IPv4 privada [9] no ruteable en Internet. Es importante destacar que el protocolo IPv6 no es ni más ni menos seguro que IPv4 y la seguridad continuará siendo una característica prioritaria a planificar de manera consciente en todo el proceso de implementación de IPv6.

El paso siguiente en la implementación fue la conexión entre el firewall y el switch de core, la dificultad entre la conexión la generó el switch de core debido a que soportaba un número limitado de direcciones IPv6 por interfaz, esta limitación hizo que se detuviera el proceso mientras se buscaba una solución.

La solución deseada era la adquisición de un nuevo switch core robusto que asumiera las funciones del dispositivo actual, por temas presupuestales y de tiempos no era posible, así que como solución alterna se configuró un nuevo switch con soporte IPv6 y se le asignó algunas funciones de capa 3. El dispositivo propuesto contaba con características suficientes para soportar el tráfico de los servicios implementados en IPv6. Este cambio de dispositivo permitió finalmente llevar hasta la VLAN de servidores el direccionamiento IPv6. El primer servicio implementado fue DNS.

4.2.1 Servicios implementados en los servidores.

4.2.1.1 Implementación del servicio DNS.

La implementación del servicio DNS [10], inició con la configuración de la doble pila de protocolos IP (IPv4 e IPv6) en los servidores de la Universidad, los cuales son soportados por el sistema operativo Linux. DNS, mantuvo su filosofía de funcionamiento como en IPv4, agregó algunos registros especiales para diferenciar los registros IPv4 de los IPv6. El cambio más significativo es el registro AAAA (quad A) equivalente al registro A de IPv4.

Los servidores DNS que ya estaban configurados para soportar consultas sobre IPv4, se convirtieron en los DNS de consulta de IPv6 y demás servicios de red. Vale la pena resaltar que en muchos escenarios se podría tener servidores DNS que solo responden consultas IPv6.

Para la implementación del DNS bajo el sistema operativo Linux, fue necesario la configuración de una versión de Bind [11] superior a la 9.3 debido a que esta cuenta con el soporte completo de IPv6. La figura 5 muestra la estructura de servidores DNS implementada.

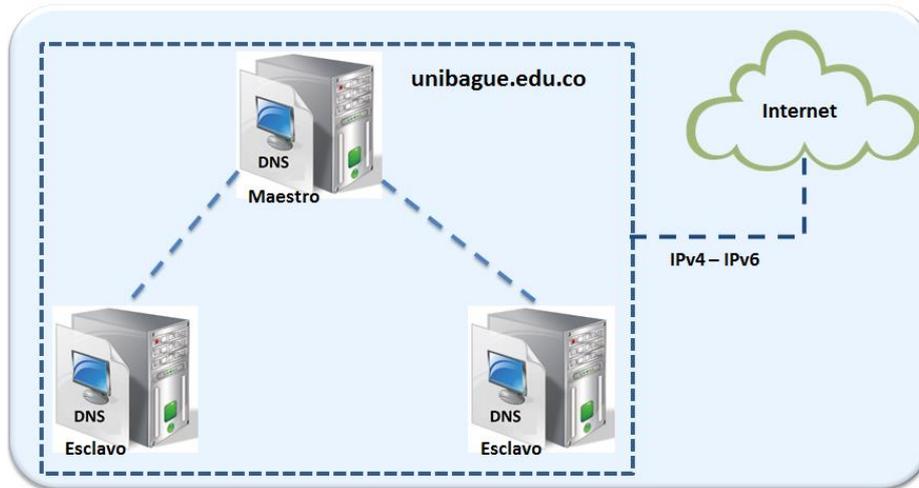


Fig. 5. Estructura de servidores DNS implementada.

Una vez finalizada la configuración del servidor DNS, se verificó que los servidores DNS diferentes a los de la Universidad respondieran a consultas directas del dominio.

En la figura 6 se muestra las consultas a los DNS públicos de Google.

```

C:\Users\usuario>nslookup unibague.edu.co 8.8.8.8
Servidor: google-public-dns-a.google.com
Address: 8.8.8.8

Respuesta no autoritativa:
Nombre: unibague.edu.co
Addresses: 2801:1a0:0:2::300:7372
           200.21.232.205
           179.0.10.5

C:\Users\usuario>nslookup ns.unibague.edu.co 8.8.8.8
Servidor: google-public-dns-a.google.com
Address: 8.8.8.8

Respuesta no autoritativa:
Nombre: ns.unibague.edu.co
Addresses: 2801:1a0:0:2::100:36ea
           200.21.232.132
  
```

Fig. 6. Consultas realizadas a los DNS públicos de Google.

