

PLANEACIÓN PARA ADOPTAR EL PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6  
(IPV6) EN LA ALCALDÍA DE ACACÍAS (META)

CHRISTIAN VÍCTOR SALAZAR HERNÁNDEZ  
EDILBERTO ROMERO TRUJILLO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2018

PLANEACIÓN PARA ADOPTAR EL PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6  
(IPV6) EN LA ALCALDÍA DE ACACÍAS (META)

CHRISTIAN VÍCTOR SALAZAR HERNÁNDEZ  
EDILBERTO ROMERO TRUJILLO

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Telecomunicaciones

Director: ÁLVARO ESCOBAR  
Ingeniero de Sistemas

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2018

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, 17 de septiembre de 2018

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido alcanzar este logro y, a mi esposa, por su apoyo en cada proyecto que emprendo.

Edilberto Romero Trujillo

A Dios quien, como guía, estuvo presente en mí, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas hasta alcanzarlas.

A mi padre, por ser mi mejor amigo, consejero y ejemplo a seguir.

A mi madre y abuelita por su amor, trabajo y sacrificio. Su esfuerzo y dedicación, me ayudaron a culminar un peldaño más en mi formación profesional.

A mi familia y amigos, quienes creyeron en mí como persona capacitada, responsable y respetuosa. Gracias a su apoyo incondicional, no desfallecí cuando el camino parecía difícil e inalcanzable.

Christian Víctor Salazar Hernández

## DEDICATORIA

A cada uno de los docentes que nos brindaron su conocimiento y apoyo, el cual contribuyó a nuestro crecimiento profesional.

A la administración municipal de Acacías (Meta), por habernos permitido adelantar este trabajo de investigación en esa Entidad.

Edilberto Romero Trujillo

A la Universidad Piloto de Colombia, a la Facultad de Ingeniería y a sus docentes, quienes, con su enseñanza y valiosos conocimientos, hicieron que pudiera crecer día a día como profesional. Gracias a cada uno de ustedes, docentes, por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.

Al Director de Tesis, que, gracias a sus consejos y guía, hoy podemos culminar una etapa más y aportar a la construcción de país.

Christian Víctor Salazar Hernández

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. JUSTIFICACIÓN.....	14
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
3. OBJETIVOS.....	16
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. DISEÑO METODOLOGICO.....	17
4.1. ENFOQUE.....	17
4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
4.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS.....	17
5. HIPÓTESIS.....	18
5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	18
5.2 HIPÓTESIS NULA.....	18
6. VARIABLES.....	19
6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	19
6.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	19
7. MARCO LEGAL.....	20
7.1 ALCANCES DE LA RESOLUCIÓN 2710.....	20
7.2 NECESIDADES DE LA ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO IPV6.....	20
7.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	20
7.4 PLAZO PARA LA ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO IPV6.....	21
7.5 TRANSICIÓN PARA LA ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO.....	21
7.6 SANCIONES DE LA NO ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO.....	21
7.7 GUÍA DE TRANSICIÓN DE IPV4 A IPV6 PARA COLOMBIA.....	22
8. MARCO CONCEPTUAL.....	24
8.1 ¿QUÉ ES UNA DIRECCIÓN IP?.....	24
8.2 ¿QUÉ ES UNA RED?.....	24

8.3 TECNOLOGÍAS ACTUALES Y TECNOLOGÍAS A IMPLEMENTAR.....	25
8.3.1. Protocolo IP (Protocolo de Internet).....	25
8.3.2. Tecnología actual: IPv4. ....	25
8.4 SISTEMA DE REGISTRO DE INTERNET .....	26
8.5 REPORTE DE ASIGNACIONES IPV4.....	27
8.6 TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6 (IPV6) .....	28
8.6.1 Características de IPv6.....	28
8.6.2 Cabecera IPv6.....	29
8.6.3 Tipos de direccionamiento de IPv6 .....	30
8.6.4 Tabla de direccionamiento para IPv6.....	33
8.7 TECNOLOGÍAS DE TRANSICIÓN .....	35
8.7.1 Doble Pila ( <i>Dual stack</i> ). ....	35
8.7.2 Túneles.....	37
8.7.3 Traducción.....	38
8.8 RFC (PETICIÓN DE COMENTARIOS).....	39
8.9 SLA (ACUERDOS DE NIVEL DE SERVICIOS) .....	40
8.10 TCP/IP ( <i>TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL / INTERNET PROTOCOL</i> ) .....	40
9. MARCO TEORICO .....	42
9.1 ADOPCIÓN DE IPV6.....	42
9.2 ¿CÓMO OBTENER UN BLOQUE DE DIRECCIONES IPV6? .....	43
10. EL CASO DE ACACÍAS (META): CONTEXTO Y RETOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA IPV6.....	47
10.1 GENERALIDADES .....	47
10.2 DEPENDENCIAS DE LA ALCALDÍA .....	47
11. INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA TI.....	50
11.1 EQUIPOS DE RED .....	50
6. Equipos de red.....	50
11.2 SERVIDORES .....	57
11.3 APLICACIONES .....	58
11.4 INVENTARIO DE LOS EQUIPOS.....	60
12. PLAN DIAGNÓSTICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA IPV6 EN LA ALCALDÍA DE ACACÍAS (META).....	70

12.1 ESTADO ACTUAL.....	70
12.2 TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR EN LA ALCALDÍA .....	73
13. PLAN DETALLADO DEL PROCESO DE ADOPCIÓN AL PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6 EN LA ALCALDÍA DE ACACÍAS .....	75
14. PRESUPUESTO.....	96
14.1. PERSONAL .....	96
14.2. DISPOSITIVOS A CAMBIAR Y/O ACTUALIZAR .....	97
14.3. PRESUPUESTOS DE ISP.....	97
14.4. CAPACITACIÓN.....	98
14.5. VALOR APROXIMADO DE LA ADOPCIÓN .....	98
15. RESULTADOS.....	100
16. CONCLUSIONES .....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	103

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tipos de direccionamiento IPv6 .....	33
Tabla 2. Direccionamiento <i>Multicast</i> .....	35
Tabla 3. Proceso de implementación del protocolo IPv6 en ISP colombianos .....	44
Tabla 4. Proceso de implementación del protocolo IPv6 en entidades colombianas .....	45
Tabla 5. Tabla de Categorías y Cuotas (Vigencia: el 1º de enero de 2018) .....	46
Tabla 6. Equipos de red.....	50
Tabla 7. Servidores.....	57
Tabla 8. Aplicaciones.....	58
Tabla 9. Inventario de equipos.....	60
Tabla 10. Estadística arrojada por el servicio DHCP.....	71
Tabla 11. Distribución lógica alcaldía de Acacías .....	71
Tabla 12 ejemplo Direccionamiento para la Implementación .....	76
Tabla 13. Plantilla para construir el Plan de Rollback .....	77
Tabla 14. Plantilla Inventario Infraestructura TI sobre el IPv6 .....	83
Tabla 15. Plan sugerido para adopción del protocolo IPv6 .....	84
Tabla 16. Perfil de los profesionales .....	96
Tabla 17. Dispositivos a cambiar y/o actualizar .....	97
Tabla 18. Estimación de presupuesto para la adopción.....	98

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Red de datos .....	24
Figura 2. Detalles de red.....	25
Figura 3. Distribución de direccionamiento IP .....	26
Figura 4. Fase de distribución de direccionamiento IPv4 .....	27
Figura 5. Seguridad e integridad de datos .....	28
Figura 6. Cabecera IPv6 .....	30
Figura 7. Direcciones <i>Unicast</i> .....	31
Figura 8. Direcciones <i>Multicast</i> .....	32
Figura 9. Direcciones <i>Anycast</i> .....	32
Figura 10. <i>Dual Stack</i> .....	36
Figura 11. Tipología de red <i>Dual Stack</i> .....	36
Figura 12. Procedimiento de tunelización .....	37
Figura 13. Traducción IPv4 a IPv6.....	39
Figura 14. Modelos TCP/IP.....	41
Figura 15. Adopción IPv6 a nivel mundial .....	42
Figura 16. Adopción de IPv6 por país en Sur América.....	42
Figura 17. Estructura alcaldía Acacías (Meta) .....	49
Figura 18. Topología de red actual en la alcaldía Acacías .....	70
Figura 19. Estadísticas arrojadas por la controladora UniFi .....	73
Figura 20. Tráfico web hora pico.....	74

## LISTA DE ANEXOS

pág.

<u>ANEXOS\Anexo A Datasheet Switch Cisco SG500-28.pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo B Datasheet Switch Cisco Catalyst 2960.pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo C Datasheet Switch HP 2530 Switch Series.pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo D Datasheet Switch 3COM Switch 4210G.pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo E Datasheet Switch HPE OfficeConnect 1910 Switch Series</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo F Datasheet Switch Switches HP V1905.pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo G Datasheet Switch access point Ubiquiti Unifi AP-Pro..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo H Datasheet Radio Ligowave APC 5M 90..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo I Datasheet Radio Ligowave DLB ECHO 5..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo J Datasheet Switch Firewall WatchGuard firebox m200 m300..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo K Datasheet Equipo Balanceador Peplink Balance 380..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo L Datasheet Switch Planta Telefónica Grandstream ucm6116 series..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo M Ficha tecnica Epson L355..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo N Ficha tecnica Epson L555..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo O Ficha tecnica Epson L575..pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo P Ficha tecnica HP laserjet m1522n.pdf</u> .....	56
<u>ANEXOS\Anexo Q Ficha tecnica HP LaserJet Pro MFP M127fn..pdf</u> .....	57
<u>ANEXOS\Anexo R Ficha tecnica Samsung ProXpress M4070FR..pdf</u> .....	57
<u>ANEXOS\Anexo S Ficha tecnica LaserJet Pro M1212NF..pdf</u> .....	57
<u>ANEXOS\Anexo T Ficha tecnica Sistemas operativos Windows y Linux..pdf</u> .....	58
<u>ANEXOS\Anexo U Propuesta General Cursos Academia IPv6 Jul 2018..pdf</u> .....	97
<u>ANEXOS\Anexo V Datasheet Switch Cisco SG550..pdf</u> .....	97
<u>ANEXOS\Anexo W Cotización Digital Tecnolgy..pdf</u> .....	97
<u>ANEXOS\Anexo X Cotización Asconsys..pdf</u> .....	97
<u>ANEXOS\Anexo X. Cotización Asconsys</u> .....	97
<u>ANEXOS\Anexo Y. Cotización AyC Services</u> .....	97
<u>ANEXOS\Anexo Z. ETB Oferta Comercial - Internet Dedicado con IPv6</u> .....	98
<u>Anexo AA. Claro Colombia Presentación Comercial Internet Dedicado Corporativo 2018</u> .....	98

## RESUMEN

El protocolo de internet (IP) es un conjunto de reglas para las comunicaciones de datos digitales. El objetivo principal del protocolo es la transición de bloques de datos a través de fuentes y destinos. De igual forma, facilita el intercambio de datos entre redes y establece el esquema de numeración y recursos de direccionamiento necesarios para conectar los dispositivos al internet global. En la actualidad, el IPv4 es el protocolo más utilizado para conectar dispositivos a internet. Sin embargo, la estructura del protocolo IPv4 produce un número limitado de direcciones IP y la producción ha llegado a una etapa de agotamiento, lo que limita el crecimiento continuo de conexiones a la red mundial. Por tal motivo, se evidenció la necesidad de crear e implementar una nueva versión, la versión IPv6.

Al tener este hecho, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) expide la Resolución 2710 del 3 de octubre del 2017, “Por la cual se establecen lineamientos para la adopción del protocolo IPv6”. De igual forma, el MINTIC da a conocer la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia”, con los lineamientos a seguir para cada una de las fases de adopción de IPv6.

La transición al protocolo IPv6 se requiere para un mejor aprovechamiento e implementación de las redes de nueva generación. De esta manera, se cuentan con las direcciones IP necesarias que no están disponibles en IPv4 y permite, a su vez, el desarrollo de nuevas tecnologías como, por ejemplo, 4G, 5G e Internet de las cosas.

El propósito del presente trabajo es diseñar un plan de transición del protocolo en redes de datos de IPv4 a IPv6 para la Alcaldía de Acacias-Meta. Dicha transición se plantea al tener en cuenta los lineamientos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC).

El proceso incluyó el análisis del estado actual de la tecnología con la que cuenta el municipio de Acacias. Posteriormente, se identificaron sus dependencias; el número de funcionarios y de usuarios. Asimismo, se elaboraron y validaron los inventarios de hardware y software de la Entidad. Finalmente, se elaboró una propuesta de plan diagnóstico y el plan detallado del proceso de adopción al protocolo de internet versión 6 (IPv6). Lo anterior, al tener como referencia las necesidades existentes en la alcaldía de Acacias.

Los autores de este trabajo de grado buscan que los elementos analizados y descritos en este documento ayuden a la alcaldía de Acacias-Meta en el proceso de transición de IPv4 a IPv6.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto va encaminado a la adopción del protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la alcaldía municipal de Acacias (Meta). Esto debido a que el protocolo de internet versión 4 (IPv4), encargado de realizar hasta el momento las conexiones de dispositivos a internet y la transferencia de información de los usuarios por la red, ha llegado a una etapa de agotamiento en su asignación de direccionamiento IP que limita el crecimiento continuo de conexiones a la red mundial.

Por lo anterior, se hace necesario migrar a un protocolo que permita seguir con el continuo crecimiento de la red y, al mismo tiempo, garantice el funcionamiento de *software* y *hardware* para el intercambio de información a nivel local y global. El protocolo IPv6, gracias a su capacidad de direccionamiento y de otras bondades, como la seguridad, ha sido el elegido para reemplazar al protocolo IPv4.

El Ministerio de la Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) ha creado lineamientos que direccionan la adopción del protocolo IPv6 para las entidades públicas y privadas del país. Un ejemplo de esto es la *Guía de Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia*, que recomienda realizar la adopción del protocolo IPv6 por fases con el fin de que la adopción se desarrolle en un ambiente seguro y exitoso.

En este documento se propondrá la Fase 1 de planeación de la adopción del protocolo IPv6 en la alcaldía de Acacias, según lo planteado en las recomendaciones impartidas por el MINTIC.

## 1. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, los dispositivos móviles como los teléfonos inteligentes, las tabletas y portátiles, por ejemplo, ofrecen la posibilidad de tener acceso a los servicios en línea que ofrecen los bancos de y que facilitan la información haciéndola más fácil y eficiente. La demanda por el uso de los servicios bancarios por internet ha hecho que aumente el número de usuarios conectados a la web. Pero, este hecho ha generado escasez en el direccionamiento del protocolo de internet versión 4 (IPv4) el cual es usado por los dispositivos para realizar las conexiones.

Esta situación se viene presentado a nivel mundial. Así lo dio a conocer el registro de direcciones de internet para América Latina y Caribe (LACNIC). Que sostiene que se llegó a una cuota de 4.194.302 direcciones IPv4 en su *stock*, con lo cual sólo podrán asignar cantidades muy pequeñas de direcciones IPv4. La Organización lleva entregadas más de 182 millones de direcciones IPv4 en América Latina y el Caribe desde el inicio de sus operaciones en 2002.

El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en adelante MINTIC, al buscar que las entidades públicas colombianas sean más eficientes, más transparentes y cuenten con mayores índices de participación a través de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), está implementando una estrategia llamada “Gobierno en línea”, la cual busca, entre otras, prestar los mejores servicios en línea al ciudadano. Pero esto no va a ser posible si las entidades no cuentan con los equipos y la conectividad que soporte la implementación de trámites y servicios públicos en línea. Es decir, pasar del protocolo IPv4 al IPv6.

Los autores escogieron apoyar el proceso de transición IPv4 a IPv6 en una entidad pública que, a la fecha, no hubiese iniciado la adopción, pero que lo tenía contemplado en sus acciones estratégicas de mediano plazo. La gestión de los autores y la disponibilidad administrativa, permitió que el trabajo de grado se hiciera en la alcaldía de Acacías. Se espera que los elementos contemplados en el trabajo de grado brinden los lineamientos y pautas necesarias que faciliten la transición de IPv4 a IPV6 y que garanticen la continuidad en la prestación de los servicios de conectividad y en la operación normal de la Alcaldía municipal sin causar mayores traumatismos en la comunidad acacireña.

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de grado se propone dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

### 2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo realizar la adopción del protocolo de internet versión 6 en la alcaldía municipal de Acacías (Meta)?

### 2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al tener en cuenta que los desarrollos tecnológicos crecen a pasos agigantados, así mismo se debe evolucionar tecnológicamente. Uno de los grandes avances es la adopción de IPv6 (Protocolo de Internet Versión 6). Se hace referencia a que en la actualidad se cuenta con IPv4 (Protocolo de Internet Versión 4), el cual cuenta con 4.300 millones de direcciones IP y ha sido el encargado de dar direccionamiento a las conexiones a través de internet desde 1981. Se reitera que el protocolo IPv4 llegó a una cuota de 4.194.302 direcciones en su *stock* y que sólo se podrán asignar cantidades muy pequeñas de direcciones IPv4. Lo antes mencionado para sensibilizar que el direccionamiento IPv4 ya está agotado y la solución, ante esta caída tecnológica, es la migración al Protocolo de Internet Versión 6 (IPv6).

Por lo anterior, se ha hecho necesario la adopción del protocolo IPv6, al tener en cuenta que este protocolo tiene un esquema de direccionamiento de 128 bits, el cual proveerá de una gran cantidad de direcciones IP. Para ser más exactos: de 2 elevado a la 128 ( $2^{128}$ ), equivalente a 340 sextillones de direcciones IP<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> RAMÍREZ PULIDO, Diego. Universidad Católica. Facultad de Ingeniería, 2015. p.60.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una estrategia tecnológica en la adopción del Protocolo de Internet Versión 6 (IPv6) en la alcaldía municipal de Acacías (Meta), según la normatividad vigente.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la estructura tecnológica con la que cuenta la alcaldía de Acacías.
- Determinar los niveles de compatibilidad de los equipos y redes con el protocolo IPv6.
- Generar un plan detallado del proceso de adopción IPv6.

## **4. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1. ENFOQUE**

El enfoque que se ha elegido para el presente trabajo es cualitativo con base al problema investigativo propuesto que requiere para su respuesta efectiva la identificación y caracterización de las fortalezas y debilidades para la migración de IPV4 a IPV6 con el fin de que la propuesta sea viable, efectiva y no genere riesgos en la calidad del servicio.

### **4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación es de tipo analítico-descriptiva pues debe observarse la caracterización que debe cumplirse tanto para la aplicación del protocolo como en relación con la infraestructura informática que emplea la alcaldía, lo que permite orientar de manera más efectiva la implementación del protocolo IPV6.

### **4.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS**

Para lograr los objetivos planteados se organizaron tres etapas: La primera, fue de planeación y elaboración de instrumentos de recolección de información. Esta tiene como elemento principal la recolección de documentos y sus análisis con el fin de entender la estructura tecnológica con la que cuenta la alcaldía de Acacías. De manera paralela, se buscó información secundaria sobre estudios de casos iguales o parecidos de implementación de IPv6 en entidades públicas en Colombia.

La segunda etapa consiste en determinar los niveles de compatibilidad de los equipos y redes con el protocolo IPv6, para evitar molestias durante su funcionalidad

La tercera etapa consistió en analizar, tanto la información recolectada en campo como la de las fuentes secundarias. Acto seguido, los autores procedieron a diseñar la estrategia tecnológica más adecuada para la alcaldía de Acacías en la adopción del Protocolo de Internet Versión 6 (IPv6).

## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo de grado propone las siguientes tres hipótesis de investigación:

Hipótesis 1. La planeación detallada en la adopción del protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la alcaldía de Acacías, reduce costos y tiempos en la modernización tecnológica de la Entidad.

Hipótesis 2. La Alcaldía presta servicios de red de forma continua y sin interrupciones.

Hipótesis 3. El municipio de Acacías hace uso de nuevas tecnologías como, por ejemplo, 4G, 5G e Internet de las cosas (IoT).

### **5.2 HIPÓTESIS NULA**

Asimismo, el trabajo de grado plantea como hipótesis nulas las siguientes:

Hipótesis nula 1. La planeación detallada en la adopción del protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la alcaldía de Acacías, incrementa costos y tiempos en la modernización tecnológica de la Entidad.

Hipótesis nula 2. La Alcaldía presta servicios de red de forma discontinua y con interrupciones.

Hipótesis nula 3. El municipio de Acacías no tiene acceso a nuevas tecnologías como, por ejemplo, 4G, 5G e Internet de las cosas (IoT).

## **6. VARIABLES**

El trabajo de investigación se sustenta en dos variables: independientes y dependientes.

### **6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

La variable independiente propuesta es la adopción del protocolo:

- Adopción de IPv6 (Causa)

### **6.2 VARIABLES DEPENDIENTES**

Las variables dependientes son tres y su identificación tiene como base un factor externo o externalidad: El MINTIC no presenta ningún cambio en las condiciones técnicas de uso de la IPv6 en las entidades públicas del país.

Al tener en cuenta lo anterior, las variables dependientes son:

- Cambios en la red - Continuidad en la prestación de los servicios (Efecto)
- Planeación estratégica: recursos y tiempos
- Disponibilidad de equipos y su respectiva adaptabilidad al nuevo protocolo

## **7. MARCO LEGAL**

El trabajo de grado tiene como soporte la “Resolución 2710 del 3 de octubre del 2017, “Por la cual se establecen lineamientos para la adopción del protocolo IPv6”” del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. En su análisis, el capítulo se desglosa en siete apartes: Alcances de la Resolución 2710, necesidades de la adopción del protocolo IPv6, ámbito de aplicación, plazo de adopción del protocolo, transición para la adopción del protocolo, sanciones y guía de transición entre la IPv4 y la IPv6.

