

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
MÁSTER EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO Y  
RENDIMIENTO DE UNA RED IPV6 EN LA TRANSMISIÓN DE VOZ  
MEDIANTE SIMULACIÓN O EMULACIÓN**

**ESTUDIANTE**

**JORGE MOREIRA**

**TUTOR**

**DR. GUSTAVO CHAFLA A.**

**QUITO, JUNIO, 2016**

## RESUMEN

En este trabajo de titulación se realiza el análisis de los parámetros de calidad de servicio y rendimiento de una red IPv6 en la transmisión de voz mediante la emulación de un modelo de red semejante al del Municipio del Cantón Chone, y bajo un modelo de usuario de la misma entidad. El análisis, se realizó con base en los resultados de tres parámetros críticos para tráfico en tiempo real: *Jitter*, *Delay* y *Packet Loss*. Para la parte operativa, se hizo uso de tecnologías de calidad de servicio adecuadas para personalizar el paso de los paquetes por cada uno de los nodos intermedios de la red, en términos de prioridad, previo a un análisis que permitió determinar tanto el modelo de calidad de servicio, y su respectivo sistema de encolamiento, adecuado para tráfico en tiempo real, como también el respectivo codificador de voz a utilizar, y finalmente el cálculo de ancho de banda para el modelo de usuario planteado. Este análisis se lo realizó tomando como referencia los valores obtenidos de IPv4, para luego compararlos con los de IPv6, y determinar su desempeño.

Luego de realizar varias pruebas con ambos protocolos, las mismas mostraron que los protocolos IPv4 e IPv6 tienen similares niveles de rendimientos en un ambiente bien dimensionado en cuanto a ancho de banda y con una selección de tecnologías de calidad de servicio adecuadas para tráfico en tiempo real. Sin embargo, cuando se redimensionó el sistema para el doble de llamadas concurrentes, para lo cual fue construido, los niveles de latencia superaron en un 59,8%, con respecto a IPv4. En el caso de IPv6, se redujo casi tres veces la pérdida de paquetes, con respecto a los obtenidos con IPv4.

## ABSTRACT

This investigation work will perform an analysis of quality of service parameters and performance of an IPv6 network voice transmission by emulating a model similar to the Municipality of Chone network, and under a user model of the same entity. The analysis is made based on the results of three critical parameters for real-time traffic: *Jitter*, *Delay* and *Packet Loss*. For the operative part of this work, it made use of appropriate technologies of quality of service to customize the passage of packages through the intermediate network nodes, in terms of priority, previously to an analysis to determine both the model of quality of service, and their respective queuing system suitable for real-time traffic, as the respective speech coder to use, and finally calculating bandwidth to the user model proposed. Obtaining the values from IPv4 as reference, to compare them with IPv6, and determine their performance, performed this analysis.

After several tests with both protocols, they showed that IPv4 and IPv6 protocols have similar levels of performance in a well-dimensioned environment in terms of bandwidth and an appropriate selection of quality of service technologies for real time traffic. However, when resizes the concurrent calls number, which it was built, latency levels exceeded 59,8% compared to Ipv4. In the case of IPv6, it reduced packet loss, with respect to those obtained with IPv4 nearly three times.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
CONTENIDO .....	IV
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 Objetivo general .....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO 2.....	8
ESTADO DEL ARTE.....	8
2.1 INTRODUCCIÓN.....	8
2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE SERVICIO DE LA VoIP	
8	
2.2.1 Retardo .....	8
2.2.2 Jitter - Variaciones en la demora.....	14
2.2.3 Eco.....	16
2.2.4 Pérdida de paquetes.....	17
2.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN IPv6.....	19
2.4 CARACTERÍSTICA DE IPV6 QUE MEJORAN LA COMUNICACIÓN	
EN TIEMPO REAL .....	21
2.4.1 <i>No Fragmentation</i> – Ausencia de Fragmentación .....	21
2.4.2 Cabecera simplificada .....	23
2.4.3 Conectividad de extremo a extremo.....	24
2.4.4 Envío y enrutamiento de mayor velocidad.....	25
2.4.5 Soporte mejorado de prioridad.....	26
2.4.6 Transición suave.....	26
2.5 MODOS DE DIRECCIONAMIENTO .....	27
2.5.1 <i>Unicast</i> (unidifusión) .....	27
2.5.2 <i>Multicast</i> (multidifusión) .....	28

2.5.3	<i>Anycast</i> (cualquier-difusión) .....	29
2.6	SISTEMA DE NUMERACIÓN HEXADECIMAL .....	30
2.7	ESTRUCTURA DE LAS DIRECCIONES .....	30
2.7.1	Identificación de Interfaz .....	31
2.7.2	Dirección <i>Unicast</i> Global.....	32
2.7.3	Dirección de Enlace Local ( <i>Link-Local Address</i> ) .....	33
2.7.4	Dirección Local Única ( <i>Unique-Local Address</i> ) .....	33
2.7.5	Ámbito de direcciones IPv6 de <i>unicast</i> :.....	34
2.7.6	Direccionamiento Especial.....	34
2.7.7	Direcciones <i>Multicast</i> reservadas para <i>Routers</i> / Nodos:.....	36
2.8	CABECERA IPv6 .....	36
2.8.1	Cabecera fija.....	36
2.8.2	Cabeceras de Extensión.....	38
2.9	COMUNICACIÓN .....	40
2.9.1	Protocolo de Descubrimiento de Vecinos ( <i>Neighbor Discovery Protocol</i> ) .....	41
2.10	SUBNETTING .....	42
2.11	IPv4 A IPv6 .....	44
2.11.1	Doble Pila de <i>Router</i> ( <i>Dual Stack Router</i> ).....	44
2.11.2	Tunelizado.....	45
2.11.3	Protocolo de Traducción NAT .....	45
2.12	MOVILIDAD .....	46
2.12.1	Operación de Movilidad.....	47
2.12.2	Optimización de Ruta.....	49
2.13	RUTEO .....	49
2.13.1	Protocolos de Enrutamiento .....	51
2.13.2	Protocolos modificados para soportar IPv6 .....	51
2.14	FUTURO DE IPv6.....	52
2.15	IMPLEMENTACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EN IPv6 .....	53
2.15.1	Clasificación.....	56
2.15.2	Marcaje.....	57
2.15.3	Asignación de Políticas .....	57
2.15.4	Manejo de la congestión en la red.....	60
2.15.5	Técnicas para evitar la congestión .....	64

2.16	CÁLCULO DEL NÚMERO DE LLAMADAS CONCURRENTES PARA ADMINISTRACIÓN DEL ANCHO DE BANDA.....	65
2.17	CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA VoIP (TELEFONÍA IP)	65
CAPÍTULO 3 .....		69
DEFINICIÓN DE LA PLATAFORMA DEL MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO, Y TÉCNICA DE QUEUING A UTILIZAR. ....		69
3.1	INTRODUCCIÓN.....	69
3.2	Elección del modelo de calidad de servicio.....	69
3.3	Elección del tipo de encolamiento para el tráfico de voz .....	71
CAPÍTULO 4 .....		77
DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA IPV6.....		77
4.1	INTRODUCCIÓN.....	77
4.2	DISEÑO DEL MODELO DE RED Y BREVE DESCRIPCIÓN DE SUS COMPONENTES .....	77
4.3	ANÁLISIS DE LLAMADA PICO PARA EL MODELO DE USUARIO.	79
4.4	CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA SOPORTAR EL MÁXIMO DE LLAMADAS PICO. ....	80
4.5	CODIFICADOR DE VOZ A UTILIZAR.....	84
4.6	CONFIGURACIONES DE LOS EQUIPOS PARA EFECTUAR LA CONECTIVIDAD DE LAS REDES IP Y APLICACIÓN DE QoS PARA VOZ.	87
4.6.1	Configuracion de los enrutadores.....	88
CAPITULO 5 .....		90
ANÁLISIS DEL TRÁFICO.....		90
5.1	INTRODUCCIÓN.....	90
5.2	ANÁLISIS DEL TRÁFICO IPV4 SIN CONDICIONES DE SATURACIÓN .....	90
5.3	ANÁLISIS DEL TRÁFICO IPV4 E IPV6 EN CONDICIONES DE SATURACIÓN .....	93
5.3.1	Análisis de trafico para comprobación del modelo de calidad de servicio	94
5.3.2	Analisis de trafico IPv4 con saturación.....	96
5.3.3	Analisis de trafico IPv4 con saturacion y sobredimencionado .....	103
5.3.4	Analisis de trafico IPv6 con saturacion.....	107
5.3.5	Analisis de trafico IPv6 con saturacion y sobredimencionado .....	111
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	117
6.1	CONCLUSIONES.....	117

