

# Diseño para la implementación del protocolo de direccionamiento IPv6 sobre la red del proveedor de servicios de Internet Consulnetworks S.A. E.S.P.

Juan David Arango López

*Departamento de electrónica y ciencias de la computación, Pontificia Universidad Javeriana  
Santiago de Cali, Colombia*

juan.arango@javerianacali.edu.co

**Resumen** – En este documento se realiza una investigación de la versión 6 del protocolo de Internet (IPv6) y las tecnologías de transición para la implementación de este sistema de direccionamiento en la empresa proveedora de servicios de Internet Consulnetworks S.A. E.S.P. Se recolecta información de la demografía colombiana y dispositivos conectados a redes de acceso para seleccionar el tamaño de prefijos que determinará el sistema de distribución a implementar dentro de la compañía. Los resultados obtenidos sugieren realizar el dimensionamiento de los prefijos con base a recomendaciones realizadas por las autoridades internacionales ante posibles inconvenientes para la operación normal de los servicios y el uso de la tecnología Dual-Stack para la transición. Se propone un sistema de distribución ajustando el tercer hexeto de IPv6 del prefijo /32 de la compañía y se recomiendan las configuraciones de los equipos de Backbone para realizar el despliegue del sistema de direccionamiento, las cuales son implementadas en una simulación utilizando el software GNS3.

**PALABRAS CLAVES:** Protocolo de Internet versión 6; tecnologías de transición; tamaño de prefijos; sistema de distribución; configuración de Backbone.

## I. INTRODUCCIÓN

La conectividad de las redes a nivel mundial se realiza a través de un formato de direccionamiento denominado protocolo de Internet que permite identificar cada actor en una red, en la actualidad se encuentran definidas las versiones 4 y 6 para este protocolo.

La versión 4 fue la primera definida y a pesar de tener un número exorbitante de direcciones asignables, no se previó la globalización que el fenómeno del Internet iba a tener en los años venideros y los números asignables se empezaron a agotar rápidamente por la ausencia de un plan de distribución. Es por eso que se define una nueva versión del protocolo que cuenta con una mayor cantidad de direccionamiento que tiene en cuenta el crecimiento exponencial de los equipos conectados a las redes y el IoE (Internet of Everything).

La versión 6 del protocolo de Internet tiene un porcentaje de implementación muy bajo a nivel mundial [1] a pesar de estar disponibles las direcciones desde hace aproximadamente dos décadas

atrás y que la disponibilidad de direccionamiento de la versión 4 estén próximas a agotarse [2].

Para Consulnetworks S.A. E.S.P (CNW) un proveedor de servicios de Internet (ISP) localizado en Colombia el agotamiento de direcciones de IPv4 no es ajeno, por lo cual se requiere realizar un sistema de distribución adecuado para un ISP y evaluar las tecnologías de transición disponibles para llevar a cabo la implementación del direccionamiento IPv6 que se ajuste mejor a las necesidades permitiendo que la compañía se encuentre preparada para las necesidades futuras de las redes.

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### A. Protocolos de Internet

Son los protocolos definidos para los sistemas de direccionamiento implementados en las redes que permiten identificar los dispositivos conectados dentro de estas, logrando interconectar los equipos dentro de las redes de acceso y proveer conectividad a servicios en Internet.

1) *Versión 4:* En 1981 se define esta versión del protocolo en el RFC791 [3], las direcciones están compuestas de 4 octetos binarios permitiendo un total de  $2^{32} = 4.294.967.296$  direcciones, sin embargo, muchas de estas no son para uso público debido a que la IANA asignó distintos segmentos de red para investigación y desarrollo.

2) *Versión 6:* En 1998 se define IPv6 en el RFC 2460 [4], las direcciones están compuestas de 8 hexetos binarios que permiten tener  $2^{128} \cong 3.4 \times 10^{38}$  direcciones. El diseño de este protocolo prevé un crecimiento exponencial para el internet de las cosas, donde no será necesario el uso de NAT o DHCP; está diseñado para soportar el IoE y además posee mejoras con respecto a la versión anterior en la optimización de los recursos en el transporte de la información.