### **7.1 ALCANCES DE LA RESOLUCIÓN 2710**

El MINTIC comunica a los entes públicos y privados las razones por las cuales es necesario que en el país se de una adopción del Protocolo de Internet versión 6 (Ipv6). Entre otras razones, la Resolución en mención se basa en dos justificaciones técnicas: Primero, un agotamiento de las direcciones IPv4 y, segundo, una creciente demanda de direcciones disponibles ante los nuevos servicios, aplicaciones y tecnologías basadas en internet<sup>2</sup>.

### **7.2 NECESIDADES DE LA ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO IPV6**

La transición al protocolo IPv6 se requiere por dos razones principalmente. La primera por el agotamiento de las direcciones disponibles IPv4. Y, segundo, con el fin de mejorar el aprovechamiento e implementación de las redes de nueva generación. Lo que permitirá el desarrollo de nuevas tecnologías como, por ejemplo, 4G, 5G e Internet de las cosas (IoT)<sup>3</sup>.

### **7.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La Resolución 2710 establece en su artículo 2 el ámbito de aplicación, así:

Son sujetos obligados de las disposiciones contenidas en la presente Resolución las entidades de que trata el Artículo 2.2.9.1.1.2 del Decreto 1078 de 2015 – Decreto único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en todas sus Infraestructuras de TIC con soporte IPv6, entendidas dichas infraestructuras como las redes de telecomunicaciones, programas y/o aplicaciones, sitios Web, sistemas de almacenamiento, seguridad, sistemas de cómputo y en general toda

---

<sup>2</sup> MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Resolución 0002710 de 2017, p.1-2.

<sup>3</sup> Ibid., p. 1.

tecnología que utilice el protocolo de internet IP que soporte IPv6, acorde al diagnóstico de cada entidad. Lo anterior sin perjuicio de la coexistencia con el Protocolo IP versión 4-IPv4<sup>4</sup>.

#### **7.4 PLAZO PARA LA ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO IPV6**

El artículo 3 de la Resolución 2710 establece como plazo de adopción el 31 de diciembre de 2019, así:

Las Entidades Estatales de carácter Nacional que trata el artículo segundo de la presente resolución, deberán culminar el proceso de transición a protocolo IPv6 en convivencia con el protocolo IPv4 a más tardar el 31 de diciembre de 2019. Por su Parte, las entidades territoriales deben finalizar dicho proceso a más tardar el 31 de diciembre del año 2020, acorde al plan de diagnóstico formulado por cada entidad<sup>5</sup>.

#### **7.5 TRANSICIÓN PARA LA ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO**

El artículo 4 establece que el protocolo IPv4 debe soportar los servicios del IPv6: “La transición del protocolo IPv4 al protocolo IPv6 deberá soportar los servicios de Internet en IPv6 nativo en coexistencia con IPv4 para mantener las infraestructuras de TI de las entidades estatales en operación”<sup>6</sup>.

#### **7.6 SANCIONES DE LA NO ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO**

La Resolución 2710 establece las sanciones si no se adopta el protocolo dentro del tiempo señalado. El artículo 6 reza:

El incumplimiento de las disposiciones de la presente Resolución dará lugar a la aplicación de las sanciones respectivas de conformidad con lo establecido en las normas vigentes. En las materias relacionadas con la ley 1341 de 2009, lo previsto en este artículo será de competencia de la Dirección de Vigilancia y Control del Ministerio de la Información y las Comunicaciones<sup>7</sup>.

---

<sup>4</sup> Ibid., p. 3.

<sup>5</sup> Ibid., p. 3.

<sup>6</sup> Ibid., p. 3-4.

<sup>7</sup> Ibid., p. 4.

## 7.7 GUÍA DE TRANSICIÓN DE IPV4 A IPV6 PARA COLOMBIA

La “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia” indica quiénes y cuáles entes deberán realizar la adopción del protocolo de internet versión 6 (IPv6), en conjunto con el MINTIC que es la entidad encargada de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos en el sector TIC<sup>8</sup>.

De otro lado, la Guía brinda los lineamientos técnicos que serán tenidos en cuenta para el proceso de adopción o transición de IPV4 a IPV6. La Guía da cuenta de la serie de beneficios de la transición y que se relacionan en el Numeral 6 de la misma Guía. Entre estos beneficios se tienen:

- La posibilidad de tener un mayor número de equipos conectados a la red de las entidades al ser implementada esta solución.
- Proceso técnicamente transparente para los usuarios de la red de comunicaciones y sus distintos servicios dentro de las organizaciones.
- La posibilidad de incrementar la movilidad de los usuarios al tener un número mayor de direcciones IP para la conectividad.
- Mejora de la seguridad a nivel de direccionamiento IP de la red en virtud de la arquitectura del nuevo protocolo y sus servicios.
- Reducción de los costos al implementar la solución de IPv6, en este sentido los costos podrían ser mayores de no implementarse el nuevo protocolo en las entidades.
- Se facilitará la aparición de nuevas aplicaciones y servicios sobre una gran variedad de plataformas.
- Gran número de direcciones IP para conexiones a Internet con el mundo exterior, facilitando el crecimiento de nuevas tecnologías como el internet de las cosas, las ciudades inteligentes, redes de sensores, entre otras.
- Los Proveedores de Servicio de Internet, tendrán que preparar el proceso de transición de IPv6, mediante la creación de un *backbone* nativo de IPv6 que apoye a los clientes en el enrutamiento de las nuevas direcciones IPv6 a fin de garantizar la publicación de servicios y aplicaciones que se consideren pertinentes hacia internet para todas las entidades del Gobierno.
- Para el ciudadano en general, la implementación de IPv6 será un proceso gradual cuya responsabilidad no será del gobierno, sino del proveedor del servicio de internet directamente y no deberá generar costos directos<sup>9</sup>

La Guía del MINTIC también plantea que para un mejor proceso de transición IPv4 a IPv6, se recomienda realizarlo en 3 fases. Para el trabajo de grado titulado “Planeación para adoptar el protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la Alcaldía de Acacías (Meta)”, se tendrá en cuenta los elementos que hacen parte de la Fase 1 o

---

<sup>8</sup> MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia. 2017, p. 2.

<sup>9</sup> Ibid., p. 13.

Fase de planeación de IPv6 y que se describen en la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia”. Se señala que los alcances a los que hace referencia la Fase 1 estructuran los objetivos específicos de este trabajo de grado.

## 8. MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual da cuenta de los elementos teóricos que estructuran el trabajo de grado relacionados con los protocolos IPv4 e IPv6 y la estructura detrás de ellos.

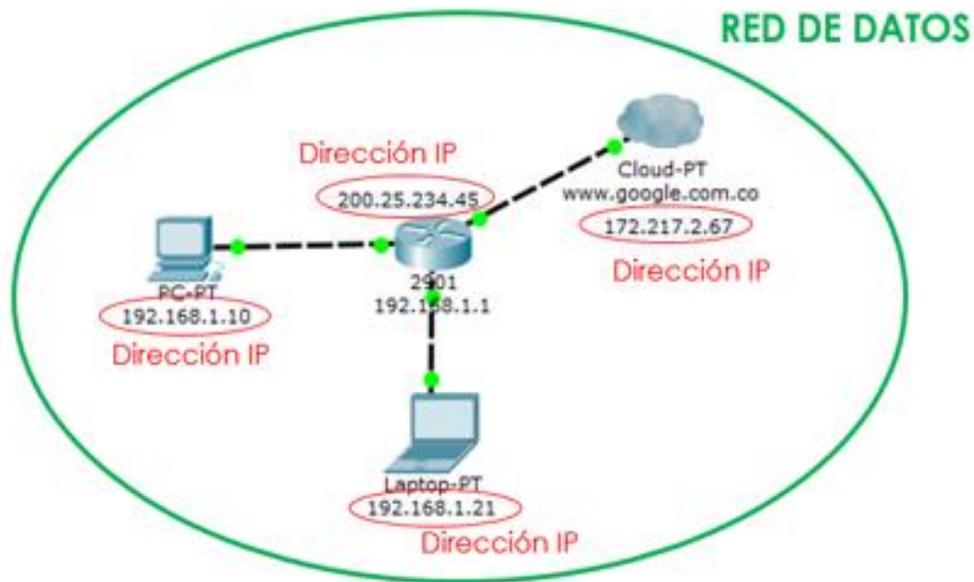
### 8.1 ¿QUÉ ES UNA DIRECCIÓN IP?

Los autores del trabajo de grado definen una dirección IP como un número o identificación que se le asigna a un usuario. Cuando el usuario se conecta con un dispositivo a una red de computadores, el usuario es identificado por la dirección IP asignada y, de esta manera, se puede comunicar con otros dispositivos. Pero la dirección IP no solo es asignada a dispositivos físicos, sino que también son asignadas a servicios intangibles como, por ejemplo, a un sitio web, aplicaciones, sistemas de información, etc.

### 8.2 ¿QUÉ ES UNA RED?

La red la definen los autores como un conjunto de elementos informáticos conectados entre sí con el fin de compartir recursos, información y servicios.

Figura 1. Red de datos



Fuente: Los autores.

En la Figura 1 “Red de datos” se puede evidenciar una topología simple de red, en la cual existe interconexiones entre distintos dispositivos pertenecientes a dicha a la misma red de datos.

### 8.3 TECNOLOGÍAS ACTUALES Y TECNOLOGÍAS A IMPLEMENTAR

A continuación, los autores del trabajo de grado presentan una descripción de las tecnologías actuales y las tendencias tecnológicas a implementar, con el fin de mejorar la conectividad y hacer mucho más segura dicha conectividad.

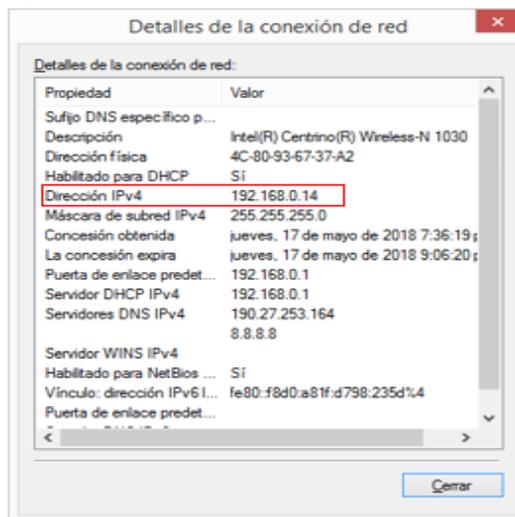
8.3.1. Protocolo IP (Protocolo de Internet). El protocolo IP facilita el intercambio de datos entre redes y establece un esquema de numeración y recursos de direccionamiento necesario para conectar dispositivos al internet global.

8.3.2. Tecnología actual: IPv4. Es un método de identificación que usan los elementos de una red para compartir su información con las demás redes. Una dirección IPv4 está hecha de cuatro secciones con 256 posibilidades en cada sección. Para encontrar el número de total de direcciones IPv4, se debe multiplicar  $256*256*256*256$ . De esta manera, se tendrá como resultado 4.294.967.296 direcciones (o un número finito).

Este protocolo es el más utilizado en la actualidad para conectar dispositivos a internet y, debido a esto, se han venido agotando las direcciones IP que se tienen disponibles en el mercado.

En la Figura 2, se resalta en un recuadro el tipo de direccionamiento que el dispositivo está utilizado, es decir, el IPv4.

Figura 2. Detalles de red



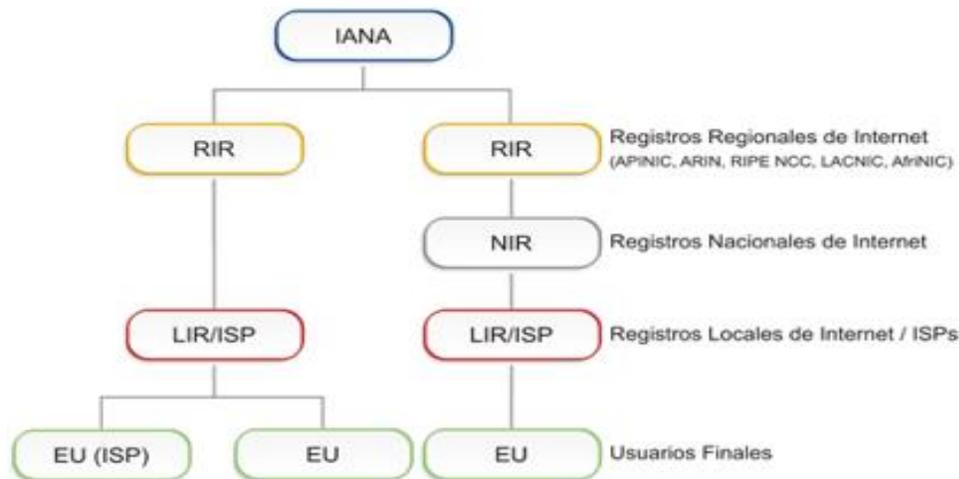
Fuente: Los autores.

## 8.4 SISTEMA DE REGISTRO DE INTERNET

Los usuarios finales son aquellas organizaciones que operan redes en donde se utilizan los espacios de direcciones IPv4. Los NIRs (Registros Nacionales de Internet), al igual que LACNIC (Registro Regional de Internet para América Latina y el Caribe), mantienen espacios de direcciones IPv4 para ser asignados a usuarios finales o distribuidos a proveedores de servicios de internet.

Los espacios de direcciones IPv4 asignados son utilizados para la operación de redes, mientras que el espacio de direcciones IPv4 distribuidos se mantiene en los registros de internet para futuras asignaciones a sus usuarios finales<sup>10</sup>. La distribución de espacio de los recursos de numeración sigue un esquema jerárquico. En la Figura 3 “Distribución de direccionamiento IP”, se observa el trabajo que desempeña la IANA<sup>11</sup> y su jerarquía para la distribución del direccionamiento IP, al iniciar por los continentes y finalizar la entrega de direccionamiento a los usuarios finales.

Figura 3. Distribución de direccionamiento IP



Fuente: LACNIC. Definiciones12.

<sup>10</sup> LACNIC. Definiciones. [on line]. Disponible en: <https://www.lacnic.net/544/1/lacnic/>

<sup>11</sup> ¿Qué es la IANA? Se le considera el tenedor y administrador de las direcciones de internet en los 5 continentes. También es la Entidad encargada de distribuir dichas direcciones al Registro Regional de Internet o RIR, por sus siglas en inglés y al Registro de Direcciones de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC, por sus siglas en inglés). Ver en Internet Society ¿Qué es la IANA? [on line]. Disponible en: <https://isoc-rd.org.do/publicaciones/iana/> y IANA. About us. [on line]. Disponible en: <https://www.iana.org/>

<sup>12</sup> LACNIC. Definiciones. Op. Cit. [on line].

## 8.5 REPORTE DE ASIGNACIONES IPV4

El Registro de Direcciones de Internet para América Latina y Caribe (en adelante LACNIC, por sus siglas en inglés) estableció 4 fases (Fase0, Fase1, Fase2 y Fase 3) para proveer las últimas reservas de IPv4. En la actualidad, la IPv4 se encuentra en la última Fase o Fase Agotamiento (Fase 3, cuyo marco temporal está establecido entre el 15 de febrero de 2017 y el 31 de diciembre de 2019).

El estado del bloque IPv4 correspondiente a la Fase 3, se detalla a continuación:

Direcciones IPv4 reservadas para la Fase 3 son 5.045.504

Direcciones IPv4 asignadas en esta Fase son 1.790.208

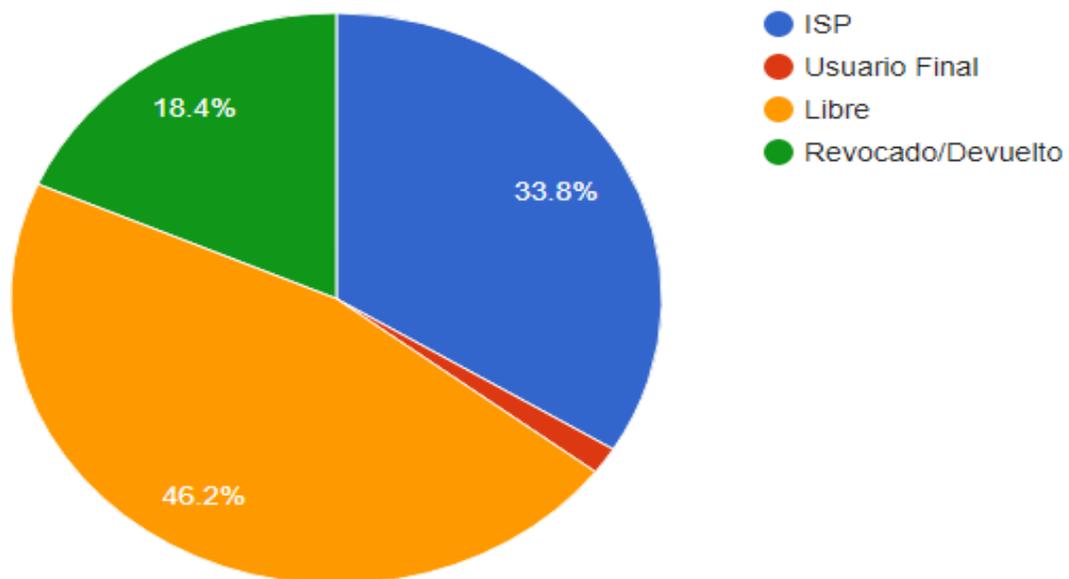
Direcciones IPv4 devueltos/revocados en esta Fase corresponde a 930.304

Direcciones IPv4 disponibles en este bloque son 3.260.928

Última actualización: 18/05/2018<sup>13</sup>

En la Figura 4 “Fase de distribución de direccionamiento IPv4”, se puede evidenciar el porcentaje de distribución que indica la LACNIC. Al tener en cuenta que el agotamiento de IPv4 es una realidad, LACNIC ya no posee suficientes direcciones para cubrir las necesidades de los protocolos de internet solicitados, lo que hace una eminente transición al protocolo IPv6 para poder continuar contando con los servicios ofrecidos a través de Internet y prolongar, así, el constante crecimiento del uso del internet y de los nuevos desarrollos que se soportan en la red.

Figura 4. Fase de distribución de direccionamiento IPv4



Fuente: LACNIC. Fases de agotamiento de IPv4<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> LACNIC. Fases de Agotamiento de IPv4. [on line]. Disponible en: <http://www.lacnic.net/1001/1/lacnic/fases-de-agotamiento-de-ipv4>

<sup>14</sup> LACNIC. Fases de agotamiento Ipv4. Op. Cit. [on line].

## 8.6 TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6 (IPV6)

El IPv6 es la nueva versión del Internet Protocolo (IP), en el cual se sustenta la operación del internet. Las especificaciones técnicas básicas de IPv6 se desarrollaron en la década de los noventa por parte del *Internet Engineering Task Force*, en adelante IETF por sus siglas en inglés.

Al día de hoy, el protocolo sigue añadiendo nuevas funcionalidades y se le considera un protocolo lo suficientemente robusto y maduro para soportar la operación del internet en substitución de IPv4.

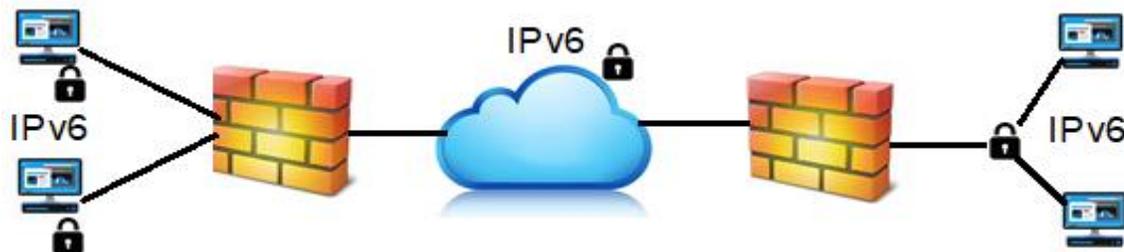
De otro lado, el IPv6 representa quizás el cambio más importante en la historia del internet, ya que es necesario para que la red de redes pueda seguir desarrollándose de una forma segura y estable, gracias a que tiene un espacio de direcciones de 128 bits y, por tanto, puede direccionar  $2^{128}$  interfaces de red (340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456)<sup>15</sup>.

### 8.6.1 Características de IPv6

Las características del IPv6 son las siguientes:

- Cantidad de Direcciones
- Asignación y flexibilidad Global (Sin NAT)
- Calidad de servicio QoS
- Arquitectura jerárquica de direcciones
- Soporte a tráfico multimedia en tiempo real
- Autoconfiguración de equipos
- Computación móvil
- Seguridad e integridad de datos
- Aplicaciones *Multicast* y *Anycast*
- Mecanismos de transición gradual de IPv4 a IPv6

Figura 5. Seguridad e integridad de datos



Fuente: Los autores.

<sup>15</sup> LACNIC. Despliega IPv6. [on line]. Disponible en : <http://www.lacnic.net/despliegaIPv6>

La Figura 5, denominada “Seguridad e integridad de datos”, brinda las características que se deben tener en cuenta en el momento de adoptar el IPv6. Cabe anotar que la Figura 5 da cuenta de la funcionalidad de las redes de una entidad del estado, en donde proteger y salvaguardar la integridad de los datos e información es de vital importancia.