6.2	RECOMENDACIONES .....	119
7	REFERENCIAS .....	120
8	ANEXOS .....	123
	Anexo 1: <i>Show running-config de los enrutadores</i> .....	123
	Anexo 2: <i>Resultados por intervalo de segundo de la prueba 1.</i> .....	127
	Anexo 3: <i>Resultados por intervalo de segundo de la prueba 2.</i> .....	137
	Anexo 4: <i>Resultados por intervalo de segundo de la prueba 3.</i> .....	144
	Anexo 5: <i>Resultados por intervalo de segundo de la prueba 4.</i> .....	152
	Anexo 6: <i>Resultados por intervalo de segundo de la prueba 5.</i> .....	157
	Anexo 7: <i>Resultados por intervalo de segundo de la prueba 6.</i> .....	165

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad las redes de comunicaciones IPv4 están llegando al máximo de su capacidad, por tal razón se ha vuelto imperiosa la necesidad de generar un nuevo estándar que reemplace el casi caduco IPv4. Este nuevo protocolo que ayudará a maximizar el desempeño de las redes Ethernet es IPv6 o también llamado IPng (*IP next generation*), el cual —dentro de muchas de sus ventajas— incluye el incremento de la cantidad de direcciones IP que se pueden asignar, optimización del flujo de datos, seguridad en las comunicaciones, calidad de servicio (QoS), orientación a aplicaciones de voz etc. Recordemos que una de las ideas fundamentales de la aplicación de IPv6 radica en que todos los usuarios del mundo cuenten con una dirección IP, y al decir todos, hablamos no únicamente de personas sino también de electrodomésticos, dispositivos móviles, vehículos, animales, equipajes y cualquier otra cosa que pueda interactuar con la red de redes.

Por estos y otros motivos, muchas empresas, sobre todo en países súper poblados como Asia e India, han decidido migrar su infraestructura de redes hacia la tecnología IPv6. Según el Registro Regional de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC), Ecuador, Bolivia, y Perú son los principales referentes en América Latina para la implementación del nuevo protocolo de Internet, (Gamboa, López, & Salcedo, 2012).

El estudio pretende ver las bondades y beneficios que se tienen al utilizar el protocolo IPv6 para priorizar tráfico sensible al retardo como es el caso de la voz, mediante la ayuda de tecnologías de calidad de servicio, y a su vez, aportar con

información experimental al Municipio para la toma de decisiones en cuanto a la migración del nuevo protocolo. De manera específica, el trabajo se centrará en el análisis del comportamiento de los paquetes de Telefonía IP, sobre Ethernet IPv6, para la topología de red previamente implantada en el Municipio que es caso de estudio.

Para determinar la eficiencia de IPv6 se realizará la medición y evaluación de algunos parámetros clave dentro del entorno de comunicaciones en tiempo real. Estos parámetros son retardo (*delay*), *jitter*, y pérdida de paquetes (*packet loss*).

## 1.2 ANTECEDENTES

Hasta el momento, el estándar IPv4 ha demostrado ser un robusto protocolo de direccionamiento y nos ha servido durante décadas con su mecanismo de best-effort-delivery (mejor esfuerzo para la entrega). Fue diseñado en la década de los 80 y, desde entonces, no ha tenido ningún cambio significativo. En el momento de su nacimiento, la Internet se limitaba únicamente a unas pocas universidades que la usaban para investigación y, al Departamento de Defensa de los Estados Unidos. IPv4 tiene una longitud de 32 bits y ofrece alrededor de 4,294,967,296 ( $2^{32}$ ) direcciones. Este espacio de direcciones se consideró más que suficiente en ese momento; sin embargo, con la generalización del uso de Internet y el montaje de aplicaciones sobre esta plataforma, IPv4 se tornó insuficiente para administrar de manera adecuada todos los servicios que actualmente y en un futuro, serán demandados por los usuarios de Internet, (Ahmed, T Litchfield, Ahmed, Mahmood, & Hossain , 2014).

Al inicio del año 2010, la cantidad de direcciones IPv4 sin asignar llegaba a menos del 10%. La Agencia Internacional de Asignación de Números de Internet, en los primeros meses de 2011 asignó el último bloque de direcciones IP disponibles (33 millones) a Asia.

Internet, como ya se ha mencionado, ha crecido exponencialmente y el espacio de direcciones IPv4 permitido está rápidamente siendo saturado. Existe entonces la necesidad de disponer de un protocolo que pueda satisfacer las necesidades de las futuras direcciones de Internet que se espera crezcan de una manera imprevista.

A más de la enorme cantidad de posibles direcciones IPv6 ( $2^{128}$ ) con la que cuenta el nuevo protocolo, se adicionan algunas funcionalidades que no las dispone IPv4. En sí misma IPv4 no proporciona ninguna función de seguridad. Los datos tienen que ser cifrados con alguna otra aplicación antes de ser enviados a través de Internet. El protocolo IPv6 ha implementado un reforzamiento súper importante de esta deficiencia de su predecesor ya que incluye en sus especificaciones, encriptación de la información y la autenticación del remitente de dicha información.

Aunque IPv4 tiene un par de bits reservados para el tipo de servicio o calidad de servicio, en la actualidad no proporcionan mucha funcionalidad.

IPv4 permite que los clientes se puedan configurar de forma manual o requieran de algún mecanismo de configuración de la dirección. No posee ningún mecanismo para configurar un dispositivo con el propósito de asignarle una dirección IP única a nivel mundial, lo cual si está pensado en IPv6.

Dentro de las aplicaciones multimedia, IPv6 permite el uso de *jumbograms*, paquetes de datos de mayor tamaño (hasta 64 bits) con el fin de brindar mejor soporte al tráfico en tiempo real (ej. videoconferencia) e incluye etiquetado de flujos en sus especificaciones. Con este mecanismo los *routers* pueden reconocer a qué flujo extremo a extremo pertenecen los paquetes que se transmiten.

Con IPv4 las comunicaciones pueden resultar carentes de adecuada calidad de voz (QoS), y presentar dificultad para atravesar firewalls (NAT). Al incorporar IPv6 una gran cantidad de direcciones, no será necesario utilizar NAT, y sus nuevas capacidades de Plug and Play, seguridad, y QoS implicarán mejores conexiones de voz, (Lenis, Eugenio, Méndez, & Guefri, 2015).

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Sin duda alguna la Internet se ha desarrollado a pasos agigantados, brindando la posibilidad de mantener innumerables tipos de servicios dentro de ella, pero, a la par, se han incrementado las demandas de acceso, los dispositivos vinculados a la Internet, las aplicaciones a nivel de usuario y a nivel empresarial y, en general, la sociedad se ha vuelto mucho más dependiente de todos los servicios que corren sobre la red de redes.

Internet es indiscutiblemente multifacética ya que combina servicios que requieren alta seguridad y disponibilidad como las entidades bancarias, densos flujos de información, como sitios de películas y videos en alta definición, *streaming* de música de alta fidelidad, y últimamente brinda la posibilidad de acortar significativamente las distancias con servicios de telefonía IP o VoIP y video conferencias. A esta última categoría se han abocado muchas empresas nacionales e internacionales con el propósito de vincular su estructura de negocio de una forma más estrecha, y sobre todo, reducir costos en comunicaciones.

Esto hace que el diseño de las redes en su topología, tecnología, implementación, seguridad y servicios se vean fuertemente comprometidas hacia la optimización, sobre todo, de los requerimientos de las aplicaciones de tiempo real como voz y video, especialmente susceptibles a retardos y diversas condiciones técnicas que afectan su correcto desempeño, (Salcedo, Danilo, & Rios, 2011).

