

**PROPUESTA PARA LA MIGRACIÓN DEL PROTOCOLO IPV4 A IPV6 EN LA
INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA DE UNA ORGANIZACIÓN CASO DE
ESTUDIO**

LORENA SALGADO GUTIERREZ
Estudiante Especialización Seguridad Informática

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD INFORMÁTICA
SANTIAGO DE CALI**

2019

PROPUESTA PARA LA MIGRACIÓN DEL PROTOCOLO IPV4 A IPV6 EN LA

INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA DE LA ORGANIZACIÓN CASO DE ESTUDIO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Especialización Seguridad Informática

LORENA SALGADO GUTIERREZ
Estudiante Especialización Seguridad Informática

Director del Proyecto:
EDGAR ROBERTO DULCE VILLAREAL

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD INFORMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2019

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Nota de Aceptación

Presidente Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A Dios, quien todo este tiempo me dio la gracia y licencia de terminar mi carrera universitaria y graduarme como Ingeniera de Sistemas. Él con su gracia y misericordia siempre me dio el valor de seguir. Hoy soy profesional de mi prestigiosa Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD-, sede Palmira.

Nuestra señora Virgen Santísima de la Medalla Milagrosa, quien es y será siempre mi guía espiritual y a la cual siempre le pido con devoción ya que nunca me ha abandonado. A ella siempre acudo para recibir guía, ella me escucha y me da fortaleza sin dejarme desfallecer.

A mi familia, apoyo esencial e inspiración para apostarle a la realización de este trabajo. A la universidad que se convirtió en el puente para hacer posible esta iniciativa. A mi empresa que permitió el desarrollo de este proyecto buscando marcando el camino a seguir para dicha transición.

Además, la experiencia de mis compañeros de trabajo que me motivaron e impulsaron en cada paso del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Lorena expresa su agradecimiento a quienes influyeron positivamente de alguna manera en iniciación y desarrollo de sus estudios universitarios. De manera especial un reconocimiento a los maestros que la acompañaron el proceso, a quienes debe el mérito de su profesión, en especial un reconocimiento a los ingenieros Adrián Pastrana, Javier Marmolejo, quienes de manera constante le brindaron apoyo incondicional en los diferentes de su carrera.

Agradezco inmensamente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por permitirme y brindarme los recursos para ampliar los conocimientos y transmitirlos, no solo en lo intelectual, sino también en valores. A la Organización de estudio por permitirme desarrollar este proyecto, a mis compañeros de la Oficina de Informática por la motivación, tiempo y apoyo incondicional durante el desarrollo de mis estudios.

CONTENIDO

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 JUSTIFICACIÓN	12
4. ALCANCES Y LIMITACIONES	14
5. MARCO DE REFERENCIA	15
5.1 Antecedentes	15
5.2 Marco Teórico-conceptual	17
5.2.1 Red de datos	17
5.2.2 Protocolo de Internet versión 4 o IPv4	18
5.2.3 Protocolo IPv4	19
5.2.4 Protocolo de Internet versión 6 o IPv6	21
5.2.5 Direcciones IPv6	22
5.2.5 Clases de direcciones IPv6	23
5.2.6 Plan de direccionamiento IPv6	24
5.2.7 Numeración de servidores	24
5.2.8 Numeración de terminales	24
5.2.9 Políticas de enrutamiento IPv6	25
5.2.10 Modos de transición	26
5.2.11 Dual Stack	26
5.2.12 Túneles	27
5.3 Marco Legal	27
5.3.1 RESOLUCIÓN 2710 DE 2017 (Octubre 03)	27
5.3.2 Circular Numero 00002 de 2011 MinTIC	28
5.3.3 Resolución 180 de 2010 UIT	28
5.3.4 Ley 1341 de 2009	29
6. DISEÑO METODOLÓGICO	30
7. RESULTADOS	32

7.1 Consideraciones generales para la adaptación del tránsito de Pv4 al IPv6	32
Fuente: elaborada propia	32
7.1.1 Situación actual del protocolo IPv6 en Colombia	33
7.1.2 Ventajas y desventajas	35
7.2 Diagnóstico a la infraestructura tecnológica de la organización caso de estudio	38
7.2.1 Equipos de cómputo	38
7.2.1.1 Número y lugar de los equipos	54
7.2.1.2 Sistemas operativos y sus versiones	55
7.2.1.3 Propuestas para la transición a IPv6	57
7.2.2 Equipos de comunicación	57
7.2.2.1 Diagnostico Soporte IPV6 en los equipos de comunicación	58
7.2.2.2 Propuestas para los equipos de comunicación en la transición a IPv6	59
7.2.3 Servidores	59
7.2.4 Aplicativos	60
7.2.4.1 Propuesta Soporte IPV6 en los aplicativos	61
7.2.4.2 Sugerencias para los aplicativos en la transición al protocolo IPv6	61
7.2.5 Caracterización y análisis de la topología actual de la red y su funcionamiento.	61
7.2.6 Validación previa de la infraestructura de red	63
7.2.7 Compatibilidad y grado de avance en la adopción de IPv6 en la red de datos	65
7.2.8 Direccionamiento actual y sugerencias para IPv6	66
7.3 Diseño del procedimiento para la migración del protocolo IPV4 a IPV6 en la organización casos de estudio	67
7.3.1 Aspectos clave para la migración al IPv6	67
7.3.2 Pasos contemplados para la migración al IPv6	69
7.3.3 Recomendaciones al proceso de migración	72
8. CONCLUSIONES	73
9. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Protocolos del enrutamiento dinámico.	26
Tabla 2. Comparación entre el IPV4 e IPV6.	36
Tabla 3. Equipos de Cómputo.....	38
Tabla 4. Cantidad y Ubicación de equipos.....	54
Tabla 5. Equipos de comunicación.	57
Tabla 6. Servidores de la entidad.	59
Tabla 7. Aplicativos con soporte IPV6.	60
Tabla 8. Cantidad puntos de red y categoría cable UTP por dependencia.	64
Tabla 9. Soporte para los equipos de comunicación, servidores y de cómputo. ...	66
Tabla 10. Pasos para la migración de IPv4 a IPv6. Fuente: elaboración propia	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Comparación entre las posibilidades del IPv4 y el IPv6.	13
Ilustración 2. Protocolo IPv4.	21
Ilustración 3. Notación de direcciones IPV6de 128bits de longitud.....	23
Ilustración 4. Fases de desarrollo metodológico.	31
Ilustración 5 ¿Porque se debe migrar a IPv6?	32
Ilustración 6. Uso del protocolo IPV6 en el Mundo.	33
Ilustración 7. Porcentaje de usuarios que acceden a Google por direcciones IPv6.	34
Ilustración 8. Porcentaje de usuarios que acceden a Google por direcciones IPv6.	34
Ilustración 9. Sistemas operativos con su versión.	55
Ilustración 10. Soporte IPV6.	58
Ilustración 11. Diagrama de red LAN Organización de estudio.	62
Ilustración 12. Diagrama proceso entrega final del servicio de Internet en la red LAN de la entidad de estudio.	64
Ilustración 13. Puntos clave para el proceso de migración del IPv4-IPv6.....	68

RESUMEN

La importancia que vienen teniendo las Tic y las redes de telecomunicaciones en la era del Internet y digital indicó la emergencia de crear un nuevo protocolo que permitiera mayor entrada a dispositivos y usuarios, ya que el protocolo establecido en un principio tuvo un colapso de direcciones IP. Se habla entonces de la requerida y necesaria migración del protocolo IPv4 al IPv6, que ha ocupado el interés de esta investigación sobre el propósito de diseñar una propuesta que permita tal migración en la infraestructura tecnológica de una organización. En ella, se recopiló información preliminar que luego se trianguló basado en el modelo de cambio de las tecnologías IPv4 a IPv6 y con información procedente de diversas fuentes bibliográficas con el propósito de lograr mayor comprensión de los procedimientos implicados. Se concluyó que la propuesta de migración se presenta como una base y respaldo para que la organización de estudio proyecte sus próximas acciones en cuanto a la infraestructura tecnológica.

Palabras Clave: Protocolo IPV4 y IPV6, redes, transición

ABSTRACT

The importance of ICT and telecommunications networks in the Internet and digital age indicated the need of creating a new protocol that would allow greater access to devices and users, since the protocol established at the beginning had IP exhaustion. The required and necessary transition from the IPv4 protocol to IPv6 is discussed, which has occupied the interest of this research on the purpose of designing a proposal that allows such migration in the technological infrastructure of an organization. In it, preliminary information was collected and then triangulated with theory corresponding to the transition model between IPv4 and IPv6 technologies and with information from various bibliographical sources with the purpose of achieving greater understanding of the procedures involved. It was concluded that the migration proposal is presented as a basis and support for the study organization to project its next actions regarding the technological infrastructure.

Keywords: IPV4 and IPV6 protocol, networks, transition

INTRODUCCIÓN

Tras el colapso de las direcciones IP ofrecidas por el protocolo IPv4 para la transmisión de datos entre dispositivos de telecomunicación, aparece la oferta ampliada con el protocolo IPv6 que trae consigo el requerimiento de realizar transformaciones en la estructura tecnológica de las organizaciones para responder no solo a la normativa nacional y mundial, sino, para acceder a los beneficios que incorpora la nueva versión del protocolo.

Es por ello que el Min TIC, motivado por la dinámica mundial entorno a la interconectividad recientemente se ha propuesto impulsar mecanismo de apoyo para respaldar la reciente normativa sobre la migración del IPv4 a IPv6, de ahí, el proceso para la planeación propuesto por la mencionada entidad administradora en Colombia, el cual busca preparar a las entidades públicas, privadas y a los operadores de servicios de internet en el camino de la adopción del nuevo protocolo. Sobre esta base se sustenta el presente trabajo y la propuesta de llevar la planeación requerida en un principio por el ente regulador, a la fase propiamente práctica para que las empresas tengan los elementos que les permita pasar de la planeación a la acción.

En la literatura aparecen diferentes propuestas para tal objetivo pero, pero considerando que cada organización representa un contexto específico, la propuesta aquí planteada justamente se orientó en las particularidades de una organización ubicada en el sector público que sirvió como estudio de caso. Las acciones propuestas aquí si bien responden a aspectos particulares, tienen elementos coincidentes de un procedimiento de transición estándar, lo que en cualquier caso permite la adaptación de la propuesta a cualquier contexto organizacional público o privado que lo requiera.

Por tanto, la investigación tuvo como propósito el arquetipo de una propuesta de migración del protocolo IPV4 a IPV6 en la infraestructura tecnológica en una organización, que partió de acciones específicas como la revisión de las consideraciones generales para el cambio del protocolo IPv4 a IPv6, un diagnóstico a la construcción tecnológica en la organización y el diseño del procedimiento que le permitirá el tránsito del protocolo IPV4 a IPV6.

Hacia el propósito general y los específicos, la metodología implementada fue de tipo exploratoria, descriptiva y proyectiva, cuya unidad de análisis fue la estructura tecnológica de una organización del sector público ubicada en la ciudad de Cali, misma donde se recopiló información preliminar que luego se trianguló con aportes teóricos relacionados con el tipo de migración de las tecnologías IPv4 a IPv6 y con información procedente de diversas fuentes bibliográficas con el propósito de lograr mayor comprensión de los procedimientos implicados.

Por lo tanto se puede concluir que el proyecto de migración se presenta como una base para que la organización de estudio proyecte sus próximas acciones en cuanto a la infraestructura tecnológica, la cual puede repercutir positiva o negativamente en las actividades diarias que sustentan los objetivos y de los resultados en tanto se asuma o no la migración.

El documento general tiene una parte contextual del problema y su formulación, la justificación del trabajo con sus alcances y limitaciones; el marco de referencia dividido en antecedentes, marco teórico conceptual y marco legal; el diseño metodológico y los resultados divididos en tres subcapítulos respondiendo a los tres objetivos específicos propuestos. Al final se ofrecen las conclusiones, recomendaciones y el material bibliográfico incluido en el desarrollo del trabajo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento acelerado y en aumento, que sobreviene en virtud de la disponibilidad y uso de las tecnologías y redes de telecomunicaciones dentro del ámbito de la era del internet y la era digital, ha permitido el surgimiento de nuevos contextos de desarrollo tecnológico que traen consigo desafíos como los que resultan al pasar del Protocolo de Internet versión 4 (IPv4) y al Protocolo de Internet (IPv6)

El protocolo de internet (-IP- Internet Protocol), según IONOS¹ básicamente es un formato que permite la comunicación mediada por datos digitales entre un emisor y un destinatario definiendo la estructura de los datos mediante paquetes. Dicha definición, que señala un aspecto básico dentro de la comunicación digital, supone la operancia de dichos protocolos ante quienes trabajan directamente con direcciones IP, por cuanto reconocen que el IPv6 es una actualización del IPv4.

La actualización permitió la ampliación en la longitud de los bits de las direcciones host de los 32 bits a 128 bits, o dicho de otra manera, pasando de 4000 millones aproximadamente de posibles direcciones IP a 340 sextillones de direcciones IP diferentes, con el fin de cubrir la necesidad de direcciones IP a largo plazo (Ibíd).

De esta manera, el IPv6 permite que los dispositivos de base tecnológica que funcionan con conexión vía internet dispongan de una dirección en IPv6, facilitando así la conexión por medio de banda ancha y servicios optimizados para la población de cara al desarrollo mundial.

Dicho panorama, así como ofrece la posibilidad de una transición para la población general, también y con más interés abre suficientes oportunidades para la entidades del gobierno, ya que como refiere MINTIC², Ministerio que en Colombia se encarga de las tecnologías de la información y la comunicación, el cambio posibilita mayor número de equipos conectados a la red de las entidades, procesos técnicamente transparentes dentro de las organizaciones, movilizar más usuarios, mejorar la seguridad en el direccionamiento IP, reducción de costos, entre otros.

¹ IONOS. Digital Guide. 2018. Recuperado de: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/internet-protocol-definicion-y-fundamentos/>

² Min TIC. Guía de Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia. Versión 4.0.0. Actualización. 2017. Disponible en https://www.mintic.gov.co/portal/604/channels-507_IPv4_2019.pdf

Así mismo, en cumplimiento con los propósitos de innovación tecnológica que hacen parte de la agenda del país, toda entidad nacional debe migrar del IPv4 al nuevo IPv6, según Resolución 2710 de 2017 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MINTIC para Colombia. La Resolución obliga a las entidades del Estado del ámbito nacional a implementar la tecnología IPv6 con plazo límite a 31 de diciembre del 2019, en compatibilidad con el IPv4. Para entidades territoriales, a más tardar hasta el 31 de diciembre del 2020.

Según lo mencionado, las organizaciones tienen la necesidad de realizar la migración entre protocolos, pero el proceso se ha dado de manera paulatina y existen organizaciones que aún no agilizan dicho procedimiento. El mayor problema evidenciado hace referencia al desconocimiento del procedimiento real en la nueva nomenclatura, la compatibilidad con los protocolos de conexión y los procedimientos que se deben incorporar para respaldar los protocolos de seguridad en la información o evitar que las operaciones dejen de funcionar. Adicionalmente, aparece la falta de personal experto encargado de tal tarea conservando las mencionadas garantías del caso.

Formulación del problema

¿Qué propuesta permite el cambio del protocolo IPv4 a IPv6 a la infraestructura tecnológica de una organización caso de estudio?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta que permita la migración del protocolo IPV4 a IPV6 en la infraestructura tecnológica de una organización caso de estudio

2.2 Objetivos específicos

- Revisar las consideraciones generales para la migración del protocolo IPv4 a IPv6
- Realizar el diagnóstico a la infraestructura tecnológica de la organización caso de estudio
- Diseñar el procedimiento que permita la migración del protocolo IPV4 a IPV6 en la organización casos de estudio.