### 8.6.2 Cabecera IPv6

A continuación, los autores brindan una breve explicación a cada campo de la Figura 6.

**Campo VER (Versión):** Este campo tiene una longitud de 04 bits y especifica la versión del protocolo utilizado. Toma el valor de 0110. Se reitera que el protocolo IPv4 también cuenta con el campo VER y su valor, en el caso de la Figura, es de 0100. Actualmente, los sistemas operativos de los *routers* soportan ambos protocolos (*dual stack*) y pueden identificar qué versión de protocolo IP llega al *router* por cada una de sus interfaces.

**Campo DS (*Differnet Service*):** El campo tiene una longitud de 8 bits y, de ellos, 06 bits definen el nivel de prioridad que presenta el protocolo IP, subcampo denominado DSCP. Se definen 64 niveles de prioridad. Este campo define la arquitectura del internet de servicios diferenciados o *DiffServ*.

**Campo Etiqueta de Flujo:** Este campo tiene una longitud de 20 bits y permite que una aplicación asigne un número que identifica la totalidad de los paquetes IPv6 que pertenecen a dicha aplicación. Antes de que se envíen los paquetes IPv6 a la red, el *host* emisor envía a la red el protocolo de señalización RSVP para informar a la totalidad de los nodos de la red que reserven recursos para la aplicación que es identificada por el valor del campo o “Etiqueta de Flujo”. Este campo define la arquitectura del internet de servicios integrados o *IntServ*.

**Campo Longitud de carga útil:** El campo tiene una longitud de 16 bits y define el tamaño en *bytes* de la carga útil e incluye la cabecera de extensión.

**Campo Cabecera Siguiente:** Este campo tiene una longitud de 8 bits y define el tipo de carga útil que encapsula el protocolo IPv6. Existe la posibilidad que el protocolo IPv6 esté llevando información específica a la región denominada “cabecera de extensión”. Si este es el caso, esta región, *cabecera de extensión*, deberá contener, como primer campo, la cabecera siguiente para indicar qué tipo de información corresponde a continuación.

Figura 6. Cabecera IPv6

VERSION	DS	ETIQUETA DE FLUJO
LONGITUD DE CARGA UTIL	CABECERA SIGUIENTE	LIMITE SALTO
DIRECCIÓN DE ORIGEN		
DIRECCIÓN DE DESTINO		
CABECERA EXTENSIÓN 1		
CABECERA EXTENSIÓN 2		
:		
CABECERA EXTENSIÓN N		
PDU DE LA CAPA SUPERIOR		

Fuente: Los autores.

**Cabecera Límite de Salto:** El campo tiene una longitud de 08 bits y define la cantidad máxima de saltos que un paquete IPv6 puede transitar antes de que sea considerado que está en un *bucle*. Cada *router* disminuye en la unidad el valor del campo antes de enviar la información al *router* siguiente. Un protocolo IPv6 es eliminado de la red si un *router* detecta que el campo está en cero<sup>16</sup>

**Campo Dirección IP de origen y Dirección IP de destino:** Cada uno de estos campos tiene una longitud de 128 bits y define 2<sup>128</sup> direcciones IP de origen y 2<sup>128</sup> direcciones IP de destino. Debido a la longitud de estos campos, se dispone de un número incalculable de direcciones IP. Esto permitirá que los diversos nodos y equipos terminales cuenten con direcciones IPv6 públicas y se eliminen mecanismos innecesarios como el NAT<sup>17,18</sup>.

### 8.6.3 Tipos de direccionamiento de IPv6

A nivel general, se puede clasificar las direcciones IPv6 en tres grandes categorías:

- Direcciones *Unicast*

<sup>16</sup> BLANCHET, Marc. [on line]. 2006. Disponible en: <https://www.wiley.com/en-co/Migrating+to+IPv6:+A+Practical+Guide+to+Implementing+IPv6+in+Mobile+and+Fixed+Networks+-p-9780471498926>

<sup>17</sup> ¿Qué es la NAT y cómo funciona? Ver: XATAKAMOVIL. ¿Qué es la NAT y cómo funciona? [on line]. Disponible en: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/nat-network-address-translation-que-es-y-como-funciona>

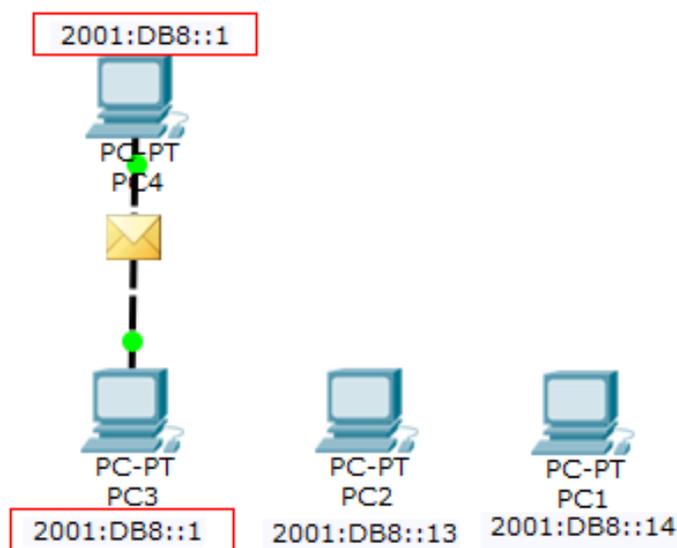
<sup>18</sup> BLANCHET, Marc. Op. Cit.

- Direcciones *Multicast*
- Direcciones *Anycast*

En cuanto a las direcciones *Unicast*, al igual que en IPv4, son las más comunes y utilizadas. Estas direcciones son asignadas a una interface o nodo que permiten la comunicación directa entre dos nodos de la red. Esta técnica de comunicación es conocida como uno a uno (*one-to-one*). A continuación, se puede observar un ejemplo de una dirección IPv6 *Unicast* (Ver Figura 7).

2001:0db8:3c4d:0015:0000:0000:1a2f:1a2b/64

Figura 7. Direcciones *Unicast*



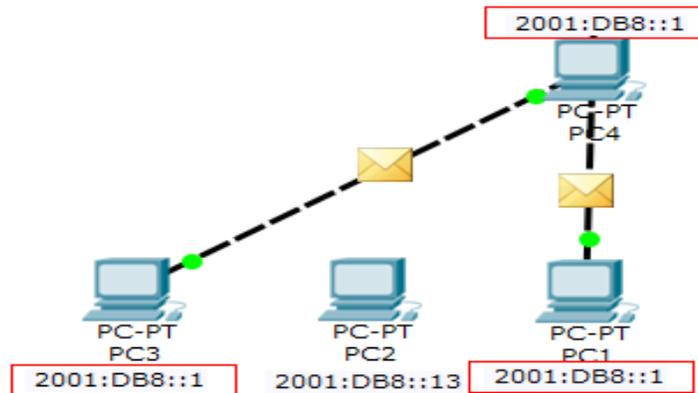
Fuente: Los autores.

Por otro lado, las direcciones *Multicast*, como se presenta en la Figura 8, permiten identificar múltiples interfaces o nodos en una red. Con este tipo de direcciones, las interfaces se comunican con múltiples nodos de manera simultánea. Esta técnica de comunicación es conocida como uno a muchos (*one-to-many*). A continuación, se muestra un ejemplo de una dirección IPv6 *Multicast*<sup>19</sup>:

FF02:0:0:0:0:0:0:9

<sup>19</sup> DUARTE, Eugenio. [on line]. Disponible en: <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/16/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-tipos-de-direcciones/>

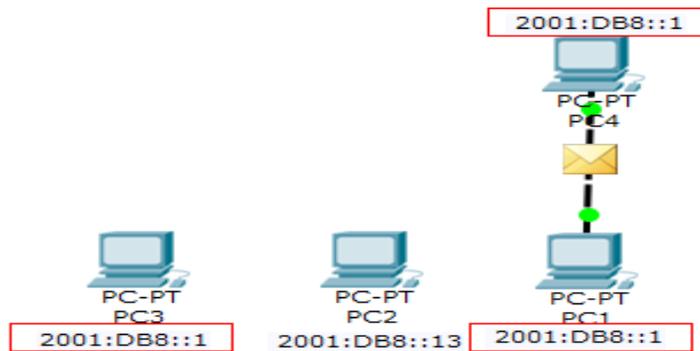
Figura 8. Direcciones *Multicast*



Fuente: Los autores.

Finalmente, las direcciones *Anycast* son un nuevo tipo de dirección en IPv6. Ver Figura 9. Al igual que una dirección *Multicast*, una dirección *Anycast* identifica múltiples interfaces. Sin embargo, mientras que los paquetes de *Multicast* son aceptados por varios equipos, los paquetes *Anycast* sólo se entregan a una interfaz o nodo. A continuación, se refiere un ejemplo de una dirección IPv6 *Anycast*: 2002:0db8:6301::/128<sup>20</sup>

Figura 9. Direcciones *Anycast*



Fuente: Los autores.

<sup>20</sup> DUARTE, Eugenio. Op.Cit.

#### 8.6.4 Tabla de direccionamiento para IPv6

A continuación, se presentan los tipos de direccionamiento IPv6 que son más utilizados:

Tabla 1. Tipos de direccionamiento IPv6

Tipo de direcciones	Bits de prefijo	Prefijo
<b>Link-Local</b>	1111 1110 10	<b>FE80::/10</b>
<b>Unspecified</b>	0000 ... 0 (128 bits)	<b>::/128</b>
<b>Loopback</b>	0000 ... 01 (128 bits)	<b>::1/128</b>
<b>Multicast</b>	1111 1111	<b>FF00::/8</b>
<b>IPv4-Mapped</b>	000 ... 0111111111111111 (96 bits)	<b>::FFFF/96</b>
<b>IPv4-Compatible</b>	000 ... 0000000000000000 (96 bits)	<b>::/96</b>
<b>ULA</b>	1111 110	<b>FC00::/7</b>
<b>Global Unicast</b>	001	<b>2000::/3</b>
<b>Anycast</b>		

Fuente: Los autores.

Al tener en cuenta la Tabla 1, se puede sostener que las direcciones *Unicast* contienen tres tipos de direcciones IPv6, las cuales son:

- Local de enlace (*link-local*)
- No atraviesan la red Local
- Se crearon con propósitos de autoconfiguración
- Se pueden “auto configurar” al basarse en la MAC (EUI-64)
- Solo se utilizan localmente
- Globales:
- Pueden atravesar la red local. Es decir que son totalmente visibles desde el internet y son similares a las IPv4 públicas.
- ULA: Con propósitos de no usarse fuera de la organización. Es decir, las direcciones se asignan a una red LAN y estas direcciones no pueden comunicarse con otra red sin tener que utilizar otra dirección IP que sí pueda ser ruteada.

Entre otros rangos de direcciones *Unicast*, se pueden observar los siguientes: Direcciones especiales, rangos especiales y obsoletas que se estructuran así:

- Direcciones especiales:
  - *Localhost* - ::1/128 (0:0:0:0:0:0:1)
  - No especificada - ::/128 (0:0:0:0:0:0:0)
  - Mapeada IPv4 - ::FFFF:wxyz
- Rangos especiales:
  - 6to4 - 2002::/16
  - Documentación - 2001:db8::/32
  - Teredo - 2001:0000::/32
- Las direcciones que se relacionaron anteriormente son direcciones IPv6 para realizar tunelización. Su objetivo esa interconectar direcciones IPV6 con IPv4 a partir de la tunelización y/o traducción de direccionamiento IP. En cuanto a
- Obsoletas:
  - *Site local* - FEC0::/10
  - IPv4-compatible - ::wxyz
  - 6Bone - 3FFE::/16 (red de prueba desactivada el 06/06/06)
- Las direcciones *Anycast*, por su lado, comprenden las siguientes características base:
- Identifican un grupo de interfaces:
  - Entrega el paquete solo a la interfaz más cercana al origen
  - Son atribuidas a partir de direcciones *Unicast*. Por lo que son iguales desde el punto de vista sintáctico.
- Los posibles usos de las direcciones *Anycast* son:
  - Descubrir servicios en la red (DNS, proxy HTTP, etc.).
  - Balancear la carga
  - Localizar *routers* que proveen acceso a una determinada subred
  - Identificar los Agentes de Origen, al utilizar redes con soporte para movilidad IPv6.
- Finalmente, las direcciones *Multicast* contienen las siguientes características:
- Identifican un grupo de interfaces
- El soporte para *Multicast* es obligatorio para la totalidad de los nodos IPv6
- La dirección *Multicast* deriva del bloque FF00::/8
- El prefijo FF es seguido por cuatro bits utilizados como *flags* y otros cuatro *bits* que definen el alcance de la dirección *Multicast*. Los 112 bits restantes se utilizan para identificar el grupo *Multicast*<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> IPV6 MX. Fundamentos de IPv6. [on line]. Disponible en <http://www.ipv6.mx/index.php/informacion/fundamentos/ipv6>

Tabla 2. Direccionamiento *Multicast*

Dirección	Alcance	Descripción
FF01::1 FF01::2	Interface Interface	Todas las interfaces ( <i>all-nodes</i> ) Todos los <i>routers</i> ( <i>all-routers</i> )
FF02::1 FF02::2 FF02::5 FF02::6 FF02::9 FF02::D FF02::1:2 FF02::1:FFXX:XXXX	Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace	Todos los nodos ( <i>all-nodes</i> ) Todos los <i>routers</i> ( <i>all-routers</i> ) <i>Routers OSPF</i> <i>Routers OSPF</i> designados <i>Routers RIP</i> <i>Routers PIM</i> Agentes DHCP <i>Solicited-node</i>
FF05::2 FF05::1:3 FF05::1:4	<i>Site</i> <i>Site</i> <i>Site</i>	Todos los <i>routers</i> ( <i>all-routers</i> ) Servidores DHCP en un <i>site</i> Agentes DHCP en un <i>site</i>
FF0X::101	Variado	NTP ( <i>Network Time Protocol</i> )

Fuente: LACNIC. Fundamentos<sup>22</sup>

## 8.7 TECNOLOGÍAS DE TRANSICIÓN

De acuerdo a las exigencias técnicas en la implementación de la IPv6 se tienen como tecnologías de transición las siguientes:

### 8.7.1 Doble Pila (*Dual stack*).

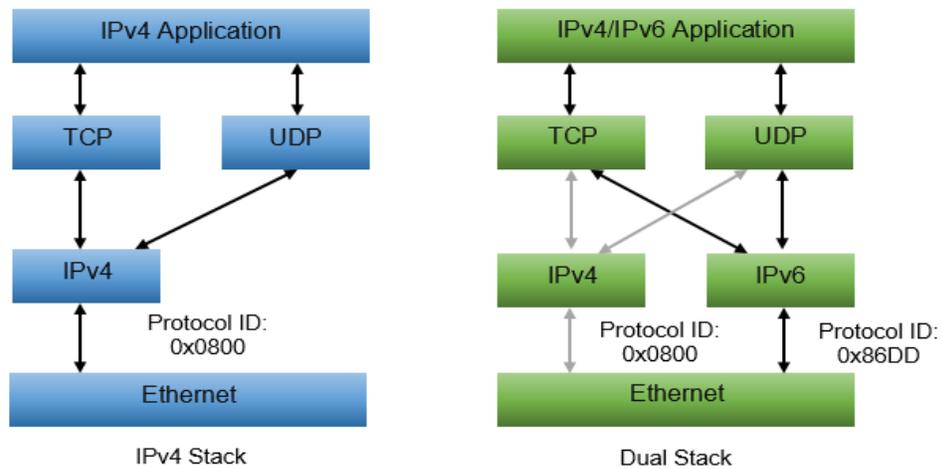
La manera más fácil de entender conceptualmente la implementación del IPv6 en una red es denominado el “mecanismo de doble pila”. El mecanismo está indicado en la RFC 2893 y sería la manera más cómoda y deseable para la coexistencia entre los dos protocolos: IPv4 e IPv6, al tener en cuenta que la evolución se encamina a que el protocolo de internet por defecto para los dispositivos a nivel mundial sea IPv6.

Desde el uso del “mecanismo de doble pila”, el *router* o el *host* estarán activos en las dos pilas de protocolos como lo son IPv4 e IPv6, equipadas dentro de los

<sup>22</sup> LACNIC. Fundamentos. Op. Cit.

sistemas operativos, con los nodos señalados IPv4/IPv6. Este método deberá ser configurado con las dos direcciones: IPv4 e Ipv6. Por lo antes anotado, las dos pilas se envían y reciben datagramas que pertenecen a los dos protocolos. De esta manera, se comunican con cada uno de los nodos IPv4 e IPv6 que se encuentren en la red.

Figura 10. *Dual Stack*

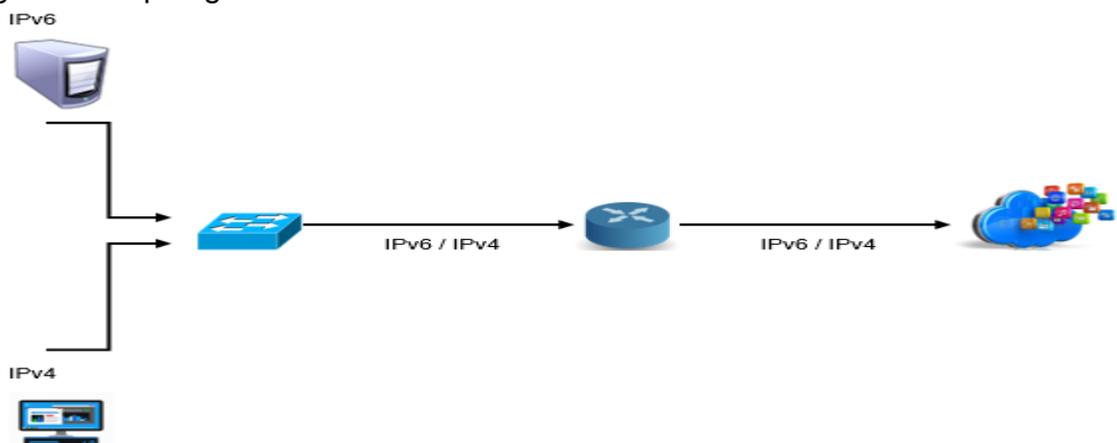


Fuente: Los autores.

En la Figura 10, se ejemplifica cómo los protocolos IPv4 e IPv6 interactúa paralelamente durante el proceso de *Dual Stack*.

En la Figura 11 se puede observar el mecanismo de transición de los protocolos del internet tanto del IPv4 como del IPv6. De esta manera, los dos protocolos actúan simultáneamente para lograr el *Dual Stack*.

Figura 11. Tipología de red *Dual Stack*



Fuente: Los autores.

## 8.7.2 Túneles

Por medio del procedimiento de tunelización, se pueden enviar paquetes IPv6 dentro de paquetes IPv4 y viceversa. En la actualidad, el internet es básicamente una red IPv4 con algunas islas IPv6; por tanto, lo más frecuente es que el tráfico IPv6 viaje encapsulado en paquetes IPv4.

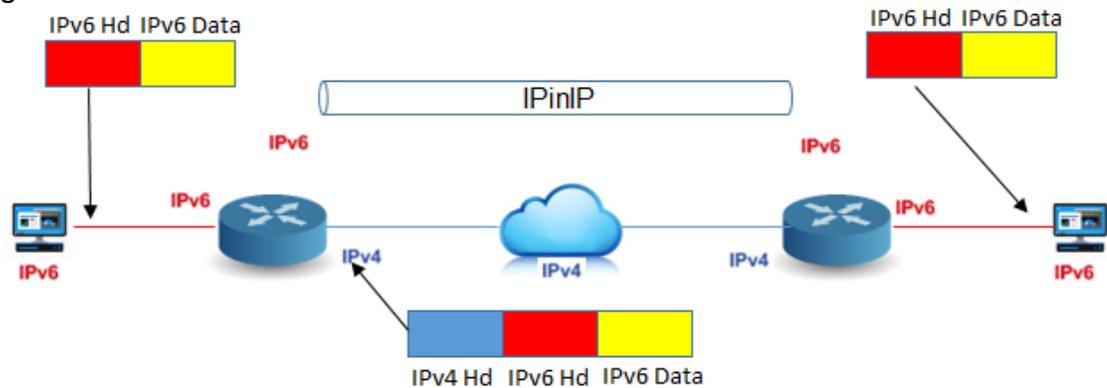
En la Figura 12 se muestra el encapsulamiento de los paquetes IPv6 en IPv4 para conectar 2 hosts IPv6, al emplear la infraestructura IPv4 de Internet. Se subraya que los *routers* que enlazan la direcciones IPv4 con las direcciones IPv6 tienen que ser *Dual Stack*.

Los tipos de túneles empleados como tecnologías de transición al IPv6 son:

**4in6:** Encapsula tráfico IPv4 en IPv6 (RFC2473)

**6in4:** Encapsula tráfico IPv6 en IPv4 (RFC4213)

Figura 12. Procedimiento de tunelización



Fuente: Los autores.

**6over4:** Permite transmitir paquetes IPv6 entre 2 nodos *Dual Stack* desde una red IPv4 que permita *Multidifusión*.

**6to4:** Permite el tráfico IPv6 sobre una red IPv4 sin la necesidad de configurar túneles de forma explícita, aunque se mantiene la función de encapsulamiento de IPv6 en IPv4. Los servidores especialmente diseñados actúan como *relay* y permiten la comunicación. 6to4 puede ser empleada por un *host*, el cual requiere dirección IP pública, o por una red (RFC3056).