### B. Protocolos de Enrutamiento

La implementación de protocolos de enrutamiento define cómo se comunican los routers entre ellos permitiendo seleccionar las rutas que

tomarán los paquetes anunciado las redes que conoce determinado equipo hacia los vecinos definidos. Los protocolos que permiten realizar enrutamiento dinámico permiten definir múltiples rutas para los paquetes donde hay uno preferido y el/los otro/s es/son utilizado/s como respaldo/s.

1) *OSPF (Open Shortest Path First)*: es un protocolo de enrutamiento con dos características relevantes, es un protocolo libre y está basado en el algoritmo de la ruta más corta primero (Shortest Path First ó SPF), conocido también como algoritmo Dijkstra.

Este es un protocolo basado en el estado de la conexión el cual solicita el envío de los avisos de estado de conexión (Link-State Advertisements ó LSAs) a todos los demás routers que se encuentra en la misma área jerárquica. La información de las interfaces conectadas, las métricas usadas y otras variables son incluidas en los LSAs de OSPF. Debido a que este protocolo acumula información de los estados de conexión, este utiliza el algoritmo SPF para el cálculo del camino más corto hacia cada nodo, para mayor información consultar [5].

2) *BGP (Border Gateway Protocol)*: Este protocolo direcciona el tráfico entre redes o grupo de redes que tienen un mismo administrador y políticas de enrutamiento comunes, también conocidos como sistemas autónomos. El BGP intercambia información de enrutamiento por el Internet y es el protocolo usado entre las ISPs.

Este es un protocolo robusto y escalable; una evidencia de estas características es el hecho de que es el protocolo empleado en el Internet. Para lograr alcanzar el nivel de escalabilidad, este protocolo utiliza distintos parámetros de rutas, atributos de llamada, para definir las políticas de enrutamiento y mantener un estado estable de enrutamiento. Los equipos configurados con BGP intercambian toda la información de enrutamiento con sus vecinos la primera vez que es establecida la conexión TCP.

Cuando se genera algún cambio sobre la tabla de enrutamiento el router tan sólo envía las rutas que han cambiado. BGP no realiza actualizaciones periódicas y aquellas que son enviadas sólo contienen la ruta óptima para una red de destino, para mayor información consultar [5].

### C. Tecnologías de Transición

Las tecnologías de transición están definidas como apoyo para la realización de la implementación de la versión 6 del protocolo de Internet sobre las redes mientras todos los servicios a nivel mundial migran completamente a esta última versión.

1) *Dual-Stack*: En un sistema Dual-Stack se requiere que ambas versiones de los protocolos de Internet se encuentren desplegados sobre toda la red simultáneamente. Esta solución permite que las consultas se puedan realizar por el sistema de direccionamiento deseado.

Esta tecnología permite la coexistencia de ambos protocolos mientras se da una migración completa. Sin embargo, para las empresas proveedoras de servicio puede representar un reto debido a los recursos de hardware y software que se requieren para sostener dos tipos de redes desplegadas sobre el Backbone [6].

2) *Tunneling*: Esta tecnología requiere de una red superpuesta que cree el túnel entre un protocolo y el otro encapsulando los paquetes IPv6 en paquetes IPv4 y viceversa. La ventaja que presenta este

sistema es que los protocolos pueden trabajar sin molestar el uno al otro provisionando la conectividad entre los usuarios del nuevo protocolo [6]. Es útil para implementar en redes sólo IPv6 que desean conectar las oficinas remotas sobre redes de proveedores en IPv4.

3) *Translation*: Permite la comunicación entre redes con un sólo tipo de protocolo en uso a través de las cabeceras IP y traducción de direcciones entre los dos tipos de direccionamiento. Esta es una solución que facilita la transición hacia la nueva tecnología conforme los proveedores de servicios de internet y las compañías o clientes finales generan el cambio definitivo sobre las redes [6], sin embargo, no todos los protocolos y servicios para navegación en Internet son operativos.