3 JUSTIFICACIÓN

El crecimiento acelerado y en aumento que han tenido las redes de telecomunicaciones en el último siglo ha permitido la generación de nuevos contextos tecnológicos que consigo traen nuevos desafíos a resolver, uno de ellos, como ya se expuso, remite al aumento de usuarios y el respectivo uso de aparatos móviles en concordancia con la cantidad de direcciones IP disponibles. No más en Colombia, según el MINTIC³, existe un registro elevado en los últimos años de nuevos usuarios de internet, situación que ha permitido una mayor demanda de direcciones IP.

Si bien es cierto, dicho aumento exige la necesidad de ofrecer las condiciones para establecer los parámetros de comunicación entre dispositivos y usuarios de la población general, no es menos la exigencia para las organizaciones públicas y privadas por lo que implica el desarrollo de las operaciones internas en una estructura tecnológica que debe estar interconectada para efecto de consecución de los objetivos misionales.

Ahora, volviendo la mirada a principios del internet, el protocolo de internet usado en aquel momento responde al IPv4 que para el caso del contexto latinoamericano en el año 2014 el suministro de direcciones ya se había agotado, momento en el cual se empezó a restringir el otorgamiento de dichas direcciones conforme a la política de "agotamiento gradual" y "nuevos miembros"⁴. De igual manera se promueve la política de "Transferencias de bloques IPv4 al interior de la región LACNIC" activando y regulando la cesión de recursos de las entidades de la región"⁵.

Con la adopción del IPv6 en la última década del siglo XX por el IETF (Internet Engineering Task Force) llega un número alto de direcciones IP que proyectan cubrir la demanda de la comunicación con base tecnológica en un amplio espectro de tiempo⁶ garantizando continuidad y durabilidad en la infraestructura de la red de las entidades que prestan servicios de internet, empresas, universidades, hogares, entre otros usuarios⁷, además de seguridad en la transferencia de información y notable calidad del servicio⁸.

³ Min TIC. Guía de Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia. Guía No 20. 2017.

⁴ LACNIC.No hay más direcciones IPv4 en América Latina y el Caribe. (s.f) <https://www.lacnic.net/web/anuncios/2014-no-hay-mas-direcciones-ipv4-en-lac>

⁵ Ibid.

⁶ Min TIC. Guía Aseguramiento del Protocolo IPv6. 2015. Disponible en: <https://docplayer.es/918353-Guia-para-el-aseguramiento-del-protocolo-ipv6.html>

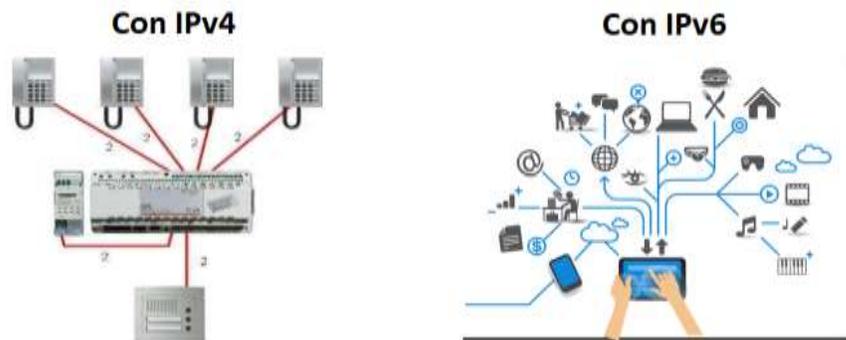
⁷ GOOGLEIPV6. IPv6 Adoption. (s.f). Disponible en: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

⁸ Eveliux. IPv6: El protocolo del Internet de la nueva generación. 2004. Disponible en Internet: <http://www.eveliux.com/mx/IPv6-EI-protocolo-del-Internet-de-la-nueva-generacion.html>.

El nuevo protocolo de internet llevó a los países a adoptar medidas que posibilitaran la transición, en el caso de Colombia fue posible a partir de la Resolución 2710 expedida por el Min TIC en 2017. Sin embargo, dado que existen empresas que aún no han migrado del antiguo al protocolo actual aquí se presenta la propuesta de un modelo procedimental para que las entidades públicas cumplan con tan importante requerimiento sin que sus operaciones dejen de funcionar.

Adicionalmente, con la migración al nuevo protocolo y la posibilidad de incrementar el número de conexiones a internet, se abre el camino para el despliegue del Internet of Things –IoT–, que cada vez toma más fuerza en la creación de ciudades inteligentes, lo que a nivel organizacional permitirá que las infraestructuras basadas en tecnologías de información –TI– y sus procedimientos sean más innovadores⁹ (ver ilustración 1).

Ilustración 1. Comparación entre las posibilidades del IPv4 y el IPv6.



Fuente: adecuada a partir de Min TIC¹⁰.

⁹ Min TIC. Adopción de IPv6 en Colombia. Mesas de Trabajo de recepción de comentarios al proyecto de resolución para la adopción de IPv6 en Colombia. 2017. Disponible en: https://www.minTIC.gov.co/portal/604/arTICles-52541_recurso_1.pdf

¹⁰ Ibid.

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

Con el modelo de transición del IPv4 a IPv6 en redes de datos se establece como una propuesta complementaria a la guía establecida por el Min TIC "Guía para la migración del IPv4 a IPv6 para Colombia"¹¹ para la adopción del último protocolo que deben hacer las instituciones publico privadas y la población general a nivel nacional.

Los alcances de la guía en mención llegan hasta la realización de actividades concretas para la obtención de un plan con bases diagnósticas sobre los activos de información inventariados, el estudio de la configuración de la red de telecomunicaciones y sugerencias técnicas para el trabajo con los equipos sin soporte para este proceso, incluyendo una iniciativa con el paso a paso al procedimiento de migración.

Por su parte, el alcance de este proyecto llega hasta una propuesta de migración, desde luego, ya no concentrada en la planeación del proceso de migración, sino propiamente para la puesta a punto del IPv6 en la instalación de base tecnológica en la organización de estudio teniendo en cuenta las necesidades presentes y la información proveniente de su red de datos. Actualmente el proceso interno se encuentra en la primera fase del plan de migración a IPv6 (Desde la planeación o implantación)

En suma, el trabajo contribuirá a la creación de directrices y políticas para hacer que la organización de estudio, así como otras entidades públicas a quienes pueda servir la propuesta, se apoyen en el proceso de migración con el menor grado de inconvenientes en el funcionamiento de sus sistemas TIC y dentro de un tiempo prudente, "que permita generar el desarrollo e innovación de la sociedad de la información, las nuevas tecnologías, la conectividad digital, la compactación de los servicios digitales y la apropiación de las TIC, haciendo de estas herramientas un entorno amigable y de fácil ejecución"¹².

¹¹ Min TIC. Guía Aseguramiento del Protocolo IPv6. 2015. Disponible en: <https://docplayer.es/918353-Guia-para-el-aseguramiento-del-protocolo-ipv6.html>

¹² Min TIC. Circular 000002. Bogotá, 2011. Disponible en: https://www.minTIC.gov.co/portal/604/arTICles-5932_documento.pdf

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Antecedentes

En el tercer numeral presentado aquí, se hizo mención a la aparición del protocolo IPV6 en los años 90 a partir del agotamiento de las direcciones proporcionadas por el protocolo IPv4.

Dicho momento marcó la emergencia y la necesidad de empezar a migrar del primer protocolo al vigente, sin embargo, aunque se reconoce literatura informativa sobre tal acontecimiento, la reglamentación en los distintos países ha venido apareciendo según la preparación de cada país con el tema.

En el caso de Colombia solo hasta el año 2011 el Min TIC emitió la Circular 002 en junio del 2011 que tuvo como objetivo dar a conocer la necesidad de llevar a cabo la adopción del IPV6, procediendo en 2017 con la guía de transición. Desde entonces la entidad en mención ha venido liderando el acompañamiento a entidades del Estado en todo el proceso de planeación que conlleva la migración al IPV6.

Otros aportes en esta materia responden a estudios empíricos realizados por diferentes instituciones educativas y organismos privados, los cuales sirven de soporte para fundamentar la propuesta aquí planteada.

Finalizado el primer decenio del presente siglo aparece el estudio de Correa y Candamil¹³ quienes se propusieron realizar una planificación, implementación y función de las maneras de migración del protocolo IPV4 a IPV6 estableciendo y validando las bondades que ofrece la red en la plataforma 2003 Server Enterprise Edition Windows XP.

Este proyecto muestra de manera detallada la configuración de IPV6 en entornos multiusuarios, redes de cobertura WAN y la implementación del Network address translation-protocols translation, “mecanismo que reconoce que los nodos IPV6 se comuniquen con nodos IPV4 claramente en una única dirección IPV4”¹⁴. Del mismo modo configura DNS IPV6 tanto en Cliente como Servidor y así mismo identificar las características propias de los túneles que brindan un mecanismo para hacer uso de la infraestructura IPV4 mientras que el IPV6 está siendo

¹³ CORREA, Adelaida y CANDAMIL, Martha Lucia. Mecanismos de transición de IPv4 a IPv6. Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Libre. Bogotá, 2010. Disponible en <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8797/MONOGRAFIA%20MECANISMOS%20DE%20TRANSICIÓN%20DE%20IPV4%20A%20IPV6.pdf?sequence=1>

¹⁴ Ibid

incorporado. Este proceso consiste en enviar datagramas IPv6 encapsulados en paquetes IPv4.

El trabajo concluye que el IPV6 “almacena la gran mayoría de especificaciones y conceptos de operación usados por el IPV4, no obstante, incrementa nuevas capacidades que no solo se adaptan, sino que crean nuevos conceptos de operación”¹⁵

Prieto y Torres¹⁶ en el año 2012 con su propuesta parten de la delimitación de ventajas y desventajas para justificar la migración del IPv4 al IPv6 de acuerdo con un análisis de riesgo tecnológico así como los recursos que podrían intervenir en cada caso. El resultado terminó en una propuesta técnica para ser considerada por el área de Tecnologías de Información del ejército nacional.

Año 2013 aparece la propuesta de Landy Rivera¹⁷, cuyo objetivo consistió en analizar los maneras y necesidades en el proceso de transición en la red de datos de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca-Ecuador. El proceso de desarrollo exigió el planteamiento de cuatro actividades concretas orientadas al: análisis del cableado de la estructura de la red; recuperar los distintos mecanismos de transición existentes; establecer un comparativo con los beneficios y limitantes de la migración y por último el desarrollo del método con el que se llevar a cabo la ejecución para el cambio de IPv4 a IPv6 con una guía detallada para la implementación de la transición y con una segunda propuesta con el fin de evitar alguna eventualidad en el desarrollo de la transición.

El autor concluye sobre la viabilidad de implementación del nuevo protocolo en la institución universitaria ya que el diagnóstico previo identificó que la red podía soportarlo, con todo lo anterior, un estudio concreto de costos económicos y de recurso humano especializado como sugerencia, pues podría requerirse en la transición.

Para 2015 aparecen dos trabajos de organizaciones públicas y privadas respectivamente. El primero ubica a los autores Ramírez, Guzmán y Beltrán¹⁸,

¹⁵ Op. Cit.

¹⁶ GOMEZ PRIETO, Nancy F. y TORRES ROJAS, Yudy A. Migración de red IPV4 A IPV6 sobre la red del Ejército Nacional. Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD. 2012. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1570>

¹⁷ LANDY RIVERA, Dennys X. Propuesta de un plan de implementación para la migración a IPv6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca-Ecuador. 2013. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5332/1/UPS-CT002767.pdf>

¹⁸ RAMÍREZ PULIDO, Diego Ferney; GUZMÁN PANTOJA, Jaime y BELTRÁN DÍAS, 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. Universidad Católica de Colombia Facultad de ingeniería.

quienes se propusieron estructurar pautas de transición de IPv4 hacia IPv6 en el segmento de servidores que se exponen a internet en la Agencia Colombiana para la Reintegración (ACR). Como resultado el trabajo establece las políticas exigidas para la seguridad en la red y la conectividad para mejorar los servicios ofrecidos, concluyéndose acerca de la importancia que tiene la implementación de IPv6 en las entidades del estado de cara a la comunidad.

El segundo estudio¹⁹ remite también a una idea de transición del IPv4 al IPv6, pero esta vez con el objetivo de establecer un marco de referencia para estudios futuros enfocados en diseñar un esquema de migración en el contexto de las PYME (Pequeña y Mediana Empresa) de manera rápida, efectiva y llevando un adecuado control de la información en la compañía.

En el caso particular de la PYME, las características permiten concluir que la transición a IPv6 es posible ejecutando el Double Stack en los equipos de la LAN para lograr una isla IPv6 que permita posteriormente un enlace exterior con el método de transición “6to4” el cual accederá enlazar los dos protocolos.

Finalmente, para 2017 aparece el estudio de Sabogal²⁰ que propone la estructuración de un mapa de procesos, que fundamente el posible riesgo del IPv6, la cual integra los requisitos mínimos que determinen las diferentes vulnerabilidades del IPv6, un análisis y manejo en la reducción del riesgo, así como diferentes sugerencias para la administración de la red.

5.2 Marco Teórico-conceptual

Seguidamente determinar las bases teórico-conceptuales de la terminología central usada en la estructuración de la propuesta y la requerida en el paso a paso de la transición del IPv4 al IPv6.

5.2.1 Red de datos

¹⁹ MELO MORENO, Leidy Jasneht. Propuesta de diseño para la transición del protocolo de internet versión 4 (IPv4) al protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la empresa MARKET MIX S.A.S., Bogotá, 2015. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/282/PROPUESTA%20DE%20DISE%C3%91O%20PARA%20LA%20TRANSICI%C3%93N%20DE%20IPV4%20A%20IPV6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

²⁰ SABOGAL ORTIZ, Arth Grossy. Elaboración de una guía abierta para la administración de riesgos de seguridad en el protocolo de internet ipv6 sobre estándares de enrutamiento dinámico en equipos con plataforma cisco. Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD (2017) Disponible en: <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12015/1/14703624.pdf>

Es la infraestructura que integra dos o más elementos inteligentes que tienen la capacidad de comunicarse en doble vía por medio de algún dispositivo tecnológico posibilitando el intercambio de datos cooperativamente. Las redes, en la medida que conectan dispositivos, también conectan a los usuarios que las usan²¹.

La instalación de una red debe considerar:

- La estructura física presente y futura
- La configuración para su funcionamiento
- El monitoreo para anticipar posibles problemas
- Técnicas seleccionadas para compartir los datos
- Mecanismos para afrontar situaciones de congestión
- Mecanismos de recuperación ante fallas
- Herramientas de seguridad para la protección de datos
- Interfaz de acceso apropiada. En el caso de redes LAN placas de red con antena o conector de red
- Esquema de direccionamiento adecuado al alcance de la comunicación
- Técnicas para controlar los errores que aparecen en la comunicación
- Reglas de comunicación denominadas protocolos

Las redes se dividen entre las de áreas amplias denominadas WAN y las redes de área local LAN. En este sentido, las redes WAN, dada su extensión geográfica, requieren de redes compuestas por dispositivos especiales denominados routers. Las redes LAN por su parte presentan mayor salida comercial y se conocen con el nombre de Ethernet. Estas son redes de alta velocidad que en la actualidad pueden llegar al orden de los Gbps.

5.2.2 Protocolo de Internet versión 4 o IPv4

Previamente con el inicio de la definición del IPv4 es pertinente primero establecer el punto de partida conforme a lo que la literatura considera es un protocolo de internet (IP). De acuerdo con Stallings (2004)²², es el que conecta los sistemas finales pasando de varias redes de datos ya que hacen parte de los protocolos de capa de red. Estos sistemas finales y routers son los medios que posibilitan el enlace entre las redes.

Conforme con los procedimientos de las diferentes capas que se proponen del

²¹ LIBERATORI, Mónica Cristina. Redes de datos y sus protocolos. EUDEM. 2018. Disponible en: <http://www.mdp.edu.ar/images/eudem/pdf/redes%20de%20datos.pdf>

²² STALLINGS, W. Comunicaciones y redes de computadores. España: Pearson Educación. 2004.

modelo OSI²³ (open system interconnection), la información de las capas superiores se insertan en una unidad de datos del protocolo IP llamada PDU (por si siglas en inglés Protocol Data Unit) para su transmisión. Luego, el PDU pasa por una o más redes y routers para llegar al sistema de destino.