**6rd:** Se deriva de 6to4 y propone realizar el despliegue de *relays* 6rd dentro de la infraestructura de un ISP. Emplea para ello el bloque IPv6 *Unicast* del ISP, en lugar del prefijo especial (2001::/16) de 6to4 (RFC5969).

**ISATAP:** Mecanismo que permite el intercambio de tráfico entre nodos *Dual Stack* desde una red IPv4. Es similar a 6over4, pero sin el requerimiento del empleo de *Multidifusión* sobre la red IPv4. Incluye soporte en Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows Mobile, Linux y algunas versiones de Cisco IOS (RFC4214).

**Teredo:** Ofrece conectividad IPv6 total a nodos IPv4 que no tienen conexión directa con una red IPv6. Funciona eficientemente detrás de NATs y emplea protocolo UDP (RFC4380).

**Dual Stack Lite (DS-Lite):** Mecanismo que permite a un ISP no asignar direcciones IPv4 a sus clientes y solamente entregarles direcciones IPv6. El cliente puede escoger un rango privado cualquiera y su tráfico viaja hacia la red del proveedor que se encapsula en IPv6 (RFC6333).

**Tunnel Setup Protocol (TSP):** Permite negociar los parámetros de conexión de un cliente y un servidor *tunnel-broker* (RFC5572).

**IPv6 Tunnel Broker:** Provee conectividad IPv6 a usuarios finales o redes. También encapsula IPv6 en IPv4 y lo indica por medio del identificador 41 en el campo tipo de protocolo de IPv4 (RFC3053).

**Softwires:** Mecanismo que permite el uso de algunos de los protocolos existentes (como 6rd o DS-Lite) para proveer conectividad IPv6 en redes IPv4 puras. Se basa en L2TPv2 y L2TPv3. Puede también encapsular IPv6 en IPv4, IPv6 en IPv6, IPv4 en IPv6 y IPv4 en IPv4. Así mismo, puede funcionar detrás de NATs, permite la delegación de prefijos IPv6 y puede crear túneles seguros. Para su funcionamiento, requiere de un iniciador *softwires* (cliente) y un concentrador *softwires* (servidor de túnel) (RFC5571)<sup>23</sup>.

### 8.7.3 Traducción

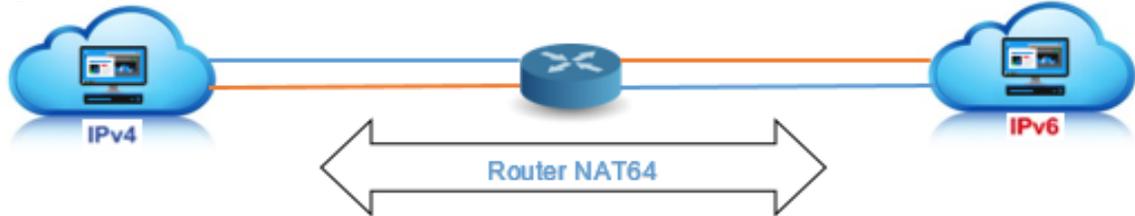
Aunque esta no es una técnica deseable a largo plazo, es muy efectiva, pues traduce de IPv6 a IPv4 y viceversa.

La Figura 13 muestra cómo, por medio de un dispositivo de interconexión, se puede realizar el envío de paquetes de datos sin importar el protocolo que manejen los dispositivos de origen y/o destino.

---

<sup>23</sup> PORTAL IPv6 CUBA. [on line]. Disponible en <http://www.cu.ipv6tf.org/transicionipv6.htm>

Figura 13. Traducción IPv4 a IPv6



Fuente: Los autores.

Las técnicas de traducción más empleadas son:

**Stateless IP/ICMP Translation (SIIT):** Realiza traducción de encabezados IPv6 a IPv4 y viceversa

**DNS64:** Mecanismo que entrega a los clientes IPv6 un registro AAAA, aunque solamente exista un registro A. El cliente típico de estas solicitudes es un servidor NAT64 (RFC6147).

**NAT64:** Mecanismo que permite a los hosts IPv6 comunicarse con hosts IPv4. Puede implementarse en modo *stateless*, al seguir la RFC6145) o *statefull*, según la RFC6146.

**Stateless NAT64 (Stateless NAT46, IVI):** Mecanismo de traslación de direcciones IPv6-IPv4 que garantiza correspondencia 1:1, en lugar de usar correspondencia 1: como en el NAT *Statefull*. Es implementado para la red de China de avanzada (CERNET2).

**Transport Relay Translator (TRT):** Mecanismo tradicional de trabajo de NAT-PT, pero que requiere de traducciones de DNS de registros AAAA a registros A (RFC 3142).

**NAT-PT:** Fue eliminado por RFC 4966<sup>24</sup>.

## 8.8 RFC (PETICIÓN DE COMENTARIOS)

Las Peticiones de comentarios o *Request For Comments*, en adelante, las RFC por sus siglas en inglés, son un conjunto de documentos que sirven de referencia para la comunidad de internet que describen, especifican y asisten en la implementación, estandarización y discusión de la mayoría de las normas, los estándares, las tecnologías y los protocolos relacionados con internet y las redes, en general.

---

<sup>24</sup> Ibid. [on line].

¿Quién escribe las RFC? La sucesión de protocolos TCP/IP representa un conjunto de normas redactadas por una organización llamada IETF (*Internet Engineering Tasking Force*, Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet). Esta organización publica oficialmente sus informes en forma de peticiones, las que se encuentran disponibles en la red, lo cual permite clarificar una gran cantidad de temas relacionados con TCP/IP<sup>25</sup>.

## **8.9 SLA (ACUERDOS DE NIVEL DE SERVICIOS)**

El modelo de SLA (*Service Level Agreement*) consiste en un contrato en el cual se estipulan los niveles de servicio en función de una serie de objetivos previamente estipulados o establecidos de mutuo acuerdo entre las dos partes contratantes. Este contrato refleja la parte contractual del nivel operativo de funcionamiento, así como caídas del sistema y limitaciones de responsabilidad.

Los principales puntos a resguardar dentro de un SLA, son:

- Tipo de servicio
- Soporte a clientes y asistencia
- Provisiones para seguridad y datos
- Garantías del sistema y tiempos de respuesta
- Disponibilidad del sistema
- Conectividad
- Multas por caída del sistema

## **8.10 TCP/IP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL / INTERNET PROTOCOL)**

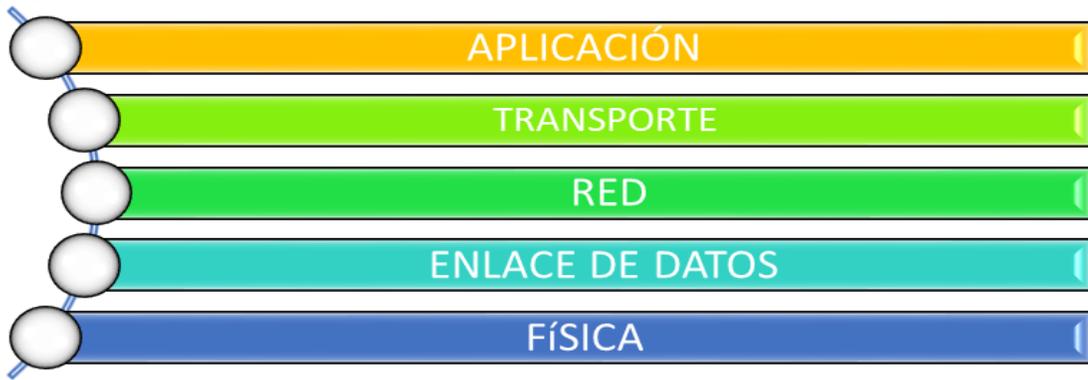
De acuerdo con los autores, TCP/IP es el conjunto de protocolos que son conocidos como protocolos de transmisión, los cuales sirven para dar conexión a las redes de transferencia de datos entre equipos diferentes.

La arquitectura del TCP/IP es similar al modelo ya conocido como modelo OSI. En la Figura 14 se pueden identificar as diferentes capas del modelo TCP/IP, en las cuales se distinguen las funciones de cada capa del modelo.

---

<sup>25</sup> CCM BENCHMARK GROUP. [on line]. Disponible en <http://es.ccm.net/contents/276-rfc-peticion-de-comentarios>

Figura 14. Modelos TCP/IP



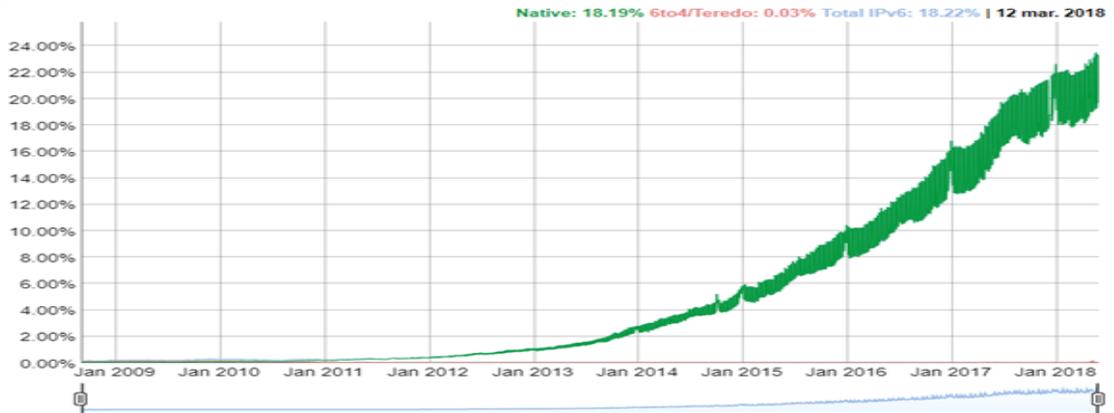
Fuente: Los autores.

## 9. MARCO TEORICO

### 9.1 ADOPCIÓN DE IPV6

La Figura 15 muestra el porcentaje de usuarios que acceden al buscador google a través de IPv6 que supera el 18%.

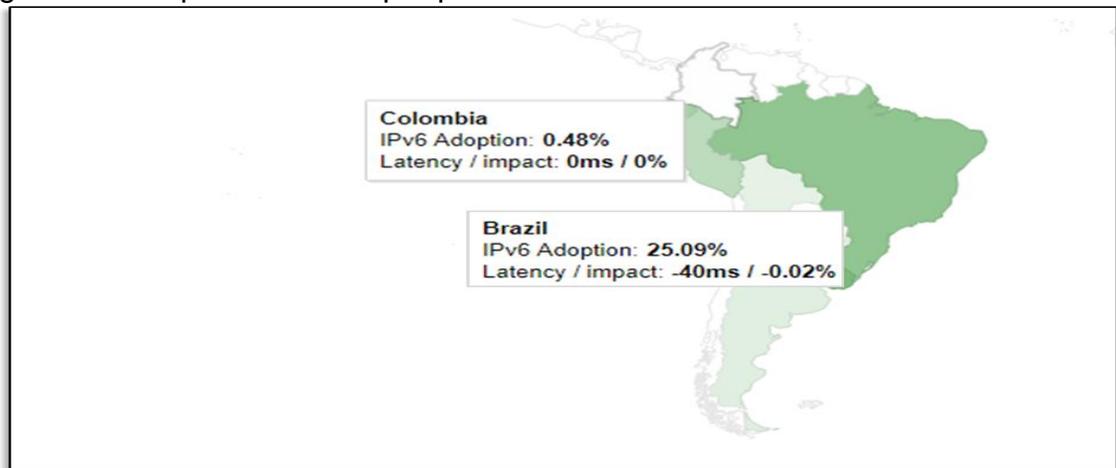
Figura 15. Adopción IPv6 a nivel mundial



Fuente: Google. Estadísticas de adopción de la IPv6 a nivel mundial<sup>26</sup>.

Al mismo tiempo, la Figura 15 presenta cómo, paulatinamente, se ha realizado el proceso de adopción del protocolo IPv6 en los últimos años a nivel mundial. Lo que permite inferir que el protocolo IPv6 será nativo en menos de 3 años.

Figura 16. Adopción de IPv6 por país en Sur América



Fuente: Google. Estadísticas de adopción de la IPv6 a nivel mundial<sup>27</sup>.

<sup>26</sup> GOOGLE. [on line]. Disponible en: <https://www.google.com/intl/es/ipv6/statistics.html>

<sup>27</sup> Ibid. [on line].

Asimismo, la Figura 16 da cuenta de las regiones en Sur América en las que IPv6 está ampliamente implementado: cuanto más oscuro es el color verde, mayor es la implementación. De igual manera, la Figura 16 muestra el número de usuarios que no suelen experimentar problemas relacionados con la conexión en sitios web con IPv6 habilitado.

A nivel Colombia, las Tablas 3 y 4, la LACNIC muestra los ISP y entidades que están implementado el protocolo IPv6 en el país, con detalles sobre el estado de cada una de estas implementaciones.

## 9.2 ¿CÓMO OBTENER UN BLOQUE DE DIRECCIONES IPV6?

Para obtener un bloque de dirección IPv6 se puede realizar a través de un ISP dentro de un acuerdo contractual o a través de la LACNIC si la entidad utilizará los recursos para su propia infraestructura.

Los requisitos para obtener los bloques de dirección, según la LACNIC, son:

- Estar legalmente establecido dentro de la región y utilizar los recursos dentro del área de cobertura de LACNIC.
- Ser una Organización *MultiHomed*, es decir, contar con al menos dos enlaces activos a internet sin que una dependa de la otra. En caso de aún no ser *MultiHomed*, deberá tener planes de serlo en un plazo no mayor a 6 meses y deberá presentar una justificación detallada.
- Demostrar el uso o necesidad inmediata del 25% del espacio solicitado y el 50% a 12 meses.
- Estar de acuerdo en devolver la totalidad de los bloques IPv4 pertenecientes a sus proveedores (*Upstream provider*) en un plazo no mayor a 3 meses.
- En caso de que el solicitante aun no cuente con un bloque IPv6 asignado por LACNIC, deberá solicitarlo al mismo tiempo<sup>28</sup>.

A partir del 1 de enero de 2018, por resolución del Directorio de LACNIC, registrado en el Acta del 21 de noviembre de 2017, las facturas de renovación de direcciones IP se les aplicará una bonificación de 5% para pagos realizados antes del vencimiento y un recargo de 5% para las facturas con un atraso de más de 30 días a partir de su vencimiento. En la Tabla 5, se relacionan las cuotas de asignación y renovación de IPV6 para los usuarios finales, cuyo valor de pago depende del prefijo.

---

<sup>28</sup> LACNIC. Categorías y Cuotas de Membresía. [on line]. Disponible en <http://www.lacnic.net/web/lacnic/categoria-de-membresia>

Tabla 3. Proceso de implementación del protocolo IPv6 en ISP colombianos

Organización	País / Región	Estado de implementación			Detalles
		Ya implementado	Actualmente implementando	Con planes de implementación	
Consulnetworks S.A.	Colombia		X		Desplegar
<p>Consulnetworks (CNW) es una empresa Colombiana, con más de 20 años de experiencia en el mercado prestando servicios de Telecomunicaciones.</p> <p>En la actualidad la red de CNW se encuentra anunciando su prefijo IPv6 a través de distintos Carrier Internacionales. Se ha implementado IPv6 Nativo en modalidad Dual Stack, facilitando así la transición de los clientes al nuevo protocolo.</p>					
Empresa de Recursos Tecnológicos E.R.T.E.S.P	Colombia	X			Desplegar
<p>ERT E.S.P S.A Empresa de Recursos Tecnológicos tiene implementado IPv6 en su red con el prefijo IPv6: 2800:9F0::/32 el cual es anunciado en Internet a través del AS 27845.</p> <p>Actualmente se encuentra disponible para todos los suscriptores de conectividad con E.R.T. a través de dual stack. Este proyecto también incluirá a los usuarios masivos, corporativos, educativos y gubernamentales poniendo a disposición todo el conocimiento de los ingenieros.</p>					
ETB S.A. ESP	Colombia		X		Desplegar
<p>La red de ETB está anunciando IPv6 hacia Internet con varios upstream providers conectados en el POP de Miami. En una primera etapa de prueba se utilizan esquemas de túneles. Actualmente se tienen conexiones con Dual-Stack. En una etapa posterior se probará un esquema en modo nativo.</p> <p>La red MPLS de ETB cuenta soporte para IPv6 utilizando los RFC correspondientes a 6PE y 6VPE. Permitiendo a los clientes</p>					
HV Televisión SAS	Colombia	X			Desplegar
<p>Se han publicado los bloques Ipv6 mediante BGP con nuestros proveedores. Los servidores DNS ya resuelven Ipv6 y la pagina WEB ya responde por medio de una dirección Ipv6. Una porción de la red LAN funciona con Ipv6. Ya podemos ofrecer direccionamiento Ipv6 a nuestros usuarios.</p>					
INTERNEXA	Colombia	X			Desplegar
<p>La empresa es originaria de Colombia, pero posee IPv6 nativo desde enero de 2011 tanto para Colombia, Ecuador, Peru y Chile.</p>					
Media Commerce Telecomunicaciones S.A.S	Colombia	X			Desplegar
<p>Media Commerce Telecomunicaciones cuenta con una gran red de fibra óptica en Colombia, brindando acceso a nuestros clientes bajo el protocolo IP, además del transporte nacional con un robusto core MPLS en la modalidad de 6VPE. Nuestra infraestructura cuenta con soporte IPv6 en su modalidad "Dual Stack" en nuestros equipos de borde y de última milla, facilitando la operación de IPv4 e IPv6 de forma paralela sin inconvenientes. Media Commerce cuenta con varios upstream providers y se esta anunciando con todos nuestro bloque ipv6. Actualmente Media Commerce provee acceso IPv6 a grandes clientes en Colombia.</p>					
Telmex Colombia (Claro Fijo)	Colombia	X			Desplegar
<p>"Telmex Colombia (Claro Fijo Colombia) tiene implementado y operativo IPV6 para servicios corporativos de internet con el rango 2800:480::/32 (AS 14080). El CORE de Internet soporta dual-stack con 6VPE y se tienen planes de trabajo para el despliegue IPV6 a servicios residenciales y PYMES sobre las plataformas de CABLE DOCSIS y GPON."</p>					
UNE EPM Telecomunicaciones S.A.	Colombia	X			Desplegar
<p>UNE EPM Telecomunicaciones tiene implementado IPv6 dual stack en toda su infraestructura de enrutamiento así como en todos los enlaces de interconexión locales e internacionales, siendo el prefijo: 2800:e0::/28 (AS 13489)</p> <p>Actualmente IPv6 está disponible para todos los clientes de Acceso Dedicado (dual stack) y se está trabajando en el despliegue de IPv6 dual stack en el servicio Banda Ancha en las tecnologías ADSL, CM y PON.</p>					

Fuente: IPV6 Portal. ¿Quiénes implementan?<sup>29</sup>

<sup>29</sup> IPV6 PORTAL. ¿Quiénes implementan? [on line]. Disponible en <http://portalipv6.lacnic.net/quienes-implementan/>

Tabla 4. Proceso de implementación del protocolo IPv6 en entidades colombianas

Organización	País / Región	Estado de implementación			Detalles
		Ya implementado	Actualmente implementando	Con planes de implementación	
RENATA	Colombia	X			Desplegar <a href="http://www.renata.edu.co/index.php/instituciones-conectadas-a-renata.html?start=6">http://www.renata.edu.co/index.php/instituciones-conectadas-a-renata.html?start=6</a>
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia		X		Desplegar La Universidad Distrital Francisco José de Caldas actualmente cuenta con funcionamiento IPv6 sobre los servicios de Red de Investigaciones de Tecnología Avanzada en la sede principal. Entre los servicios con soporte IPv6 se cuenta con servidores de matemáticas sobre software libre, DNS, portal Web, plataformas de gestión, plataformas de monitorio, conectividad a redes académicas, entre otros. Los futuros proyectos están enfocados a extender la implementación sobre 16 sedes y servicios orientados al apoyo de la comunidad académica, científica e investigativa.
Universidad de Ibagué	Colombia	X			Desplegar La Universidad de Ibagué, con el apoyo de LACNIC, Renata Colombia, Ministerio de TIC Colombia y diferentes expertos de la región, ha implementado con éxito el protocolo IPv6, lo que hace posible la investigación y desarrollo del Internet de las Cosas (IoT) al Interior de la Universidad. ASN: 52467 Prefijo IPv6: 2801:1a0::/42 Implementación: Dual-StackA continuación las estadísticas y mediciones de APNIC y World IPv6 Launch respectivamente para la Universidad de Ibagué. <a href="http://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS52467?c=CO&amp;g=8w=1&amp;x=1">http://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS52467?c=CO&amp;g=8w=1&amp;x=1</a> 60% IPv6 Capable – Marzo 2016 <a href="http://www.worldipv6launch.org/measurements">http://www.worldipv6launch.org/measurements</a> 70% IPv6 deployment – Marzo 2016
Universidad del Atlántico (UA)	Colombia	X			Desplegar La Universidad del Atlántico, ya tiene implementados bajo IPv6 los servicios: DNS, WEB, las configuraciones en servidores y en reglas de Firewall, utilizando el rango de direcciones 2801:0:480::/48. El proveedor de servicios que nos anuncia a Internet es Claro Colombia.
Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Medellín	Colombia	X			Desplegar La Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Medellín, ha configurado e implementado el protocolo ipv6 en los servicios DNS y WWW, siendo la primera institución de educación superior en implementarlo en producción en Colombia.
Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga	Colombia	X			Desplegar La Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, ya tiene implementados bajo IPv6 los servicios de DNS, WEB, las configuraciones en las estaciones de trabajo y en reglas de Firewall, utilizando el rango de direcciones 2801:0:2e0::/48. El proveedor de servicios que los anuncia a Internet es Level3.
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	Colombia	X			Desplegar El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia – Mintic, para el año 2015 adjudicó un proceso que permitió adoptar el protocolo IPv6 con éxito en las infraestructuras de TI de la organización, así mismo tanto la infraestructura de red, las aplicaciones como los servicios quedaron operando bajo IPv6, la implementación del nuevo protocolo fue un esfuerzo conjunto entre la Oficina de TI y la Subdirección de Seguridad y Privacidad de TI de la entidad. De esta manera el Mintic no solo dió ejemplo en implementación de IPv6, sino que desarrollo y publicó lineamientos para el proceso de transición de IPv4 a IPv6 que deben desarrollar las organizaciones del país. . El segmento asignado por Lacnic y utilizado fué: 2801:11:4000::/48

Fuente: IPV6 Portal. ¿Quiénes implementan?<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Ibid., [on line]. Disponible en <http://portalipv6.lacnic.net/quienes-implementan/>

Tabla 5. Tabla de Categorías y Cuotas (Vigencia: el 1º de enero de 2018)

Categoría	Prefijo Recursos IPv6	Cuota Inicial de Asignación (USD)	Cuota de Renovación Anual (USD)
End User	Desde a /48 hasta /35 inclusive	2.500	600
	Mayor a /35 hasta /32 inclusive	5.000	600
	Menor a /30	5.700	5.700
	Menor a /28	14.000	14.000
	Menor a /26	28.000	28.000
	Menor a /24	65.000	65.000
	Menor a /22	105.000	105.000
	Menor a /20	185.000	185.000
	Menor a /19	345.000	345.000
	Mayor o igual a /19		

Fuente: LACNIC. Categorías y cuotas de membresías<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> Ibid., [on line].