El presente proyecto analizará el rendimiento de una red Ethernet IPv6 que aloja servicios de transferencia de voz y video con optimización del servicio de telefonía IP a través de la implementación de QoS para este tipo de tráfico. De esta manera se podrá verificar de manera experimental, a través de emulación, las nuevas

características de los protocolos de comunicación sobre IPv6 y generar información estadística sobre *jitter*, retardos y pérdida de paquetes para la transmisión de voz IP. Esta información será de vital importancia para el diseño de redes en las cuales convergen múltiples tipos de tráfico y permitirá analizar el rendimiento de IPv6 en la transmisión de tráfico en tiempo real, calcular y optimizar de manera eficiente el ancho de banda, que en el caso de las grandes redes empresariales es indiscutiblemente un recurso limitado.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Analizar el rendimiento de una red IPv6 mediante resultados de parámetros de calidad de servicio de tráfico de voz.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Simular a través de software o de manera física compacta el modelo de red planteado, y configurar los equipos para lograr conectividad de extremo a extremo.
- Realizar el análisis de llamadas IP concurrentes para el modelo de usuario planteado.
- Realizar el cálculo del ancho de banda mínimo para satisfacer el número total de llamadas concurrentes.
- Configurar tecnologías de calidad de servicio que mejor satisfagan el requerimiento de ancho de banda mínimo para telefonía IP.
- Analizar el rendimiento de la red IPv6 mediante los resultados de retardo (*delay*), Jitter y pérdida de paquetes (*Packet Loss*), generados por la simulación.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DEL ARTE**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo, se presenta una síntesis conceptual y referencial que sirve de sustento científico para abordar cabalmente el estudio de esta tesis. Se presenta la información más relevante de lo que hasta el momento se ha investigado sobre IPv6. Este sustento se vuelve crucial ya que permite estudiar las características básicas del marco teórico, y a su vez, contribuye con la parte operativa que se realizará en capítulos posteriores. Todo el estudio se basa en factores que afectan a la VoIP y características del IPv6 acorde al trabajo propuesto.

#### **2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE SERVICIO DE LA VoIP**

Dentro de las redes de comunicación Ethernet existen diversos fenómenos que afectan directamente el correcto desempeño de la transmisión de paquetes. Para el caso de análisis de VoIP y Telefonía IP, se ha determinado que estos se ven sumamente perjudicados por Retardo (delay), Variaciones en la demora (Jitter), Eco y Pérdida de paquetes (Packet Loss). A continuación, se definen los conceptos e implicaciones de estos tres fenómenos.

##### **2.2.1 Retardo**

Al hablar de transmisión de voz sobre redes Ethernet, el retardo o demora en la llegada de paquetes es un factor sobresaliente para definir la calidad en las comunicaciones. De manera global el retardo está determinado por algunos factores, a saber:

### ***2.2.1.1 Retardo producto de los algoritmos de compresión:***

Las comunicaciones de voz, en su forma natural, son un conjunto de datos analógicos con un sinnúmero de variaciones que, al llegar al cerebro humano, cobran sentido completo. El reto se focaliza en llevar esos datos analógicos a través de una red digital (Ethernet) sin que se pierda o distorsione la información contenida desde su origen. Para lograr el cometido se han desarrollado diversos algoritmos de compresión que actúan como codificador-decodificador (CODEC). Los CODEC además de convertir datos analógicos en digitales, realizan la compresión de las secuencias de datos, lo cual genera un ahorro en el ancho de banda utilizado, y proporcionan la cancelación del eco. La característica de compresión de datos realizada por los CODEC, ayuda a las redes que poseen enlaces de baja capacidad a mantener más y mejores conexiones VoIP de forma simultánea. Otra forma de minimizar el uso de ancho de banda por las comunicaciones de voz, es evitar el envío de información cuando se producen silencios en medio de las comunicaciones humanas.

La tabla siguiente muestra un resumen de los CODEC más difundidos en la actualidad para VoIP y Telefonía IP sobre Ethernet, todos con una tasa de muestreo (*sampling rate*) de 8KHz, de los cuales se ha determinado también el retardo inherente al proceso de codificación:

**Tabla 1: Detalle de los codificadores de voz**  
(Minoli, 2006, 74)

Algoritmo	Tecnología	Bit Rate (kbps)	MIPS	Retardo de compresión del algoritmo (ms)	Frame Size	MOS
G.711	PCM	64	34	<b>0.75</b>	<b>0.125</b>	4.1
G.726	ADPCM	32	13	1	0.125	3.85
G.728	LD-CELP	16	33	3 – 5	0.625	3.61
G.729	CS-ACELP	8	20	10	10	3.92
G.729a	CS-ACELP	8	10.5	10	10	3.9
G.723.1	MPMLQ	6.3	16	30	30	3.9
G.723.1	ACELP	5.3	16	30	30	3.8

Para generar una idea más clara de lo estipulado en la tabla anterior, se definen a continuación algunos conceptos:

**Bit Rate (Kbps):** Indica la cantidad de bits (información) que se envía por segundo.

**Sampling Rate (KHz):** Señala la frecuencia de muestreo de la señal de voz, es decir cada cuanto tiempo se toma una muestra de la señal analógica original.

**Frame size (ms):** Indica cada cuánto tiempo, medido en milisegundos, se envía un paquete con la información digitalizada de la señal de voz.

**Mean Opinion Score (MOS):** Es un sistema que clasifica la calidad de la voz de las conexiones telefónicas. Con MOS, una amplia gama de oyentes juzga la calidad de una muestra de voz mediante una escala que va del 1 (mala) al 5 (excelente). Los puntajes se promedian para brindar una MOS para el CODEC.

Mientras más compresión de la data realice el CODEC, la latencia introducida será mayor puesto que el tiempo de procesamiento es más alto.

### 2.2.1.2 Retardo por empaquetamiento:

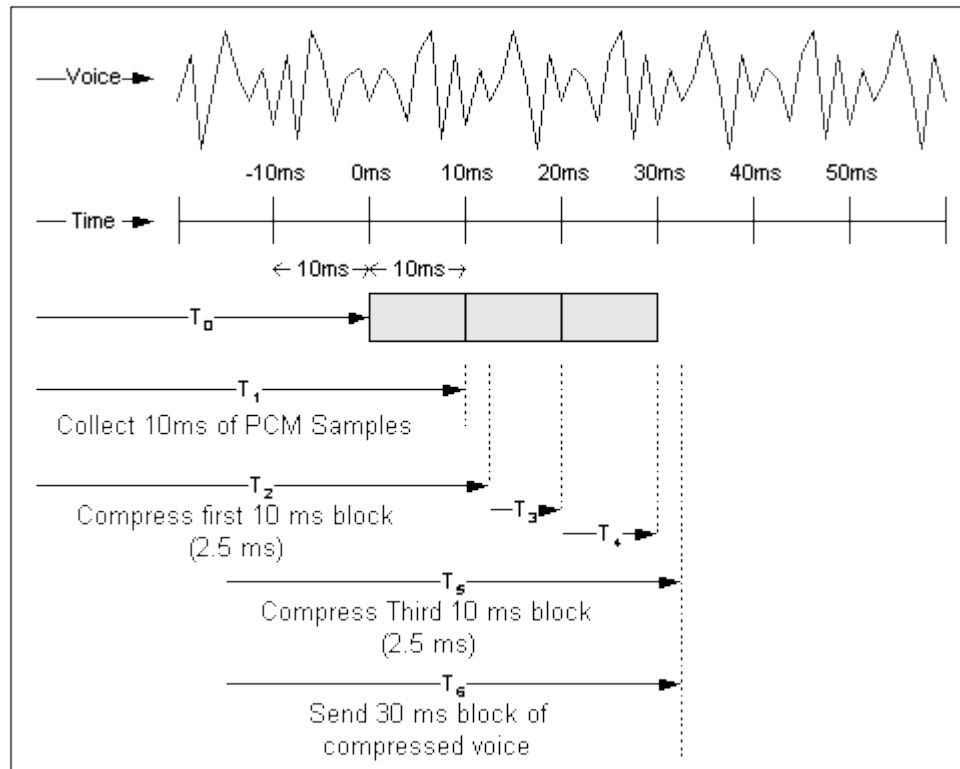
Corresponde al tiempo empleado para llenar un paquete de información, denominado carga útil (*payload*), de la conversación ya codificada y comprimida. Este *delay* es función del tamaño de bloque requerido por el codificador de voz y el número de bloques de una sola trama. Dentro del protocolo de tiempo real, RTP por sus siglas en inglés, las muestras de voz con frecuencia son acumuladas antes de ponerlas en una trama para su transmisión; esto con el propósito de reducir la cantidad de cabeceras (*overhead*). La RFC 1890 especifica que el retardo de empaquetamiento por defecto debiera ser de 20 ms. Para G.711, esto significa que 160 muestras serán acumuladas y solo entonces transmitidas en una sola trama. Los retardos de empaquetamiento más comunes se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 2: CODEC y sus retardos de empaquetamiento**  
(Rosario, M. A., 2006, cap. 3)

Codificador	Tasa (Kbps)	Carga Útil (Bytes)	Retardo de empaquetamiento (ms)	Carga Útil (Bytes)	Retardo de empaquetamiento (ms)
PCM, G.711	64	160	20	240	30
ADPCM, G.726	32	80	20	120	30
CS-ACEL, G.729	8.0	20	20	30	30
MP-MLQ, G.723.1	6.3	24	24	60	48
MP-ACELP, G.723.1	5.3	20	30	60	60

Se debe mencionar que, al pasar de voz análoga a voz digital, todas las muestras sufrirán tanto de retardos debido al CODEC cuanto al empaquetamiento, pero, que en realidad, estos efectos se superponen en la línea del tiempo. Esto se verifica en el siguiente gráfico:

**Gráfico 1: Acumulación de retardos CODEC + Empaquetamiento**  
Cisco (2006, párr. 19).



### 2.2.1.3 Retardo de Serialización:

Corresponde al tiempo requerido para transmitir un paquete IP y está vinculado directamente con la tasa del reloj de la transmisión.