El modelo OSI representa una estructura de comunicación entre computadores al fin de ser un protocolo estándar, el cual se establece entre siete capas:

Capa física: se encarga del traspaso de bits dentro del canal de comunicación.

Capa de enlace: su función consiste en la corrección de errores.

Capa de red: Controla las operaciones de la subred mediante el intercambio de las secciones de datos individuales, dadas en cuatro procesos básicos entre los que se incluye el encapsulamiento por medio del cual un paquete IP transporta el PDU de la siguiente capa²⁴.

Capa de transporte: Su principal función corresponde a la aceptación de los datos de la capa sesión, siendo de tipo origen-destino.

Capa de sesión: posibilita que desde diferentes equipos se pueda iniciar sesión.

Capa de presentación: considera aspectos de coordinación y estudio de la información que se transmite.

Capa de aplicación: admite que los usuarios accedan al entorno OSI.

5.2.3 Protocolo IPv4

El IPv4 se conoce como la primera versión de protocolos para la transmisión de datos en la red. Técnicamente es un protocolo de la capa de red que según Ojeda²⁵ es usado para la interconexión de redes de diferente naturaleza mediante routers. Sin embargo, al ser un protocolo que no está orientado a la conexión no garantiza el envío y recepción con seguridad o de manera completa

²³ Modelo de red descriptivo establecido como normativa la cual está formada por siete capas que definen las fases por las que pasan los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones. SOLANO, José. El modelo OSI. Fundamentos. (s.f) Disponible en: http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/LMSGI/curso/xhtmll/xhtmll22/index.html

²⁴ El Taller del BIT. Capa de Red. Capa 3 OSI. 2012. Disponible en: <https://eltallerdelbit.com/capa-de-red-capa-3-osi/>

²⁵ OJEDA MENDIETA, L. G. IP-V6 bajo la infraestructura de ANDINANET. (Tesis de Ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador. 2005.

de los paquetes menciona el autor. Estos errores, no obstante, son responsabilidad de la capa de transporte y la capa de aplicación, mismas que deben encargarse de su detección y solución.

Por su parte, el IPv4 sí garantiza el direccionamiento de datagramas hasta su destino mediante la red y la fragmentación de los datos, lo que se traduce en el proceso de identificación de la ruta para su transmisión, cuestión que indica que existe un dispositivo de partida y de llega con una dirección IP exclusiva que identifica a uno y otro en la red permitiendo la localización.

A su vez, la estructuración de las direcciones IP presentan dos partes: por medio del ID de host se selecciona un único dispositivo con su propio ID de red, mismo que corresponde a la primera parte de toda dirección IPv4 y es la parte que identifica el segmento de red, donde la capa de la subred es quien permite la división.

Dentro del IPv4 existen direcciones, clasificadas en tres tipos: unicast, multicast y broadcast²⁶.

La primera dirección hace referencia a la existencia de un dispositivo único de la red, lo que indica que los paquetes enviados a este tipo de direcciones tengan un destinatario único. La siguiente dirección referenciada hace parte del procedimiento que enviar paquetes a un grupo de dispositivos establecidos de la red²⁷.

Igualmente, la tercera dirección también conocida como de difusión, es aquella que permite que todos los dispositivos que integran la red reciban los paquetes de información.

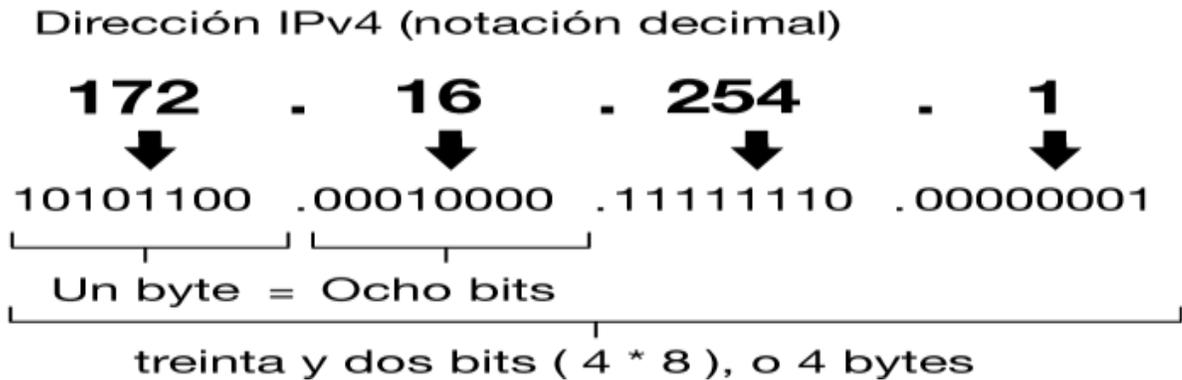
El IPv4 es el sistema de identificación que hasta los años 90 puso a disposición aproximadamente 4.000 millones de direcciones IP únicas²⁸ para enviar información entre dispositivos. Éste asigna una serie binaria de cuatro decimales divididos por un punto, representadas cada uno con 8 binarios llamados octetos comprendidos entre 0 y 255, por lo que cada dirección es de 32 bits²⁹ (ver

²⁶ ITROQUE. Direcciones de red IPv4. Disponible en: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module8/8.1.3.4/8.1.3.4.html>

²⁷ MORENO, J. Transición de protocolos IPv4 a IPv6, para una empresa del Estado, con aplicación en una ciudad intermedia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física, de Sistemas y Computación. Programa de Ingeniería de Sistemas y de Computación. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7787/00462M843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ilustración 2).

Ilustración 2. Protocolo IPv4.



Fuente: tomado de http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/05092012/1d/es-an_2012090511_9121602/ODE-5f19a08c-37bf-3b71-a9eb-2cb39935c328/1.2.ipv4.png

5.2.4 Protocolo de Internet versión 6 o IPv6

Esta versión de IP a diferencia de la anterior versión se compone de 128 bits dejan la presencia de 340 billones de direcciones IP únicas^{30 31}.

El IPv6 es la versión más actualizada del protocolo de internet, tras la existencia del protocolo IPv4. El nuevo protocolo al estar conformado por 128 bits asignados a interfaces y no a nodos o host. Además y según The Internet Society³²,

El protocolo IPv6 define una nueva notación para las direcciones IP, pasando de un grupo de 4 octetos separados por puntos decimales a un grupo de 8 cuartetos de números hexadecimales separados por dos puntos, lo que quiere decir que cada grupo representa dos octetos de la antigua versión³³.

³⁰ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

³¹ Grupo de Investigación de Teleinformática UNAL Colombia, «Agotadas direcciones de internet en el mundo,» 12 febrero 2012.

³² THE INTERNET SOCIETY. (1998). Internet Protocol, Version 6 (IPv6). Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc2460>

³³ MORENO, J. Transición de protocolos IPv4 a IPv6, para una empresa del Estado, con aplicación en una ciudad intermedia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física, de Sistemas y Computación. Programa de Ingeniería de Sistemas y de

Así mismo el protocolo IPv6 tiene tres tipos de direcciones: unicast, multicast y anycast; siendo broadcast sustituida por la dirección de anycast con las mismas funciones.

En el nuevo orden, la dirección unicast, es la dirección IPv6 que corresponde a la interfaz del dispositivo. La dirección de multicast tiene como función el envío de un paquete único IPv6 a diferentes destinos en la red y las direcciones anycast son direcciones conferidas a varios dispositivos, propendiendo por encontrar la proximidad con otro dispositivo en la misma dirección³⁴.

5.2.5 Direcciones IPv6

Las direcciones del IPv6 poseen 128 bits, los cuales vienen “distribuidos en ocho campos de dieciséis bits, representados por cuatro números hexadecimales cada uno y separados por dos puntos”³⁵.

Según la ilustración 3, “se puede observar el formato de una dirección IPv6, los cuarenta y ocho primeros bits, es decir, los tres primeros campos contienen el prefijo de sitio, éste describe la topología pública y es el segmento que suelen asignar al sitio los ISP o RIR (Registro Regional de Internet)”³⁶.

Los dieciséis bits que le siguen a la dirección corresponden al ID de subred y señala la topología privada, la cual es asignada por quien administra la red. “Los últimos sesenta y cuatro bits, o cuatro campos de la derecha, contienen el ID de interfaz y se puede configurar manual o automáticamente”³⁷.

Computación. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7787/00462M843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

³⁴ MORENO, J. Transición de protocolos IPv4 a IPv6, para una empresa del Estado, con aplicación en una ciudad intermedia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física, de Sistemas y Computación. Programa de Ingeniería de Sistemas y de Computación. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7787/00462M843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

³⁵ SUPPI BOLDRITO, Remo. Administración de la red. Universitat Oberta de Catalunya. Disponible: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/61287/6/Administraci%C3%B3n%20de%20sistemas%20GNU_Linux_M%C3%B3dulo6_Administraci%C3%B3n%20de%20red.pdf

³⁶ Idid

³⁷ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

Ilustración 3. Notación de direcciones IPV6de 128bits de longitud.

2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7334

Fuente: tomado de <http://redesdecomputadores.umh.es/ipv6/Direc%20y%20Enrut.html>

5.2.5 Clases de direcciones IPv6

Las direcciones de una sola difusión identificadas por una interfaz de un solo nodo, pueden ser de unidifusión global, de transición y de vínculo local.

El primer tipo de direcciones pertenecen a internet y en IPv4 corresponderían a las IP públicas. Por su parte, las direcciones de transición son las que tienen incorporadas una dirección IPv4 con el propósito de poner a disposición técnicas de traslado como la de los túneles en el proceso de migración al IPv6. Por último, las direcciones locales de vínculo funcionan en las conexiones de red local y por ende dejan de ser válidas si se intenta acceder fuera del ámbito corporativo, en IPv4 este tipo de direcciones equivaldrían a las IP privadas³⁸.

Las direcciones de difusión múltiple identifican interfaces grupales, regularmente en distintos nodos, efectivamente, los paquetes dirigidos a estas direcciones se envían a todos los miembros del grupo.

En el caso de las direcciones de difusión realizada por proximidad la identifican un grupo de interfaces por medio de distintos nodos. Los paquetes enviados a una dirección de este tipo es posible gracias “al nodo de miembros del grupo de difusión que se encuentre más cerca del remitente”³⁹.

³⁸ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasugacundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

³⁹ Ibidem

5.2.6 Plan de direccionamiento IPv6

El plan de direccionamiento establecido para IPv6 es muy parecido al plan de una red que opere bajo el protocolo IPv4, la diferencia se observa al realizar el proceso de la segmentación, es decir, cuando una red se divide en subredes, se emplean puntualmente los 16 bits del campo de subred. De otro modo, todo el cuarto “hexteto”⁴⁰ de la dirección asignada por el ISP. Además, el RFC 4291 sugiere que se debe verificar que las subredes cuenten con una máscara de 64 bits.

5.2.7 Numeración de servidores

La elección del mecanismo que identifica a la interfaz de la red LAN asignada a cada servidor, es llevada a cabo como numeración estática. El motivo se debe al logro de una máxima disponibilidad para evitar realizar cambios como consecuencia de la aparición de inconvenientes con la dirección de red.

Con respecto a la elección de la dirección IPv6 estática, se sugiere para un servidor elegir una dirección fácil de recordar, ejemplo 2002:B46A:C3FE::1; lo que conlleva a una fácil operación considerando que el área del protocolo IPv6 es amplio y durante los análisis globales buscar direcciones válidas secuencialmente puede extender la operación, salvo que se disponga de registros de DNS. Así visto, si un servidor dispone de su registro en el DNS con acceso abierto, no se requiere utilizar direcciones aleatorias⁴¹.

5.2.8 Numeración de terminales

El proceso de numeración de terminales puede seguir las siguientes opciones a elección del administrador de red según las condiciones:

- Numeración manual: donde se deben numerar de manera manual todas las terminales.
- Numeración automática sin estado o sin servidor (“stateless” o “serverless”) por medio de “anuncios de encaminadores” (o “routers

⁴⁰ Es un término no oficial en IPv6 para hacer referencia al segmento de 16 bits.

⁴¹ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

advertisements”): este recurso emplea paquetes ICMPv6 y “grupos de multicast locales a la interfaz”⁴². A través de este recurso es posible configurar la dirección IPv6, la longitud del prefijo y la ruta predeterminadamente. Dichos procedimientos se incorporan en DHCPv6, específicamente por medio de la alternativa sin estado (“stateless configuration”). Al no disponer de estados, quien administre la red dejará de tener control de las terminales que tengan conexión con la red IPv6. Solo quien tenga acceso al medio común podrá ingresar⁴³ El mecanismo estándar se llama SLAAC

- Numeración automática con estados (“stateful”): aquí el establecimiento de la dirección IPv6 es posible por medio de DHCPv6, de la misma forma que se hace con IPv4. De esta manera se facilita la identificación de grupo de direcciones, así como también la asignación direcciones particulares para cada uno de los terminales. Así pues, dando uso a DHCPv6 en su configuración con estados se puede llevar a cabo un control en el acceso de una manera estricta. Por el contrario, una configuración que no es posible utilizando DHCPv6 es la ruta por defecto, Así, cuando funciona DHCPv6 con estados, debe complementarse con el mecanismo de anuncio de caminadores, logrando una trayecto por defecto^{44 45}.

5.2.9 Políticas de enrutamiento IPv6

La ruta a seguir para el protocolo IPv6 no requiere demasiados cambios respecto de lo que se viene haciendo en IPv4. “Para una empresa es común que en IPv6 se mantenga la misma topología que en IPv4, contar con estas dos topologías incrementa el costo de operación de orientación de la red y acrecienta los incidentes. IPv6 cuenta con dos opciones de enrutamiento, a saber: enrutamiento estático y enrutamiento dinámico.”⁴⁶

⁴² Es un protocolo multipropósito que en IPv4 eran posibles gracias a protocolos como: ICPM, IGMP o ARP. Sites Google. Redes locales y globales. Disponible en: <https://sites.google.com/site/redeslocalesyglobales/6-arquitecturas-de-redes/6-arquitectura-tcp-ip/7-nivel-de-red/8-direccionamiento-ipv6/7-icmp-en-ipv6>

⁴³ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasugacundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

⁴⁴ Idid.

⁴⁵ CILEO, G., et al. IPv6 para todos. Guía de uso y aplicación para diversos entornos.2009. Disponible en: <http://www.ipv6tf.org/pdf/ipv6paratodos.pdf>

⁴⁶ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasugacundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

Tabla 1. Protocolos del enrutamiento dinámico.

Protocolos	Otra denominación
Vector distancia	RIPNG (RIP Next Generation)
Vector camino("path vector")	BGPv4
Estado de enlaces	ISIS u OSPFv3

Fuente: elaboración propia a partir de Guillermo Cicileo.

“Con la diversidad de opciones, se debe tener especial consideración al enrutamiento con el que cuenta la compañía. Dado que, si usa OSPFv2 para la red IPv4, no es raro que use OSPFv3 en IPv6, de igual manera que emplear BGPv4 para el encaminamiento externo. En caso de utilizar direccionamiento estático para IPv4, se puede valer de las mismas configuraciones para IPv6. Si es posible evitar el uso de RIPNG, se prescindirían tiempos de convergencia extensos y complicaciones de conocimiento parcial de topología. Además el uso de RIPNG impide aplicar técnicas modernas de ingeniería de tráfico”⁴⁷.

5.2.10 Modos de transición

El IPv6 se ha diseñado estratégicamente para que pueda coexistir con IPv4. Por consiguiente, se señalan los mecanismos con lagunas de sus principales categorías para facilitar la transición de un protocolo a otro, los cuales pueden “ser manejados solos o en combinación y la transformación puede ser realizada paso a paso, comenzando con un solo nodo, así mismo puede presentarse que haya un traslado completo de la red hacia IPv6 mientras que el proveedor de servicios siga utilizando IPv4, o presentarse el caso contrario”⁴⁸

5.2.11 Dual Stack

De acuerdo con lo anterior, tanto los nodos como los enrutadores tendrán soporte en IPv4 e IPv6, lo que permite la posibilidad de transmitir paquetes en ambos. Con esta salvedad un nodo puede funcionar así:

- Con la pila IPv4 habilitada y la pila IPv6 deshabilitada.
- Con las dos pilas habilitadas. Pero esta forma presenta desventaja por el requerimiento que implica disponer de tablas de enrutamiento y acompañamiento para ambos protocolos.

