

## **Análisis del direccionamiento IPv6 y estudio de los Protocolos de Enrutamiento orientados a IPv6**

*Jose Roberto Patiño Sánchez*

FIEC - Escuela Superior Politécnica del Litoral, Km 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, 09-01-5863.

Autor para correspondencia: jpatino@espol.edu.ec

Fecha de recepción: 19 de junio del 2016 - Fecha de aceptación: 24 de julio del 2016

### **ABSTRACT**

This paper presents the results of a comparative analysis of routing protocols in IPv6 by experimental evidence, for which network topologies were designed based on the knowledge obtained in IPv4. In the tests, features were examined such as convergence, reliability, scalability and latency. In addition, the hardware used to choose the appropriate equipment for a production environment were compared. The laboratory procedures performed are described, identifying the advantages and disadvantages of an IGP over another, monitoring network performance and finally analyzing the results obtained in the different tests, both in distance vector protocols and state link. As part of the study, the IPv6 addressing was analyzed, its main features, package structures, address format, static IPv6 routing, hardware and software required for its implementation. A review of each of the IGP's was conducted, starting with the distance vector (RIPng and EIGRP) and continuing with link-state (IS-IS and OSPFv3), checking operation, configuration, analysis and update routing tables.

Keywords: IPv6, latency, IGP, convergence, reliability, RIPng, EIGRP, OSPFv3, IS-IS.

### **RESUMEN**

El presente documento tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento orientados a IPv6 mediante pruebas experimentales, para las cuales se diseñaron topologías de red en base a los conocimientos obtenidos en IPv4. En dichas pruebas se midieron características como convergencia, confiabilidad, escalabilidad y latencia, además de comparar el hardware a utilizar para escoger los equipos idóneos para un ambiente de producción. Se describe el procedimiento que llevamos a cabo en nuestros laboratorios, identificando ventajas y desventajas de un IGP sobre otro, monitoreando el funcionamiento de la red y finalmente analizando los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas, tanto en protocolos de vector de distancia y estado de enlace. Como parte del estudio analizaremos el direccionamiento IPv6, sus características principales, estructuras del paquete, formato de direcciones, enrutamiento estático IPv6, requerimientos de hardware y software que este necesita para su implementación. Realizaremos una revisión sobre cada uno de los IGP's, empezando por los de vector de distancia (RIPng y EIGRP) y continuando con los de estado de enlace (IS-IS y OSPFv3), revisando funcionamiento, configuración, análisis de actualizaciones y tablas de enrutamiento.

Palabras clave: IPv6, latencia, IGP, convergencia, confiabilidad, RIPng, EIGRP, OSPFv3, IS-IS.

## **1. INTRODUCCIÓN**

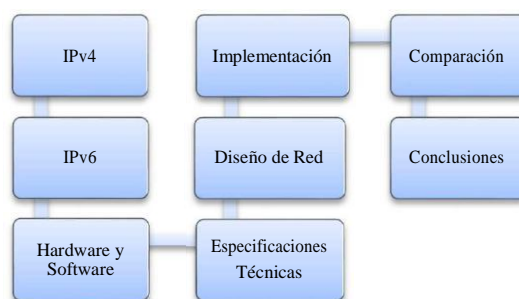
IPv4 inicialmente fue creado como un experimento en el cual se creía que 4300 millones de direcciones eran suficientes para abastecer el gran mercado que iba a abarcar, no se pensaba que se iban a ocupar este gran número de direcciones en tan poco tiempo y mucho menos la desenfrenada

creación de nuevos equipos o dispositivos que iban a utilizar direcciones IP.

El exponencial crecimiento de usuarios en Internet causó el agotamiento de direcciones IPv4, la cual fue la pauta para la creación de IPv6, quien se espera sea implementando en todas las redes de datos a nivel mundial. Por esto es muy importante conocer las características de IPv6, pero principalmente saber el funcionamiento del enrutamiento estático y dinámico, diseñando topologías para realizar pruebas con los protocolos de enrutamiento: RIPng, EIGRP, OSPFv3 e IS-IS; comparándolos entre los del mismo tipo, vector distancia y estado de enlace, para así reconocer sus ventajas y desventajas entre sí.

## 2. MATERIALES Y METODOS

La metodología ideal para obtener una comparación acertada entre los protocolos de enrutamiento orientados a IPv6, fue dividir su estudio en partes claves para ir desarrollando el proyecto de manera organizada.