El retardo de serialización se presenta cuando los paquetes pasan a través de diversos dispositivos de almacenamiento y retransmisión, como un *Router* o un *Switch*. Así, una trama que atraviesa 10 equipos interconectados, incurrirá en 10 veces el retardo teórico de un solo equipo.

Los retardos de Serialización, medidos en milisegundos, para diferentes tamaños de tramas, se los muestra a continuación:

**Tabla 3: Retardos debidos a serialización**

(Rosario, M. A., 2006, cap. 3)

Tamaño de trama (bytes)	Velocidad de la línea (Kbps)										
	19.2	56	64	128	256	384	512.0	768	1024	1544	2048
38	15.83	5.43	4.75	2.38	1.19	0.79	0.59	0.40	0.30	0.20	0.15
48	20.00	6.86	6.00	3.00	1.50	1.00	0.75	0.50	0.38	0.25	0.19
64	26.67	9.14	8.00	4.00	2.00	1.33	1.00	0.67	0.50	0.33	0.25
128	53.33	18.29	16.00	8.00	4.00	2.67	2.00	1.33	1.00	0.66	0.50
256	106.67	36.57	32.00	16.00	8.00	5.33	4.00	2.67	2.00	1.33	1.00
512	213.33	73.14	64.00	32.00	16.00	10.67	8.00	5.33	4.00	2.65	2.00
1024	426.67	149.29	128.00	64.00	32.00	21.33	16.00	10.67	8.00	5.31	4.00
1500	625.00	214.29	187.50	93.75	46.88	31.25	23.44	15.63	11.72	7.77	5.86
2048	853.33	292.57	256.00	128.00	64.00	42.67	32.00	21.33	16.00	10.61	8.00

#### **2.2.1.4 Retardo de Propagación:**

Se define como el tiempo que necesita la señal digital para viajar a lo largo de un medio de transmisión. Se encuentra estrechamente relacionado con la distancia geográfica. La velocidad de propagación en el cable de cobre es aproximadamente de 4 a 6 ms/Km.

#### **2.2.1.5 Retardo producto de la electrónica de los componentes de red:**

Son retardos causados por la propia electrónica del equipo de red (NIC, *router*, *switch* etc.) al momento de efectuar el proceso de transmisión / recepción. Por ejemplo, una trama que está pasando a través de un *router* tiene que moverlo desde el puerto de entrada al puerto de salida a través del *backplane*. Existe un retardo mínimo en el paso por el *backplane* y algunos retardos variables debidos al encolamiento y procesamiento en el *router*.

El límite generalmente aceptado para retardos en las conexiones de voz es de 150ms en un solo sentido (o 250ms como límite máximo) para que se las siga considerando de buena calidad. Cuando los retardos se incrementan más allá de estos límites, los hablantes y los escuchas empiezan a de-sincronizarse, y muchas veces empiezan a hablar al mismo tiempo, o ambos esperan a que el otro hable. Esta condición es comúnmente llamada solapamiento del hablante (solapamiento de la conversación). Este efecto puede ser observado en llamadas telefónicas internacionales las cuales viajan a través de conexiones satelitales. Es necesario mencionar que los retardos en este tipo de enlaces satelitales se encuentran en el orden de 500ms, 250ms de subida y 250ms en el retorno.

De forma general, la ITU (International Telecommunications Union) ha definido retardos aceptables a aquellos que no superan los 150 ms en un solo sentido. Cisco (2006).

### **2.2.2 Jitter - Variaciones en la demora**

Se denomina *jitter* a la variación en las latencias. El *jitter* se define técnicamente como la variación de tiempo en la llegada de paquetes, causada por congestión en la red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino (Elastix, s.f). Teóricamente un paquete debe salir del origen cada cierta cantidad de tiempo, y llegar al destino en periodos constantes iguales a los del origen; sin embargo, esto no ocurre en la realidad. A esta diferencia entre las variaciones, se denomina *jitter*. Este fenómeno se ocasiona debido a la cantidad de retardo en las colas y el tiempo de procesamiento, que pueden variar en función del tráfico que corre en la red. Ejemplo: Si un Gateway de voz transmite

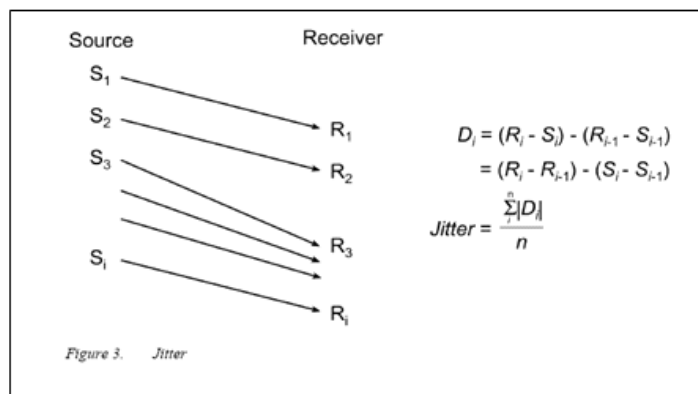
tramas a intervalos constantes (20 ms), el Gateway destino, de manera general, no recibirá esas tramas a intervalos regulares debido al problema de *jitter*.

En cuanto a los valores recomendados para *jitter* existen diversos conceptos, algunos más estrictos que otros, que estipulan los valores máximos que debería alcanzar este parámetro en la red para soportar el servicio de voz (VoIP o Telefonía IP).

Especialistas en centralitas IP tales como 3CX (s.f) definen que “El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debe ser inferior a 100 ms. Si el valor es menor a 100ms el jitter puede ser compensado de manera apropiada. En caso contrario debería ser minimizado” .

Esto se ilustra en la figura siguiente:

**Gráfico 2: Definición de Jitter**  
(Rosario, M. A., 2006, cap. 3)



Con el propósito de minorar el problema de *jitter*, se almacena las tramas recibidas en un buffer lo suficientemente grande que permita recibir las tramas más lentas y ubicarlas de manera ordenada. Para minimizar el efecto de retardo debido al almacenamiento en el *buffer*, algunas aplicaciones utilizan un sistema adaptativo. Es decir, si el conjunto de *jitter* en la red es pequeño, el tamaño del *buffer* será también

pequeño, pero si, debido al aumento de tráfico en la red, el *jitter* empieza a elevarse, el buffer de destino será incrementado de forma automática con el fin de compensar ese aumento. En tal sentido, el *jitter* en la red empeorará la calidad de la comunicación de voz en la misma proporción que crece el retardo de extremo a extremo debido al *buffering* en el destino.

### **2.2.3 Eco**

El efecto Eco dentro de una llamada telefónica de cualquier índole, sea esta analógica, IP, satelital etc., es producto del retardo dentro de las redes de comunicaciones. Existen algunos tipos de eco, entre ellos citaremos:

**2.2.3.1 Eco acústico:** Producido generalmente por acoplamientos inadecuados entre los dispositivos de habla y escucha.

**2.2.3.2 Eco híbrido:** El que se presenta debido a residuos de energía eléctrica que regresan hacia el circuito híbrido en la PSTN.

Cuando los retardos en la red son cortos (menores a 25ms), el eco generado por el circuito de voz regresará muy rápidamente al generador de la llamada y no será percibido. Sin embargo, dentro de una red VoIP, la media de los retardos siempre supera los 25 ms por lo cual es necesario disponer de un método de cancelación de eco. Como habíamos dicho con anterioridad, los CODEC también realizan el trabajo de cancelación de eco.