[20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf](#)

⁴⁷ Idid.

⁴⁸ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

5.2.12 Túneles

Mediante la tunelización es posible que la infraestructura de enrutamiento IPv4 lleve paquetes del protocolo IPv6. Esto es un proceso progresivo hasta que toda la infraestructura de la red tenga incluido el nuevo protocolo. Los túneles pueden implementarse de maneras variadas:

- “Enrutador a enrutador. Los enrutadores IPv6/IPv4 interconectados por una infraestructura IPv4 pueden tunelizar paquetes IPv6 entre ellos.
- Host a enrutador: Los host IPv6/IPv4 pueden tunelizar paquetes IPv6 a un enrutador IPv6/IPv4 por medio de una infraestructura IPv4.
- Host a host. Los host IPv6/IPv4 que están conectados por una infraestructura IPv4 pueden tunelizar paquetes IPv6 entre ellos mismos.
- Enrutador a host. Los enrutadores IPv6/IPv4 pueden tunelizar hacia sus destinos finales que son host IPv6/IPv4”⁴⁹.

5.3 Marco Legal

Este apartado considera las bases legales que sustentan el desarrollo del proyecto de investigación teniendo en cuenta las disposiciones que establece la entidad administradora en Colombia para la implementación del Protocolo de Internet IPv4. Todas ellas articuladas con el decreto 2573 de 2014, *“Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en línea...”*

5.3.1 RESOLUCIÓN 2710 DE 2017 (Octubre 03)

La incorporación del IPv6 se establece por RESOLUCIÓN 2710 DE 2017 (Octubre 03), la cual tiene por objeto formular medidas para la incorporar el protocolo IPv6 en Colombia por parte de los obligados. Así mismo, establecer medidas para los Distribuidores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones para que ofrezcan tráfico y conectividad en los servicios bajo IPv6 a las entidades objeto de esta resolución.

Con esta resolución se busca que los organismos del país incorporen el IPv6 en sus plataformas tecnológicas, lo cual permite que más dispositivos puedan ser conectados a Internet, aportando así a la implementación de redes de nueva generación.

⁴⁹ Ibid.

Dentro de los aspectos más relevantes aparece que los organismos del Estado nacional tienen hasta diciembre 31 de 2019, tiempo en el que la implementación de la tecnología IPv6 esté en funcionamiento alterno al protocolo IPv4. Por su parte, el plazo máximo para los entes territoriales es el 31 de diciembre del 2020⁵⁰.

5.3.2 Circular Numero 00002 de 2011 MinTIC

Desde el Ministerio de las TIC⁵¹, mediante Circular Numero 00002 de 2011 MinTIC se convocó a los entes competentes del Estado, al sector de TIC. Quienes deberán estar al tanto en la adquisición de las herramientas tecnológicas de telecomunicación, que estén desarrollados sobre el Protocolo IPv6 con compatibilidad soporte total IPv4 demostrable mediante los RFCs concretos del IETF y demás normas que apliquen.

También se invita a la creación de un Plan de Conversión, cuyo objeto este enmarcado en la Admisión de Ipv6 en compatibilidad con Ipv4, teniendo como vigencia 3 años a partir de la publicación de la presente circular, generando seguridad, un proceso sin mayores complicaciones y para beneficio de la organización, usuarios y demás.

En la gestión de cambio se debe tener en cuenta: diagnóstico, presupuesto, cronograma de actividades y tareas, capacitación en IPv6 de los funcionarios de las áreas competentes, control, dirección y evaluación de resultados, estudio técnico, recurso humano. Brindando así el adecuado desarrollo del proceso, IPv4 a IPv6 en sus redes, servicios al ciudadano prestados a través de las TIC y en general las Plataformas (hardware software) Informáticas de Comunicaciones⁵².

5.3.3 Resolución 180 de 2010 UIT

En 2010, durante la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-10), se adoptó la Resolución 63 denominada "Asignación de direcciones IP y fomento de la implantación de IPv6 en los países en desarrollo". Posteriormente, la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT (Guadalajara, 2010) se adoptó la Resolución 180 denominada "Facilitar la transición de IPv4 a IPv6" en la cual Colombia aparece adherida. La Resolución señala que la prontitud en el cambio del IPv6 evita en gran manera la falta de direcciones IP y por ende

⁵⁰ Min TIC. Entró en vigencia la resolución 2710 del 2017 para la implementación del protocolo IPv6 en Colombia. 2017. Disponible en: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-arTICle-61192.html>

⁵¹ Min TIC (2017). Circular 00002 de 2011 - Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Disponible en: <http://www.minTIC.gov.co/portal/604/w3-arTICle-5932.html>.

⁵² Gestión Redes 464324. 2013. Disponible: <https://gestionredes464324.wordpress.com/?s=circular>

consecuencias al Estado. De ahí la invitación a todas las entidades públicas para que inicien la migración hacia el nuevo protocolo IPv6⁵³.

5.3.4 Ley 1341 de 2009

La presente ley en el Artículo 2, numeral 6, establece: “La Neutralidad Tecnológica”⁵⁴. Ofreciendo y garantizando la libre elección de tecnologías, recomendando conceptos y procedimientos de entes internacionales competentes e idóneos en la materia, fomentando excelencia y calidad en el servicio, en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, orientados a la libre y leal competencia, creando ambientes de armonía, en sintonía con la responsabilidad social y ambiental.

Según la Constitución Política, Artículo 4⁵⁵: El Estado es el veedor en el sector las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, vela por proteger los derechos de los usuarios, la calidad, eficiencia y adecuada prestación de los servicios, así como la promoción y el acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, manteniendo la conectividad global.

⁵³ ITU. Actas finales de la conferencia de Plenipotenciarios. Facilitar la transición de IPv4 a IPv6. Busán. 2014. Disponible en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/conf/S-CONF-ACTF-2014-PDF-S.pdf

⁵⁴ Alcaldía de Bogotá. Consulta de la Norma. (2017). Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36913>

⁵⁵ Ibidem.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que contribuyó al desarrollo del proyecto fue de tipo exploratoria, descriptiva y proyectiva.

La investigación exploratoria en esencia busca aproximarse a un evento poco conocido para familiarizarse con él, como lo es la transición al nuevo IPv6 de la estructura en tecnología de la organización.

Sin embargo, para que una investigación sea exploratoria no basta únicamente, como podría pensarse, con que el tema sea poco conocido, el nivel de la investigación debe ser justamente exploratorio, sin llegar a otro nivel de la investigación que puede ser descriptivo, comparativo o predictivo⁵⁶.

La metodología aquí presentada, al ser mixta, se combina con el tipo de investigación descriptiva, misma que consiste en identificar las características del fenómeno en estudio.

Así mismo, se integra la investigación proyectiva que contribuye al alcance de la investigación al permitir la creación o el diseño de propuestas dirigidas a resolver determinadas situaciones. Este tipo de investigación fomenta el desarrollo tecnológico.

El proyecto tuvo como unidad de análisis la estructura tecnológica de una organización del sector público ubicada en la ciudad de Cali, misma donde se recopiló información preliminar que luego se trianguló con estudios previos donde se establecen bases para la migración entre las tecnologías IPv4 a IPv6 y con información procedente de diversas fuentes bibliográficas con el propósito de lograr mayor comprensión de los procedimientos implicados.

Finalmente, la metodología (ver ilustración 4) que permitió el desarrollo de los objetivos estuvo dividida en seis fases:

Fase 1. Investigación sobre información existente del tema.

Fase 2. Diseño del sistema general considerando los protocolos de enrutamiento entre otros aspectos técnicos.

Fase 3. Reconocimiento de los requisitos que estructuran la arquitectura y la identificación de los mecanismos que dependen de IPv4.

⁵⁶ Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. Metodología de Investigación. Cuarta Edición. México. 2006

Fase 4. Adquisición de herramientas, plataforma sobre la cual está el modelo propuesto, su desarrollo y un bloque de direcciones IPv6.

Fase 5. Propuesta de las metodologías DOUBLE STACK y TUNELIZACIÓN para asegurar la coexistencia entre IPv4 e IPv6 y asegurar que haya tráfico en las dos direcciones.

Fase 6. Diseño del plan de implementación con un manual de instrucciones que incluye la forma exacta para realizar el cambio del IPv4 a IPv6 teniendo en cuenta un cronograma que defina los momentos: planear, hacer, verificar y actuar.

Ilustración 4. Fases de desarrollo metodológico.



Fuente: elaboración propia

7. RESULTADOS

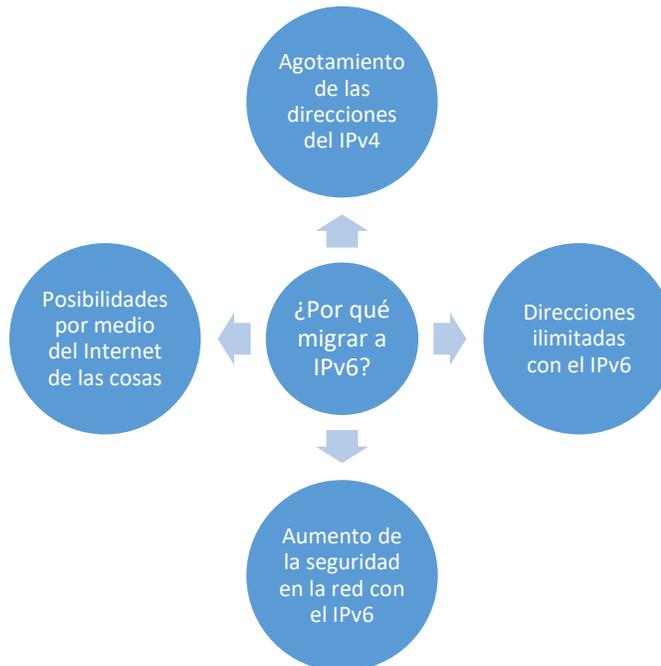
7.1 Consideraciones generales para la adaptación del tránsito de Pv4 al IPv6

Durante el desarrollo del documento se estuvo justificando la necesidad que tienen actualmente todas las entidades públicas y privadas para migrar del protocolo IPv4 al IPv6, sin embargo, veamos, como síntesis, las razones (ver ilustración 5) por las cuales es necesario realizar dicho tránsito:

- Agotamiento de las direcciones con el IPv4
- Acceso a direcciones ilimitadas con el IPv6
- Aumento de la seguridad en la red con el nuevo protocolo
- Acceso a las infinitas posibilidades que ofrece el internet.

Dicho lo anterior, cabe resaltar que el IPv6 por ser el último Protocolo de Internet no desplaza inmediatamente al IPv4, por el momento ambos deben coexistir mientras se logra el tránsito completo que impulse el crecimiento de internet hacia propósitos que van de la conectividad para la comunicación humana hacia la conectividad para establecer nuevas relaciones con los objetos con los que se convive cotidianamente.

Ilustración 5 ¿Porque se debe migrar a IPv6?

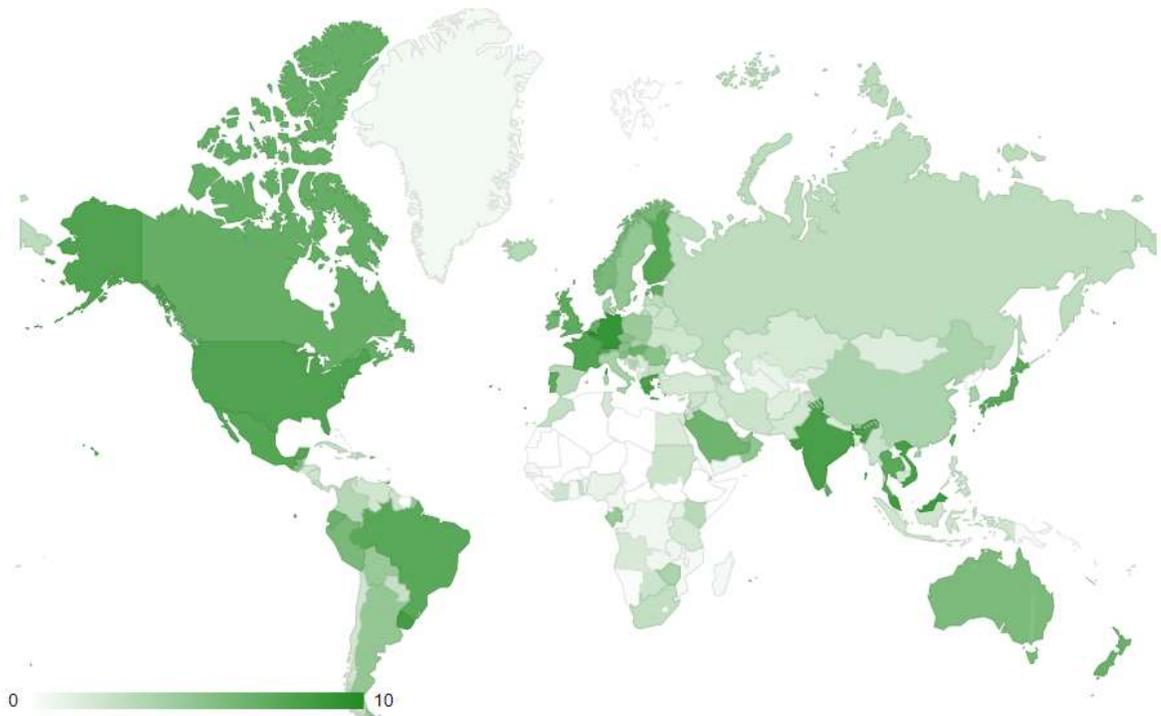


Fuente: elaborada propia

7.1.1 Situación actual del protocolo IPv6 en Colombia

Como lo señala CISCO⁵⁷, en la ilustración 6 se puede observar la extensión mundial del Protocolo de Internet IPv6, donde se resalta un creciente uso en Norte América, algunos países europeos, India representando el continente asiático y Oceanía. A nivel de Sur América: Uruguay, Brasil, Ecuador y Perú. Colombia por su parte, tiene una presencia baja en la incorporación del protocolo pero su participación se ha venido incrementando si se considera que para 2018 el despliegue del protocolo IPv6 representó el 27,09% y para el primer semestre de 2019 creció al 28.29%.

Ilustración 6. Uso del protocolo IPV6 en el Mundo.



Fuente: Datos obtenidos de CISCO⁵⁸.

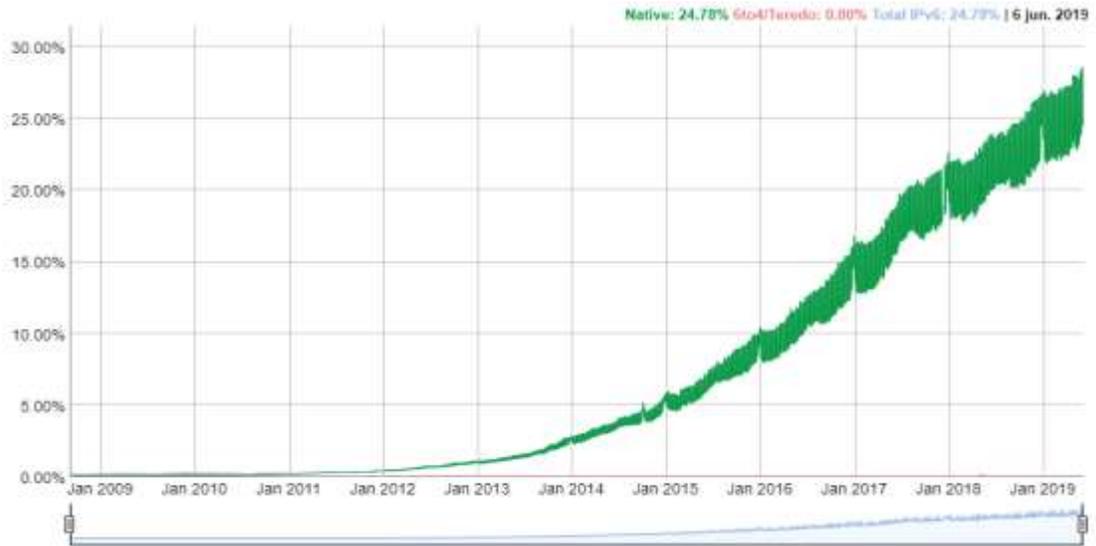
Ahora, de acuerdo con las cifras de Google⁵⁹, el número de usuarios que acceden al buscador con direcciones IPv6 a nivel mundial va en aumento, observándose una tendencia hacia la incorporación del nuevo protocolo (ver ilustración 7).