Adicionalmente se configuraron las consultas inversas, es decir que al consultar por la dirección IPv6 se entregue el dominio asociado. Este proceso requiere que los servidores de LACNIC, deleguen autoridad a las zonas inversas de los servidores DNS del dominio. En la figura 7 se muestra una consulta a la dirección IPv6 y que entrega como resultado el dominio asociado.

```
C:\Users\usuario>nslookup 2801:1a0:0:2::300:7372 8.8.8.8
Servidor: google-public-dns-a.google.com
Address: 8.8.8.8

Nombre: www.unibague.edu.co
Address: 2801:1a0:0:2::300:7372
```

Fig. 7. Consultas realizadas a los DNS públicos de Google.

4.2.1.2 Implementación del servicio Web.

Para la implementación del servicio Web, se configuró la doble pila IP en el servidor, se realizó la configuración del Apache 2 [12] y se verificó la directiva Listen la cuál le permite al servicio recibir consultas sobre IPv4 e IPv6. En el escenario donde sólo se desee configurar el servidor para recibir consultas por IPv6 es necesario indicar la dirección que utilizará y el puerto. Ejemplo "Listen [2001:db8::1]:80". La figura 8 muestra el acceso al servidor Web desde la dirección IPv6:



Fig. 8. Acceso al servidor Web desde Google Chrome utilizando direccionamiento IPv6.

4.2.1.3 Servicios complementarios y de gestión.

Otros de los servicios implementados sobre IPv6 para la Intranet y no visibles desde las redes académicas son FTP (Transferencia de archivo hacia servidores) y SSH (Acceso remoto a servidores por consola). Estos servicios son de gestión y por tanto a criterio de cada institución o empresa pueden o no estar visibles para el público. Para el caso de la Universidad de Ibagué estos servicios sólo están disponibles en la Intranet. En la figura 9 se muestra una conexión al servidor Web desde un cliente FTP y en la figura 10 se muestra una conexión al servidor Web desde un cliente SSH.



Fig. 9. Conexión al servidor Web desde un cliente FTP.



Fig. 10. Conexión al servidor Web desde un cliente SSH.

4.2.2 IPv6 en la infraestructura de core.

Luego de finalizar el acompañamiento de RENATA y el proceso metodológico de la implementación de IPv6, la Universidad de Ibagué fue reconocida por RENATA, como la primera institución de educación superior del departamento del Tolima por implementar IPv6 en su infraestructura de core, haciendo accesibles sus servicios Web y DNS desde las universidades conectadas a redes académicas.

5. IPv6 limitado a redes académicas.

Luego de alcanzar el objetivo de implementar IPv6 en la infraestructura de la Universidad de Ibagué, el reto era hacer accesibles los servicios Web y DNS desde Internet. La experiencia vivida desde la Universidad fue que el ISP que brinda el acceso a las redes académicas no tiene su infraestructura preparada para ofrecerle a la Universidad conexión nativa IPv6 hacia Internet. Desafortunadamente por temas contractuales la Universidad no pudo exigir a este ISP habilitar IPv6 hacia Internet.

Por tal motivo se solicitó al ISP de respaldo implementar IPv6 nativo en el router de borde. Este proceso le tomó alrededor de cuatro meses al proveedor dado que debía hacer configuraciones y adaptar su infraestructura al nuevo requerimiento. Finalmente fue así como la Universidad logró hacer accesible el servicio Web y DNS desde Internet a través del protocolo IPv6.

Una vez en Internet, las herramientas públicas de diagnóstico de IPv6 permitieron ajustar las configuraciones implementadas inicialmente con la asesoría de RENATA. En la figura 11 y 12 se muestran los resultados del diagnóstico generado desde el sitio Web IP6.nl e IPv6 test.

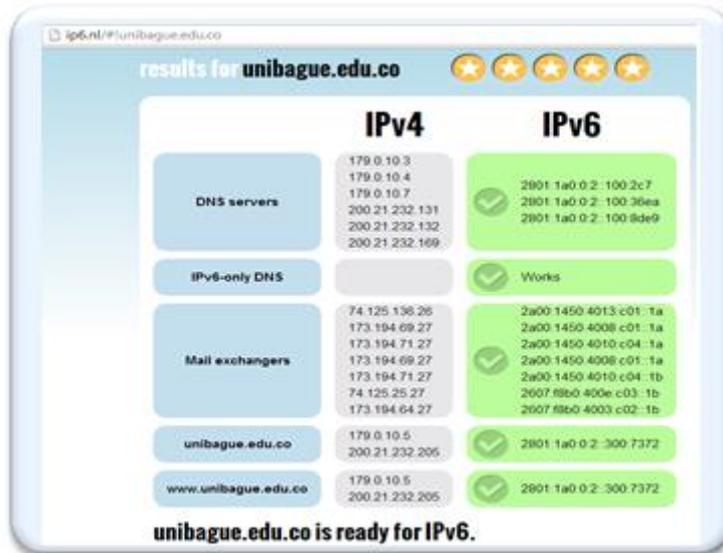


Fig. 11. Diagnóstico generado desde el sitio Web IP6.nl.