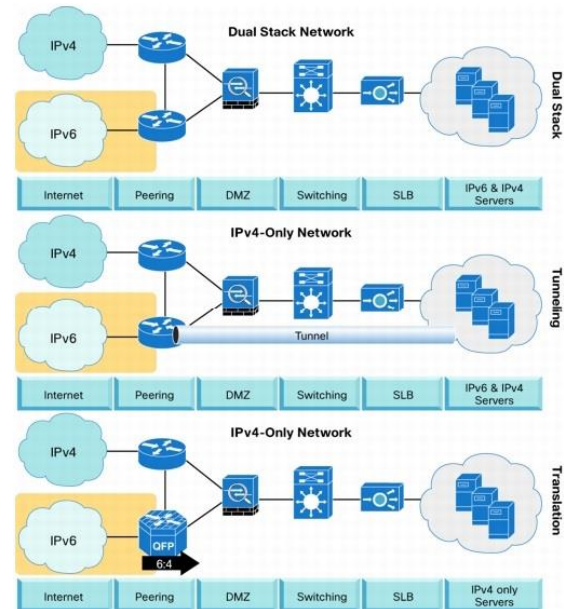


Fig. 1. Tecnologías de transición [6]

### D. Demografía de Colombia

La información de la demografía de Colombia es recolectada por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas), quien lleva el registro y realiza estadísticas de proyección para los años próximos del crecimiento de la población sobre todo el territorio colombiano.

En la Tabla 1 se encuentran los registros de población para Colombia desde el 2015 con proyección al 2020 [7]. El análisis de esta información permitirá identificar las necesidades de las redes para las distintas regiones de Colombia con el fin de determinar un tamaño de prefijos adecuado para definir un sistema de distribución de direccionamiento para CNW.

**TABLA 1**  
**LOS 10 REGISTROS CON MAYOR POBLACIÓN [7]**

Departamento	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bogotá, D.C.	7.878.783	7.980.001	8.080.734	8.181.047	8.281.030	8.380.801
Antioquia	6.456.299	6.534.857	6.613.118	6.691.030	6.768.388	6.845.093
Valle del Cauca	4.613.684	4.660.741	4.708.262	4.756.113	4.804.489	4.853.327
Cundinamarca	2.680.041	2.721.368	2.762.784	2.804.238	2.845.668	2.887.005
Atlántico	2.460.863	2.489.514	2.517.897	2.545.924	2.573.591	2.600.904
Bolívar	2.097.161	2.121.956	2.146.696	2.171.280	2.195.495	2.219.139
Santander	2.061.079	2.071.016	2.080.938	2.090.839	2.100.704	2.110.580
Nariño	1.744.228	1.765.906	1.787.545	1.809.116	1.830.473	1.851.477
Córdoba	1.709.644	1.736.170	1.762.530	1.788.507	1.813.854	1.838.371
Cauca	1.379.169	1.391.836	1.404.205	1.415.933	1.426.938	1.436.916

### E. Tipos de Red

Por las características de CNW al ser una ISP, presenta unas necesidades definidas para los tipos de red que existen dentro de la red y para los cuales se debe determinar los segmentos de red a asignar.

1) *Gestión de equipos*: Es una subred de direcciones utilizadas para la administración y monitoreo de los equipos de red distintos a los de Core.

2) *Interfaces Loopback*: Son direcciones asignables a las interfaces Loopback de los equipos de Core.

3) *Backbone*: Corresponden a las direcciones públicas sobre los equipos de Core para establecer la comunicación hacia Internet.

4) *Uso oficinas CNW*: Redes de acceso para las oficinas de CNW y desarrollo de laboratorios.

5) *Clientes*: Redes de acceso y WAN para los clientes finales.

Con base en estos tipos de redes definidas, se determinará un sistema de asignación que permita tener un buen orden y control de direccionamiento IPv6 a implementar en la compañía.