⁵⁷ CISCO. (s.f). 6lab – The place to monitor IPv6 adoption. Disponible en: <http://6lab.cisco.com/stats/>

⁵⁸ Ibid

⁵⁹ GOOGLEIPV6. (s.f). IPv6 Adoption. Disponible en: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

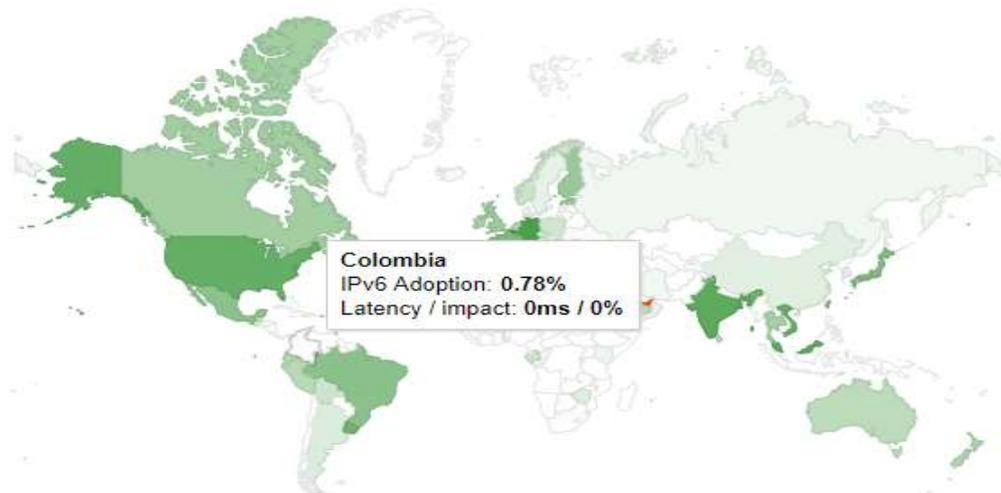
Ilustración 7. Porcentaje de usuarios que acceden a Google por direcciones IPv6.



Fuente: GoogleIPv6⁶⁰

No obstante, revisando los datos de Google por país, se observa que Colombia aparece en un nivel bajo respecto de otros países incluso de la región (ver ilustración 8).

Ilustración 8. Porcentaje de usuarios que acceden a Google por direcciones IPv6.



Fuente: GoogleIPv6⁶¹

⁶⁰ GOOGLEIPV6. (s.f). IPv6 Adoption. Disponible en: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

Por su parte, LACNIC⁶² arroja unas cifras donde Colombia aparece líder en la lista de entidades que están incorporando el IPv6. En el registro se establece que existen 77 entidades con anuncio de la transición al protocolo IPv6, de las cuales 17 son colombianas, donde 12 ya reportaron la implementación del protocolo, 4 están implementándolo actualmente y una está en planificación de implementación.

No obstante, pese a la cifra alentadora de LACNIC, el número de organizaciones de Colombia en proceso de implementación debe ser mayor y para ello el Min TIC establece, en la circular 002 de junio del 2011, un plan migratorio para la incorporación del protocolo IPv6 mientras sigue funcionando el protocolo IPv4 en un plazo de 36 meses. Método que fue comunicado a todas las entidades de orden público a nivel nacional, con los debidos lineamientos para adquirieran herramientas tecnológicas con soporte para IPv6 y que tengan compatibilidad con el protocolo IPv4.

Min TIC dispuso escrito oficial “Estrategia de Gobierno en línea 2.012-2.015”⁶³, en el que el tercer punto denominado “Implementar un Sistema de Gestión de Tecnologías de la Información”, proponiendo la instalación del protocolo IPv6 con plazo a 2015.

Complementariamente, el 1 de octubre del 2014 el Min TIC⁶⁴ afirma que el 92.13% de su infraestructura tecnológica tiene compatibilidad con IPv6, estimulando técnicas en las organizaciones, para acompañarlas en todo lo que conlleva el proceso de cambio TI y lograr así el tránsito al protocolo IPv6.

7.1.2 Ventajas y desventajas

Vistas las razones y el panorama respecto de la adquisición del IPv6 en Colombia se hace necesario incrementar el número de usuarios, de ahí la necesidad de reafirmar la comprensión sobre los beneficios de la migración del IPv4 a IPv6 y las características que ambos protocolos presentan.

A continuación se ofrece la comparación entre ambos protocolos (ver tabla 2) considerando la temática “IBM Knowledge Center”⁶⁵, comparando entre 54 tópicos

⁶¹ GOOGLEIPV6. (s.f). Per-Country IPv6 Adoption. Disponible en: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

⁶² LACNIC. Registro de organizaciones que implementan IPv6. 2017. Disponible en: <http://portalipv6.lacnic.net/quienes-implementan/>

⁶³ Min TIC. (s.f.). Estrategia gobierno en línea 2012-2015 para el orden nacional. Recuperado de: <http://programa.gobiernoenlinea.gov.co/apc-afiles/eb0df10529195223c011ca6762bfe39e/manual-3.1.pdf>

⁶⁴ Min TIC. MinTIC es ejemplo en la implementación del protocolo IPv6. 2014. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-7195.html>

⁶⁵ IBM KNOWLEDGE CENTER. (s.f). Comparación de IPv4 y IPv6. Recuperado de:

principales, arrojando una recopilación de 10 figuras esenciales requeridos para el plan de transición: dirección, asignación de direcciones, máscaras de dirección, prefijo de la dirección, ARP, configuración, fragmentos, cabecera IP, direcciones privadas y públicas y cambios de numeración.

Tabla 2. Comparación entre el IPV4 e IPV6.

TOPICO	PROTOCOLO	
	IPV4	IPV6
DIRECCIÓN	Las direcciones IP tienen una longitud de 32 bits (4 bytes), donde la dirección aparece estructurada como una parte de red y una parte del sistema principal de acuerdo con la clasificación de la dirección, bien sea A, B, C, D o E según el número de bits iniciales. Finalmente, el número total de direcciones IPv4 que se puede generar es de un total de 4.294.967.296.	Las direcciones aparecen aumentadas con una longitud de 128 bits (16 bytes), con una arquitectura diferente basada en 64 bits para el número de red y 64 bits para el número de sistema principal o host. Para este protocolo el número total de direcciones es amplio y asciende a 2 ¹²⁸ , es decir, 79.228.162.514.264.337.593.543.650.336 de las que saldrían del protocolo IPv4.
ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES	Realiza un proceso de asignación por clase de red, según la demanda de direcciones. Cuando presente un aumento y el espacio de estas se vaya agotando, se realizaran asignaciones más pequeñas hasta su agotamiento total.	Durante el proceso de asignación se recomienda asignar una longitud de prefijo /48, para cualquier tipo de entidad, bien sea una organización, un hogar o entre otras. Esto señala una política de asignación de 16 bits para división en subredes en una misma organización.
MÁSCARA DE DIRECCIÓN	En IPv4 se usa para designar la red desde la parte del sistema principal.	Este mecanismo no se utiliza.
PREFIJO DE LA DIRECCIÓN	El prefijo de la dirección en conjunto con la máscara de dirección, se utilizan para diferenciar la red del sistema principal o host, donde puede establecerse como sufijo (/nn), de máximo dos dígitos en el formato de presentación de la dirección.	En el protocolo IPv6 se utiliza para designar el prefijo de subred, donde y al igual que en el protocolo IPv4, se escribe como sufijo (/nnn) pero con un máximo de tres dígitos en el formato de impresión de la dirección.
ARP.	El protocolo ARP está presente en el direccionamiento IPv4 como responsable de encontrar la dirección MAC de una dirección IPv4 por medio de envíos de paquetes. También llamada ARP Request a la dirección Broadcast de la dirección IPv4.	El protocolo ARP tiene la función de incrustarse a sí mismo como parte de los algoritmos para autoconfiguración sin estado y descubrimiento del vecino.
CONFIGURACIÓN	Se requiere la configuración del sistema para que pueda establecerse la comunicación con otros sistemas. Tiene que ver con la asignación de rutas, en conjunto con las direcciones IP.	La configuración es opcional y se adecúa a las funciones que se requieran, ya que permite que las interfaces IPv6 puedan configurarse automáticamente utilizando una autoconfiguración sin estado de IPv6. También es posible realizar una configuración manual de la interfaz IPv6.
FRAGMENTOS	La fragmentación de paquete se puede realizar desde el sistema principal o direccionador cuando el paquete es demasiado grande para su envío, presentando esto problemas, con respecto a la duplicación de fragmentos, e incluso en el orden de dichos fragmentos.	La fragmentación se realiza únicamente desde su envío en el nodo origen y es reensamblado solo en el nodo destino.
CABECERA IP.	Longitud variable entre 20 y 60 bytes.	Longitud fija de 40 bytes.
DIRECCIONES PRIVADAS Y PUBLICAS	Todas las direcciones IP del IPv4 e IPv6 son públicas, exceptuando tres intervalos de direcciones que se han designado como privadas (10/8, 172.16/12 y 192.168/16). Por lo general, las direcciones privadas son utilizadas para para los sistemas de las redes locales de una intranet corporativa, teniendo la particularidad de no poder ser direccionadas a través de internet. En el caso de IPv6, aunque también tiene direcciones públicas, presenta el concepto de dirección temporal, las cuales se diferencian de las direcciones privadas en IPv4 porque pueden ser direccionadas globalmente y generalmente no pueden ser distinguidas de una dirección pública normal, buscando la protección de la identidad de un cliente pero con un tiempo de vida limitado. Además no contienen un identificador de dirección de enlace MAC.	
CAMBIO DE NUMERACIÓN	El proceso se realiza por medio de una nueva configuración manual con la posible excepción de DHCP. Dada la complejidad del proceso se sugiere evitarse en lo posible.	Como este proceso hace parte de la arquitectura del protocolo IPv6, el cambio de numeración se hace automático.

Fuente: elaboración basada en Moreno (2016)⁶⁶

7.1.3 Bondades de la alternativa de IPv4 a IPv6

Presentado el panorama anterior es preciso hacer mención a los cambios y beneficios clave producto de la migración de IPv4 a IPv6. Como son:

- En apariencia nótese la capacidad de las direcciones, ya que pasa de 32 a 128 bits, aumento considerable donde el IPv6 cuadruplica la capacidad de la dirección del IPv4.
- Este método viene con un mecanismo de reserva de recursos de red con antelación para, por ejemplo, la realización de video en tiempo real que requiere de ancho de banda y capacidad de retardo⁶⁷
- Tiene alcance a una gran cantidad de dispositivos a la red, dado su aumento en la cantidad de direcciones IP con acceso en la organización dada.
- Transparencia en la comunicación para los usuarios finales. Es posible acceder a servicios, aplicaciones, entre otros beneficios.
- Dada la nueva arquitectura del protocolo IPv6, se presentan mejoras en la seguridad a nivel del direccionamiento IP.
- “Según LACNIC (Registro de Direcciones de Internet para América Latina y el Caribe)⁶⁸, desde el ámbito económico es más rentable realizar la transición al protocolo IPv6 que retrasar su integración.
- Soporte y apoyo de los entes en cuanto a los conocimientos necesarios para entender y replicar el proceso de enrutamiento de las direcciones IPv6.
- Capacidad de adopción y adaptabilidad a las nuevas tecnologías, compatibilidad con ese gran mundo de internet, las ciudades inteligentes, inmensas redes y datos.
- Conexión cien por ciento, de fácil acceso en banda ancha⁶⁹.

⁶⁶ MORENO, J. Transición de protocolos IPv4 a IPv6, para una empresa del Estado, con aplicación en una ciudad intermedia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física, de Sistemas y Computación. Programa de Ingeniería de Sistemas y de Computación. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7787/00462M843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁶⁷ DONOSO, Y. Comparación, ventajas, problemas y una metodología para la transición de IPv4 a IPv6 en las redes de comunicaciones. Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. 3-4: 16-25. 1998. Disponible en: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/download/2188/1414>

⁶⁸ LACNIC. IPv6: “mientras más tiempo pase, más recursos tendrán que invertir”. S.f. Recuperado de: <http://portalipv6.lacnic.net/ipv6-mientras-mas-tiempo-pasemas-recursos-tendran-que-invertir/>

⁶⁹ MORENO, J. Transición de protocolos IPv4 a IPv6, para una empresa del Estado, con aplicación en una ciudad intermedia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física, de Sistemas y Computación. Programa de Ingeniería de Sistemas y de

7.2 Diagnóstico a la infraestructura tecnológica de la organización caso de estudio

El inventario de Hardware y Software es producto de la recolección de información en cada una de las áreas de la entidad, la cual se organizó de acuerdo con la plantilla sugerida por el Min TIC en la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia” siguiendo el orden: equipos de cómputo, equipos de comunicación, servidores y aplicativos.

7.2.1 Equipos de cómputo

Se muestra un inventario de activos en telecomunicación de la organización de estudio, indicando el área, tipo de equipo, su estado, versión IP y si soporta el nuevo protocolo.

En general, como se observa en la tabla 4, las áreas que más tienen equipos son la Administración Central, Educación, Emcali y Recursos Humanos. La mayoría de los equipos son de usuario final, aunque hay algunos portátiles. Casi la totalidad están activos y funcionan con sistema operativo Windows 7 profesional OEM, 10 PRO 64 y XP profesional OEM, bajo el protocolo IPv4, con el potencial de soportar el nuevo protocolo IPv6.

Tabla 3. Equipos de Cómputo.

Personal. Área	Id Tipo Equipo	Estado	Sistema operativo	Versión IP	Soporta IPv6
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Comodato	Windows XP Profesional OEM	4	si

Computación. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7787/00462M843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Portátil	Comodato	Windows 7 Profesional	4	si

			OEM		
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
GESTIÓN HUMANA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Hurtado	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
GESTIÓN HUMANA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
ALMACÉN CONTRALORÍA	Usuario Final	Comodato	Windows XP Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Comodato	Windows XP Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
COMUNICACIONES	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
COMUNICACIONES	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
COMUNICACIONES	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional	4	si

			OEM		
COMUNICACIONES	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
COMUNICACIONES	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Comodato	Windows XP Profesional OEM	4	si
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional	4	si

			OEM		
CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL INTERNO DISCIPLINARIO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
CONTROL INTERNO DISCIPLINARIO	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Portátil	Activo	Windows 10 Home Single	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Portátil	Activo	Windows XP Professional	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Tableta	Activo	IOS 4	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
DESPACHO CONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
DESPACHO SUBCONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
DESPACHO SUBCONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
DESPACHO SUBCONTRALOR	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional	4	si

			OEM		
EDUCACIÓN	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EDUCACIÓN	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Portátil	Comodato	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EDUCACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Portátil	Comodato	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP	4	si

			Professional OEM		
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo		4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EMCALI	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo		4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
EMCALI	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Portátil	Comodato	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si

FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
FÍSICO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
GESTIÓN HUMANA DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
GESTIÓN HUMANA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
GESTIÓN HUMANA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
INFORMÁTICA	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Todo en Uno	Activo		4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
INFORMÁTICA	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si

INFORMÁTICA	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional	4	si
INFORMÁTICA	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
INFORMÁTICA	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
JURÍDICA	Todo en Uno	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
JURÍDICA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
JURÍDICA	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional OEM	4	si
JURÍDICA	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
JURÍDICA	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
JURÍDICA	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional OEM	4	si

PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Portátil	Comodato	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

ASEO					
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Comodato	Windows XP Professional OEM	4	si
ADMINISTRACIÓN CENTRAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si

RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RESPONSABILIDAD FISCAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
RECURSOS NATURALES Y ASEO	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

SALUD	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Portátil	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Portátil	Comodato	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Portátil	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SALUD	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SECRETARIA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Profesional OEM	4	si
SECRETARIA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SECRETARÍA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

SECRETARÍA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SECRETARÍA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si
SECRETARÍA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows 7 Profesional OEM	4	si
SECRETARÍA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows XP Professional OEM	4	si
SECRETARÍA GENERAL	Usuario Final	Activo	Windows 10 PRO 64	4	si

Fuente: elaborado por la Oficina de Informática CGSC.