**Figura 1.** Metodología aplicada para la comparativa entre protocolos de enrutamientos en IPv6.

La Figura 1 nos muestra cada una de las etapas que seguimos para concluir satisfactoriamente nuestra comparación, en primera instancia revisamos conceptos antes estudiados relacionados a IPv4, protocolos de enrutamiento de puerta de enlace interior y exterior, protocolo IP, cabecera, mecanismos de seguridad y multihoming en IPv4, para que una vez teniendo sólidos conocimientos poder pasar a la siguiente fase que es el análisis de IPv6, el cual es predecesor de IPv4. Se revisaron los mismos parámetros que en IPv4 para analizar desde un principio sus diferencias. Luego se procedió a estudiar el hardware y software (IOS) con el que contábamos para realizar las prácticas verificando que cuenten con el soporte para IPv6 en todas las funcionalidades que se implementarían. Analizado el software a nuestro alcance en los laboratorios de CISCO-ESPOL, entramos más a fondo en sus especificaciones técnicas para prever cualquier inconveniente a futuro. Al tener los dispositivos listos, tanto enrutadores, conmutadores y ordenadores, diseñamos las topologías y pruebas idóneas para cada uno de los tipos de protocolos de enrutamiento, estado de enlace y vector distancia. Contando con los diseños de topologías pasamos a la implementación en los equipos reales y posteriormente a realizar cada una de las pruebas para obtener los indicadores que nos demostrarían que protocolos prevalecen sobre otros, en base a esto elaborar nuestra tabla comparativa y así analizar esta información para sacar nuestras conclusiones en base a las pruebas.

### 2.1. Diseño de pruebas

La topología que se muestra en la Figura 2 será objeto de las configuraciones básicas generales previas a la configuración de cada uno de los protocolos de enrutamiento. Se utilizó la misma topología en todos los IGP's para poder evaluar de mejor manera el funcionamiento de cada uno. La instalación de equipos consistirá en reconocer el hardware que disponemos en los laboratorios para cada una de las prácticas que realicemos, así como el software que alojan los mismos (IOS). El Laboratorio CISCO ubicado en ESPOL- Peñas fue donde realizamos nuestras prácticas. En promedio estos salones cuentan con 20 ordenadores con sistema operativo Windows 7 de 32 bits, procesador Dual Core, disco duro de 500 gigabytes y memoria RAM de 2 gigabytes. Tenemos también 4 armarios

de conmutación y enrutamiento que cuentan con 3 enrutadores, 3 conmutadores y un equipo Firewall. Estos enrutadores pertenecen a la familia 2800 y 1800 respectivamente. El requisito indispensable en los ordenadores, ya sean de escritorio o portátiles, es que su tarjeta de red tenga soporte para IPv6.

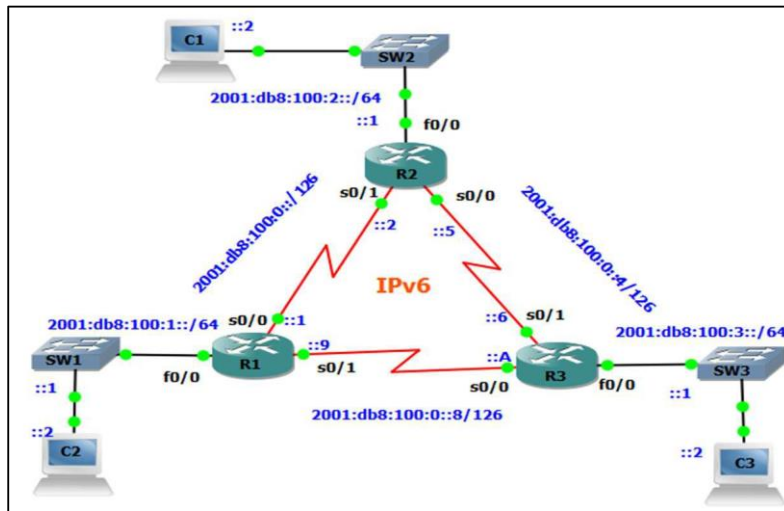


Figura 2. Topología de red para el esquema lógico de nuestra red.