Fig. 12. Diagnóstico generado desde el sitio Web IPv6 test.

6. Conclusiones

1. Uno de los factores de éxito en la implementación del protocolo IPv6 es la formulación articulada del plan estratégico de tecnología con el plan de desarrollo institucional. Para el caso de la Universidad de Ibagué, la planeación permitió entre otras cosas, el uso eficiente de los recursos destinados a mejorar la infraestructura de procesamiento y comunicaciones. Adicionalmente, hay que resaltar que el plan estratégico de tecnologías de la información fue un plan participativo, es decir que tuvo en cuenta las necesidades de cada una de las áreas de la institución y además, contó con el respaldo de entidades públicas de carácter nacional como el Ministerio de Educación y el apoyo de otras instituciones académicas.
2. Un segundo factor de éxito en la implementación del protocolo IPv6 es la consolidación de relaciones de apoyo a través de redes y comunidades nacionales e internacionales. En el caso de la Universidad de Ibagué, la alianza con redes como RADAR y RENATA, redes académicas de carácter regional y nacional, posibilitó el soporte técnico y metodológico para la implementación de IPv6 en cada uno de los servicios de la infraestructura de core. Por su parte, ser miembro de LACNIC, le permitió a la Universidad, conocer experiencias exitosas y asignó a la institución su propio direccionamiento tanto IPv4 como IPv6.
3. Uno de los obstáculos de mayor impacto en el proceso, es el rezago en la infraestructura de los proveedores de Internet respecto al despliegue del protocolo IPv6, por lo cual las universidades están llamadas a promover que los ISP implementen IPv6 en sus redes, de lo contrario, el agotamiento de IPv4 seguirá retrasando el avance hacia nuevas tecnologías más eficientes y seguras.

Referencias

1. Latin America & Caribbean Network Information Centre: entidad responsable por la asignación y administración de los recursos de Internet en América Latina y el Caribe de acuerdo a las reglas desarrolladas por su comunidad, <http://www.lacnic.net/web/lacnic/acerca-lacnic>
2. RADAR: Asociación de instituciones educativas y de investigación que busca a través de las TIC contribuir a la generación de conocimientos y al desarrollo regional, <http://www.utp.edu.co/radar/filosofia-institucional.html>
3. RENATA: Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada, <http://www.renata.edu.co/index.php/quienes-somos-identidad-y-objetivos-de-renata.html>
4. Pedraza, G., Chaparro, N., Molano, S., Motta, O., Ovalle, C., Murillo, M: Informe final PlanesTic Universidad de Ibagué, Ibagué (2010)
5. Comunidad PlanesTIC, <http://comunidadplanestic.uniandes.edu.co/AcercadePlanesTic.aspx>.

6. Lopez, L., Pedraza, G.: Plan de Desarrollo Institucional PDI 2008-2013, Universidad de Ibagué, Ibagué (2008)
7. Acerca de LACNIC, <http://www.lacnic.net/web/lacnic/acerca-lacnic>
8. Impulso a la implementación del protocolo IPv6, <http://www.renata.edu.co/index.php/ipv6-renata-colombia/5155-ultima-semana-para-envio-de-postulaciones-al-qsegunda-edicion-del-programa-para-el-impulso-a-la-implementacion-del-protocolo-ipv6q.html>.
9. Las direcciones privadas de IPv4 alcanzaron los RFC (Request For Comments) de IPv6 (RFC4193) y se conoce como Unique Local Address (ULA - RFC4193). De acuerdo con Jan Žorž, Director del Programa de Participación Operacional de la Internet Society y consultor de implementación en ISPs de Eslovenia, las ULAs proponen traer el pasado de IPv4 y la falsa sensación de seguridad de NAT(Network Address Translation) al mundo de IPv6.
10. El servicio DNS, cumple la función de traducir dominios a direcciones IP. Las direcciones IPv6 por su tamaño (128 bits) son más complejas de leer y de difícil recordación, que las direcciones IPv4. Por lo tanto el servicio DNS juega un papel determinante en el proceso de implementación de IPv6.
11. Bind, <http://www.tldp.org/HOWTO/Linux+IPv6-HOWTO/hints-daemons-bind.html>
12. Apache desde su versión 2, soporta IPv6, http://httpd.apache.org/docs/2.0/new_features_2_0.html