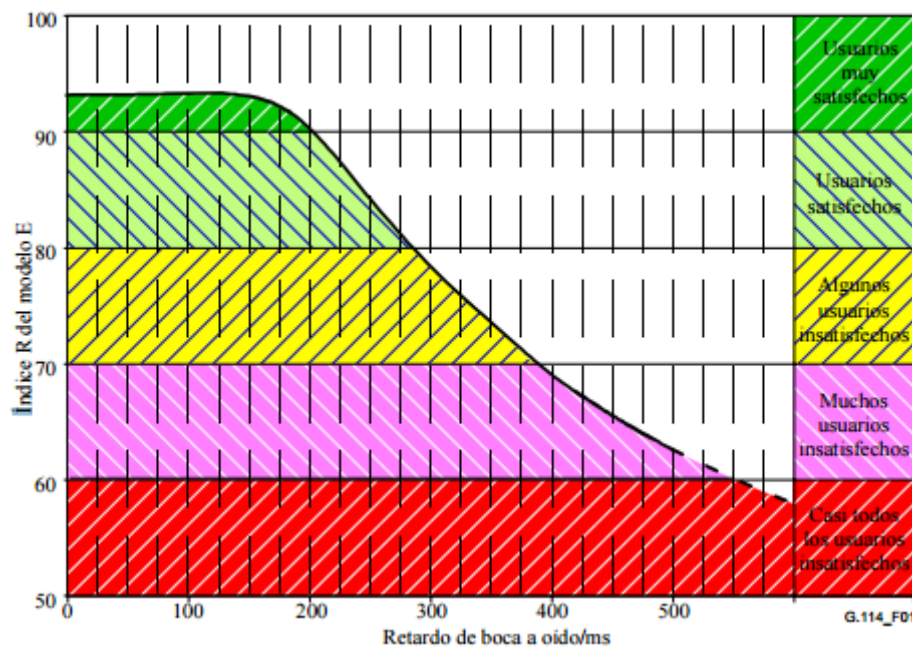
Incluso con un excelente método de cancelación, puede presentarse otro fenómeno dentro de las comunicaciones de voz, este es el solapamiento de la conversación (*talker overlap*).

Este problema se da cuando las conversaciones de los abonados se superponen debido al gran retardo existente en la red. La recomendación de la ITU

G.114: Tiempo de transmisión en un sentido, define que “independientemente del tipo de aplicación, se recomienda que el retardo en un sentido no supere 400 ms para la planificación general de la red”.

En lo que respecta a las aplicaciones de voz, el siguiente gráfico muestra la relación entre la satisfacción del usuario y los retardos de un solo sentido en la red.

**Gráfico 3: Satisfacción del usuario vs. Retardos en un solo sentido**  
UIT-T G.114 (2004, p. 3).



#### 2.2.4 Pérdida de paquetes

En las redes de telefonía PSTN los canales de comunicación son bastante seguros y estables, lo cual garantiza que las conversaciones analógicas se lleven a cabo con un nivel de confiabilidad que bordea el 100%.

Por su parte las redes de datos admiten dentro de su concepción que existan paquetes que se pierdan al momento de realizar el proceso de transmisión / recepción. De manera general para Ethernet, cuando los paquetes son perdidos, los protocolos de alto nivel aseguran que estos sean reenviados; sin embargo, dentro de los protocolos diseñados para aplicaciones RTP, el proceso de confirmación de que

un paquete llegó o no es inexistente, porque el tráfico de confirmación carga inútilmente a la red de datos, y además, se considera que el canal fue pensado para ser lo suficientemente seguro con el propósito de soportar comunicaciones en tiempo real.

En las aplicaciones de tiempo real como voz y video, la data es encapsulada en paquetes y enviados sin que exista la confirmación de recepción. Cuando el porcentaje de pérdida de paquetes es pequeña, la degradación de la data es imperceptible.

Sin embargo, hay que ser muy claros en que VoIP y Telefonía IP son intolerantes a la pérdida de paquetes. Incluso un 1% de pérdida de paquetes puede degradar de manera significativa una llamada de voz usando el códec G.711. Otros códec que emplean más compresión pueden tolerar incluso menos pérdida. Según Cisco: *“El códec G.729 por defecto requiere una pérdida de paquetes mucho menor al 1% para evitar errores audibles. Idealmente, no debería existir pérdidas de paquetes para VoIP”* (VOIP Wiki. 2016).

El efecto de *packet loss* se debe principalmente a una red congestionada o al exceso de ruido eléctrico dentro de los dispositivos o cableado de red.

En el ámbito de las comunicaciones de voz, existen diversos mecanismos que evitan la degradación de las comunicaciones producto de la pérdida de paquetes. Una de las más comunes es la retransmisión del último paquete recibido.

Finalmente, cabe mencionar que se cuentan como paquetes perdidos las tramas que llegan a destiempo o fuera de orden.

### **2.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN IPv6**

El protocolo de Internet versión 6 (IPv6) es la última versión de los protocolos IP y la primera versión de protocolos que es ampliamente desplegado. IPv6 fue desarrollado por el IETF (Internet Engineering Task Force) para hacer frente al problema de agotamiento de direcciones IPv4.

El protocolo de Internet versión 6 es un nuevo protocolo de direcciones diseñado para incorporar todos los posibles requisitos de la futura Internet conocido en el mundo de IT como versión de Internet 2. Este protocolo, como su predecesor el IPv4, trabaja en la capa de red (capa 3). Junto con su oferta de una enorme cantidad de espacio de direccionamiento lógico, este protocolo tiene amplias características que se ocupan de las deficiencias que tiene IPv4.

Hasta la fecha, el protocolo de Internet ha sido reconocido únicamente como IPv4. Las versiones de la 0 a la 3 fueron usadas mientras el protocolo estaba siendo desarrollado y experimentado. Por tanto, podemos asumir gran cantidad de actividades detrás del posicionamiento de un protocolo en ambiente de producción. De forma similar, el protocolo IP versión 5 fue usado mientras se experimentaba con el corriente protocolo de Internet.

A continuación, una tabla de las versiones de protocolos IP y como son utilizados:

**Tabla 4:** Versiones de Protocolos IP

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 2*

Decimal	Palabra clave	Versión
0 - 1		Reservado
2 - 3		No asignado
4	IP	Protocolo de Internet
5	ST	Modo de Datagrama ST
6	IPv6	Protocolo de Internet versión 6
7	TP/IX	TP/IX: The Next Internet (El siguiente Internet)
8	PIP	El protocolo de Internet P
9	TUBA	TUBA
10 - 14		No asignado
15		Reservado

Después del desarrollo de IPv4 en los inicios de 1980, la cantidad disponible de direcciones IPv4 empezó a reducirse rápidamente, así como la demanda de direcciones creció exponencialmente con la divulgación masiva de la Internet. Tomando en cuenta esta situación, la IETF, en 1994, inició el desarrollo de un protocolo de direccionamientos que reemplace a IPv4. El progreso de IPv6 puede ser seguido en las publicaciones RFC (Request for Comments) de la IETF:

- 1998 – RFC 2460 – Basic Protocol (Protocolo Básico)
- 2003 – RFC 2553 – Basic Socket API (Socket API Básico)
- 2003 – RFC 3315 – DHCPv6 (DHCP versión 6)
- 2004 – RFC 3775 – Mobile IPv6 (IPv6 Móvil)
- 2004 – RFC 3697 – Flow Label Specification (Especificación de etiquetado de flujo)
- 2006 – RFC 4291 – Address architecture (Arquitectura de direccionamiento)
- 2006 – RFC 4294 – Node requirement (Requerimiento de nodo)

El 6 de junio de 2012, algunos de los gigantes de la Internet (Google, AT&T y CISCO) escogieron colocar sus servidores en IPv6. Course Hero (2015). A la presente están utilizando el mecanismo *Dual Stack* (Doble Apilamiento) para implementar IPv6 en paralelo con IPv4.

## **2.4 CARACTERÍSTICA DE IPV6 QUE MEJORAN LA COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL**

El sucesor de IP no ha sido diseñado para ser compatible hacia atrás. Intentando mantener las funcionalidades básicas del direccionamiento IP, el nuevo protocolo IPv6 fue rediseñado íntegramente. IPv6 ofrece las siguientes características que mejoran la comunicación de las tramas RTP:

### **2.4.1 *No Fragmentation* – Ausencia de Fragmentación**

En IPv6, los *routers* (internos o de núcleo) no efectúan fragmentación de paquetes, en su lugar, la fragmentación es realizada de extremo a extremo. Esto quiere decir que los nodos fuente y destino realizan, a través de la pila de IPv6, la fragmentación de un paquete y luego el re-ensamble, respectivamente. El proceso de fragmentación consiste en dividir en paquetes más pequeños la parte “*fragmentable*” del paquete fuente, y adicionar a cada una la parte “*no fragmentable*”.

IPv6 necesita que cada enlace en la Internet tenga un MTU (*Maximum Transmission Unit*) de 1280 octetos o mayor. Sobre cualquier enlace que no pueda transmitir un paquete de 1280 octetos en una sola pieza, se debe proveer, bajo la capa de IPv6, la fragmentación y re-ensamble del enlace específico.