Para la comparación entre IGP's se diseñaron pruebas de convergencia, confiabilidad y escalabilidad. Para medir tiempo de convergencia probaremos con los siguientes escenarios:

- *Convergencia luego de la caída de un enlace:* simulamos la caída de un enlace, utilizando el comando “shutdown” en la interfaz y luego comenzamos a verificar mediante las depuraciones el tiempo que se tardó el equipo en actualizar por última vez la tabla de enrutamiento.
- *Convergencia luego de la subida de un enlace:* utilizamos el comando “no shutdown” para levantar nuevamente la interfaz y simular la subida del enlace.
- *Convergencia inicial:* realizamos pruebas simulando el inicio de la ejecución del protocolo de enrutamiento para conocer el tiempo que toma en iniciar y estabilizarse, para esto utilizaremos los comandos clear de cada IGP.

Las pruebas de confiabilidad que realizamos buscan medir el porcentaje de paquetes enviados versus los recibidos y así tener un valor real de la confiabilidad en cada uno de los protocolos. En todas las topologías que vamos a diseñar para realizar pruebas de confiabilidad tenemos redundancia en los enlaces, es decir, si algún enlace sufre una caída durante la transmisión de datos existirá otro camino por el cual puedan viajar los datos restantes, teniendo así pérdidas de paquetes hasta que el protocolo actualice este cambio en sus tablas luego que transcurra el tiempo de convergencia. Esta prueba consiste en enviar un ping de gran tamaño entre dos dispositivos finales, en este caso serán dos ordenadores y durante la transmisión deshabilitar una interfaz mediante el comando “shutdown” y al final de la transmisión obtener el número de paquetes enviados, recibidos y perdidos, obteniendo así un porcentaje de confiabilidad.

En las pruebas de transferencia de datos, procedimos a enviar un archivo de aproximadamente 10 MB entre dos dispositivos finales en cada una de las dos topologías para tomar el tiempo de descarga y su tasa de transferencia, para esto nos ayudamos con el software FILEZILLA el cual es un servidor FTP. En todas nuestras topologías tenemos dos ordenadores como dispositivos finales, en uno instalaremos Filezilla Server y en el otro Filezilla Cliente. Los mensajes obtenidos que nos registró el cliente una vez que ha finalizado la descarga fueron usados para calcular la tasa de transferencia medida en Kbps, dividiendo el tamaño del archivo para el tiempo en segundos que tardó la descarga. Este procedimiento lo seguiremos para el cálculo de la tasa de transferencia de cada archivo en todos los IGP's.

Por motivos de limitante de recursos las pruebas de escalabilidad se realizaron solo con el

emulador GNS3 y el objetivo principal fue comprobar el tope máximo de escalabilidad en RIPng el cual no sobrepasa los 15 saltos. Para los protocolos EIGRP, OSPFv3 e IS-IS se llegó a realizar la prueba hasta con 20 enrutadores ya que al ser una emulación dependíamos del consumo de recursos del software usado, en estas pruebas el desarrollo los protocolos de enrutamiento fue satisfactorio (Ramírez & Cervantes, 2005).

### 3. RESULTADOS

Luego de haber implementado las topologías previamente diseñadas y realizar las pruebas para cada uno de los protocolos de enrutamiento, tabulamos los datos obtenidos y mediante métodos estadísticos se determinó que el número de repeticiones de las pruebas debía ser de 47 con una confiabilidad del 99%, diferencia mínima observable del 30% y un poder estadístico del 80%.

En la Figura 3 nos muestran los tiempos de convergencia para los tres escenarios entre los protocolos de enrutamiento de vector distancias, RIPng y EIGRP. En dichas pruebas EIGRP prevalece notoriamente obteniendo menores tiempos respecto a RIPng en dos de los tres escenarios presentados, en uno de ellos con una diferencia de más de 11 segundos. En la Figura 4 se muestra la comparación de los tiempos de convergencia entre los protocolos de estado de enlace, OSPFv3 e IS-IS, a diferencia de los de vector distancia el valor obtenido no tiene una diferencia tan marcada, IS-IS prevalece en dos de los escenarios, sin embargo, la mayor diferencia entre los tiempos no sobrepasa los 5 segundos, esto ocurre por la gran similitud del funcionamiento de ambos protocolos de enrutamiento.