7.2.1.1 Número y lugar de los equipos

En total, la organización dispone de 277 computadores, donde 226 son computadores de escritorio, 40 portátiles y 10 todo en uno. En su conjunto fueron adquiridos entre el año 2005 y 2017 y se distribuyen en las áreas de la entidad según la relación de la tabla 5.

Tabla 4. Cantidad y Ubicación de equipos.

NUMERO DE EQUIPOS	ÁREA
29	ADMINISTRACIÓN CENTRAL
21	ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO
1	ALMACÉN CONTRALORÍA
8	AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO
5	COMUNICACIONES
15	CONTROL FISCAL PARTICIPATIVO
2	CONTROL INTERNO DISCIPLINARIO
9	DESPACHO CONTRALOR
3	DESPACHO SUBCONTRALOR
29	EDUCACIÓN
28	EMCALI E.I.C.E E.S.P
25	FÍSICO
4	GESTIÓN HUMANA

15	INFORMÁTICA
6	JURÍDICA
7	PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN
26	RECURSOS NATURALES Y ASEO
16	RESPONSABILIDAD FISCAL
20	SALUD
8	SECRETARÍA GENERAL
277	TOTAL

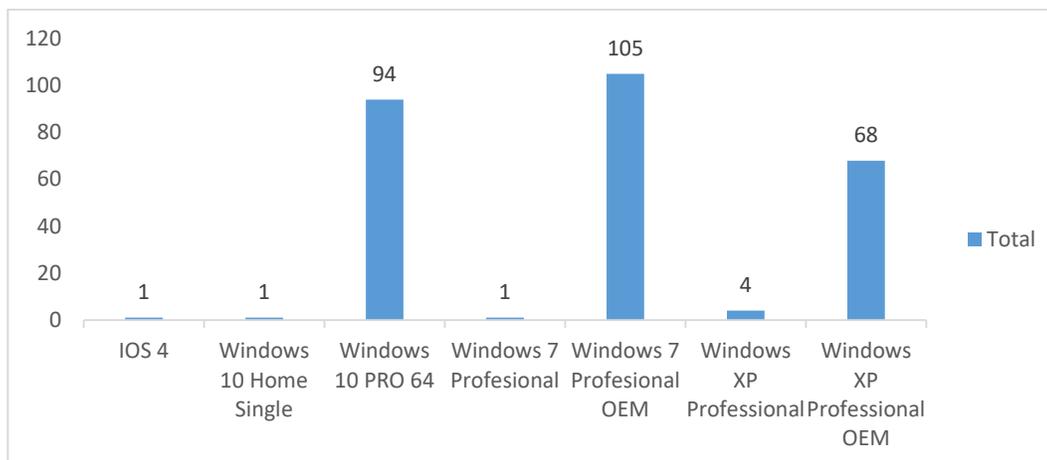
Fuente: elaborado por la oficina de informática CGSC

Luego del anterior listado de equipos por área, se resalta que la entidad recientemente hace dos años, diagnosticó su infraestructura tecnológica considerando la antigüedad de los equipos con el propósito de identificar los que debían reportarse al Comité de Bajas. Dicho diagnóstico se realizó teniendo en cuenta el indicador de obsolescencia programada a nivel tecnológico fijando las fechas de compra, especificaciones técnicas, estado de operación y reparaciones.

7.2.1.2 Sistemas operativos y sus versiones

Como se vio en la descripción de la tabla 5, casi la totalidad de los equipos de cómputo disponen de Sistema Operativo WINDOWS, predominando la versión 7 PROFESSIONAL, 10 PROFESSIONAL 64 y XP PROFESSIONAL. En la ilustración 9 pueden observarse las cantidades existentes por versión de acuerdo con el número de equipos.

Ilustración 9. Sistemas operativos con su versión.



Fuente: elaboración propia

En la entidad, los equipos adquiridos desde el año 2001 disponen de distintos tipos de soporte de IPv6 y aunque no siempre correspondieron a un soporte con características comerciales, por ser versiones gratuitas, los equipos fueron incorporados a sistemas operativos de “producción”.

Ejemplo de ello es el soporte de IPv6 brindado para “Windows 2000 e incluso en la primera versión de Windows XP, antes del lanzamiento del denominado Service Pack 1 (SP1)”⁷⁰, el cual es un paquete de actualización creado por Microsoft para la corrección de errores y mejora del rendimiento del sistema operativo. Ahora, cada vez se hace frecuente que las plataformas o sistemas operativos incorporen y activen por defecto el IPv6 sin requerir ningún tipo de intervención por parte del usuario⁷¹.

Teóricamente, en la entidad, todos los equipos de cómputo tienen soporte IPv6, ya que todos funcionan bajo Windows XP y Microsoft incorporó el protocolo desde dicha versión. “Sin embargo, hay que tener en cuenta que no todas las actualizaciones disponen del soporte activo, ya que usualmente se presentan PROFESSIONAL, así mismo, gran parte de equipos, activación y configuración se hacen de forma manual. Por su parte, los equipos con sistema Operativo Windows XP requieren de una actualización o favorablemente ser reemplazados, pues su vigencia estaría sobrepasada por la obsolescencia de sus especificaciones técnicas: memoria RAM y Disco Duro”⁷².

⁷⁰ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

⁷¹ CICLEO, G., et al. IPv6 para todos. Guía de uso y aplicación para diversos entornos.2009. Disponible en: <http://www.ipv6tf.org/pdf/ipv6paratodos.pdf>

⁷² Op. Cit.

7.2.1.3 Propuestas para la transición a IPv6

En general, puede decirse que todos los equipos de la organización de estudio estarían en el proceso de transformación a IPv6, la propuesta es hacer cambios de los equipos con versiones Windows XP y en el mejor de los casos actualizaciones, ya que se está hablando que estas versiones fueron desarrolladas hace más de diez (10) años y es probable que generen problemas durante la configuración necesaria para la actualización que soporte el IPv6.

Es de anotarse también que Microsoft ya no ofrece soporte alguno para Windows XP, lo que se presenta como una limitante para el proceso de transición a IPv6.

En esta entidad, el número de aparatos con sistema operativo Windows XP representan el 26% del total, lo que llevó a programarse el reemplazo a nuevos equipos con versiones recientes de sistemas operativos Windows para el primer semestre del año 2019, sin embargo, este cambio no tiene que hacerse en simultáneo ni para cuando se dé inicio a la migración, ya que los métodos que se implementan son flexibles respecto a esta posibilidad.

7.2.2 Equipos de comunicación

La organización de la información que se requiere de los equipos de comunicación, nuevamente se utiliza el formato establecido por el manual de instrucciones de transición a IPv6 del Min TIC.

Vemos en la Tabla 6, un número significativo de los equipos son Switch Capa 3, de 48 ETH, marca CISCO, modelo SG500X-48P de 10 GIGA BIT y con versión IPv4 que soportan IPv6.

Tabla 5. Equipos de comunicación.

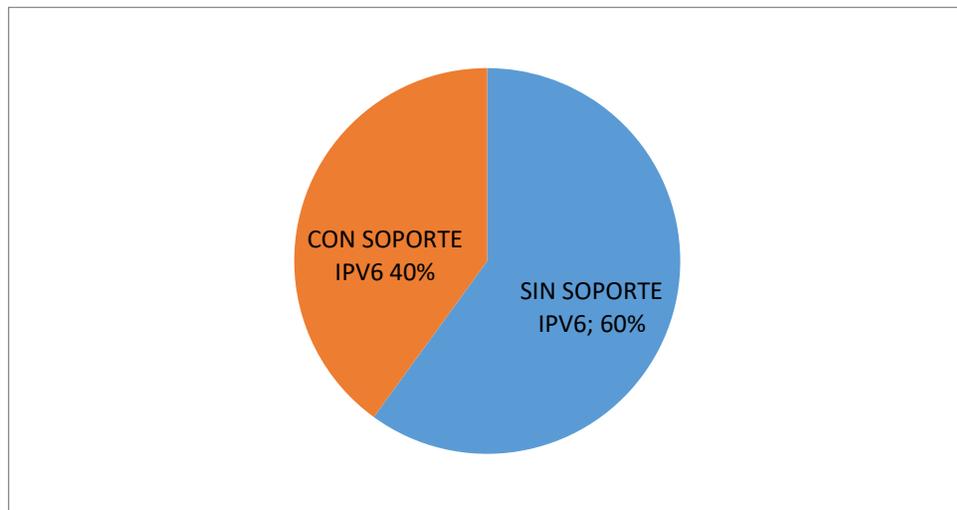
TipoEquipo	Num_puertos	IdMarcaFab	Modelo	Velocidad	Ubicación	version ipv4	soporta ipv6
Switch Capa 1	24 ETH	PLANET	FNSW2400S	10/100 BASE-T	VERSALLES PISO 6.	SI	NO
Switch Capa 1	24 ETH	3COM	3C166113	10/100 BASE-T	TORRE ALCALDÍA PISO 7.	SI	NO
Switch Capa 1	24 ETH	3COM	3C16611	10/100 BASE-T	TORRE ALCALDÍA PISO 7.	SI	NO
Switch Capa 1	24 ETH	PLANET	FNSW2400S	10/100 BASE-T	VERSALLES PISO 6.	SI	NO
Switch Capa 1	24 ETH	PLANET	FNSW2400S	10/100 BASE-T	VERSALLES PISO 6.	SI	NO
Switch Capa 2	26 ETH-1 F.O.	3COM	4228G-3C17304	10/100/1000 BASE -T	TORRE EM CALI PISO 6.	SI	NO
Switch Capa 2	26 ETH-1 F.O.	3COM	4228G-3C17304	10/100/1000 BASE-T	TORRE ALCALDÍA PISO 6.	SI	NO
Switch Capa 3	12 ETH-4 F.O.	3COM	4900-3C17700	100/1000 BASE-SX	TORRE ALCALDÍA PISO 7.	SI	NO
Switch Capa 3	24 ETH	PLANET	WGSW2402	10/100 BASE-T	VERSALLES PISO 6.	SI	NO
Switch Capa 3	48 ETH	CISCO	SG500X-48P	10 GIGABIT AVEC POE	TORRE ALCALDÍA PISO 7.	SI	SI
Switch Capa 3	48 ETH	CISCO	SG500X-48P	10 GIGABIT AVEC POE	TORRE ALCALDÍA PISO 7.	SI	SI
Switch Capa 3	48 ETH	CISCO	SG500X-48P	10 GIGABIT AVEC POE	TORRE ALCALDÍA PISO 7.	SI	SI
Switch Capa 3	48 ETH	CISCO	SG500X-48P	10 GIGABIT AVEC POE	VERSALLES PISO 6.	SI	SI
Switch Capa 3	48 ETH	CISCO	SG500X-48P	10 GIGABIT AVEC POE	VERSALLES PISO 6.	SI	SI
Switch Capa 3	48 ETH	CISCO	SG500X-48P	10 GIGABIT AVEC POE	VERSALLES PISO 6.	SI	SI

Fuente: elaborada por la oficina de informática.

7.2.2.1 Diagnostico Soporte IPV6 en los equipos de comunicación

Acorde con la tabla 6 y la información ofrecida por el área de ingeniería de soporte de la organización de estudio, de la totalidad de switches que se relacionan solo los seis dispositivos Cisco son quienes se encargan de las conexiones en las oficinas del Cam y Versalles y son semejantes con IPv6. Por tanto, estos son los equipos de comunicación más recientes en la organización representando el 40% del total de dispositivos (ver ilustración 10), porcentaje optimista en el proceso de migración.

Ilustración 10. Soporte IPV6.



Fuente: elaboración propia

7.2.2.2 Propuestas para los equipos de comunicación en la transición a IPv6

Para efectos de la continuidad en las operaciones en la organización, se reconoce que la red de datos que funciona con los Switches no compatibles con el IPv6 por el momento debe seguir funcionando bajo sus características, por tanto, el objetivo a corto plazo sugiere iniciar la transición con las unidades aptas para el protocolo actual, sin dejar de incorporar paulatinamente nuevos dispositivos que faciliten la migración.

7.2.3 Servidores

El formato propuesto en la Guía para la transición del IPv4 a IPv6 se adecua a los requerimientos de información de los Servidores disponibles al momento en la organización.

En la tabla 7, se observan todos los servidores de los que dispone la entidad. Tienen capacidad entre 500-12.000 y aunque todos funcionan bajo la versión IPv4, tienen soporte para la versión IPv6, en virtud de que los Sistemas Operativos bajo los que operan tienen compatibilidad con el protocolo actual, de ahí que se supone una implementación fácil dentro de los dos mecanismos de transición sobre los que se habló: doble Pila y/o tunelización.

Tabla 6. Servidores de la entidad.

SPONSABLE	IdTipoEquip	CapacidadDisco	Memori	Memori	IdBoard	IdProcesador	IdISO	IdMarcaFa	Observaciones	Version ipv4	soporta ipv6
JEFE OFICINA DE INFORMATICA	Servidor	500	4		INTEL	INTEL XEON	Centos	H.P.	Servidor Proliant DL380 Gen8	si	si
JEFE OFICINA DE INFORMATICA	Servidor	12000			INTEL	INTEL XEON	Linux Oracle	LENOVO	Servidor Linux Oracle para BD- EN NOVIEMBRE	si	si
JEFE OFICINA DE INFORMATICA	Servidor	2000	64	2 MB	AMD	OPTERON	Windows 2008 Server	H.P.	Dominio - Almacenamiento de Carpetas	si	si
JEFE OFICINA DE INFORMATICA	Servidor	2000	64	2 MB	AMD	OPTERON	Windows 2008 Server	H.P.	Dominio - Almacenamiento de Usuarios (D). Se carga a	si	si
JEFE OFICINA DE INFORMATICA	Servidor	1.192	32		INTEL	INTEL XEON	Windows 2008 Server	H.P.	de Carpetas Backup Bases de Datos Oracle	si	si
JEFE OFICINA DE INFORMATICA	Servidor	250	2	1 MB	AMD	AMD PHENOM. 8600	Centos	H.P.	H.P. se instala en febrero 2009 a Sandra Cañón. Se	si	si

Fuente: elaborado por la oficina de Informática de la CGSC

7.2.4 Aplicativos

A continuación (tabla 8) se relaciona la información relacionada con los aplicativos de uso en la organización, los cuales en su mayoría operan bajo la plataforma Windows desde diferentes lenguajes y creados internamente, por convenio o por adquisición. Todos los aplicativos funcionan actualmente en la versión IPv4 pero soportan la nueva versión.

Tabla 7. Aplicativos con soporte IPv6.