Enlaces que tienen una Unidad Máxima de Transmisión (MTU) configurable, por ejemplo, enlaces PPP definidos en la RFC 1661, deben ser configurados para tener una MTU de al menos 1280 octetos, aunque es recomendable que estos sean

configurados con una MTU de 1500 octetos o mayores, para dar cabida a posibles encapsulamientos (Ejemplo: tunelizado) sin incurrir en la fragmentación de la capa de IPv6. Desde cada enlace al cual el nodo está directamente ligado, el nodo debe ser capaz de aceptar paquetes tan extensos como el MTU del enlace.

Es extremadamente recomendable que los nodos IPv6 implementen *Path MTU Discovery* (Descubrimiento de Ruta de MTU – RFC1981), con el propósito de descubrir y tomar ventaja de las rutas con MTU mayores a 1280 octetos. Sin embargo, una mínima implementación de IPv6 (en una *boot ROM*) puede simplemente restringirse a sí misma para enviar paquetes no mayores de 1280 octetos, y omitir la implementación de *Path MTU Discovery*.

Para enviar un paquete mayor que el MTU de la ruta, un nodo puede utilizar el encabezado *Fragment* para fragmentar el paquete en la fuente y tenerlo desfragmentado en el o los destinos. Sin embargo, el uso de dicha fragmentación es evitado en cualquier aplicación que es capaz de ajustar sus paquetes acorde a la medida del MTU de la ruta.

Un nodo debe ser capaz de aceptar paquetes fragmentados que, después de desfragmentarse, sean tan grandes como 1500 octetos. A un nodo le está permitido aceptar paquetes fragmentados que re-ensamblen más de 1500 octetos. Un protocolo de capa superior, o aplicación, que dependa de la fragmentación de IPv6 para enviar paquetes mayores al MTU de la ruta no deberá enviar paquetes mayores a 1500 octetos a menos que sea seguro que el destino es capaz de re-armar paquetes de ese tamaño.

En respuesta a un paquete IPv6 que es enviado a un destino IPv4, como por ejemplo un paquete que experimenta una traducción de IPv6 a IPv4, el nodo IPv6

origen puede recibir un mensaje ICMP (*Internet Control Message Protocol*) denominado *Packet Too Big* (Paquete demasiado grande) reportando un *Next-Hop MTU* menor de 1280. En ese caso, el nodo IPv6 no requiere reducir el tamaño de los paquetes subsiguientes a menos de 1280, pero debe incluir un encabezado de fragmento en esos paquetes para que el *router* que hace la traducción de IPv6 a IPv4 pueda obtener un valor adecuado de identificación para usarlo en los fragmentos resultantes IPv4. Nótese que esto significa que la carga útil (*payload*) tiene que ser reducida a 1232 octetos (1280 menos 40 para el encabezado IPv6 y menos 8 para el encabezado fragmento), y aún más pequeño si son utilizados encabezados de extensión (Minoli. 2006: 288).

#### **2.4.2 Cabecera simplificada**

La cabecera del protocolo IPv6 ha sido simplificada removiendo toda la información innecesaria y las opciones, que están presentes en la cabecera de IPv4, al final de la cabecera de IPv6. El encabezado de IPv6 solo llega a ser el doble del tamaño de IPv4 adicionando el hecho de que la dirección IPv6 es 4 veces más grande. Este cambio permite que los *routers* procesen datagramas de manera más rápida y mejore la velocidad en general, (mIrEluCx, 2009).

**2.4.2.1 Campo *checksum* eliminado en IPv6:** IPv6 mejora los tiempos de latencia. El campo *checksum* de 16 bits que se utiliza para la verificación de errores del encabezado IP, (CISCO, 2016) ya no aparece en la cabecera IPv6. El motivo principal es la innecesaria redundancia.

En IPv4 se está facilitando la misma información de varias formas, otros mecanismos de encapsulado realizan la misma función, por ejemplo: IEEE 802 MAC, framing

PPP, capa de adaptación ATM, etc., (Ortega, 2012) y esto conlleva a menor tiempo de procesamiento en los paquetes.

### 2.4.3 Conectividad de extremo a extremo

Ahora cada dispositivo en el mundo puede disponer de una dirección IP que puede atravesar la Internet sin utilizar NAT (Network Address Translation – Traducción de direcciones de Red) u otros componentes de traducción. Después de que IPv6 sea implementada completamente, cada *Host* podrá directamente llegar hasta otro *host* en la Internet, con algunas limitaciones como políticas de red, *firewall* (cortafuegos), etc.

Para proveer mejor soporte al tráfico de tiempo real (Ej.: VoIP, IPTV), IPv6 incluye dentro de sus especificaciones el tráfico etiquetado. A través de este mecanismo, los *routers* pueden reconocer el tráfico de extremo a extremo al cual pertenecen los paquetes transmitidos. Esto es similar al servicio ofrecido por MPLS, pero esta característica ya está incluida en IPv6 y no como un adicional.

Otro de los problemas actuales tiene relación con la integridad de la señalización y la ruta de la portadora de VoIP, específicamente el hecho de que los paquetes de VoIP tienen dificultades de temporización al ser encaminados a través de corta-fuegos, no solo por las consideraciones del protocolo, sino, a nivel práctico, por problemas referidos a la traducción de direcciones de red (NAT) (Minoli. 2006: 8).

Algunos protocolos no pueden viajar a través de dispositivos NAT; dado que, NAT hace que numerosas aplicaciones, como por ejemplo VoIP, no puedan ser efectivamente utilizadas en todas las instancias. Como consecuencia estas aplicaciones pueden ser solamente usadas en el ámbito de la intranet. Algunos ejemplos incluyen:

- Aplicaciones multimedia como video-conferencia, VoIP a través de Internet o video sobre demanda / IPTV no trabajan de manera afinada a través de dispositivos NAT. Las aplicaciones multimedia hacen uso del Protocolo de Tiempo Real (RTP) y el Protocolo de Control de Tiempo Real (RTCP); a su vez, éstos utilizan UDP con asignación dinámica de puertos (NAT no admite directamente este entorno).
- La autenticación necesita la dirección fuente, desafortunadamente, la dirección fuente en la cabecera IP es a menudo modificada por el dispositivo NAT.
- IPSec es utilizada ampliamente para autenticación de datos, integridad y confidencialidad, sin embargo, cuando NAT es utilizado para la operación de IPSec se ve impactada, ya que NAT cambia la dirección en la cabecera IP, por tanto, en la práctica, no es utilizada a menos que sea el caso.

Afortunadamente, en IPv6, NAT desaparece y así también, los inconvenientes que genera.

En definitiva, no hay NAT porque todas las interfaces que acceden a Internet tienen una dirección global asignada, (Gerometta, 2015)

#### **2.4.4 Envío y enrutamiento de mayor velocidad**

Como se había mencionado, la cabecera de IPv6 coloca al final de ella la información innecesaria. La información contenida en la primera parte de la cabecera ayuda a los *router* a tomar decisiones más rápidas en función, únicamente, de la información primaria de la cabecera.

#### **2.4.5 Soporte mejorado de prioridad**

En el caso de IPv4, este utiliza 6 bits DSCP (*Differential Service Code Point* - Código de Servicio Diferencial de Punto) y 2 bits ECN (*Explicit Congestion Notification* – Notificación Explícita de Congestión) para proporcionar la característica de calidad de servicio, pero sólo podría ser utilizado si los dispositivos de extremo a extremo lo soportan, es decir, los dispositivos origen y destino y la red subyacente deben ser compatibles con él.

En IPv6, la clase de tráfico y la etiqueta de flujo son utilizadas para mostrar a los *routers* implicados la forma de procesar de manera eficiente el paquete y cómo enrutarlo. La adición del campo etiqueta de flujo en IPv6, permite identificar comunicaciones que deben ser procesadas de modo particular a lo largo de la ruta, sin necesidad de que los dispositivos intermedios procesen múltiples campos de los encabezados (Gerometta. 2016: 15) (dirección fuente, dirección destino, puerto origen, puerto destino, protocolo), ya que la información se identifica directamente por la etiqueta, lo cual reduce tiempo de procesamiento de los paquetes. La etiqueta de flujo asignada es elegida de forma pseudo aleatoria y uniforme en el rango de 1 a FFFFFF hexadecimal (IETF, 1995)

#### **2.4.6 Transición suave**

La extensa cantidad de direccionamiento dentro del protocolo IPv6 permite asignar una dirección IP única a cada dispositivo del planeta. Con esta aseveración se admite que los mecanismos como NAT para ahorrar direcciones IP ya no son requeridos. Por lo tanto, los dispositivos pueden enviar/recibir datos desde cualquier otro dispositivo. Por ejemplo, VoIP o cualquier otro flujo de datos RTP pueden ser utilizados mucho más eficientemente.