## **10. EL CASO DE ACACÍAS (META): CONTEXTO Y RETOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA IPV6**

### **10.1 GENERALIDADES**

El municipio de Acacías está ubicado a 28 km al sur de la capital del departamento del Meta, Villavicencio y a 126 km de la ciudad de Bogotá. En su zona urbana, está compuesta por 97 barrios y urbanizaciones. La zona rural, por su lado, se compone de 48 veredas, en las que se incluyen los centros poblados de Chichimené, Dinamarca y Manzanares. En la actualidad, la Alcaldía cuenta con 150 funcionarios de nómina y 180 contratistas vinculados por prestación de servicios.

### **10.2 DEPENDENCIAS DE LA ALCALDÍA**

Acacías cuenta con las siguientes dependencias y sedes, según se muestra en la

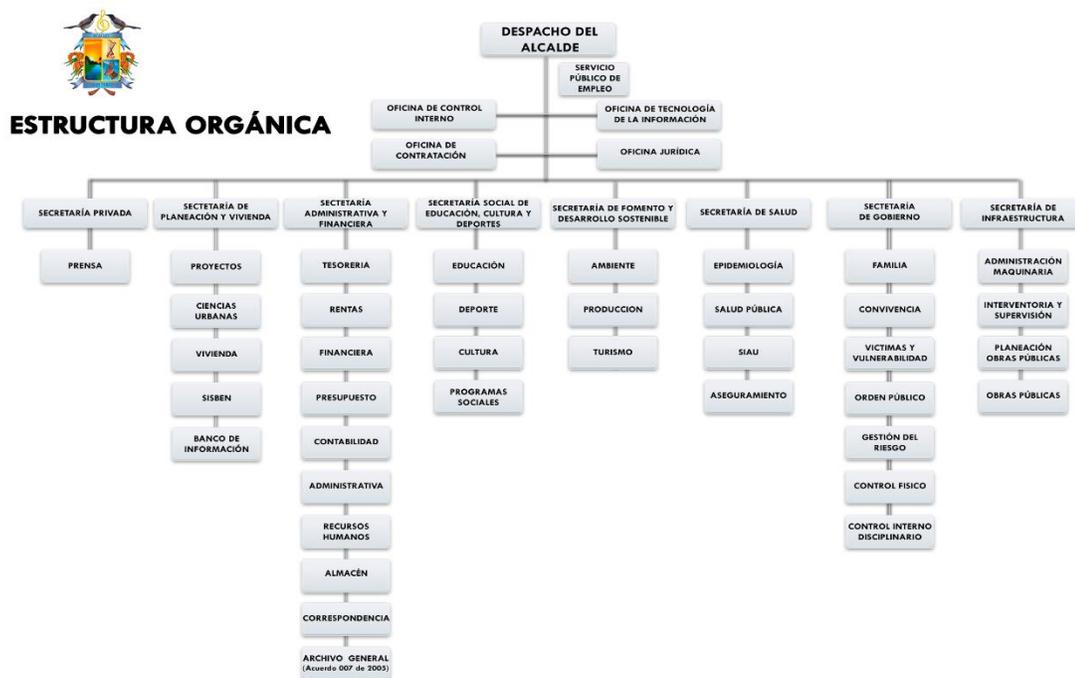
Figura 17:

- ✓ Despacho del Alcalde
- ✓ Despacho del Alcalde > Servicio de Empleo
- ✓ Oficina de Contratación
- ✓ Oficina de Control Interno
- ✓ Oficina de Tecnologías de la Información
- ✓ Oficina de Tecnologías de la Información > Aula Digital Chichimené
- ✓ Oficina de Tecnologías de la Información > Centro de Apropiación Dinamarca
- ✓ Oficina de Tecnologías de la Información > Punto Vive Digital La Florida
- ✓ Oficina de Tecnologías de la Información > Punto Vive Digital Plus
- ✓ Oficina Jurídica
- ✓ Oficina TIC
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Administrativa
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Almacén
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Archivo General
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Contabilidad
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Correspondencia
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Financiera
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Presupuesto

- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Recursos Humanos
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Rentas
- ✓ Secretaria Administrativa y Financiera > Tesorería
- ✓ Secretaria de Fomento y Desarrollo Sostenible
- ✓ Secretaria de Fomento y Desarrollo Sostenible > Ambiente
- ✓ Secretaria de Fomento y Desarrollo Sostenible > Producción
- ✓ Secretaria de Fomento y Desarrollo Sostenible > Turismo
- ✓ Secretaria de Gobierno
- ✓ Secretaria de Gobierno > Control Físico
- ✓ Secretaria de Gobierno > Control Interno Disciplinario
- ✓ Secretaria de Gobierno > Convivencia
- ✓ Secretaria de Gobierno > Familia
- ✓ Secretaria de Gobierno > Gestión del Riesgo
- ✓ Secretaria de Gobierno > Orden Pública
- ✓ Secretaria de Gobierno > Víctimas y Vulnerabilidad
- ✓ Secretaria de Infraestructura
- ✓ Secretaria de Infraestructura > Administración Maquinaria
- ✓ Secretaria de Infraestructura > Interventoría y Supervisión
- ✓ Secretaria de Infraestructura > Obras Públicas
- ✓ Secretaria de Infraestructura > Planeación Obras Públicas
- ✓ Secretaria de Planeación y Vivienda
- ✓ Secretaria de Planeación y Vivienda > Banco de Información
- ✓ Secretaria de Planeación y Vivienda > Ciencias Urbanas
- ✓ Secretaria de Planeación y Vivienda > Proyectos
- ✓ Secretaria de Planeación y Vivienda > Sisben
- ✓ Secretaria de Planeación y Vivienda > Vivienda
- ✓ Secretaria de salud
- ✓ Secretaria de salud > Aseguramiento
- ✓ Secretaria de salud > Epidemiología
- ✓ Secretaria de salud > Salud Pública
- ✓ Secretaria de salud > SIAU
- ✓ Secretaria Privada
- ✓ Secretaria Privada > Prensa
- ✓ Secretaria Social, Educación y Deportes

- ✓ Secretaria Social, Educación y Deportes > Cultura
  - ✓ Secretaria Social, Educación y Deportes > Deporte
  - ✓ Secretaria Social, Educación y Deportes > Educación
  - ✓ Secretaria Social, Educación y Deportes > Programas Sociales
- Las sedes de la Alcaldía son 8, a saber:
- ✓ Sede Principal: Carrera 14 N° 13 – 32 B/centro.
  - ✓ Despacho del Alcalde: Calle 13 N° 13 – 03 B/Centro.
  - ✓ Casa de la Cultura: Carrera 15 N° 12 – 82 B/Centro.
  - ✓ Sede Infraestructura: Carrera 16 N° 12 – 04 B/Centro.
  - ✓ Sede Secretaria de Salud: Carrera 16 N° 13 – 71 B/Centro.
  - ✓ Sede Asoventas: Carrera 18 N° 14 – 04 B/Centro.
  - ✓ Sede Secretaria de Gobierno: Calle 13 N° 12 – 21 B/Centro.
  - ✓ Sedes Biblioteca: Avenida 23 N° 26 – 82 B/Santa Lucia.

Figura 17. Estructura alcaldía Acacías (Meta)



Fuente: Alcaldía de Acacías. Organigrama<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> Alcaldía de Acacías. Organigrama. [on line]. Disponible en: <http://www.acacias.gov.co/publicaciones/50/organigrama/>

## 11. INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA TI

La infraestructura y equipos con los que cuenta Acacías son:

### 11.1 EQUIPOS DE RED

Los equipos de red que actualmente se encuentran en uso en la Alcaldía se listan en la Tabla 6. Allí no solo aparece el equipo, sino también la marca, modelo, sistema operativo, puertos y la versión IP con la que cuenta.

Tabla 6. Equipos de red

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	FUNCIÓN	VERSIÓN IP
SWITCH CISCO CULTURA PISO 2	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/1000 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO CULTURA PISO 3	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/1000 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO CULTURA PISO 4	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/1000 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO CULTURA PISO 5	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/1000 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO CULTURA PISO 1	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/1000 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO ALCALDÍA PISO 3	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	FUNCIÓN	VERSIÓN IP
				00 + 4 SFP		
SWITCH CISCO ALCALDÍA PISO 1	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/100 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO ALCALDÍA PISO 1.2	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/100 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO ALCALDÍA PISO 2	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/100 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO ALCALDÍA PISO 2.1	Cisco	SG500-28	Cisco	24 ETH 10/100/100 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH CISCO ALCALDÍA PISO 3	Cisco	CATALIS - 2960	Cisco	25 ETH 10/100/100 + 4 SFP	Core	IPV4/IPV6
SWITCH HP ALMACÉN 1	Hp	HP 2530-24G	Hp	24 ETH 10/100/100 + 4 SFP	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH HP ALCALDÍA PISO 3	Hp	HP 2530-24G	Hp	24 ETH 10/100/100	Distribución	IPV4/IPV6
SWITCH HP SALUD 1	Hp	HP 2530-24G	Hp	24 ETH 10/100/100	Acceso	IPV4/IPV6

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	FUNCION	VERSION IP
SWITCH HP SALUD 2	Hp	HP 2530-24G	Hp	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH HP GOBIERNO	Hp	SWITCH 4210G 24-PORT	Hp	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH HP DESPACHO	Hp	HP 1910-8G	Hp	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
SWITCH HP ASOVENDAS	Hp	HP V1905-24	Hp	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4
SWITCH HP BIBLIOTECA	Hp	HP V1910-48G	Hp	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR CULTURA PISO 4	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR CULTURA PISO 2	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR CULTURA PISO 5	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR CULTURA PISO 1	Ubiquiti	UNIFI AP	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	FUNCION	VERSION IP
AP UNIFI INDOOR CULTURA PISO 3	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR ALCALDÍA PISO 3	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR ALCALDÍA PISO 2	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR ALCALDÍA PISO 1	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR INFRAESTRUCTURA	Ubiquiti	UNIFI AP	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR GOBIERNO 1	Ubiquiti	UNIFI AP	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR GOBIERNO 2	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR DESPACHO	Ubiquiti	UNIFI AP-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR ASOVENDAS COMISARIA	Ubiquiti	UNIFI AP	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>PUERTOS ETHERNET</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
AP UNIFI INDOOR ASOVENDAS VICTIMAS	Ubiquiti	UNIFI AP	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR BIBLIOTECA INFANTIL	Ubiquiti	UNIFI AP-AC-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR BIBLIOTECA GENERAL	Ubiquiti	UNIFI AP-AC-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR BIBLIOTECA FONOTECA	Ubiquiti	UNIFI AP-AC-PRO	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
AP UNIFI INDOOR SALUD	Ubiquiti	UNIFI AP-LR	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
SECTORIAL CASA DE LA CULTURA	Ligo wave	5M-90	Ligo wave	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6
RADIO ESTACIÓN TERRAZA ASOVENDAS	Ligo wave	DLB ECHO 5D	Ligo wave	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6
RADIO ESTACIÓN BIBLIOTECA	Ligo wave	DLB ECHO 5D	Ligo wave	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6
RADIO MASTER TERRAZA ALCALDÍA	Ubiquiti	NANOLOCO M5	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	FUNCION	VERSION IP
RADIO ESCLAVO TERRAZA DESPACHO	Ubiquiti	NANOLOCOM5	Ubiquiti	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6
RADIO MASTER TERRAZA ALCALDÍA	LigoWave	LigoDLB 5-15	Ligo	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6
RADIO ESCLAVO GOBIERNO	LigoWave	LigoDLB 5-15	Ligo	1 ETH 10/100/1000	Distribución	IPV4/IPV6
FIREWALL	Watchguard	Firebox M300		6 ETH 10/100/1000 + 1ETH 10/100	Core	IPV4/IPV6
BALANCEADOR	Peplink	Balanc e 380		4 ETH 10/100/1000	Core	IPV4/IPV6
PLANTA TELEFÓNICA	Grandstream	UCM6116		1 ETH 10/100/1000	Core	IPV4/IPV6
IMPRESORA	EPSON	L355		USB – WIFI	Acceso	IPV4/IPV6
IMPRESORA	EPSON	L555		USB - WIFI	Acceso	IPV4/IPV6
IMPRESORA	EPSON	L575		WI-FI ETH 10/100	Acceso	IPV4/IPV6
IMPRESORA	HP	LASER JET M1522 N		USB – ETH 10/100	Acceso	IPV4/IPV6

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	FUNCION	VERSION IP
IMPRESORA	HP	LASER JET PRO MFP M127FN		USB – ETH 10/100	Acceso	IPV4/IPV6
IMPRESORA	SAMSUNG	PROX PRESS M4070FR		USB – ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4/IPV6
IMPRESORA	HP	LASER JET PRO M1212NF		USB – ETH 10/100	Acceso	IPV4/IPV6

Fuente: Los autores.

Además de los elementos que se relacionan en la Tabla 6, se anexan las fichas técnicas de los equipos. De esta forma, se sustentan las condiciones técnicas y demás condiciones para su conectividad con el protocolo de internet versión 6. Los anexos son:

- Anexo A. Datasheet Switch Cisco SG500-28
- Anexo B. Datasheet Switch Cisco Catalyst 2960
- Anexo C. Datasheet Switch HP 2530 Switch Series
- Anexo D. Datasheet Switch 3COM Switch 4210G
- Anexo E. Datasheet Switch HPE OfficeConnect 1910 Switch Series
- Anexo F. Datasheet Switches HP V1905
- Anexo G. Datasheet Switch access point Ubiquiti Unifi AP-Pro
- Anexo H. Datasheet Radio Ligowave APC 5M 90
- Anexo I. Datasheet Radio Ligowave DLB ECHO 5
- Anexo J. Datasheet Switch Firewall WatchGuard firebox m200 m300
- Anexo K. Datasheet Equipo Balanceador Peplink Balance 380
- Anexo L. Datasheet Switch Planta Telefonica Grandstream ucm6116 series
- Anexo M. Ficha técnica Epson L355
- Anexo N. Ficha técnica Epson L555
- Anexo O. Ficha técnica Epson L575
- Anexo P. Ficha técnica HP laserjet m1522n

Anexo Q. Ficha técnica HP LaserJet Pro MFP M127fn  
 Anexo R. Ficha técnica Samsung ProXpress M4070FR  
 Anexo S. Ficha técnica LaserJet Pro M1212NF

Al analizar el estado actual de los equipos, junto con su correspondiente ficha técnica, se afirma con precisión que el dispositivo del Anexo F, que corresponde al equipo HP V1905, no soporta IPv6. Por lo que se recomienda realizar el cambio para que no afecte el proceso de transición al protocolo de internet versión 6(IPv6). En cuanto al dispositivo del Anexo L y que corresponde al “Datasheet Switch Planta telefónica Grandstream ucm6116 series”, se recomienda realizar la actualización al *firmware 1.0.13.14*, al tener en cuenta que en esta actualización viene incorporado la compatibilidad con el protocolo de internet versión 6 (IPv6).

El link sugerido para actualización de *firmware* es  
<http://drivers.softpedia.com/get/VoIP-Voice-over-IP//Grandstream-UCM6116-IP-PBX-Firmware-1-0-13-14-Beta.shtml>

## 11.2 SERVIDORES

Los servidores con los que cuenta la Alcaldía se listan en la Tabla 7, así:

Tabla 7. Servidores

TIPO DE SERVIDOR	SISTEMA OPERATIVO	VERSIÓN SISTEMA OPERATIVO	DIRECCIONAMIENTO IP	FUNCIONALIDAD
BASE DE DATOS – VIRTUALIZADO	Windows Server	2008	IPv4/Ipv6	Aloja el sistema de Información de la Entidad
BASE DE DATOS	Windows Server	2011 - R2	IPv4/Ipv6	Aloja la virtualización la BD del sistemas de Información
BASE DE DATOS	Windows Server	2012 - R2	IPv4/Ipv6	Alojas sistema de control documental de la Entidad CONTROLDOC
APLICATIVOS	Windows Server	2012 - R2	IPv4/Ipv6	Aloja Herramientas de monitoreo de la RED
SERVICIOS Y TRAMITES	Windows	7	IPv4/Ipv6	

DOMINIO	Windows Server	2012 - R2	IPv4/Ipv6	Aloja las herramientas del Dominio (Directorio Activo - Políticas GPO - DHCP de la RED)
APLICATIVO OS 2	LINUX		IPv4/Ipv6	Aloja aplicativos

Fuente: Los autores.

Los sistemas operativos que aparecen en la Tabla 7 son Windows server (2008, 2011-R2), Windows 7 y Linux. Estos servidores aparecen en el Anexo E y Anexo T. Técnicamente, se puede constatar que están diseñados para soportar direccionamiento IPv4 e IPv6. El anexo T se refiere al:

Anexo T. Ficha técnica Sistemas operativos Windows y Linux.

### 11.3 APLICACIONES

Las aplicaciones con las que cuentan los equipos disponibles en la alcaldía de Acacias se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Aplicaciones

APLICATIVO	CARACTERÍSTICAS	RESPONSABLE	CONTRATO	SOPORTE IPV6
APLICATIVO DE VENTANILLA ÚNICA DE RADICACIÓN	Base de Datos	Oficina TIC	Anual	IPV4 - IPV6
SYSMAN	Base de Datos	Oficina TIC	Anual	IPV4 - IPV6
SQL SERVER	Administrador BD	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
WINDOWS SERVER 2012 R2 DATACENTER	Plataforma Servidor	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
WINDOWS SERVER 2012 R2 STÁNDAR	Plataforma Servidor	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6

WINDOWS SERVER 2008 STÁNDAR	Plataforma Servidor	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
THE DUDE	Herramienta Monitoreo	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
CONTROLADORA UNIFI	Herramienta Monitoreo	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
IVMS-4200 CLIENT	Herramienta Monitoreo	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
SPARK	Chat Interno	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
WINPRO 7 SGNL OPL NL LEGALIZATION GET GETGENUINE	Ofimática	Oficina TIC	NO	IPV4 - IPV6
ESET NOD INTERNET SECURITY	Antivirus	Oficina TIC	Annual	IPV4 - IPV6
Plataformas de Entidades Nacionales ( SISBEN, Mas Familias en Acción, Víctimas, Salud)	Herramientas Para Consultas De Usuarios	Entidades del Orden Nacional	NO	IPV4 - IPV6

Fuente: Los Autores.