## III. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Para la determinación del sistema de asignación de direcciones es necesario seleccionar un tamaño de prefijo que cubra las necesidades de los tipos de red de la compañía, una vez determinado la forma en que serán distribuidos los prefijos de red se podrá realizar las propuestas para la implementación del direccionamiento con base en la tecnología de transición escogida.

### A. Estudio Demográfico

Acorde a la información recolectada, se elige a Bogotá como referencia para la determinación de asignación de los prefijos de subred de IPv6 por ser el registro con mayor población. Con base a la información obtenida a través del registro poblacional de Colombia desde el año 1985 y la proyección hasta el 2020, se calcula el

crecimiento hasta el año 2030 de Bogotá implementando la función regresión lineal que permite obtener un estimado del crecimiento del año próximo del cual se tiene información.

En la Tabla 2 se puede encontrar el estimado de población para la ciudad de Bogotá desde el año 2021 al 2030 y el incremento con respecto al año previo calculado con la función antes mencionada.

**TABLA 2**  
**ESTIMADO DE POBLACIÓN PARA BOGOTÁ DEL 2021 AL 2030**

Año	Habitantes	Incremento
2021	8.497.628	116.827
2022	8.613.869	116.241
2023	8.729.612	115.743
2024	8.844.930	115.318
2025	8.959.883	114.953
2026	9.074.522	114.639
2027	9.188.890	114.368
2028	9.303.023	114.133
2029	9.416.952	113.929
2030	9.530.703	113.751

Con el valor de la población estimada que residirá en la ciudad de Bogotá para el año 2030, siendo este el mayor registro del país, se tiene un valor estimado de la máxima cantidad de clientes finales que podría tener la compañía en una ciudad donde desee entregar servicios a través de un router PE (Provider Edge).

### B. Determinación de Prefijos

Tomando el valor calculado previamente de la población de Bogotá en el año 2030 donde se entregarían servicios de Internet a cada habitante ubicado en esta ciudad, deberá ser asignado un prefijo que tenga direcciones suficientes para cubrir ese valor. Por la configuración en base 2 del formato utilizado en los protocolos de internet, se aproxima el número de habitantes estimado para Bogotá en el año 2030 a la potencia de 2 más cercana por encima.

$$8.388.608 = 2^{23} < 9.530.703 < 2^{24} = 16.777.216 \quad (1)$$

Con base al valor obtenido en (1), cada ciudad debe contar con una disponibilidad de  $2^{24}$  redes, como mínimo, para cubrir la cantidad máxima de usuarios finales atendidos desde el router PE.

Para determinar el tamaño de cada red se calcula un valor estimado obtenido del promedio de dispositivos conectados a las redes de acceso por cada persona. En la Tabla 3 están los registros de población mundial y la cantidad de equipos conectados hasta el año 2020 (ver [8]) y la proyección hasta el año 2030.

TABLA 3  
DISPOSITIVOS CONECTADOS A NIVEL MUNDIAL

Año	Población mundial	Dispositivos conectados	Dispositivos conectados por persona
2003	6.300.000.000	500.000.000	0,08
2010	6.800.000.000	12.500.000.000	1,84
2015	7.200.000.000	25.000.000.000	3,47
2020	7.600.000.000	50.000.000.000	6,58
2025	8.000.000.000	100.000.000.000	12,50
2030	8.400.000.000	200.000.000.000	23,81

Con un promedio estimado de 23,81 dispositivos por persona, se asignan 5 bits ( $2^5=32$ ) para el tamaño de las redes. Estos bits deben de ser agregados a la potencia antes determinada para la cantidad de redes, para así suplir la demanda de todos los dispositivos que estarían conectados a la red de CNW.

Acorde a este nuevo cálculo, cada dispositivo PE deberá contar con una asignación mínima de un prefijo /99 ( $2^{24} \times 2^5 = 2^{29}; 128-29=99$ ) para atender la cantidad de dispositivos y redes en una ciudad de Colombia.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que debido a la gran cantidad de direcciones en IPv6 y el tamaño de 128-bits, las tablas de enrutamiento globales tendrán un gran peso sobre los equipos de los proveedores Tier 1. Por esta razón, Este tipo de compañías realizan filtros sobre los prefijos IPv6 que reciben al anunciar prefijos de red IPv6 hacia los carriers internacionales, estos no deben ser menores a segmentos de red /48, en caso contrario los filtros no recibirán la ruta hacia la subred anunciada, por lo cual, las conexiones que requieran pasar por determinado camino podrían no funcionar en lo absoluto.