Nombre	IdPlataforma	IdLenguajeDe	IdTipoDesa	Responsable	Estado	licencia	Version ipv4	soporta ipv6
Página Web	0	0	0					
Recodalle	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Convenio			ILIMITADO	si	si
SECOP	0	0	0				si	si
SICE	W I N D O W S	P H P	Convenio			ILIMITADO	si	si
Sirovalle	L I N U X	O R A C L E	Convenio			ILIMITADO	si	si
SIRI	L I N U X	P H P	Convenio			ILIMITADO	si	si
Comunicaciones	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
Docunet	W I N D O W S	O R A C L E	Adquirido		Instalado	75	si	si
FPL	W I N D O W S	O R A C L E	Adquirido		Instalado	ILIMITADO	si	si
Intranet	W I N D O W S	O R A C L E	Adquirido		Instalado	ILIMITADO	si	si
S	L I N U X	P H P	Convenio		Instalado		si	si
Meci-Calidad	P H P	P H P	Contratado		Instalado		si	si
Automotor	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
PNA	L I N U X	P H P	Convenio		Instalado	ILIMITADO	si	si
SIA	L I N U X	P H P	Convenio		Instalado	ILIMITADO	si	si
SIA OBSERVA	L I N U X	P H P	Convenio		Instalado	ILIMITADO	si	si
SICIS	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SICO	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SICODIN	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SICOF	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SICON	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SIGER	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SIPAC	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SIPREL	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
SIREF	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
Sirel	W I N D O W S	P H P	Convenio		Instalado	ILIMITADO	si	si
SISA	W I N D O W S	A C C E S S 2 0 0	Interno		Instalado	ILIMITADO	si	si
Sistema Telefónico	W I N D O W S	linux	Adquirido		Instalado	1	si	si
SRF	W I N D O W S	O R A C L E	Adquirido		Instalado	ILIMITADO	si	si
SRH	W I N D O W S	O R A C L E	Adquirido		Instalado		si	si
V6	W I N D O W S	O R A C L E	Adquirido		Instalado	ilimitado	si	si

Fuente: elaborado por la Oficina de Informática de la CGSC

7.2.4.1 Propuesta Soporte IPV6 en los aplicativos

La organización de estudio hace uso de 47 aplicativos en sus diferentes áreas. De la totalidad, 19 aplicativos no son administrados por la entidad, sino por entidades gubernamentales a nivel Nacional y proveedores.

De los aplicativos restantes 31 soportan IPV6, teniendo en cuenta la información suministrada por el ingeniero encargado del área de desarrollo de los mismos, ya que fueron desarrollados en servidores con Sistemas Operativos compatibles con el nuevo protocolo.

7.2.4.2 Sugerencias para los aplicativos en la transición al protocolo IPV6

Los aplicativos que funcionan en servidores, cuyos sistemas operativos tienen compatibilidad con IPV6, no presentan problemas durante la implementación de las técnicas que permiten la coexistencia entre ambos protocolos.

Por el contrario, con los aplicativos que no tienen administración directamente de la entidad, se recomienda ponerlos a funcionar como “nodos IPV4 Only” mediante métodos que permitan traducir y soportar la técnica Doble Pila. Este procedimiento sería hasta que ocurra el proceso de transición y las entidades dueñas y/o responsables se encargan de la actualización de sus aplicativos para que reporten acerca del momento en el cual éstos empezaran a trabajar sobre IPV6, en el caso que no se haya logrado tal tarea.

7.2.5 Caracterización y análisis de la topología actual de la red y su funcionamiento.

La red de datos de la Organización a estudio funciona bajo la topología de estrella extendida. El Router principal 3Com 3c17700, propiedad de la entidad, está conectado a la red LAN directamente y al Firewall que se encarga de filtrar la información. Se manejan IP estáticas. Posterior al 3Com, toda la red de la organización está conectada mediante el switch principal, al cual se unen los servidores y otros switches que permiten el servicio de internet a las sedes. En la ilustración 11 puede observarse lo descrito.

Ilustración 11. Diagrama de red LAN Organización de estudio.



Fuente: Elaborado por Oficina informática

En cuanto a las oficinas externas ubicadas en la sede Versalles, torre Emcali, todas ellas funcionan de manera dependiente dentro de la misma topología que capta el servicio de internet a través de Fibra de 60 Mbps reuso 2 A 1, servicio suministrado por la empresa EMCALI.

La topología en estrella extendida, sobre la que se estructura la red de datos de la entidad de estudio, reconocerá la incorporación a mecanismos de transición bajo el esquema de Doble Pila y Tunelización, pues estando en la red hay únicamente un nodo principal, así mismo no existen subredes ni VLAN's, lo cual denota que la configuración debe realizarse directa entre Routers y hosts, sin embargo, hay que tener en cuenta que en cualquiera de los dos mecanismos se hace necesario que como mínimo el equipo de enrutamiento disponga de soporte IPv6.

Bajo la técnica Doble Pila es necesario que los hosts y los routers soporten tanto IPv4 como IPv6, por tanto, servicios y aplicaciones en ambas versiones. En este caso se debe considerar que el Router principal de la red, 3COM 3C17700 soporte IPv6⁷³.

Por otra parte, en la medida en que se hace extensivo el IPv6, la técnica de Doble pila deberá aplicarse indistintamente en donde pueda ayudar al proceso de migración, ejemplo de ello, en términos de servidores, "un servidor de doble pila

⁷³ CISCO. 2017 Disponible en: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/product_data_sheet0900aecd8016fa68.html%C3%A7. [Revisado 2018]

puede soportar solo clientes IPv4 convencionales, nuevos clientes solo IPv6 y en consecuencia clientes de Doble pila”⁷⁴.

El proceso de tunelización por parte, permite, por ejemplo, interconectar las nubes IPv6 mediante un servicio IPv4 nativo mediante un túnel. “Los paquetes IPv6 son encapsulados por un Router de extremo antes de ser transportados a través de la red IPv4, siendo desencapsulados en el extremo de la red IPv6 receptora”⁷⁵, “es decir, los dispositivos que funcionarán como nodos que encapsulan y/o desencapsulan la información para ser enviada a los demás dispositivos”⁷⁶. En su conjunto, este proceso permitirá que el Router principal y algunos hosts soporten IPv6.

Así, al conservar la topología actual de la red se facilita la migración a IPv6, pero a su vez estaría la siguiente desventaja: si llegar a falla el switch principal de la red, toda ella fallaría.

7.2.6 Validación previa de la infraestructura de red

La infraestructura de la red está ubicada en el séptimo piso del CAM donde se encuentran los equipos. Allí reposan los dispositivos que posibilitan el suministro del servicio de internet distribuidos en tres racks, entre los cuales están los equipos necesarios para convertir el canal de fibra óptica al cable denominado de par trenzado, igualmente de las unidades utilizados para el enrutamiento y repartición ofrecido en el servicio al usuario final.

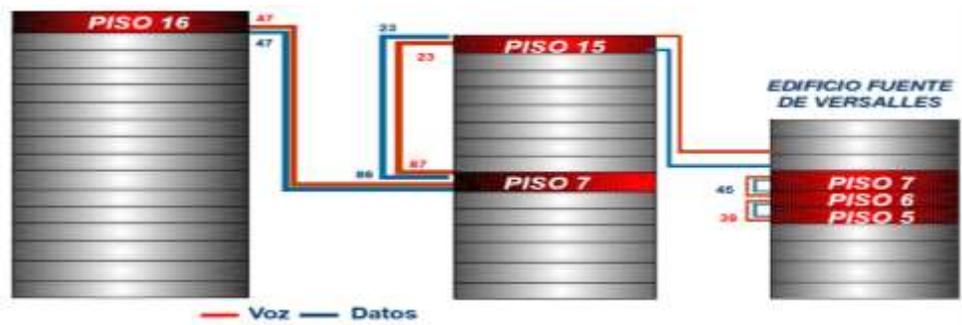
Ilustración 12 que muestra este proceso.

⁷⁴ J. A. A. Sarria. «IPv4 to 6,». Disponible en: <http://ipv4to6.blogspot.com.co/p/estrategias-de-transicion-ipv6.html.%20>. 2017.

⁷⁵ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasugacundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>C

⁷⁶ Ibid.

Ilustración 12. Diagrama proceso entrega final del servicio de Internet en la red LAN de la entidad de estudio.



Fuente: elaborado por la oficina de Informática

En los dos racks adicionales, ubicados donde se encuentran los servidores, uno de ellos está disponible para los servidores y equipos de algunos sistemas de información descritos en el inventario de activos. En el otro rack, los switches habilitados para el conectividad de la entidad. Ahora, la conectividad que se hace por medio de fibra óptica se da desde el switch principal ubicado en el cuarto de servidores, hasta cada uno de los usuarios finales ubicados en las diversas oficinas del piso 7 del CAM, piso 15 torre EMCALI.

Mientras que la conexión con el edificio Versalles se efectúa por medio de la conexión de fibra óptica REMI, que pertenece al Municipio de Cali, en contacto con una LAN TWO LAN 40 megas como contingencia, la cual provee la empresa de EMCALI. Esta llega al 4 piso de edificio Versalles y de ahí se conecta con cable UTP categoría 5E y 6ª al 6 piso y de este al designado para cada una de las dependencias como se observa en la Tabla 10. Cabe resaltar, que cada oficina posee switches de tipo secundario para redistribuir la red y disponer los puntos requeridos para ella.

Tabla 8. Cantidad puntos de red y categoría cable UTP por dependencia.

Sede	Dependencias	Cantidad de puntos	Categoría
------	--------------	--------------------	-----------

7 Piso CAM	Ventanilla única de correspondencia. Administrativo Financiero, comunicaciones, jurídica, informática, participación ciudadana, despacho Planeación, control interno, subcontrol, comunicaciones, gestión humana	127	6A
Piso 16 Torre EMCALI	Dirección Técnica Ante EMCALI	40	6
Piso 5 Versalles	Responsabilidad Fiscal, D.T. Salud DT Administración Central, DT Educación	109	6A
Piso 7 Versalles	D.T. Recursos Naturales y D.t. Físico	40	5E

Fuente: Elaborada por la Oficina de Informática de la CGSC

El cableado en la mayoría de las sedes trabaja con lo último en materia del mercado: cable estándar para GIGABIT ETHERNET, indicando condiciones aceptables en la transmisión de datos y superioridad de la infraestructura, sin la necesidad de realizar cambios físicos en canaletas, conectores y otros aspectos de las conexiones de red.

7.2.7 Compatibilidad y grado de avance en la adopción de IPv6 en la red de datos

En la migración de IPv4 al IPv6 se involucra directamente la capa 3 del modelo OSI, por ello la capa 1 no presenta cambios extremos o requeridos en la transición. De ahí que se analice el soporte del protocolo IPv6 en los equipos de comunicación, servidores y equipos de cómputo (ver tabla 11).

Tabla 9. Soporte para los equipos de comunicación, servidores y de cómputo.

Dispositivos	Porcentaje Soporte IPv6
Servidores	100%
Equipos de cómputo	100%
Equipos de comunicación	40%

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta el inventario de activos se obtienen los datos de la tabla 11, los cuales indican que la totalidad de servidores y equipos de cómputo soportan IPv6, sin embargo, hay considerar que el 34% de estos funcionan bajo sistema operativo Windows XP, frente a lo cual se recomienda realizar la actualización de ellos para asegurar una compatibilidad completa.

De acuerdo con los equipos de comunicación, específicamente switches, el porcentaje restante al 60% con incapacidad para soporta el IPv6 exige que los equipos que tienen conexión con ellos continúen funcionando bajo el funcionamiento de IPv4, sin embargo, lo anterior no dificultaría totalmente la gestión, ya que las técnicas de transición identificadas operan en unión de ambos protocolos. No obstante, no hay que perder de vista que en el corto plazo estos equipos quedarán obsoletos dentro de la red operando bajo el IPv6.

Adicionalmente, al ser el 30% de los aplicativos de propiedad ajena a la organización, el funcionamiento se dará bajo el protocolo IPv4, mientras los encargados de su administración puedan realizar la migración.

En suma, cabe mencionar que la red de datos de la organización en estudio compatible en 88% con el nuevo protocolo y que el proceso de adopción de IPv6 presenta 10% de avance, ya que al momento solo se cuenta con este proceso de análisis para proceder con la transición.

7.2.8 Direccionamiento actual y sugerencias para IPv6

Actualmente, la organización de estudio entrega a su red direcciones IP estáticas a todos los equipos de cómputo, incluidos los servidores. En otro caso, se carece de un fraccionamiento de red sin subredes por áreas o departamentos.

Frente a este panorama, se proyecta que para el año 2019 se sigan entregando las IP a través de DHCP, proceso que implica considerar que la red trabaja bajo el nuevo protocolo, el cual para configurarse debe hacerse como DHCPv6 para que los servidores DHCP puedan transmitir “parámetros de configuración como

direcciones de red IPv6 a nodos IPv6”⁷⁷. Así mismo, ofrecer la posibilidad de asignar automáticamente direcciones de red que se puedan reutilizar y sean libres de clasificación adicional.

El nuevo protocolo es una contraparte al estado de "Autoconfiguración de direcciones IPv6, Stateless" y se usa bien sea por separado o en simultáneo con este último para adquirir parámetros de configuración automática⁷⁸. Por otro lado, dado el caso que se requiera segmentar la red para generar subredes hay que partir del hecho que para IPv6 este procedimiento es similar al realizado en IPv4.

7.3 Diseño del procedimiento para la migración del protocolo IPV4 a IPV6 en la organización casos de estudio

7.3.1 Aspectos clave para la migración al IPv6

Después de descritas las motivaciones para la adopción de IPv6 y teniendo en cuenta las características de la estructura tecnológica que tiene la organización de estudio y sugerencias presentadas desde la literatura, se presentan algunos aspectos clave (ver ilustración 13) para la transición de redes de IPv4 a IPv6, sobre la consideración que la migración hacia IPv6 es un proceso que, por un lado, abarca redes y servidores, y por otro, dispositivos finales, aplicaciones, seguridad y otros criterios clave dadas las características de aplicación de la red, como se especificó en el diagnóstico.

⁷⁷ FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLANEACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

⁷⁸ N. W. Group. Tools IETF, 2018. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc3315>.

Ilustración 13. Puntos clave para el proceso de migración del IPv4-IPv6



Fuente: elaboración propia

Para la implementación del nuevo protocolo se sugiere, en principio, realizar un *inventario* de todos los dispositivos conectados a la red que permiten el desarrollo de las operaciones en una organización dada, ya que el IPv6 los afectará tanto si soportan como si no soportan dicho protocolo, condición anterior que justifica el segundo aspecto clave, la investigación.

La *investigación*, luego del inventario, remite a la afinidad de los equipos con el protocolo IPV6 y de ser necesario, los tiempos de implementación de IPv6 de cada proveedor para cumplir con la normativa⁷⁹.

Este análisis, además de indicar el nivel de preparación de sus proveedores, brinda argumentos para decidir si los dispositivos requieren de actualización de software o una modificación en el hardware, acciones que en cualquiera de los casos requieren de una destinación presupuestal.

El presupuesto contempla el propósito de realizar una inversión económica en software y hardware, así como también en la formación de recurso humano para

⁷⁹ Aparicio, R. La migración segura de IPv4 a IPv6: Los tres pasos básicos. 2011. Disponible en <https://www.networkworld.es/actualidad/la-migracion-segura-de-ipv4-a-ipv6-los-tres-pasos-basicos>

garantizar que la migración se dé bajo los protocolos establecidos, de ahí que la estimación de costos sea primordial.

Para la formación de recurso humano se recomienda la *capacitación* académica a cursos de programación en el protocolo IPv6 orientado en temas importantes que sugiere Min TIC:

- a. Introducción y aspectos básicos de IPv6.
- b. Escasez de direcciones IPv4, transición a IPv6 y compatibilidad
- c. Host y enrutamiento en IPv6.
- d. Servicios y aplicaciones sobre IPv6.
- e. Seguridad en IPv6⁸⁰.

Complementariamente, es preciso llevar a cabo un trabajo de sensibilización con los altos mandos de la organización del uso de IPv6 y su impacto a nivel tecnológico, organizacional y de operaciones.

7.3.2 Pasos contemplados para la migración al IPv6

Tras los anteriores aspectos claves y generales para encaminar la migración del protocolo IPv4 a IPv6, posteriormente se presenta un desglose de pasos recuperados de la literatura ya que en ellos coinciden varias organizaciones que se han propuesto tal ejercicio (ver tabla 12).

Cabe resaltar que la ruta propuesta es flexible y puede variar de acuerdo con las características del contexto organizacional evidenciado con claridad luego del diagnóstico donde se tendrá en cuenta el tipo de redes y servidores, dispositivos finales, aplicaciones, seguridad, entre otros.