## 11.4 INVENTARIO DE LOS EQUIPOS

La Alcaldía cuenta con los equipos que se relacionan en la Tabla 9, así:

Tabla 9. Inventario de equipos

EQUIPO	MEMORIA	PROCESADOR	DISCO	SISTEMA OPERATIVO	VERSIÓN IP
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	AMD ATHLON DUAL CORE 4400	150GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	INTEL CORE DUO E4600	150GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	INTEL CORE DUO	150GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	1GB	AMD Phenom(tm) 8600	300GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL XEON E5504	150GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	Intel (R) Xeon(R) CPU	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	PENTIUM DUAL CORE	250GB	WINDOWS 7 STARTER	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3330	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	1GB	INTEL PENTIUM DUAL E2160	150GB	WIN 7 ULTIMATE	IPV4 - IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	8GB	INTEL I5 3230M	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	AMD Athlon X2 250	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	AMD Athom(tm) II	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500 GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6

EQUIPO	MEMORIA	PROCESADOR	DISCO	SISTEMA OPERATIVO	VERSIÓN IP
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CELERON CPU 1.80GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3330	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3330	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	"Intel(R) Core (TM) i5 "	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
ESCRITORIO	3GB	Intel Pentium dual core	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE E5300	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	INTEL PENTIUM	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE E5300	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	Pentium(R) Dual Core	160GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	16GB	INTEL XEON E5504	2T	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	INTEL CORE I5 2320	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE I5 2320	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	AMD ATHLON DUAL CORE 4400	160GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE I5 2320	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
ESCRITORIO	6GB	INTEL CORE I5 2320	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	CORE I5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5-3330	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5-3330	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE DUO	500 GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	"AMD E350 PROCESSOR"	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	AMD Athlon X2 250	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	"AMD ATHLON 250 PROCESSOR"	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	AMD ATHLON 1.60 GHz	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
PORTATIL	2GB	AMD ATHLON 250	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	AMD ATHLON 250	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CORE i3	160GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7-3770	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE E5400	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL-CORE CPU	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL CORE E5400	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	PENTIUM DUAL-CORE CPU	1 TB	WINDOWS HOME BASIC	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	1GB	PENTIUM DUAL CORE	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	INTEL CORE DUO CPU	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7-3770	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7-3770	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7-3770	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	6GB	AMD ATHLON 260 PROCESSOR	1 TB	WINDOWS HOME BASIC	IPV4 - IPV6
PORTATIL	8GB	Intel (R) Core(TM) i5	500 GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	3GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
PORTATIL	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE I5 – 4460	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB 1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	"Intel(R) Core (TM) i5 "	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i7-3770	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6

<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB 1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	CORE I5	500 GB	"INTEL CORE i5 "	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5-3470	1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6

EQUIPO	MEMORIA	PROCESADOR	DISCO	SISTEMA OPERATIVO	VERSIÓN IP
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB 4 GB	INTEL CORE i5-3470	500GB 1 TB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5-3330	1 TB	WINDOWS 8.1 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	AMD Athom(tm) II	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	8GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	PENTIUM DUAL CORE	140GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	PENTIUM DUAL CORE E5400	500GB	WINDOWS 7 PROFESIONAL	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	2GB	PENTIUM DUAL CORE E5400	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	INTEL CORE i7	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	Pentium(R) Dual Core	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	AMD E-350	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	INTEL CORE i5-3470	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	"AMD E350 PROCESSOR"	1 TB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6

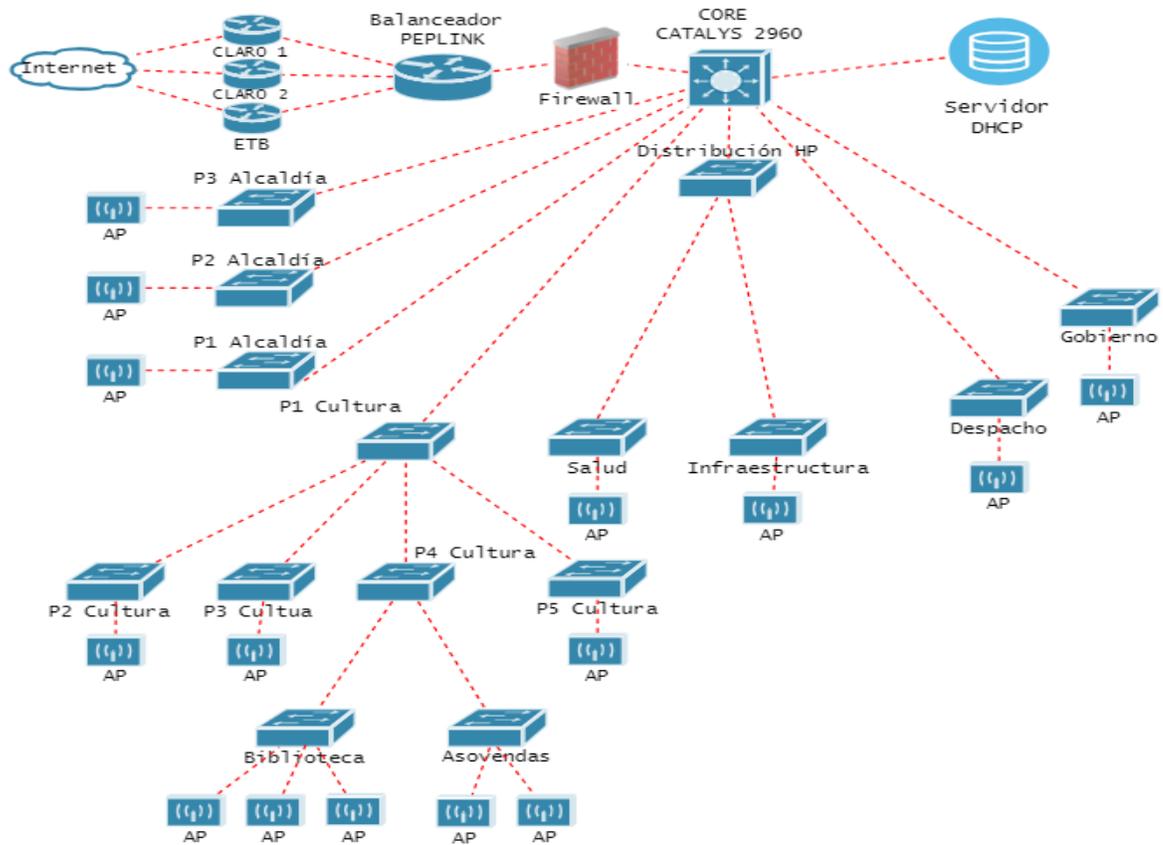
<b>EQUIPO</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PROCESADOR</b>	<b>DISCO</b>	<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	<b>VERSIÓN IP</b>
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	4 GB	INTEL CORE i5	1 TB	WINDOWS 10 PRO	IPV4 - IPV6
ESCRITORIO	3GB	AMD ATHLON DUAL CORE PROCESSOR	150GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6
PORTATIL	8GB	CORE I5	500GB	WINDOWS 7 PRO	IPV4 - IPV6

Fuente: Los autores.

## 12. PLAN DIAGNÓSTICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA IPV6 EN LA ALCALDÍA DE ACACÍAS (META)

Una vez articulados los elementos del Marco Teórico, junto con el inventario tecnológico que se hizo directamente en la alcaldía de Acacías, se presenta, a continuación, la topología de red actual y su funcionamiento.

Figura 18. Topología de red actual en la alcaldía Acacías



Fuente: Los autores.

### 12.1 ESTADO ACTUAL

La alcaldía municipal de Acacías cuenta con una red de datos de topología estrella, tal y como se evidencia en la Figura 18. Los *switch* de acceso, por ejemplo, están conectados a un *switch* principal de la marca Cisco, referencia Catalys 2960 y que se tiene como el equipo *core* de la red. Este equipo, a la vez, está conectado al servidor DHCP que presta el servicio para totalidad de la red.

Por otro lado, se tiene conectado el servicio de internet a través de *firewall* de la red y, más atrás, se encuentra el balanceador que tiene conectado los servicios de internet de los proveedores Claro y ETB.

El servidor de DHCP tiene creado 29 ámbitos de redes, para un total de direcciones IP de 6989 (100%), de las cuales están en uso aproximadamente 1198 (17%) y disponibles 5791 (82%).

Tabla 10. Estadística arrojada por el servicio DHCP

Total de ámbitos	29
Ámbitos con retraso configurado	0
Total de direcciones	6989
En uso	1198 (17%)
Disponible	5791 (82%)

Fuente: Los autores.

Se resalta que las sedes de la Casa de la Cultura, así como la de Infraestructura y salud, están conectadas al *switch* principal por medio de enlaces de fibra de Óptica. Por su parte, las sedes de Gobierno, Despacho Municipal, la Biblioteca Municipal y Asoventas, lo hacen por medio de radio enlaces. La red se encuentra segmentada como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Distribución lógica alcaldía de Acacías

SEDE	NOMBRE RED	VLAN
<b>EDIFICIO ALCALDÍA</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Alcaldía	611
	Vlan_Usuarios_LAN_Alcaldía	11
	Vlan_Usuarios_WiFi_Alcaldía	111
<b>EDIFICIO CULTURA</b> <b>CASA</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Cultura	621
	Vlan_Usuarios_LAN_Cultura	21
	Vlan_Usuarios_WiFi_Cultura	121
<b>EDIFICIO SALUD</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Salud	631
	Vlan_Usuarios_LAN_Salud	31
	Vlan_Usuarios_WiFi_Salud	131
<b>EDIFICIO INFRAESTRUCTURA</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Infraestructura	641
	Vlan_Usuarios_LAN_Infraestructura	41

	Vlan_Usuarios_WiFi_Infraestructura	141
<b>EDIFICIO DESPACHO ALCALDE</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Emviva	651
	Vlan_Usuarios_LAN_Emviva	51
	Vlan_Usuarios_WiFi_Emviva	151
<b>BIBLIOTECA</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Biblioteca	671
	Vlan_Usuarios_LAN_Biblioteca	71
	Vlan_Usuarios_WiFi_Biblioteca	171
<b>CASA GOBIERNO</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Gobierno	681
	Vlan_Usuarios_LAN_Gobierno	81
	Vlan_Usuarios_WiFi_Gobierno	181
<b>CASA ASOVENDAS</b>	Vlan_Invitados_WiFi_Asoventas	691
	Vlan_Usuarios_LAN_Asoventas	91
	Vlan_Usuarios_WiFi_Asoventas	191
<b>TELEFONÍA IP</b>	Vlan_Telefonia	5

Fuente: Los autores.

La configuración de segmentación de la red se hace a través del servidor DHCP y del Switch Catalys 2960. Este tiene creado las *Vlan* de cada sede para todos los servicios ofrecidos a través de la red.

El centro *core* se encuentra ubicado en la sede principal, en la carrera 14 # 13 – 30 del Barrio Centro del municipio de Acacias. Se encuentra distribuido en tres *racks* de piso. En uno de ellos, se encuentran los equipos de red (*switch*, *Firewall*, planta telefónica y ODF de fibra óptica). En los otros dos, se encuentran los servidores. La Alcaldía cuenta con una UPS de Rack de 20 KVA para soportar la conmutación de la energía comercial con la de la planta eléctrica, en caso de presentarse fallas del fluido eléctrico.

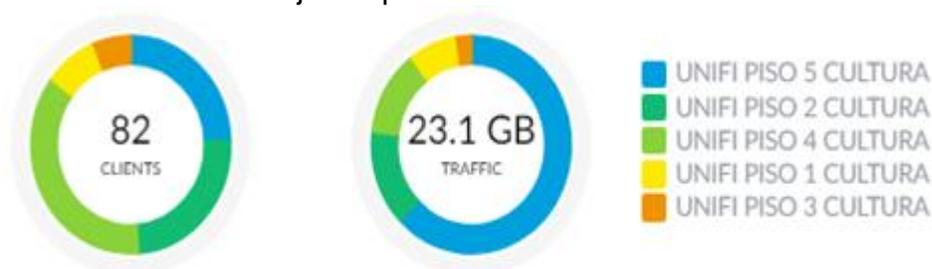
El servicio de *wifi* se presta a través del *Access Point* de la marca Ubiquiti, gestionados por una controladora *UniFi Firmware 5.6.37*, que irradia tres SSID:

- Soporte Alcaldía: Red con seguridad WPA y ancho de banda restringido por usuario de 5 Mb, donde solo se conectan impresoras y computadores portátiles de los contratistas.

- Invitados “Para Vivir Bien”: Red con seguridad WPA y ancho de banda restringido por usuario de 2 Mb, donde se conectan computadores portátiles y teléfonos inteligentes de funcionarios de otras entidades visitantes.
- Wifi Gratis “Para Vivir Bien”: Red Abierta y ancho de banda restringido por usuario de 1 Mb, donde se conectan la comunidad acacireña luego de que termina la jornada laboral de la administración municipal.

A continuación, en la Figura 19, se evidencia el tráfico y los clientes conectado a la sede Casa de la Cultura, edificio de 5 pisos, el más grande que tiene la administración municipal.

Figura 19. Estadísticas arrojadas por la controladora UniFi



Fuente: Los autores.

Las estadísticas fueron tomadas en una hora pico de tráfico (10:30 a.m. a 11:30 a.m.). En la hora señalada, se encontraban conectados 82 clientes. El quinto piso era el que más clientes conectados tenía: 22 clientes. El piso con menor número de clientes conectados fue el tercer piso. Se identificó un tráfico total de 23.1 GB y el quinto piso fue el que más tráfico manejó.

Los servicios de internet vienen de los proveedores Claro, con dos canales ADSL de 30 Mb, y ETB como canal dedicado de 50 MB y compartido con 4 Zonas WiFi gratis del Municipio. En la Figura 20, se muestra el tráfico total de los tres canales en una hora pico.

Se puede inferir que, si bien no se cuentan con estadísticas sobre la eficacia actual del internet que brinda la Alcaldía, los autores infieren que, una vez implementada la IPv6, Acacías tendrá un mayor número de abonados o usuarios finales que contarán, a su vez, con una mayor velocidad de conexión.

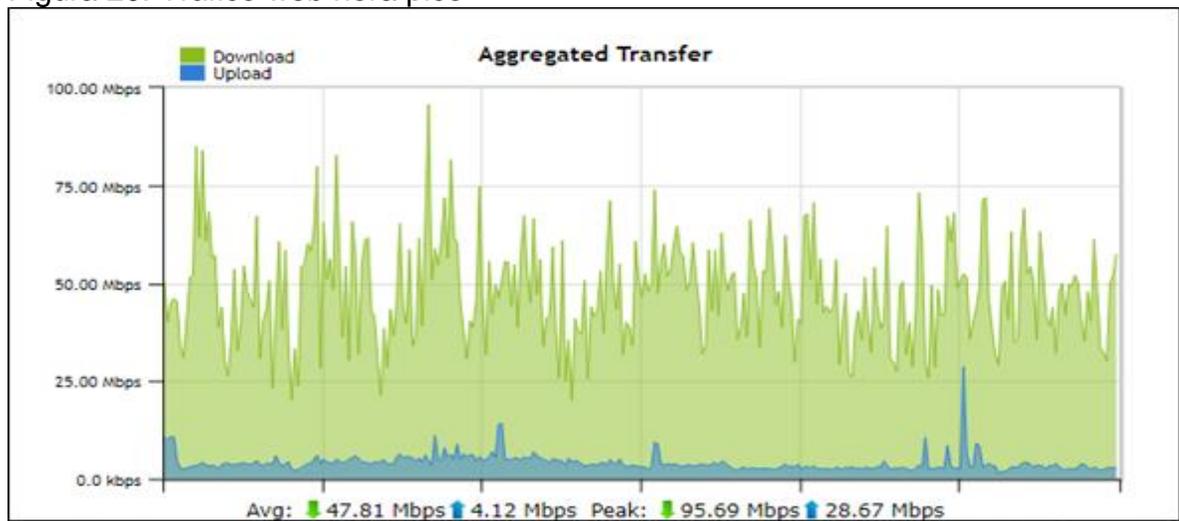
## 12.2 TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR EN LA ALCALDÍA

Es importante en este punto tener en cuenta la disponibilidad de direcciones IPv6 que poseen los proveedores del servicio de internet (ISP) para ofrecer a las organizaciones que tienen planeado realizar la adopción del protocolo. De acuerdo

con lo anterior, la adopción en el caso de la alcaldía de Acacías se recomienda que se haga con el mecanismo doble pila.

Resultado de la indagación y de las cotizaciones solicitadas a posibles proveedores, se puede afirmar que los proveedores se encuentran en la capacidad de ofrecen un *pool* de 5 direcciones IPv6 para el servicio de internet dedicado que se adquiera. De igual forma, se resalta que los proveedores tienen establecido un costo adicional por cada IP que se agregue al *pool* inicial adquirido. Esta limitación hace que la migración se haga a través del mecanismo de doble pila. Se sugiere iniciar por migrar los servicios que requieren ser alcanzados desde fuera de la Entidad.

Figura 20. Tráfico web hora pico



Fuente: Los autores.

Basado en lo anterior, el protocolo de doble pila permitiría alcanzar a todos los tipos de clientes (IPv4, Doble Pila y Ipv6) y permitiría añadir IPV6 de forma gradual a la red de la entidad de acuerdo con la disponibilidad de los proveedores. De esta forma, el IPV6 quedaría disponible de forma nativa para el futuro. Esto es posible gracias al tipo de red que tiene implementada la Alcaldía en forma de estrella, que permite que los *hosts* reciban el direccionamiento directo del servidor DHCP.

### **13. PLAN DETALLADO DEL PROCESO DE ADOPCIÓN AL PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6 EN LA ALCALDÍA DE ACACÍAS**

Teniendo como base el Inventario De La Infraestructura TI y el Plan Diagnóstico En La Implementación Del Protocolo IPv6 En La Alcaldía De Acacías, se obtuvo el grado de compatibilidad de la infraestructura TI con el nuevo protocolo versión 6 (IPv6), dando como resultado que el 97% de los equipos son aptos para la migración, siendo necesario de la adquisición de un Switch Cisco de referencia SG550 y la actualización del software, firmware y sistemas operativos de algunos equipos(Planta Telefónica) con el fin de alcanzar el máximo grado de compatibilidad de estos con el nuevo protocolo IPv6.

#### **Fase 1.** Revisión y validación de la situación actual de la infraestructura TI

Teniendo como base el diagnóstico de la red realizado en este trabajo, se sugiere que para la Fase 1 del plan se valide es su momento si el direccionamiento, los proveedores del servicio de internet, los equipos de red y el software continúan siendo los mismos o si por el contrario se han realizado ampliaciones o cambios en la red. Un ejemplo de cambio puede ser que se haya creado otra Vlan para un servicio de TI nuevo. Esta fase comprende la revisión y validación de:

1. El Direccionamiento IPv4
2. Los ISP
3. La conectividad Red LAN (Equipos de Red)
4. Los sistemas de información y aplicaciones
5. Monitoreo de la Red

#### **Fase 2.** Enrutamiento Y Pruebas

Parra esta Fase es importante que se tenga en cuenta que el método de transición para la implementación del protocolo IPv6 es Dual Stack (Doble Pila), que permitirá la coexistencia de IPv4 e IPv6 simultáneamente, esto con el fin de acceder a los servicios, sistemas de información y aplicaciones en los dos ambientes. A partir de lo anterior se sugiere realizar las siguientes actividades:

1. Realizar la solicitud del nuevo pool de direcciones IPv6 al Registro Regional de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC), se debe tener en cuenta que LACNIC asigna /48 para los usuarios finales, que tiene un costo de 2500 dólares para la asignación de la licencia y un pago anual de 600 dólares para su renovación, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:
  - Anunciar en el sistema de rutas inter-dominio de Internet el bloque asignado con la mínima desagregación que le sea posible.

- Proveer información detallada mostrando como el bloque solicitado será utilizado dentro de tres, seis y doce meses.
  - Entregar una descripción detallada de la topología de la red.
  - Realizar una descripción detallada de los planes de enrutamiento, incluyendo los protocolos a ser usados.
1. Revisar el actual direccionamiento IPv4 y hacer una equivalencia técnica de direccionamiento para los servicios, sistemas de información y aplicaciones para IPv6 con el fin de construir el plan de direccionamiento en IPv6. En la tabla 12 Ejemplo Direccionamiento para la Implementación, se hace un ejercicio de direccionamiento suponiendo que la LACNIC asigne a la entidad el prefijo **2801:11:4000: :/ 48**

Tabla 12. Ejemplo direccionamiento para la implementación

<b>Ejemplo de Prefijo Asignado: 2801:11:4000:: / 48</b>					
<b>IP Inicial: 2801:11:4000::1</b>					
<b>IP Final: 2801:11:4000:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff</b>					
<b>RED</b>	<b>NOMBRE DE RED</b>	<b>N° Vlan</b>	<b>DIRECCION IPv6</b>	<b>IP INICIAL</b>	<b>IP FINAL</b>
RED DE GESTIÓN	Vlan_Gestion	66 1	2801:11:400 0:1::/64	2801:11:40 00:1::1	2801:11:4000:1:fff f:ffff:ffff:ffff
RED LAN CABLEADA	Vlan_Usuarios_LAN	66 2	2801:11:400 0:2::/64	2801:11:40 00:2::1	2801:11:4000:2:fff f:ffff:ffff:ffff
RED WIFI SOPORTE	Vlan_Usuarios_WIFI	66 3	2801:11:400 0:3::/64	2801:11:40 00:3::1	2801:11:4000:3:fff f:ffff:ffff:ffff
RED WIFI INVITADOS	Vlan_Invitados_WIFI	66 4	2801:11:400 0:4::/64	2801:11:40 00:4::1	2801:11:4000:4:fff f:ffff:ffff:ffff
RED TELEFONÍA IP	Vlan_Telefonía	66 5	2801:11:400 0:5::/64	2801:11:40 00:5::1	2801:11:4000:5:fff f:ffff:ffff:ffff
RED IMPRESORAS	Vlan_Impresoras	66 6	2801:11:400 0:6::/64	2801:11:40 00:6::1	2801:11:4000:6:fff f:ffff:ffff:ffff

Fuente: Los autores.

Se recomienda que solo se creen las anteriores Vlan para IPv6 y no las 26 de la actual IPv4, porque el procesamiento de los equipos de red aumentaría demasiado y se podría presentar bloqueo en el tráfico de la red.

1. Elaborar el plan de RollBack para el caso de presentarse inconvenientes de indisponibilidad de las aplicaciones y servicios de la entidad dentro de la fase de Implementación del Pv6 y poder volver algún estado previo funcional. La

Tabla 13 Plantilla para construir el Plan de RollBack, es una sugerencia para construir el Rollback.