También por recomendaciones de las autoridades internacionales, el LACNIC para Latinoamérica y el Caribe, se sugiere que las distintas redes de acceso sean segmentos de red con prefijo /64 como mínimo. Este tamaño del prefijo es importante para el buen funcionamiento de algunos servicios que corren sobre IPv6. Por ejemplo, el Neighbor Discovery (ND) (ver [9]) y la IPv6 Stateless Autoconfiguration (ver [10]), entre otros (ver [11]).

Acorde a esto se determina que los prefijos de red a anunciar no deben ser inferiores a /48 y las redes de acceso que son asignadas a los clientes superiores a /64.

### C. Evaluación de Tecnologías de Transición

Se definen 4 características que permitirán evaluar las tecnologías de transición sugeridas para la implementación de IPv6 con el fin de seleccionar la que se ajusta a las necesidades de CNW.

- 1) *Dificultad*: Complejidad de las configuraciones a efectuar.
- 2) *Duración*: El tiempo que toma realizar la implementación.
- 3) *Problemas*: Relevancia de los inconvenientes que presenta el método.
- 4) *Costo*: El valor económico que representa para CNW implementar el método.

Con base a estas características definidas, se evalúan las tecnologías descritas anteriormente en relación a las características definidas con valoraciones de 0 a 10, siendo 0 una calificación muy negativa y 10 muy positiva, acorde a la característica a evaluar. La valoración se encuentra en la Tabla 4.

1) *Dual-Stack*: La implementación de IPv6 con este método requiere una configuración sencilla, pues se utiliza la mismo de IPv4 con los ajustes correspondientes de direccionamiento y enrutamiento, las configuraciones se pueden realizar de manera parcial y según surja la necesidad permitiendo que la implementación se realice de manera rápida. La presencia de aumento de latencias, por las consultas rechazadas sobre IPv6, puede generar problemas, sin embargo, estos tiempos altos son disminuidos con la aplicación del algoritmo Happy Eyeballs, ver [12]. Por no requerirse cambios de Hardware o Software en los equipos de red, no hay inversión económica requerida.

2) *Tunneling*: El trabajo de configuración recae principalmente sobre los clientes, pues son ellos quienes requieren configurar sus equipos para establecer el túnel con el equipo de borde de la red de CNW, sin embargo, se requiere la configuración de túneles para cada cliente final y por ser este número bastante grande se puede prolongar la implementación y las configuraciones se vuelven extensas. Debido a que el tráfico de los clientes corre sobre la red IPv4 ya desplegada, no se requieren modificaciones en equipos que representen un costo para CNW.

3) *Translation*: Se requiere la configuración de un equipo que realice la traducción y la resolución de consultas DNS, representando una inversión económica para la compañía. Una vez implementadas estas, la configuración sobre los equipos de los clientes se realiza rápidamente. A pesar de su fácil implementación, los problemas de la normal operación de todos los protocolos o servicios genera un conflicto sobre los tipos de clientes de CNW, volviendo esta tecnología obsoleta para un ISP.

**TABLA 4**  
**MATRIZ DE SELECCIÓN**

Método de transición	Dificultad (25%)	Duración (25%)	Problemas (25%)	Costo (25%)
Dual-Stack	10.0	9.0	8.0	10.0
Tunneling	7.5	8.0	5.5	10.0
Translation	4.5	9.0	0.0	5.0

Se calcula la calificación de cada tecnología sumando los valores de cada característica multiplicado por el porcentaje asignado a cada una. Obteniendo así los siguientes valores finales.