⁸⁰ Min TIC. Guía de Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia. Versión 4.0.0. Actualización. 2017. Disponible en https://www.mintic.gov.co/portal/604/channels-507_IPv4_2019.pdf

Tabla 10. Pasos para la migración de IPv4 a IPv6. Fuente: elaboración propia

Pasos para la migración de IPv4 a IPv6	1. Obtener espacio para las direcciones IPv6.
	2. Elaborar un plan de asignación de direcciones IPv6
	3. Estudiar sobre las herramientas al alcance para el manejo y monitoreo de la red.
	4. Actualizar a los nodos para la operancia tanto con IPv4 como con IPv6.
	5. Identificar y elegir el protocolo de enrutamiento apropiado en IPv6 con sus políticas. Pueden ser las usadas en IPv4.
	6. Implementar algún mecanismo de transición.
	7. Habilitar los servicios IPv6 que se requieren.
	8. Habilitar los equipos en los sitios finales.
	9. Transformar los nodos IPv4:IPv6 en nodos IPv6 exclusivamente

1. Obtener espacio para las direcciones IPv6

Este debe ser asignar por ISP, buscando establecer la configuración de toda la red de la entidad en estudio.

2. Elaborar un plan de asignación de direcciones IPv6

Se pretende identificar los nodos principales y dispositivos que hacen parte de la red, con el fin de establecer una IPV6 para cada nodo. Tales como:

- Router
- Firewall
- Switchs

3. Estudiar sobre las herramientas disponibles para el manejo y monitoreo de la red

Tiempo atrás se carecía de los instrumentos requeridos en la manipulación de la red, surgiendo la necesidad de acceder a empresas especializadas que se encargaran del proceso, pero respondiendo a costos elevados.

Estos métodos de manipulación de la red se basan en el protocolo SNMP, el cual utiliza estaciones de administración que permiten monitorear y manejar

dispositivos que contienen un agente SNMP y estos a su se encuentran conectados a una red IP, entre ellos, se encuentran varias aplicaciones de software libre para monitorear redes y servidores en IPV6:

- Zenoss
- Munin
- Zabbix
- Cacti
- Nagios.

4. Actualizar a los nodos con funcionamiento tanto con IPv4 como conIPv6

Aquí se debe establecer el proceso de actualización de IOS en cada uno de los equipos CISCO (routers, firewalls, switches, Access, teléfonos IP, entre otros) con el objetivo de posibilitar el soporte en protocolo IPV6.

5. Seleccionar el apropiado protocolo de enrutamiento en IPv6 y establecer políticas de enrutamiento. Pueden ser las usadas en IPv4

El protocolo de enrutamiento debe seleccionarse de acuerdo con las necesidades de la red.

6. Implementar algún mecanismo de transición

En el presente proyecto se ha realizado un estudio acerca del mecanismo de transición Dual Stack para ser implementado en el router principal de la red.

7. Habilitar los servicios IPv6 que se requieren

En este paso se debe establecer la configuración de todos los servicios de la red interna esto con la finalidad de que permitan el soporte para el protocolo IPV6 tales como DNS, QoS, entre otros.

8. Habilitar los equipos en los sitios finales

Para esto se recomienda utilizar la asignación de direcciones IPV6 mediante DHCPv6 de la siguiente manera:

1. Habilitar la configuración de DHCPv6 en el router principal.
2. Establecer cronograma para hacerlo por áreas.
3. Habilitar en cada equipo de usuario final el DHCPv6.

9. Convertir todos los nodos IPv4:Ipv6 en nodos Ipv6 exclusivamente

Este paso se debe realizar paulatinamente, en la medida en que la entidad de estudio pueda renovar toda su infraestructura tecnológica. Mientras tanto se podrá ir implementado para que funcionen los dos protocolos en coexistencia.

7.3.3 Recomendaciones al proceso de migración

A continuación se describen algunas recomendaciones⁸¹ importantes del proceso de migración de una forma segura y rentable.

- Eliminar las características antiguas de la red con el fin de dejarla actualizada y pueda soportar las características del protocolo IPv6.
- Planificar la migración progresiva al IPv6 para que en cada acción se garantice el correcto funcionamiento del nuevo protocolo. La migración desarrollada así permite al mismo tiempo la disposición progresiva de los recursos económicos.
- Soportar el funcionamiento simultáneo de IPV4-IPV6 mediante el método Dual-Stack para lograr la gestión de la memoria y mejora de la potencia que requiere la coexistencia.
- Adopción de un firewall certificado.
- El IPv6 puede estar disponible cuando realmente se esté usando.
- Mejorar la seguridad frente a ataques maliciosos con presencia en el nuevo protocolo.
- Revisar los fragmentos de tráfico de túnel antes de llevar a cabo tanto la salida y como la entrada del sistema.
- Permitir el acceso a Internet mediante autenticación por proxy HTTP/HTTPS.
- Hacer uso de la sintaxis IPV6 para efectos de seguridad o configuración de los equipos.

⁸¹ Landy, D. Propuesta de un plan de implementación para la migración a IPv6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana Sede-Cuenca. 2013. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5332/1/UPS-CT002767.pdf>

8. CONCLUSIONES

El contexto general que brinda la literatura sobre la migración al protocolo IPv6 y las directrices ofrecidas por el Min TIC en Colombia son claras en evidenciar las razones prácticas por las cuales se hace necesaria la transición del protocolo IPv4 al IPv6 dentro de todos los organismos y usuarios de la población general del país, sin embargo, el crecimiento para una adopción total del nuevo protocolo en el país aún es lento y requiere no solo del establecimiento de una normativa nacional basada en los parámetros internacionales, sino de un cambio organizacional y humano para lograr una transformación tecnológica eficaz. Así mismo, naturalmente, se requiere de una disposición presupuestal para la actualización de software y hardware. Lo que indica en su conjunto, una actualización no solo técnica ni tecnológica sino de orden cultural, ya que siendo la tecnología manipulada por un equipo humano se hace necesario permitir una transición amigable entre las condiciones de ejecución de labores tradicionales y las actuales.

Por su parte, el diagnóstico realizado en la organización de estudio es tan solo un ejemplo para acercarse a la dinámica de trabajo que se vive en las organizaciones, al menos públicas, del país. Muchos de sus recursos son obsoletos y si bien su periodo de vida útil puede tener un alargamiento, el requerimiento de migración del IPv4 a IPv6 se presenta como la posibilidad de realizar también actualizaciones tecnológicas profundas, considerando paralelamente, las actualizaciones a nivel de procesos llevados a cabo por el recurso humano.

El proceso de migración del protocolo IPv4 al IPv6 se sustentó en procedimientos empíricos llevados a cabo en otras organizaciones como en las directrices ofrecidas por el Min Tic, por tanto, la propuesta realizada no es exclusiva de este documento y está sujeto a todas las actualizaciones a que haya lugar dentro de la organización de estudio y en otras que lo requieran atendiendo a las particularidades de cada una.

Así visto, la propuesta de migración se presenta como una base para que la organización de estudio proyecte sus próximas acciones en cuanto a la infraestructura tecnológica, la cual puede repercutir positiva o negativamente en las actividades diarias que sustentan los objetivos y de los resultados en tanto se asuma o no la migración; en suma, serán decisiones que se verán reflejadas en la planificación periódica de la organización de estudio y otras. La migración al IPv6 es un respaldo a la planificación organizacional para el logro de los objetivos comunes.

9. RECOMENDACIONES

La transformación tecnológica requiere de un proceso de adopción por parte de los usuarios, por ende se sugiere que los avances progresivos implementados durante la migración incorporen procesos de capacitación y retroalimentación a todo el recurso humano para que la actualización sea continua, simultánea y amigable.

La organización debe estar preparada en todos los ámbitos, enfocada en recibir de forma adecuada los cambios que se presenten, orientada en todos los temas como: sistemas operativos y aplicaciones que estén realmente listos o en camino de desempeñar las especificaciones del nuevo protocolo, teniendo en cuenta las aplicaciones que son admitidas en IPv4.

Se recomienda que el cambio debe ser progresivo entre los túneles y demás mecanismos utilizados por la transición IPv6.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Bogotá. Consulta de la Norma. (2017). Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36913>

Aparicio, R. La migración segura de IPv4 a IPv6: Los tres pasos básicos. 2011. Disponible en <https://www.networkworld.es/actualidad/la-migracion-segura-de-ipv4-a-ipv6-los-tres-pasos-basicos>

CISCO. 2017. Disponible en: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/product_data_sheet0900aecd8016fa68.html%C3%A7.

CILEO, G., et al. IPv6 para todos. Guía de uso y aplicación para diversos entornos. 2009. Disponible en: <http://www.ipv6tf.org/pdf/ipv6paratodos.pdf>

CISCO. (s.f). 6lab – The place to monitor IPv6 adoption. Disponible en: <http://6lab.cisco.com/stats/>

CORREA, Adelaida y CANDAMIL, Martha Lucia. Mecanismos de transición de IPv4 a IPv6. Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Libre. Bogotá, 2010. Disponible en <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8797/MONOGRAFIA%20MECANISMOS%20DE%20TRANSICIÓN%20DE%20IPV4%20A%20IPV6.pdf?sequence=1>

DONOSO, Y. Comparación, ventajas, problemas y una metodología para la transición de IPv4 a IPv6 en las redes de comunicaciones. Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. 3-4: 16-25. 1998. Disponible en: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/download/2188/1414>

El Taller del BIT. Capa de Red. Capa 3 OSI. 2012. Disponible en: <https://eltallerdelbit.com/capa-de-red-capa-3-osi/>

GOMEZ PRIETO, Nancy F. y TORRES ROJAS, Yudy A. Migración de red IPV4 A IPV6 sobre la red del Ejército Nacional. Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD. 2012. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1570>

GOOGLEIPV6. IPv6 Adoption. (s.f). Disponible en: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

GOOGLEIPV6. (s.f). Per-Country IPv6 Adoption. Disponible en:

<https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption>

Grupo de Investigación de Teleinformática UNAL Colombia, «Agotadas direcciones de internet en el mundo,» 12 febrero 2012.

Eveliux. IPv6: El protocolo del Internet de la nueva generación. 2004. Disponible en Internet: <http://www.eveliux.com/mx/IPv6-El-protocolo-del-Internet-de-la-nueva-generacion.html>.

FONSECA, Diana. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia. 2017. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/Transparencia/MODELO%20INTEGRADO%20DE%20PLAN EACION%20Y%20GESTION/Plan%20de%20Transicion%20del%20Protocolo.pdf>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. Metodología de Investigación. Cuarta Edición. México. 2006.

IBM KNOWLEDGE CENTER. (s.f). Comparación de IPv4 y IPv6. Recuperado de: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_ibm_i_71/rzai2/rzai2compipv4ipv6.htm

IONOS. Digital Guide. 2018. Recuperado de: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/internet-protocol-definicion-y-fundamentos/>

ITROQUE. Direcciones de red IPv4. Disponible en: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module8/8.1.3.4/8.1.3.4.html>

ITU. Actas finales de la conferencia de Plenipotenciarios. Facilitar la transición de IPv4 a IPv6. Busán. 2014. Disponible en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/conf/S-CONF-ACTF-2014-PDF-S.pdf

LACNIC. No hay más direcciones IPv4 en América Latina y el Caribe. (2014) <https://www.lacnic.net/web/anuncios/2014-no-hay-mas-direcciones-ipv4-en-lac>

LACNIC. Registro de organizaciones que implementan IPv6. 2017. Disponible en: <http://portalipv6.lacnic.net/quienes-implementan/>

LACNIC. IPv6: “mientras más tiempo pase, más recursos tendrán que invertir”. S.f. Recuperado de: <http://portalipv6.lacnic.net/ipv6-mientras-mas-tiempo-pasemas-recursos-tendran-que-invertir/>

LANDY RIVERA, Dennys X. Propuesta de un plan de implementación para la

migración a IPv6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca-Ecuador. 2013. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5332/1/UPS-CT002767.pdf>

LIBERATORI, Mónica Cristina. Redes de datos y sus protocolos. EUDEM. 2018. Disponible en: <http://www.mdp.edu.ar/images/eudem/pdf/redes%20de%20datos.pdf>

MELO MORENO, Leidy Jasneith. Propuesta de diseño para la transición del protocolo de internet versión 4 (IPv4) al protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la empresa MARKET MIX S.A.S., Bogotá, 2015. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/282/PROPUESTA%20DE%20DISE%C3%91O%20PARA%20LA%20TRANSICI%C3%93N%20DE%20IPV4%20A%20IPV6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Min TIC. Guía de Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia. Versión 4.0.0. Actualización. 2017. Disponible en https://www.mintic.gov.co/portal/604/channels-507_IPv4_2019.pdf

Min TIC. Entró en vigencia la resolución 2710 del 2017 para la implementación del protocolo IPv6 en Colombia. 2017. Disponible en: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-arTICle-61192.html>

Min TIC. Adopción de IPv6 en Colombia. Mesas de Trabajo de recepción de comentarios al proyecto de resolución para la adopción de IPv6 en Colombia. 2017. Disponible en: https://www.minTIC.gov.co/portal/604/arTICles-52541_recurso_1.pdf

Min TIC. (s.f.). Estrategia gobierno en línea 2012-2015 para el orden Nacional. Recuperado de: <http://programa.gobiernoenlinea.gov.co/apc-afiles/eb0df10529195223c011ca6762bfe39e/manual-3.1.pdf>

Min TIC. Guía Aseguramiento del Protocolo IPv6. 2015. Disponible en: <https://docplayer.es/918353-Guia-para-el-aseguramiento-del-protocolo-ipv6.html>

Min TIC. MinTIC es ejemplo en la implementación del protocolo IPv6. 2014. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-7195.html>

Min TIC. Circular 000002. Bogotá, 2011. Disponible en: https://www.minTIC.gov.co/portal/604/arTICles-5932_documento.pdf

MORALES, E. F. MIGRACION DEL PROTOCOLO IPv4 A IPv6 EN UNA RED, LOS BENEFICIOS Y SEGURIDAD QUE CONLLEVA ESTE CAMBIO. 2009. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0246_EO.pdf.

MORENO, J. Transición de protocolos IPv4 a IPv6, para una empresa del Estado, con aplicación en una ciudad intermedia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física, de Sistemas y Computación. Programa de Ingeniería de Sistemas y de Computación. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7787/00462M843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

N. W. Group. Tools IETF, 2018. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc3315>.

OJEDA MENDIETA, L. G. IP-V6 bajo la infraestructura de ANDINANET. (Tesis de Ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador. 2005.

ORACLE. Guía de administración del sistema: servicios IP. 2017, Disponible en: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipv6-overview10/index.html>.

RAMÍREZ PULIDO, Diego Ferney; GUZMÁN PANTOJA, Jaime y BELTRÁN DÍAS, Jesús Alirio. Diseño de la transición del protocolo IPv4 hacia IPv6 en la Agencia Colombiana para la Reinteragración ACR con base en consideraciones de seguridad en implementación de IPv6. Universidad Católica de Colombia Facultad de ingeniería.

SABOGAL ORTIZ, Arth Grossy. Elaboración de una guía abierta para la administración de riesgos de seguridad en el protocolo de internet ipv6 sobre estándares de enrutamiento dinámico en equipos con plataforma cisco. Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD (2017) Disponible en: <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12015/1/14703624.pdf>

SOLANO, José. El modelo OSI. Fundamentos. (s.f) Disponible en: http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/LMSGI/curso/xhtmll/xhtmll2_2/index.html

STALLINGS, W. Comunicaciones y redes de computadores. España: Pearson Educación. 2004.

SUPPI BOLDRITO, Remo. Administración de la red. Universitat Oberta de Catalunya. Disponible: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/61287/6/Administraci%C3%B3n%20de%20sistemas%20GNU_Linux_M%C3%B3dulo6_Administraci%C3%B3n%20de%20red.pdf

THE INTERNET SOCIETY. (1998). Internet Protocol, Version 6 (IPv6). Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc2460>