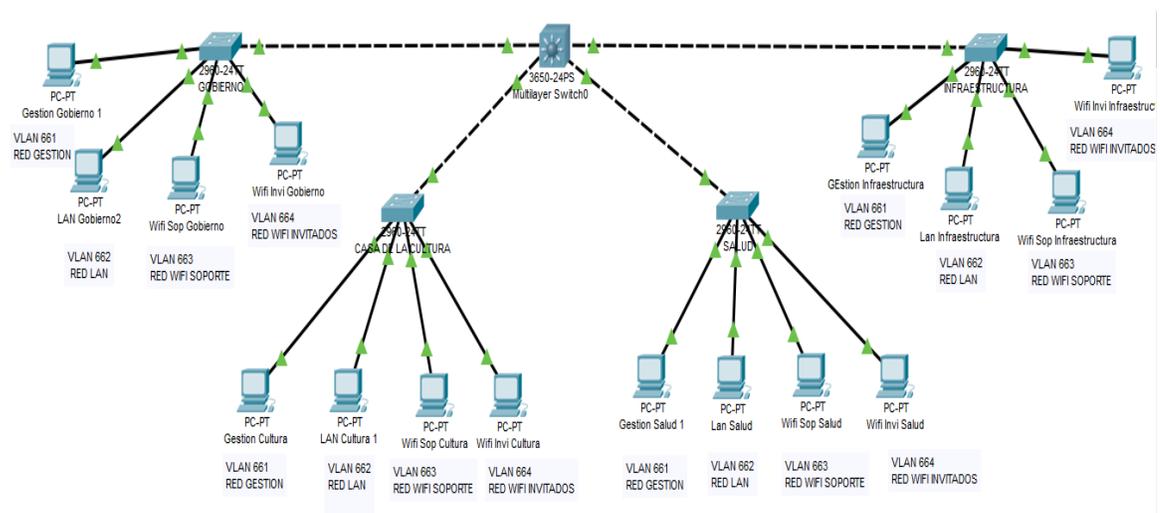
Tabla 13. Plantilla para construir el Plan de Rollback

PROCEDIMIENTO	PROCEDIMIENTO ALTERNO	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE OPERACIÓN CON EL PROCEDIMIENTO ALTERNO	OBJETIVO DE PUNTO DE RECUPERACIÓN (RPO)	OBJETIVO DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN (RTO)	UBICACIÓN DEL DOCUMENTO

Fuente: Los autores.

2. Generar un ambiente de pruebas que simule completamente la topología de red propuesta para el IPv6. Esto requerira de crear un segmento de red controlado para realizar pruebas de funcionalidad del nuevo protocolo IPv6, el cual debe permitir aceptar cambios y activaciones necesarias para confirmar la funcionalidad del protocolo IPv6 sin afectar el ambiente de producción de la entidad.

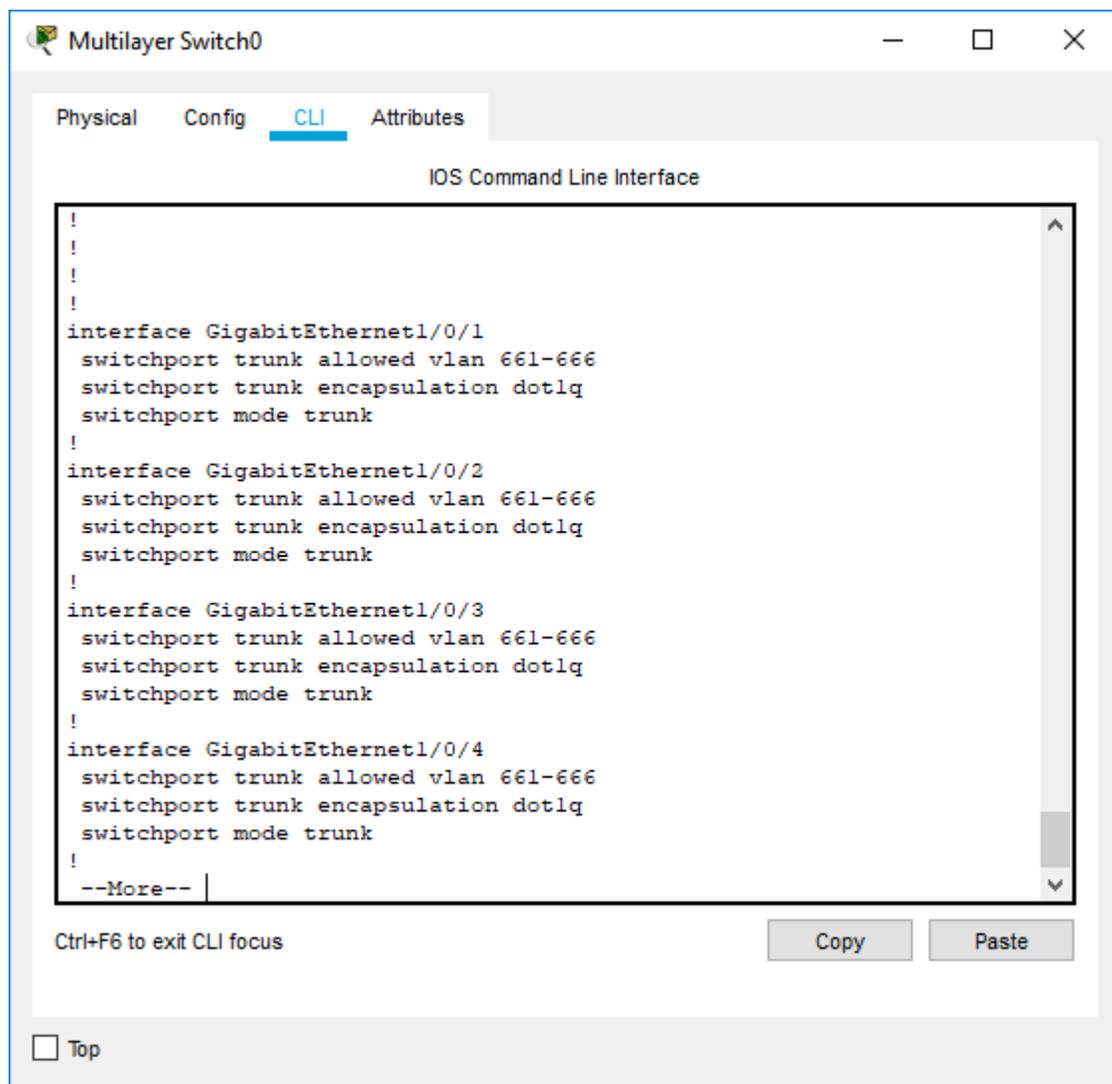
Figura 21. Topología de prueba para el protocolo de internet versión 6



Fuente: Los autores.

En la figura 21: Topología de prueba para el protocolo de internet versión 6, se muestra cómo se realizó la simulación en packet tracer, herramienta reconocida para simular redes de datos, se construyó una parte de la topología que se sugiere para la adopción del protocolo IPv6 en la entidad, se realizó una segmentación de la red tomando 6 vlan y no como estaba en IPv4 con 26 vlan, esto conlleva a tener un mayor rendimiento de la red y poder tener disponibilidad al crecimiento de la entidad, de esta manera se podrá monitorear con facilidad cada vlan y sus procesos.

Figura 22. Configuración de switch principal



```
!
!
!
!
interface GigabitEthernet1/0/1
 switchport trunk allowed vlan 661-666
 switchport trunk encapsulation dot1q
 switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/2
 switchport trunk allowed vlan 661-666
 switchport trunk encapsulation dot1q
 switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/3
 switchport trunk allowed vlan 661-666
 switchport trunk encapsulation dot1q
 switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/4
 switchport trunk allowed vlan 661-666
 switchport trunk encapsulation dot1q
 switchport mode trunk
!
--More--
```

Ctrl+F6 to exit CLI focus

Copy Paste

Top

Fuente: Los autores.

En la configuración que se evidencia en la figura 22: Configuración de switch principal, se evidencia la configuración de troncalización de las interfaces

conectadas a los switches de acceso, los cuales simulan los instalados en las sedes de la alcaldía, y permiten el tráfico entre los funcionarios ubicados en estas.

En la Figura 23: Configuración de Vlan se evidencia la configuración de los Gateway de los segmentos /64 configurados para cada Vlan

Figura 23. Configuración de Vlan

Vlan1	Down	1	<not set>	<not set>	0000.0C5A.B957
Vlan661	Up	661	<not set>	2801:11:4000:1::1/64	0000.0C5A.B901
Vlan662	Up	662	<not set>	2801:11:4000:2::1/64	0000.0C5A.B902
Vlan663	Up	663	<not set>	2801:11:4000:3::1/64	0000.0C5A.B903
Vlan664	Up	664	<not set>	2801:11:4000:4::1/64	0000.0C5A.B904
Vlan665	Up	665	<not set>	2801:11:4000:5::1/64	0000.0C5A.B905
Vlan666	Up	666	<not set>	2801:11:4000:6::1/64	0000.0C5A.B906
Hostname: Switch					
Physical Location: Intercity, Home City, Corporate Office, Main Wiring Closet					

Fuente: Los autores.

Figura 24. Configuración de Switch de Acceso

```

interface FastEthernet0/1
  switchport trunk allowed vlan 661-666
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 661
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 662
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 663
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 664
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 665
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 666
  switchport mode access
!
--More--
  
```

Ctrl+F6 to exit CLI focus

Copy Paste

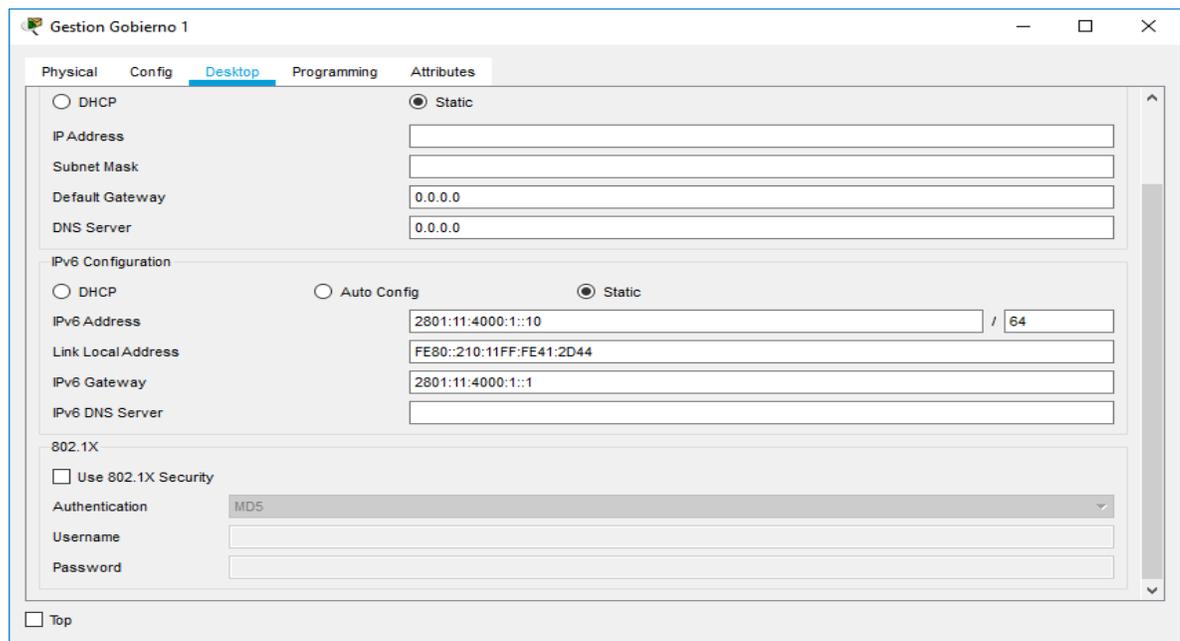
Top

Fuente: Los autores.

En la anterior figura 24: Configuración de Switch de Acceso, se evidencia como fueron configurados los puertos troncales y de acceso, los cuales se configuran para brindar los servicios TI a los funcionarios con un direccionamiento IPv6.

En la figura 25: Equipo Usuarios finales, se evidencia el dispositivo de usuario final configurado con una dirección IPv6, el cual tendrá conectividad con los dispositivos conectados a su misma Vlan.

Figura 25. Equipo Usuarios finales

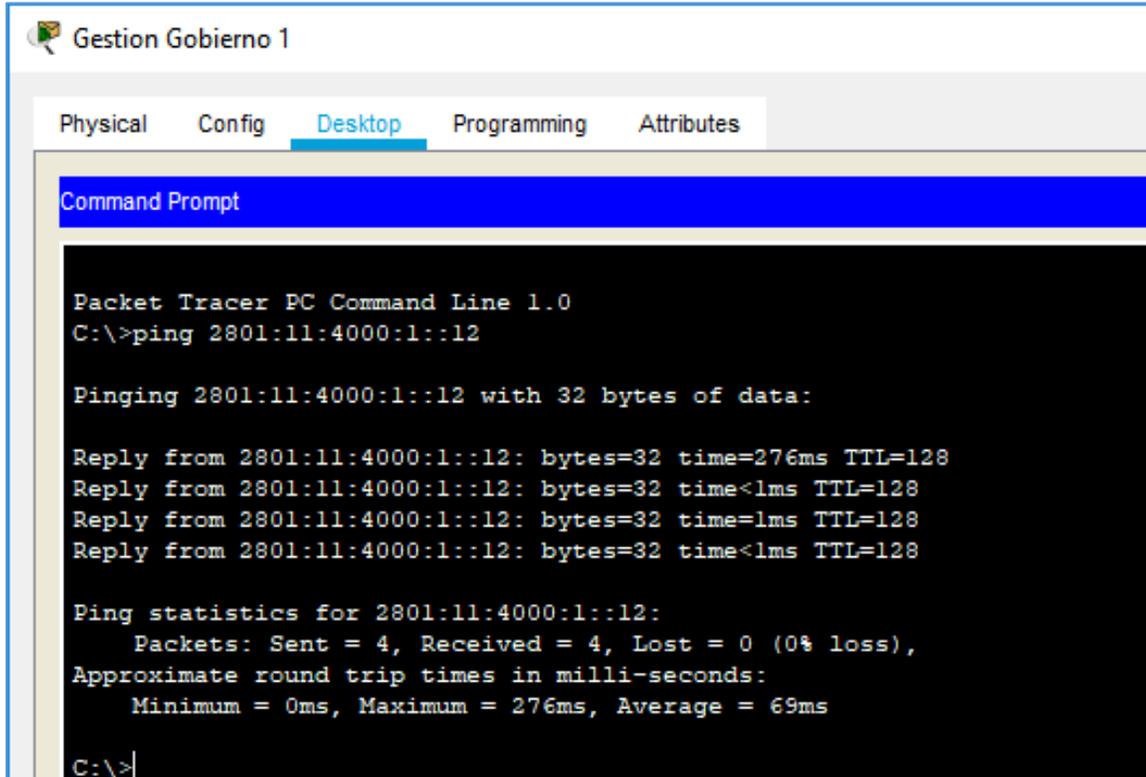


Fuente: Los autores.

En la figura 26: Prueba de conectividad, se realiza una prueba de ping entre dos dispositivos conectados a una misma Vlan, la prueba resulta satisfactoria lo que indica que se pueden transmitir datos entre estos sin ningún problema.

La prueba de ping muestra la conectividad entre dos sedes de la alcaldía que se encuentran en el mismo segmento de red (vlan), dando como resultado conectividad exitosa, es de denotar que se realizó el ping entre un pc de la sede de la secretaria de Gobierno (IPv6 2801:11:4000:1::10) y la sede de la secretaria de salud (IPv6 2801:11:4000:1::12).

Figura 26. Prueba de conectividad



The screenshot shows a Packet Tracer PC Command Line window titled "Gestion Gobierno 1". The window has tabs for "Physical", "Config", "Desktop", "Programming", and "Attributes", with "Desktop" selected. The Command Prompt displays the following text:

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 2801:11:4000:1::12

Pinging 2801:11:4000:1::12 with 32 bytes of data:

Reply from 2801:11:4000:1::12: bytes=32 time=276ms TTL=128
Reply from 2801:11:4000:1::12: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 2801:11:4000:1::12: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 2801:11:4000:1::12: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 2801:11:4000:1::12:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 276ms, Average = 69ms