- Dual-Stack: 9.25
- Tunneling: 7.75
- Translation: 4.63

## IV. RESULTADOS

### A. Definición de Tecnología y Prefijos

Acorde a la evaluación realizada de las tecnologías de transición, se define que Dual-Stack es el acertado para implementar en la red de CNW. Con base a la determinación del prefijo /48 como el tamaño mínimo de asignación, se define en la Tabla 5 los definidos para cada tipo de red.

**TABLA 5**  
**ASIGNACIÓN DE PREFIJOS IPv6 PARA CNW**

Red CNW	Prefijo IPv6
Gestión	2803:2180::0/48
Interfaces Loopback	2803:2180:1::0/48
Backbone	2803:2180:X::0/48
Oficinas CNW	2803:2180:X::0/48
Redes Clientes	2803:2180:0010::0/48 a 2803:2180:EEEE::0/48

El uso de la letra X en el prefijo asignado se debe a motivos de seguridad debido que las son direcciones publicadas a Internet de equipos críticos en la compañía.

La modificación del tercer hexeto para la administración de los segmentos de red permite conservar un buen orden para las distribuciones actuales y futuras de CNW.

### B. Configuración de Enrutamiento Dinámico

Se definen las configuraciones de enrutamiento dinámico sobre OSPF y BGP para los equipos de Backbone para IPv6 más adecuadas para el tipo de solución que posee CNW.

- 1) *OSPF*: Se utiliza como IGP (Interior Gateway Protocol) de la red para establecer la comunicación de los equipos de Backbone sobre las IPs y las vecindades del BGP.
- 2) *BGP*: Es implementado como EGP (Exterior Gateway Protocol) para la propagación de rutas hacia los proveedores Tier 1. Los parámetros *weight* y *as-path* del BGP son utilizados para la determinación del enrutamiento del tráfico saliente y entrante, respectivamente. Para mayor información de los parámetros de BGP ver [13].

### C. Simulaciones

Con base a la determinación de los prefijos y tecnología de transición a implementar definida, se elabora sobre el software GNS3 (ver [14]) la simulación del Backbone de CNW implementando las imágenes de los sistemas operativos. La red simulada consta de los distintos routers que componen el Backbone de CNW, la interconexión con los proveedores Tier 1 y un último equipo que tiene configurada la dirección IPv6 del DNS público de Google haciendo las veces de conexión a Internet.

Para la ejecución de la simulación se realiza una prueba de conectividad entre un equipo por detrás de un router PE, el cual cuenta con dos salidas hacia Internet (principal y respaldo) a través de equipos ASBR (Autonomous System Border Router) que proveen la conexión con los proveedores Tier 1 y a su vez estos con la conexión a Internet, se valida el establecimiento de las rutas cuando todos los equipos están operativos y cuando hay presente una caída sobre la conectividad principal.

Se realizan dos simulaciones con redes en escenarios distintos.

1) *IPv6-Only*: La red posee únicamente la configuración sugerida para IPv6 como resultado. En la ejecución de la simulación se obtienen dos trazas (Fig. 2) que permiten identificar el funcionamiento correcto del enrutamiento dinámico al migrar el tráfico de un canal principal a un secundario o de respaldo.

```
C:\Users\ING SEG PER>tracert 2001:4860:4860::8888
Traza a la dirección google-public-dns-a.google.com [2001:4860:4860::8888]
sobre un máximo de 30 saltos:
  1  7 ms  9 ms  41 ms  2803:2180:1a::1
  2  31 ms 29 ms  31 ms  2803:2180:x::x:130
  3  31 ms 60 ms  30 ms  2800:310:10:6::435
  4  69 ms 72 ms  71 ms  google-public-dns-a.google.com [2001:4860:4860::8888]
Traza completa.
C:\Users\ING SEG PER>tracert 2001:4860:4860::8888
Traza a la dirección google-public-dns-a.google.com [2001:4860:4860::8888]
sobre un máximo de 30 saltos:
  1  9 ms  40 ms  9 ms  2803:2180:1a::1
  2  16 ms 19 ms  20 ms  2803:2180:x::x:142
  3  36 ms 40 ms  71 ms  2800:310:10:6::135
  4  46 ms 92 ms  40 ms  google-public-dns-a.google.com [2001:4860:4860::8888]
Traza completa.
```