Otro aspecto es que la cabecera se encuentra menos cargada, así que los *routers* pueden tomar decisiones de reenvío tan pronto como llegan los paquetes.

## **2.5 MODOS DE DIRECCIONAMIENTO**

En las redes de computadoras, el modo de direccionamiento se refiere al mecanismo de cómo se llega a un *host* en la red. El protocolo IPv6 ofrece algunos tipos de modos con los cuales un único *host* (*unicast*) puede ser abordado en la red, más de un *host* puede ser direccionado a la vez (*multicast*) o el *host* ubicado a la distancia más cercana puede ser abordado (*anycast*).

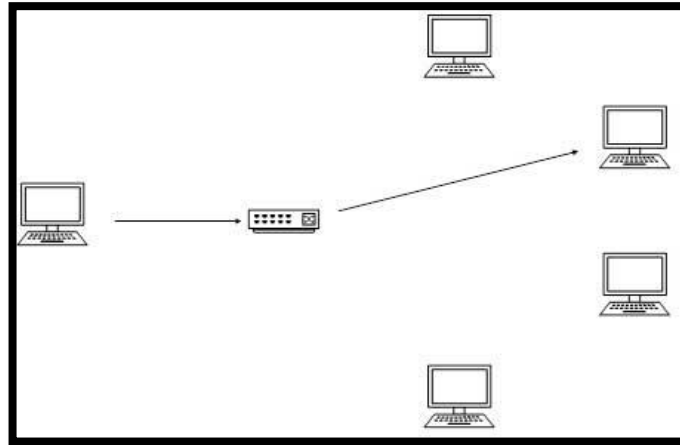
### **2.5.1 *Unicast* (unidifusión)**

En el modo *unicast* de direccionamiento, una interface (*host*) IPv6 se identifica de forma única en un segmento de red. El paquete IPv6 contiene las direcciones IP tanto de la fuente cuanto del destino. La interfaz del *host* es equipada con una dirección IP la cual es única en el segmento de red. En este ambiente de red, un *switch* o un *router* cuando reciben un paquete IP *unicast*, destinado a un solo *host* en la red, envían dicho paquete a una de sus interfaces de salida la cual conecta hacia ese *host* en particular que es el destino.

La siguiente imagen describe el funcionamiento de *unicast*:

#### **Gráfico 4: Mensajes unicast**

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 5*



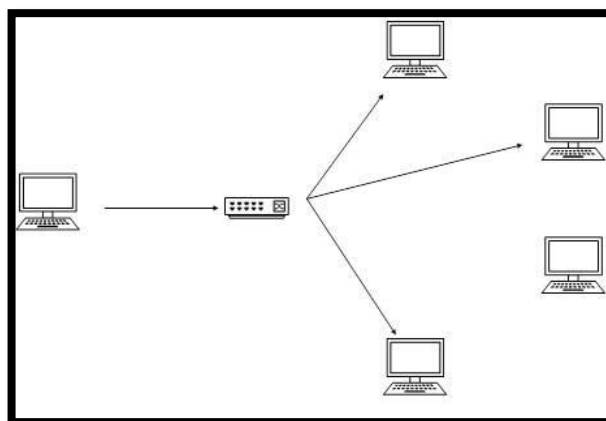
#### **2.5.2 Multicast (multidifusión)**

El modelo de *multicast* en IPv6 es el mismo que en IPv4. El paquete destinado a múltiples *hosts* es enviado a una dirección especial *multicast*. Todos los *host* interesados en esa información *multicast*, primero deben adherirse al grupo de *multicast*. Todas las interfaces que se han unido al grupo reciben el paquete *multicast* y lo procesan, mientras los *hosts* que no están interesados en los paquetes de multidifusión ignoran dicha información.

A continuación, un gráfico explicativo de *multicast*:

#### **Gráfico 5: Mensajes multicast**

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 6*

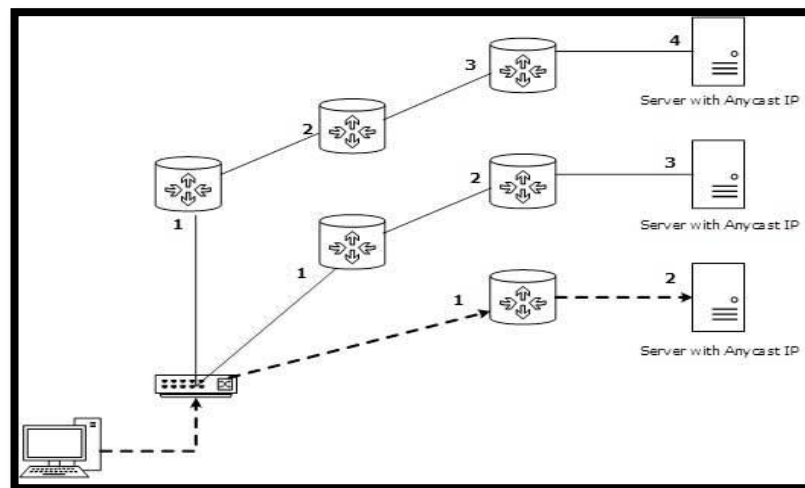


### 2.5.3 Anycast (cualquier-difusión)

IPv6 ha introducido un nuevo sistema de direccionamiento al cual se lo ha llamado direccionamiento *anycast*. En este modo de direccionamiento, múltiples interfaces (*hosts*) han sido asignadas a la misma dirección IP de *anycast*. Cuando un *host* desea comunicarse con un *host* equipado con una dirección IP de *anycast*, envía un mensaje *Unicast*. Con la ayuda de un mecanismo complejo de enrutamiento, el mensaje *Unicast* es entregado al *host* más cercano al remitente, en términos de costo de enrutamiento.

**Gráfico 6:** Mensajes *anycast*

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 6*



Un ejemplo de *anycast* se describe a continuación:

Imaginemos que los servidores Web de tutorialderedes.com se encuentran localizados en todos los continentes. Ahora, asumamos que todos los servidores tienen asignados una sola dirección IPv6 del tipo *anycast*. Entonces, cuando un usuario de América Central quiera alcanzar tutorialderedes.com, el DNS apuntará hacia el servidor que físicamente se encuentra en América Central. Si un usuario de Europa quisiera acceder al servidor tutorialderedes.com, el DNS apuntaría

únicamente al servidor que se encuentra en Europa. Más cercano o en condiciones más próximas son términos que se utilizan en la teoría de costo de ruteo.

En el gráfico 6: Mensajes *anycast*, cuando un cliente trata de alcanzar al servidor, la solicitud es enviada al servidor con menor costo de ruteo.

## 2.6 SISTEMA DE NUMERACIÓN HEXADECIMAL

Antes de adentrarse en el estudio del formato de las direcciones IPv6, se debe realizar una revisión del sistema de numeración hexadecimal. Este sistema de numeración tiene base 16. Para representar valores en un formato legible, se utilizan símbolos del 1 al 9 para representar valores del uno al nueve y símbolos de la “A” a la “F” para representar valores del diez al quince.

*Tabla 5: Equivalencias binario, decimal, hexadecimal*

<b>Decimal</b>	<b>Binario</b>	<b>Hexadecimal</b>
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

## 2.7 ESTRUCTURA DE LAS DIRECCIONES

Una dirección IPv6 está conformada de 128 bits divididos en ocho bloques de 16 bits. Cada bloque es entonces convertido en un número hexadecimal de 4 dígitos separados por el símbolo dos puntos (:).