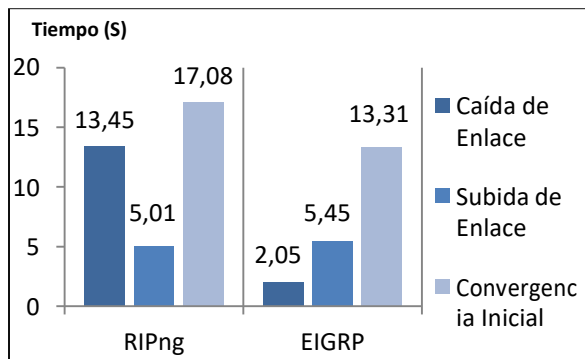


Figura 3. Tiempos de convergencia entre RIPng vs EIGRP.

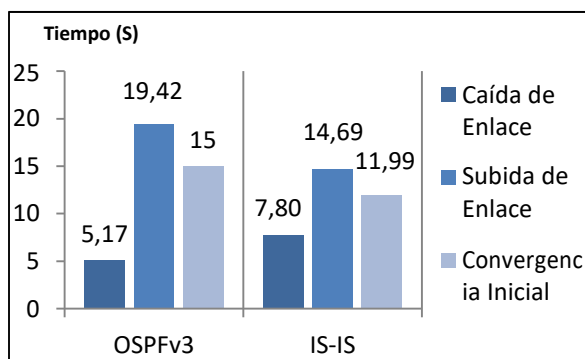
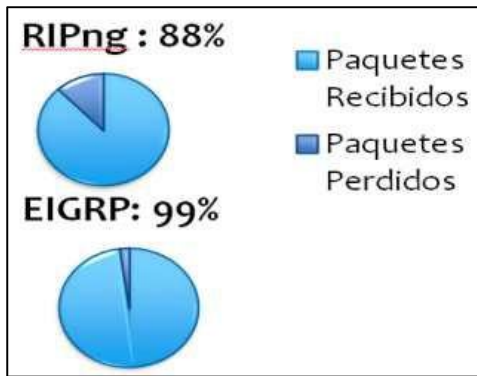


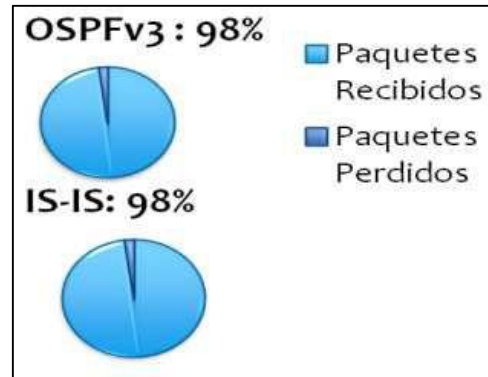
Figura 4. Tiempos de convergencia entre OSPFv3 vs IS-IS.

La Figura 5 muestra los porcentajes de confiabilidad según los protocolos de vector distancia y notamos una gran diferencia donde prevalece EIGRP con únicamente un paquete perdido, esto debido a su elección de un sucesor factible. La figura 6 muestra los porcentajes de confiabilidad para los protocolos de estado de enlace, ambos obtuvieron un 98% de confiabilidad, una vez más se demuestra la similitud en ambos protocolos al tener un funcionamiento parecido por implementar el mismo

algoritmo para encontrar la mejor ruta (según Dijkstra en Hinds *et al.*, 2013).