Fig. 2. Pruebas de traza en red IPv6-Only por canal principal y de respaldo

2) *Dual-Stack*: Se establece la configuración de IPv4 con base en la sugerida en IPv6 y es agregada a la red IPv6-Only ya implementada en la simulación previa. De igual manera, se obtienen los resultados de la red Dual-Stack (Fig. 3) acorde a la simulación ejecutada sobre la red IPv6-Only donde se desconecta la conexión principal hacia Internet de un router PE.

```

Microsoft Windows [Versión 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\ING_SEG_PER>tracert 8.8.8.8

Trazo a 8.8.8.8 sobre caminos de 30 saltos como máximo.

 1  11 ms  10 ms  9 ms  200.112.211.1
 2  29 ms  31 ms  27 ms  x.x.x.x.130
 3  48 ms  40 ms  39 ms  190.90.19.41
 4  65 ms  71 ms  69 ms  8.8.8.8

Trazo completa.

C:\Users\ING_SEG_PER>tracert 2001:4860:4860::8888

Trazo a 2001:4860:4860::8888 sobre caminos de 30 saltos como máximo.

 1  28 ms  39 ms  40 ms  2803:2180:1a::1
 2  26 ms  31 ms  30 ms  2803:2180:x::x:130
 3  32 ms  51 ms  50 ms  2800:310:10:6::435
 4  58 ms  61 ms  91 ms  2001:4860:4860::8888

Trazo completa.

Microsoft Windows [Versión 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\ING_SEG_PER>tracert 8.8.8.8

Trazo a 8.8.8.8 sobre caminos de 30 saltos como máximo.

 1  9 ms  10 ms  9 ms  200.112.211.1
 2  21 ms  30 ms  30 ms  x.x.x.x.142
 3  50 ms  49 ms  51 ms  190.90.19.29
 4  61 ms  61 ms  92 ms  8.8.8.8

Trazo completa.

C:\Users\ING_SEG_PER>tracert 2001:4860:4860::8888

Trazo a 2001:4860:4860::8888 sobre caminos de 30 saltos como máximo.

 1  9 ms  9 ms  30 ms  2803:2180:1a::1
 2  30 ms  18 ms  20 ms  2803:2180:x::x:142
 3  43 ms  50 ms  52 ms  2800:310:10:6::135
 4  44 ms  50 ms  51 ms  2001:4860:4860::8888

Trazo completa.

```

Fig. 3. Pruebas de traza en red Dual-Stack por canal principal y de respaldo

## V. CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo de grado permitió recopilar información para redactar un documento con referencias y recomendaciones por parte del LACNIC para la segmentación de los prefijos de red IPv6 en proveedores de servicio de Internet y la implementación sobre las redes para este tipo de compañía.

La determinación del tamaño de segmentos de red para asignar con base al tamaño de la red o las necesidades reales que puedan surgir no son las adecuadas. El estudio de la demografía de Colombia no permitió seleccionar un prefijo de red adecuado para el sistema de asignación de la compañía con relación en la necesidad real de una red.

La creación de IPv6 está diseñada para que no haya un agotamiento de direcciones, razón por la cual es importante no utilizar el mismo método de asignación implementado en IPv4. Es abandonada cualquier idea de un plan de agotamiento y lleva a la asignación de prefijos de red tan grandes que contienen una cantidad de direcciones IPv6 miles de millones de veces la cantidad disponible en todo IPv4, sólo para redes de acceso. Es importante conservar el tamaño mínimo de los prefijos debido las configuraciones nativas sobre IPv6 podrían verse afectadas si son modificados por dar un ajuste al tamaño de la red, comprometiendo el buen funcionamiento de la misma.