C:\>
```

Fuente: Los autores.

### 3. Creación de backup de la configuración actual de los equipos de RED.

#### **Fase 3.** Revisión del soporte IPv6 para los servicios TI

En esta fase se sugiere evaluar el soporte de IPv6 para los siguientes servicios tecnológicos:

- Servicio de Directorio Activo
- Servicio de DNS
- Servicio DHCP
- Servicio Telefonía IP
- Servicio de correo Electrónico
- Servicio de Aplicaciones y sistemas de información
- Servicio de Internet
- Servicios de Backup en la nube
- Servicio de almacenamiento en red
- servicios que soportan canales de acceso a internet

#### **Fase 4.** Revisión de políticas de seguridad

En esta fase se sugiere revisar las políticas de seguridad de los siguientes componentes:

- Balanceador
- Firewalls
- Switches
- Servidores
- Controladoras de gestión de redes
- Access Point
- Planta telefónica
- Impresoras

#### **Fase 5.** Adquisición de suministro

Adelantar proceso precontractual por parte de la entidad para la adquisición del Switch de referencia Datasheet Switch Cisco SG550, el dispositivo que se recomienda es apropiado para la nueva topología de red que será implementada y tiene por default el protocolo de internet versión 6 activo.

#### **Fase 6.** Implementación IPv6 por servicios

Para la ejecución de esta fase es importante:

1. Realizar la actualización de las versiones de software que requieran aplicarse para los elementos activos de la red, aplicativos, sistemas operativos y demás que se ajusten a los requerimientos funcionales para la adopción del protocolo IPv6.
2. Configurar el enrutamiento de cada uno de los fragmentos en el Firewall con el fin de que éstos contengan las políticas de seguridad.
3. Definir las acciones necesarias para permitir la correcta operación de las aplicaciones que soporten el IPv6 en compatibilidad con el IPv4. Se sugiere ejecutar pruebas y validaciones por cada uno de los proveedores de las aplicaciones y servicios.
4. Coordinar con el ISP todas las acciones técnicas necesarias para permitir que los servicios y aplicativos puedan desplegarse con el IPv6, desde el interior hacia el exterior de la entidad, con el fin de poder generar tráfico IPv6 nativo desde y hacia sus canales de comunicación.
5. Implementar el protocolo Ipv6 en:
  - Servicio de Directorio Activo
  - Servicio DNS
  - Servicio DHCP
  - Servicio de Telefonía IP

- Servicio de correo Electrónico
- Servicio de Aplicaciones y sistemas de información
- Servicio de Internet
- Servicios de Backup en la nube
- Servicio de almacenamiento en red

**Fase 7.** Pruebas de funcionalidad de la red

Para esta fase se sugiere que se documenten los cambios que se van realizando durante el proceso de adopción del protocolo IPv6 y se presente un Informe de cambios en configuraciones de los equipos de red de la entidad.

Se realice un Inventario final de la infraestructura TI sobre el IPv6, para lo cual se sugiere la plantilla de la tabla 14.

Tabla 14. Plantilla Inventario Infraestructura TI sobre el IPv6

EQUIPO	MARCA	UBICACION	CANT. PTO. ETHERNET	SERVICIOS TI SOPORTADOS	VLAN CONFIGURADAS

Y por último se realice un acta de cumplimiento del funcionamiento de los servicios, aplicaciones y sistemas de Información por parte de los profesionales encargados de la adopción del protocolo IPv6 en la entidad.

**Fase 8.** Capacitación y sensibilización

Realizar capacitación a los profesionales de la Oficina TIC encargados de asegurar la infraestructura TI de la entidad, en temas como: Fundamentos de Redes IPv4/IPv6, Fundamentos de Plataformas TI con IPv6, Fundamentos de *Testing* Funcional y Aplicaciones IPv6, Fundamentos de Seguridad IPv6 y IPv6 Para Gestores de TIC. Por otro lado, se sugiere realizar Sensibilización al personal de la toda la entidad, a fin de dar a conocer el nivel de impacto en la implementación del nuevo protocolo. Ver Anexo U Propuesta General Cursos Academia IPv6 Jul 2018.

En la tabla 15 Plan sugerido para adopción del protocolo IPv6, se describen cada una de las actividades tendientes a desarrollar para la adopción del protocolo IPv6 en la Alcaldía Municipal de Acacias Meta, con unos ítems mínimos para el éxito del proceso.

Tabla 15. Plan sugerido para adopción del protocolo IPv6

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
1	REVISIÓN Y VALIDACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA TI	30	Por establecer	Por establecer		0%
1.1	Direccionamiento IPv4	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
1.2	Servicios ISP	10	Por establecer	Por establecer	Jefe de la Oficina TIC Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
1.3	Conectividad Red LAN (Equipos de Red)	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
1.4	Sistemas de Información Y Aplicaciones	5	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Oficina TIC Especialista en Redes	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
					Especialista en Seguridad	
1.5	Monitoreo de la Red	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
2	<b>ENRUTAMIENTO Y PRUEBAS</b>	33	Por establecer	Por establecer		0%
2.1	Realizar la solicitud del nuevo pool de direcciones IPv6 a LACNIC	30	Por establecer	Por establecer	Jefe de la Oficina TIC Coordinador de Infraestructura TI	0%
2.1	Elaborar plan de direccionamiento IPv6	2	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
2.2	Segmentación de Bloques IPv6	1	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
2.3	Elaboración del plan de contingencia (Roll Back)	5	Por establecer	Por establecer	Jefe de la Oficina TIC Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
2.4	Creación de ambiente de prueba con las topologías IPv6	10	Por establecer	Por establecer	Jefe de Oficina TIC Profesional Universitario Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
2.5	Creación de backup de la configuración actual de los equipos de RED	10	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3	<b>REVISIÓN DEL SOPORTE IPV6 PARA LOS SERVICIOS</b>	17	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.1	Servicio de Directorio Activo	3	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
					Especialista en Seguridad	
3.2	Servicio de DNS	2	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.3	Servicio DHCP	2	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.4	Servicio Telefonía IP	2	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.5	Servicio de correo Electrónico	2	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.6	Servicio de Aplicaciones y sistemas de información	2	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
3.7	Servicio de Internet	2	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.8	Servicios de Backup en la nube	1	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
3.9	Servicio de almacenamiento en red	1	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
4	<b>REVISIÓN DE POLÍTICAS DE SEGURIDAD</b>	<b>36</b>	Por establecer	Por establecer		0%
4.1	Balanceador	3	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
4.2	Firewall	3	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
4.3	Switches	3	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
4.4	Servidores	4	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
4.5	Controladoras de gestión de redes	10	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
4.6	Access Point	5	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
4.7	Impresoras	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
					Especialista en Seguridad	
4.8	Telefonía IP	3	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
5	<b>ADQUISICIÓN DE SUMINISTRO</b>	<b>30</b>	Por establecer	Por establecer		0%
5.1	Adquisidores de Switch	30	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Jefe de la Oficina TIC	0%
6	<b>IMPLEMENTACIÓN IPV6 POR SERVICIOS</b>	<b>86</b>	Por establecer	Por establecer		0%
6.1	Realizar la actualización de las versiones de software	15	Por establecer	Por establecer	Especialista en Redes Especialista en Seguridad Coordinador de Infraestructura TI	0%
6.2	Configurar el enrutamiento de cada uno de los fragmentos en el Firewall	15	Por establecer	Por establecer	Especialista en Redes Especialista en Seguridad Coordinador de Infraestructura TI	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
6.3	Definir las acciones necesarias para permitir la correcta operación de las aplicaciones que soporten el IPv6 en compatibilidad con el IPv4	15	Por establecer	Por establecer	Especialista en Redes Especialista en Seguridad Coordinador de Infraestructura TI	0%
6.4	Coordinar con el ISP todas las acciones técnicas necesarias para permitir que los servicios y aplicativos puedan desplegarse con el IPv6	15	Por establecer	Por establecer	Especialista en Redes Especialista en Seguridad Coordinador de Infraestructura TI	0%
6.5	Implementar el protocolo Ipv6 en el servicio de Directorio Activo	15	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
6.6	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicio DNS	5	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
6.7	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicio DHCP	10	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
					Especialista en Seguridad	
<b>6.8</b>	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicio de Telefonía IP	10	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	<b>0%</b>
<b>6.9</b>	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicio de correo Electrónico	10	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	<b>0%</b>
<b>6.10</b>	Implementar el protocolo Ipv6 en los Servicios de Aplicaciones y sistemas de información	15	Por establecer	Por establecer	Profesional Universitario Especialista en Redes Especialista en Seguridad	<b>0%</b>
<b>6.11</b>	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicio de acceso a Internet	15	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	<b>0%</b>
<b>6.12</b>	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicios de Backup en la nube	3	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes	<b>0%</b>

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
					Especialista en Seguridad	
6.13	Implementar el protocolo Ipv6 en el Servicio de almacenamiento en red	3	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
7	<b>PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE LA RED</b>	45	Por establecer	Por establecer		0%
7.1	Informe de cambios en configuraciones de equipos de red	15	Por establecer	Por establecer	Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
7.2	Acta de cumplimiento de funcionamiento de los servicios, aplicaciones y sistemas de Información	15	Por establecer	Por establecer	Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
7.3	Inventario final de la infraestructura TI sobre el IPv6	15	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Especialista en Redes Especialista en Seguridad	0%
8	<b>CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN</b>	45	Por establecer	Por establecer		0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
8.1	FRIP6: Fundamentos de Redes IPv4/IPv6	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Profesional Universitario Técnicos de soporte TI	0%
8.2	FPIT6: Fundamentos de Plataformas TI con IPv6	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Profesional Universitario Técnicos de soporte TI	0%
8.3	FTAP6: Fundamentos de Testing Funcional y Aplicaciones IPv6	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Profesional Universitario Técnicos de soporte TI	0%
8.4	FSEC6: Fundamentos de Seguridad IPv6.	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Profesional Universitario Técnicos de soporte TI	0%
8.5	GTIC6: IPv6 Para Gestores de TIC	5	Por establecer	Por establecer	Coordinador de Infraestructura TI Profesional Universitario Técnicos de soporte TI	0%
8.6	Sensibilización y apropiación a los funcionarios en la	20	Por establecer	Por establecer	Todos los funcionarios de la Entidad	0%

ITEM	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	RECURSOS	PORCENTAJE COMPLETADO
	implementación del nuevo protocolo IPV6					
<b>9</b>	<b>CIERRE DEL PROYECTO</b>	<b>15</b>				<b>0%</b>

Se hace claridad que la fecha de inicio y fin de cada actividad no se han especificado, ya que no se tiene determinado la fecha en la que iniciará la fase II denominada implementación del protocolo IPV6.

## 14. PRESUPUESTO

El presupuesto que se detalla, a continuación, tiene como base las cotizaciones solicitadas a los proveedores y el conocimiento experto de los mismos autores del trabajo de grado. El presupuesto contempla la Fase 1 de la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 en Colombia” y una duración de ejecución del mismo presupuesto en cuatro meses. Se resalta que la proyección presupuestal también tuvo en cuenta la planeación estratégica de la alcaldía de Acacías. Por lo que la cifra estimada se considera acorde a los gastos proyectados en modernización e innovación tecnológica de la Entidad.

Los rubros que estructuran el proyecto son el de personal, capacitación, compra de equipos y servicio de conectividad y de internet. Cada uno de los rubros se especifican a continuación.

### 14.1. PERSONAL

Con el fin de realizar las configuraciones del protocolo IPv6 en equipos y dispositivos, se recomienda que la Alcaldía contrate a dos especialistas que apoyen en la adopción del protocolo. La Tabla 16 da cuenta del perfil que debería tener dichos especialistas.

Tabla 16. Perfil de los profesionales

<b>PERFIL PROFESIONAL</b>	<b>EXPERIENCIA</b>
<b>Especialista en Redes</b>	Dos (2) años de experiencia como especialista en Redes de datos. Participación en proyectos similares como analista de redes de datos - mínimo 2 proyectos. Título universitario en Ingeniería de Sistemas, Electrónica, Telecomunicaciones o afines. Especialización o postgrados con énfasis en Redes de comunicaciones, y/o certificaciones o cursos similares relacionados con el área de redes de datos. Certificación en IPv6.
<b>Especialista en Seguridad Informática</b>	Dos (2) años de experiencia como especialista en seguridad informática. Participación en proyectos similares como analista de seguridad de informática - mínimo 2 proyectos. - Título universitario en Ingeniería de Sistemas, Electrónica, Telecomunicaciones o afines. - Especialización o postgrados con énfasis en seguridad informática y/o certificaciones o cursos similares relacionados con seguridad informática. - Certificación en IPv6.

Fuente: Los autores.

Los especialistas estarían a cargo del desarrollo de la Fase 1 y del cumplimiento de las actividades y sus respectivos alcances. La vinculación de los expertos estaría dada de tiempo completo y por 3 meses cada uno.

#### 14.2. DISPOSITIVOS A CAMBIAR Y/O ACTUALIZAR

Se recomienda el cambio y adquisición de los equipos, según las especificaciones técnicas se relaciona en la Tabla 17. De esta forma, se recomienda específicamente el cambio del dispositivo Datasheet Switches HP V1905 por el dispositivo Datasheet Switch Cisco SG550, al tener en cuenta que el dispositivo soporta IPv6.

Anexo U. Datasheet Switch Cisco SG550

El Anexo V relaciona las características del equipo.

En cuanto al costo, se anexan 3 cotizaciones. Se aclara que el valor fue dado en dólares. Las tres cotizaciones se encuentran en los siguientes anexos:

- Anexo V. Cotización Digital Technology
- Anexo W. Cotización Asconsys
- Anexo X. Cotización AyC Services

Tabla 17. Dispositivos a cambiar y/o actualizar

EQUIPO	MARCA	MODELO	SISTEMA OPERATIVO	PUERTOS ETHERNET	ROL	VERSIÓN IP
SWITCH HP ASOVENDAS	Hp	HP V1905 -24	Hp	24 ETH 10/100/1000	Acceso	IPV4

Fuente: Los autores.

Se subraya que el equipo sugerido cumple las especificaciones y protocolos IPv6 y, por ende, con la regulación colombiana contenida en la Resolución 2710 de 2017.

#### 14.3. PRESUPUESTOS DE ISP

Se realizó la solicitud del *pool* de direcciones ante las empresas que ya se encuentran registrados como proveedores en la Alcaldía. Las empresas enviaron las ofertas comerciales que incluyeron precio, tiempo de contrato y ancho de banda. Las especificaciones se encuentran en los anexos que se relacionan a continuación. Se reitera que los proveedores que existen actualmente vinculados con la alcaldía de Acacías son ETB y Claro Colombia.

Los anexos con las cotizaciones son:

Anexo Y. ETB Oferta Comercial - Internet Dedicado con IPv6

Anexo Z. Claro Colombia Presentación Comercial Internet Dedicado Corporativo 2018

Se anota que la Alcaldía podrá comparar las cotizaciones anexas con las que solicite por su cuenta y así brindar mayor transparencia al proceso de selección y contratación pública. Por otro lado, se señala que los proveedores actuales de los servicios de conectividad e internet en la alcaldía de Acacías, hasta el momento, no han presentado ninguna deficiencia o mala calidad en la prestación de los servicios, por lo que se anexa las respectivas cotizaciones.

#### 14.4. CAPACITACIÓN

El conocimiento experto de los autores del trabajo de grado y por exigencia técnica como se describió en el plan detallado del numeral 13, es necesaria una capacitación especializada. Por lo que se sugiere que el funcionario designado para liderar la Fase 1 de la Guía se capacite y reciba el respectivo certificado. Lo que brinda confiabilidad y compromiso con el cumplimiento de la normatividad colombiana.

#### 14.5. VALOR APROXIMADO DE LA ADOPCIÓN

La Tabla 18 discrimina, rubro por rubro, la inversión aproximada en la adopción del protocolo IPv6, de acuerdo con lo contemplado en la Fase 1 de la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 en Colombia”.

Tabla 18. Estimación de presupuesto para la adopción

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	V/UNITARIO	V/TOTAL
1	Especialista en Redes	mese s	3	\$ 5.200.000	\$ 15.600.000
2	Especialista en Seguridad Informática	mese s	3	\$ 5.200.000	\$ 15.600.000
3	Switch Cisco SG550	unida d	1	\$ 6.784.320	\$ 6.784.320
4	Canal Dedicado 30 MB	MB	1	\$ 2.881.712	\$ 2.881.712

ÍTE M	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT .	V/UNITARIO	V/TOTAL
5	Capacitación Funcionario de la Entidad	Cupo	1	\$ 8.500.000	\$ 8.500.000
<b>VALOR APROXIMADO DE LA ADOPCIÓN</b>					<b>\$ 49.366.033</b>

Fuente: Los autores.

Al tener en cuenta lo descrito en la Tabla 18, los autores del trabajo de grado señalan dos elementos a resaltar. Primero, el valor de pago del “Canal dedicado” que es un valor mensual que la entidad tiene que seguir pagando mientras que tenga activo dicho contrato con el respectivo Proveedor. En la Tabla 18 aparece el costo estimado de un solo mes de servicio. Segundo, en cuanto al valor del Switch Cisco SG550, el valor es un estimado, ya que el costo, como tal, se debe tener en cuenta la tasa de cambio del día en que se efectúe la compra del equipo. Según las cotizaciones W, X y Y, el valor está dado en dólares, por lo que el valor a pagar y que se registra en la Tabla 18, podría incrementar o disminuir.

## 15. RESULTADOS

En este apartado se analizan los resultados en relación a los 3 objetivos específicos propuestos.

### **Objetivo específico 1: Analizar la estructura tecnológica con la que cuenta la alcaldía de Acacías.**

El apartado 11 del presente trabajo, describe la estructura tecnológica con la que cuenta la alcaldía de Acacías. A partir de esa revisión y en relación a la adaptabilidad de esta estructura al protocolo versión 6 (IPv6) se concluye que la infraestructura tecnológica disponible en la Alcaldía y para el municipio soporta la migración paulatina del protocolo de internet versión 6 (IPv6).

Sin embargo, se hace necesario que el equipo HP V1905 sea cambiado por un modelo de referencia Datasheet Switch Cisco SG550 debido a que el primero no soporta IPv6. En tanto que el segundo es apropiado para la nueva topología de red que será implementada y tiene por default el protocolo de internet versión 6 activo.

Por otro lado, el dispositivo Datasheet Switch Planta telefónica Grandstream ucm6116 series, requiere de una actualización al *firmware 1.0.13.14*. Dicha actualización permite la compatibilidad con el protocolo de internet versión 6 (IPv6).

### **Objetivo específico 2: Determinar los niveles de compatibilidad de los equipos y redes con el protocolo IPv6.**

El análisis de los equipos y redes para la compatibilidad de migración el protocolo IPv6 arroja como resultado que el 97% de los equipos son aptos para la migración. Sin embargo, debido al alcance del nuevo protocolo es necesario realizar la actualización del software, firmware y sistemas operativos de algunos equipos (Planta Telefónica) con el fin de alcanzar el máximo grado de compatibilidad de estos con el nuevo protocolo IPv6.

También, es importante tener en cuenta que el método de transición para la implementación del protocolo IPv6 es Dual Stack (Doble Pila), que permitirá la coexistencia de IPv4 e IPv6 simultáneamente, esto con el fin de acceder a los servicios, sistemas de información y aplicaciones en los dos ambientes.

### **Objetivo específico 3. Generar un plan detallado del proceso de adopción IPv6**

El apartado 13 del presente trabajo muestra el plan detallado para el proceso de adopción IPv6.

## 16. CONCLUSIONES

El plan de transición diseñado para la adopción del Protocolo de Internet Versión 6 (IPv6) en la alcaldía municipal de Acacías, está acorde a los lineamientos impartidos por MINTIC y la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 en Colombia”. En un primer momento, se procedió a conocer el estado actual de la red de datos. Con dicha información, se evidenciaron tanto fortalezas como falencias a nivel de red que pueden retrasar el proceso de migración. Posteriormente, se sugirieron estrategias para superarlas con el fin de asegurar la continuidad de los servicios. De esta manera, se obtuvo una mirada holística de la red de comunicaciones de la Alcaldía y se logró obtener el diagnóstico y revelar qué tan lista se encuentra la Entidad para empezar con la etapa de implementación de IPv6.

La preparación del inventario de activos informáticos (Hardware y Software) de Acacías fue el primer paso para determinar el porcentaje de compatibilidad para iniciar la implementación de IPv6. Se puede afirmar que es una de las actividades más representativas de la planeación. Se logró determinar que la entidad es apta para comenzar con el proceso de migración a IPv6, pues el diseño de la red de comunicaciones que está implementada actualmente cuenta con la mayoría de equipos compatibles con el protocolo versión 6. Además de ello, los equipos que no están funcionando con dicho protocolo no retrasan el proceso, gracias a los mecanismos de implementación y coexistencia sugeridos.

Con el plan diagnóstico de la Alcaldía se puede evidenciar que se cuenta con una red de datos en tipología estrella, en la cual se establecen el total de IP con las que cuentan la actualidad. De acuerdo a lo anterior, se recomienda que la adopción se haga con el mecanismo doble pila. Basado en lo anterior, el protocolo permitiría alcanzar la totalidad de tipos de clientes (IPv4, Doble Pila y Ipv6). Igualmente, permitiría añadir IPV6 de forma gradual a la red de la entidad de acuerdo a la disponibilidad de los proveedores y, por último, la IPv6 quedaría disponible de forma nativa. Esto es posible gracias al tipo de red que tiene implementada la Alcaldía que es de tipo estrella y que permite que los *hosts* reciban el direccionamiento directo del servidor DHCP. Asimismo, se resalta que el análisis realizado incluye el presupuesto estimado con el que debe contar la administración municipal con el fin de realizar las actividades contempladas en la Fase 1 de la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 en Colombia”.

El proceso de transición a IPv6 es un despliegue relativamente rápido debido a que actualmente se cuenta con soporte y activación del IPv6 en la mayoría de equipos de red utilizados en la Alcaldía. De igual forma, se debe tener en cuenta que la migración completa de la red es un proceso paulatino que, normalmente, tarda entre 2 a 3 años. Aun así, la adopción es obligatoria, según la Resolución 2710 de 2017, además que es conveniente debido a que garantiza la comunicación con las redes que trabajen tanto en la versión 4 como en la 6. Se resalta que, según la

normatividad emitida por MINTIC, el proceso de transición debe finalizar antes del 31 de diciembre del 2019.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Acacías. Organigrama. [on line]. [20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.acacias.gov.co/publicaciones/50/organigrama/>

BENAVIDES, Juan. CASTRO. Felipe. DEVIS. Lina. OLIVERA. Mauricio. Impacto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el Desarrollo y Competitividad del País. En: FEDESARROLLO. Informes de investigación. 2011. Referencia: 009319.

BLANCHET, Marc. Migration to IPV6: A practical guide to implementing IPV6 in mobile and fixeed networks. [on line]. 2006. [22 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.wiley.com/en-co/Migrating+to+IPV6:+A+Practical+Guide+to+Implementing+IPV6+in+Mobile+and+Fixed+Networks-p-9780471498926>

CCM BENCHMARK GROUP. Las RFC (Request For Comments, Peticiones de comentarios). [on line]. [22 de junio de 2018]. Disponible en <http://es.ccm.net/contents/276-rfc-peticion-de-comentarios>

DUARTE, Eugenio. Cisco CCNA – Todo Sobre IPV6 – Tipos de Direcciones (4/5). [on line]. [21 de junio de 2018]. Disponible en <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/16/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-tipos-de-direcciones/>

FERNÁNDEZ, Víctor Manuel. La transición pausada de IPV6. [on line]. [20 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.computerworld.es/tecnologia/la-transicion-pausada-de-ipv6>

FIRMA-E. CONSULTORÍA & DESARROLLO IT. Pilares de la Seguridad de la Información: confidencialidad, integridad y disponibilidad. [on line]. [20 de junio de 2018]. Disponible en <https://www.firma-e.com/blog/pilares-de-la-seguridad-de-la-informacion-confidencialidad-integridad-y-disponibilidad/>

GOOGLE. Estadísticas de adopción de la IPV6 a nivel mundial. [on line]. [6 de junio de 2018]. Disponible en <https://www.google.com/intl/es/ipv6/statistics.html>

IANA. About us. [on line]. [5 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.iana.org/>  
Internet Society. ¿Qué es la IANA? [on line]. [5 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://isoc-rd.org.do/publicaciones/iana/>

IPV6 PORTAL. ¿Quiénes implementan? [on line]. [5 de junio de 2018]. Disponible en <http://portalipv6.lacnic.net/quienes-implementan/>

IPV6 MX. Fundamentos de IPV6. [on line]. [4 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.ipv6.mx/index.php/informacion/fundamentos/ipv6>

LACNIC. Categorías y Cuotas de Membresía. [on line]. [5 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.lacnic.net/web/lacnic/categoria-de-membresia>

..... Definiciones. [on line]. [5 de junio de 2018]. Disponible en <https://www.lacnic.net/544/1/lacnic/>: <https://www.lacnic.net/544/1/lacnic/>

..... Despliega IPv6. [on line]. [5 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.lacnic.net/despliegaIPv6>

..... Fases de Agotamiento de IPv4. [on line]. [4 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.lacnic.net/1001/1/lacnic/fases-de-agotamiento-de-ipv4>: <http://www.lacnic.net/1001/1/lacnic/fases-de-agotamiento-de-ipv4>

..... Fundamentos. [on line]. [8 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://slides.lacnic.net/wp-content/themes/slides/docs/onthemove/2017/guatemala/tutorial-ipv6-01.pdf>

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. ¿Qué es IPv6? [on line]. España. [1 de junio de 2018]. Disponible en [www.6sos.org/que\\_es\\_ipv6.php](http://www.6sos.org/que_es_ipv6.php)

..... Resolución 0002710 de 2017. Por la cual se establecen lineamientos para la adopción del protocolo IPv6.

PORTAL IPv6 CUBA. Introducción a IPv6. Tecnologías de Transición IPv4- IPv6. [ON LINE]. [6 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.cu.ipv6tf.org/transicionipv6.htm>

SANTOS JAIMES, Luz Marina y RICO BAUTISTA, Dewar Willmer. IPv6 en la Universidad de Pamplona: Estado del arte. En: Scientia et Technica. Diciembre, 2007, N. 37, p. 415-420.

RAMÍREZ PULIDO, Diego Ferney. GUZMÁN PANTOJA, Jaime y BELTRÁN DÍAZ, Jesús Alirio. Diseño de la transición del protocolo IPv4 hacia IPv6 en la agencia colombiana para la reintegración-acr con base en consideraciones de seguridad en implementación de IPv6. Trabajo de grado Especialistas en Seguridad de la Información. Bogotá: Universidad Católica. Facultad de Ingeniería. 2015. 99p.

XATAKAMOVIL. ¿Qué es la NAT y cómo funciona? [on line]. [5 de mayo de 2018]. Disponible en <https://www.xatakamovil.com/conectividad/nat-network-address-translation-que-es-y-como-funciona>