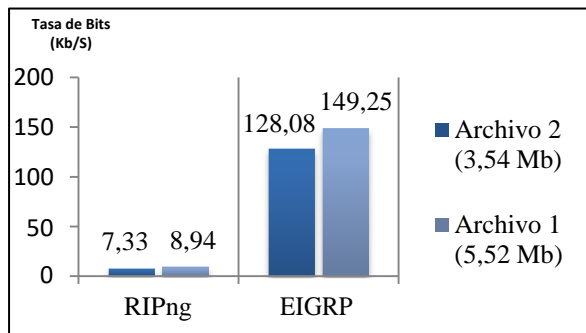


**Figura 5.** Porcentajes de confiabilidad de RIPng vs EIGRP.

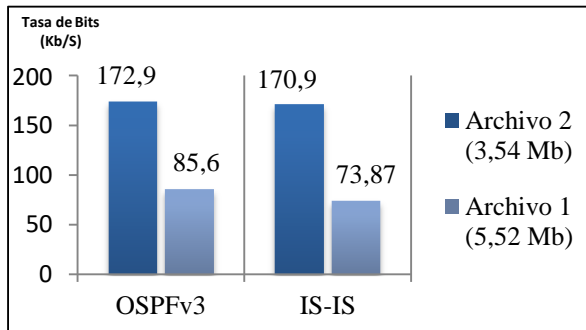


**Figura 6.** Porcentajes de confiabilidad de OSPFv3 vs IS-IS.

Para la prueba de transferencia de datos se descargaron dos archivos de 4 y 5 Mb aproximadamente y se calcularon sus tasas de transferencias. Las Figuras 7 y 8 muestran las tasas de bits según los protocolos de vector distancia y estado de enlace respectivamente. Existe una clara superioridad de EIGRP sobre RIPng, quien obtuvo una tasa de bits 20 veces mayor aproximadamente, lo que confirma la rápida convergencia de EIGRP junto con su eficiente uso del ancho de banda (Singh *et al.*, 2013). No así para el caso de los protocolos de estado de enlace, en los que una vez más se confirma su parecido, obteniendo tasas de transferencia muy cercanas, que no se sobrepasan más allá de 12 puntos.



**Figura 7.** Tasa de bits de RIPng vs EIGRP.



**Figura 8.** Tasa de bits de OSPFv3 vs IS-IS

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados en nuestras pruebas de RIPng y EIGRP fueron los esperados, para el caso de convergencia se analizaron en tres escenarios, el primero de ellos luego de la caída de un enlace en donde el tiempo promedio de RIPng fue 14.5 segundos, una cifra 6 veces superior que en EIGRP. Sin embargo, en la subida del enlace ambos tiempos son similares, los mismos están ligeramente por encima de los 4 segundos. Y por último cuando se reinicia el proceso para ambos IGP's, este tiempo en RIPng es de 17 segundos aproximadamente, 4 segundos más que EIGRP. Por el lado de la confiabilidad los resultados también fueron razonables, ya que las pruebas le dieron a RIPng un 88% de confianza en la transmisión de datos y a EIGRP un 99%. En escalabilidad se obtuvo un resultado más que evidente, el cual establece la limitación que RIPng tiene en redes cuyas distancias entre destino y origen superen los 15 saltos, por el contrario, en EIGRP se llegó a probar hasta con 20 enrutadores sin problema alguno.

Comparando los valores de las tasas de transferencia tanto en las implementaciones para OSPFv3 e IS-IS, se notó claramente una superioridad de OSPFv3 de hasta un 15% en la transferencia de archivos lo que nos inclina a pensar que a pesar que es un protocolo de enrutamiento ideado para redes de gran tamaño, posee un mejor rendimiento en el tráfico de datos comparado a IS-IS.

En base a los resultados en las pruebas de confiabilidad, obteniendo ambos protocolos de enrutamiento estado de enlace, OSPFv3 e IS-IS un porcentaje del 98% podemos concluir que ambos ofrecen altas prestaciones en cuanto a la garantía en la transmisión de los datos y a su vez que este aspecto al ser evaluado en ambos, no obtuvo una tendencia mayoritaria hacia alguno de ellos.

Los tiempos de convergencia luego de la caída y subida de un enlace siempre fueron menores en OSPFv3 comparados a los obtenidos en IS-IS, llegando a tener una diferencia aproximada de un 25% a favor de OSPFv3. La ventaja la mantiene OSPFv3 en la convergencia luego del reinicio del protocolo oscilando en un 20%.

#### REFERENCIAS

- Hinds, A., A. Atojoko, S.Y. Zhu, 2013. *Evaluation of OSPF and EIGRP routing protocols for IPv6*. [En línea]. Disponible en [www.ijfcc.org/papers/169-C005.pdf](http://www.ijfcc.org/papers/169-C005.pdf).
- Ramírez, S., M. Cervantes, 2005. *Introducción al IPv6*. [En línea]. Disponible en [www.rau.edu.uy/ipv6/queesipv6.htm](http://www.rau.edu.uy/ipv6/queesipv6.htm).
- Singh, K.P., P.K. Gupta, G. Singh, 2013. *Performance evaluation of enhanced interior gateway routing protocol*. In: *IPv6 Network*. [En línea]. Disponible en [www.arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1305/1305.4311.pdf](http://www.arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1305/1305.4311.pdf).