Para el anuncio de los prefijos de direccionamiento en IPv6, el prefijo mínimo a anunciar es /48, de igual manera que con el uso de prefijos en redes de acceso, es importante no reducir este valor debido a que puede generarse conflicto con las tablas de enrutamiento de

distintos servicios a nivel mundial comprometiendo el acceso de los clientes finales a estos.

Se realizó una distribución del prefijo de direcciones IPv6 asignado por el LACNIC según las necesidades que presenta la compañía por ser un ISP. La segmentación de los prefijos se basó en la necesidad de separar las redes que son de la compañía, las que sólo deben ser alcanzadas a través de la intranet, por motivos de seguridad de los equipos que hacen parte del core y con los cuales se proveen los servicios a los clientes finales, y las redes a distribuir a los clientes en las distintas ciudades.

Para una empresa proveedora de servicios de Internet el método adecuado para la transición es el Dual-Stack, ya que permite la migración y/o implementación gradual sobre los clientes finales acorde surja la necesidad. No se requieren configuraciones futuras pues estará totalmente implementado sobre la red y no se requieren de inversiones adicionales.

El desarrollo de este proyecto permitió obtener una propuesta para la configuración del enrutamiento dinámico como mejoramiento a la implementada actualmente en la compañía.

## REFERENCIAS

- [1] Google (2014) Statistics: Per-country IPv6 adoption. [Online]. Available: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption&tab=per-country-ipv6-adoption>
- [2] Internet Society. (2015) Ipv6 frequently asked questions. [Online]. Available: <http://www.internetsociety.org/ipv6-frequently-asked-questions>
- [3] Information Sciences Institute. Internet Protocol. University of Southern California, September 1981. [Online]. Available: <http://www.rfc-base.org/rfc-791.html>
- [4] The Internet Society. Internet Protocol, Version 6 (IPv6). December 1998. [Online]. Available: <http://www.rfc-base.org/rfc-2460.html>
- [5] Cisco Systems, Inc. Cisco active network abstraction 3.7. Febrero 2010. [Online]. Available: [http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net\\_mgmt/active\\_network\\_abstraction/3-7/reference/guide/ANARefGuide37.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/active_network_abstraction/3-7/reference/guide/ANARefGuide37.pdf)
- [6] Cisco Systems, Inc. (2012) Nat64 technology: Connecting ipv6 and ipv4 networks. [Online]. Available: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/white\\_paper\\_c11-676278.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/white_paper_c11-676278.pdf)
- [7] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Demografía y población - Proyecciones de población. [Online]. Available: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- [8] Cisco IBSG. The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. April 2011. [Online]. Available: [http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- [9] Cisco Systems, Inc. IPv6 Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.2M&T. IPv6 Neighbor Discovery. July 2012. [Online]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipv6/configuration/15-2mt/ip6-15-2mt-book/ip6-neighbor-disc.html#GUID-A09BEBD3-2E2B-464A-89C2-025BD6D7660D>
- [10] Cisco Systems, Inc. IPv6 Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.2M&T. IPv6 Stateless Autoconfiguration. July 2012. [Online]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipv6/configuration/15-2mt/ip6-15-2mt-book/ip6-statless-auto.html#GUID-84E4157F-273D-4BC6-A7D2-A191F3FB04E0>
- [11] A. Acosta, S. Aggio, G. Cicileo, T. Lynch, A. Moreiras, M. Rocha, A. Servin y S. Berenguer. IPv6 para operadores de Red. Plan de direccionamiento jerárquico, Subredes de Acceso. [Online]. Page 24.

Available: [http://www.internetsociety.org/deploy360/wp-content/uploads/2015/02/ipv6\\_operadores\\_red.pdf](http://www.internetsociety.org/deploy360/wp-content/uploads/2015/02/ipv6_operadores_red.pdf)

[12] Internet Engineering Task Force. Happy Eyeballs: Success with Dual-Stack Hosts. April 2012. [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6555>

[13] Cisco Systems, Inc. BGP Best Path Selection Algorithm. June 2016. [Online]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/13753-25.html>

[14] (2015) GNS3 Technologies Inc. [Online]. Available: <https://www.gns3.com/>