Por ejemplo, la siguiente dirección IPv6 de 128 bits es representada en formato binario y dividida en ocho bloques de 16 bits:

0010000000000001	0000000000000000	0011001000110100	11011111111100001
0000000001100011	0000000000000000	0000000000000000	1111111011111011

Cada bloque es luego convertido en Hexadecimal y separado por el símbolo

“:”, así:

2001:0000:3238:DFE1:0063:0000:0000:FEFB

Incluso después de convertir al formato hexadecimal, la dirección IPv6 permanece extensa. IPv6 provee algunas reglas para acortar las direcciones, estas reglas son:

**Regla 1:** Descartar el o los ceros que quedan a la izquierda

En el bloque número 5 del ejemplo planteado, los dos ceros de la izquierda, pueden ser omitidos, así:

2001:0000:3238:DFE1:63:0000:0000:FEFB

**Regla 2:** Si dos o más bloques contienen ceros consecutivos, omitirlos a todos y reemplazar con doble signo de “dos puntos”, así los bloques 6 y 7 del ejemplo serían:

2001:0000:3238:DFE1:0063::FEFB

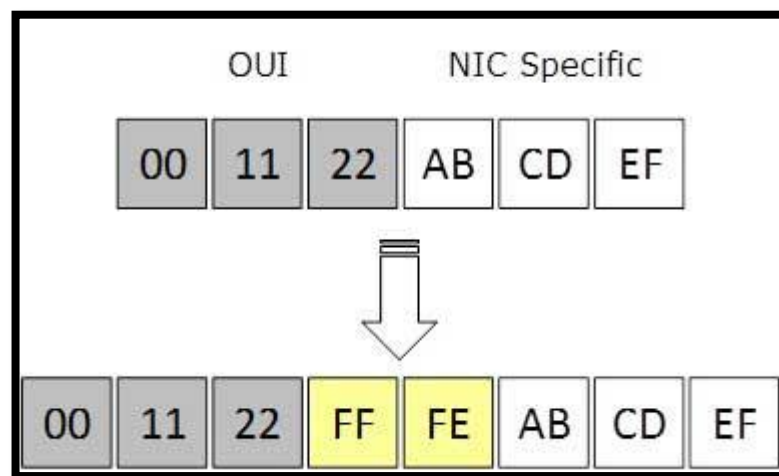
### 2.7.1 Identificación de Interfaz

IPv6 tiene tres diferentes tipos de esquemas de direccionamiento *Unicast* (Unidifusión). La segunda mitad de la dirección, es decir los últimos 64 bits, son siempre utilizados para la identificación de la interfaz (*Interfaz ID*). La dirección MAC de un dispositivo está compuesta de 48 bits y representada en hexadecimal. La dirección MAC se considera asignada como única en todo el mundo, es decir, dos dispositivos de red no pueden tener la misma dirección MAC. La identificación de interfaz (*Interfaz ID*) toma ventaja de esta característica. Un *host* puede auto-

configurar su *Interfaz ID* usando el formato de identificador único extendido (*Extended Unique Identifier*) EUI-64. Primero, un *host* divide su propia dirección MAC en dos mitades de 24 bits. Luego el valor hexadecimal 0xFFFE es introducido entre esas mitades de dirección MAC, resultando una *Interface ID* de 64 bits.

**Gráfico 7: EUI-64 Interface ID**

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 9*

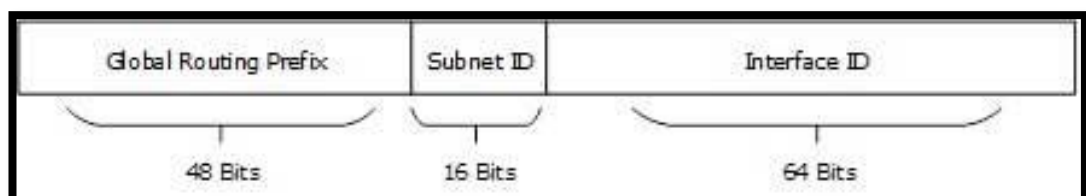


### 2.7.2 Dirección *Unicast* Global

Este tipo de dirección es equivalente a una dirección IPv4 pública. En IPv6 las direcciones *Unicast* Globales (*Global Unicast*) son mundialmente identificables y direccionables de manera única.

**Gráfico 8: Global Unicast Address**

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 10*



**2.7.2.1 Prefijo global de Ruteo (*Global Routing Prefix*):** Los 48 bits más significativos están designados como *Global Routing Prefix* el cual está asignado a

un sistema autónomo específico. Los tres bits más significativos del *Global Routing Prefix* siempre serán 001.

### 2.7.3 Dirección de Enlace Local (*Link-Local Address*)

La dirección IPv6 auto-configurada es conocida como dirección de enlace local o *Link-Local address*. Esta dirección siempre empieza con FE80. Los primeros 16 bits de la dirección *Link-Local* siempre están establecidos como 1111 1110 1000 0000 (FE80).

Los siguientes 48 bits son establecidos en cero (0), así:

1111 1110 1000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000	Interfaz ID
---	-------------

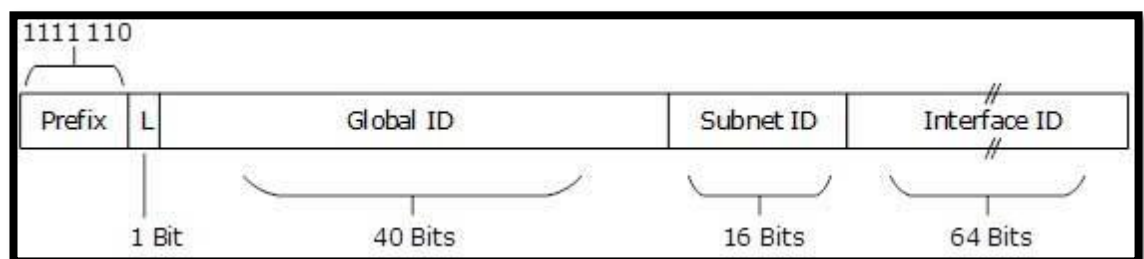
Las direcciones de enlace local son usadas para comunicación entre hosts IPv6 en un enlace (segmento de *broadcast*) solamente. Estas direcciones no son enrutables por tanto un *router* nunca enviará estas direcciones fuera del enlace.

### 2.7.4 Dirección Local Única (*Unique-Local Address*)

Este tipo de dirección IPv6 que, aunque está pensada globalmente como única, debe ser utilizada en comunicaciones locales. Esta dirección tiene la segunda mitad del *ID* de interfaz y la primera mitad se divide entre Prefijo, Bit local, *Global ID* y el *ID* subred.

**Gráfico 9:** *Unique-Local Address*

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 11*

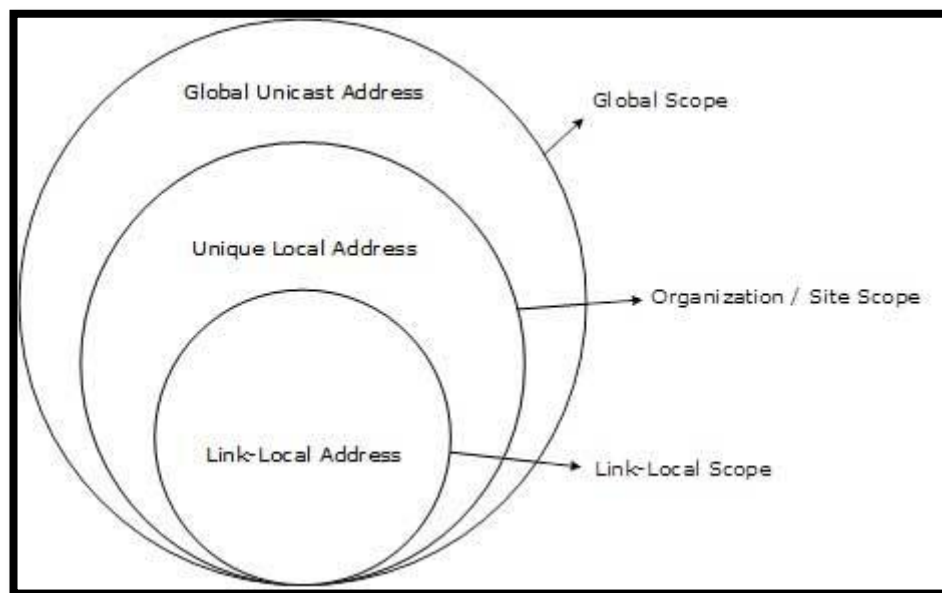


El prefijo siempre será establecido en 1111 110. El bit L, si está establecido en 1 significa que la dirección fue asignada localmente. Hasta ahora, si L = 0, no tiene significado alguno. Por tanto, la dirección local única (*Unique-Local Address*) siempre empieza con “FD”.

### 2.7.5 **Ámbito de direcciones IPv6 de unicast:**

El ámbito de las direcciones de enlace local está limitado al segmento. Las direcciones Locales Únicas están pensadas de manera global pero no son ruteadas hacia Internet, limitando su ámbito únicamente al perímetro organizacional. Las direcciones Globales *Unicast* son mundialmente únicas y reconocibles. Estas componen esencialmente el direccionamiento de Internet versión 2.

**Gráfico 10:** *Ámbito de direcciones IPv6 de unicast*  
Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 11*



### 2.7.6 **Direccionamiento Especial**

La versión 6 tiene una estructura ligeramente más compleja de direcciones IP que la versión IPv4. IPv6 ha reservado algunas direcciones y notación de direcciones para propósitos especiales. La tabla siguiente muestra algunas de ellas:

**Tabla 6:** *Direccionamiento especial IPv6*

<b>Direcciones IPv6</b>	<b>Significado</b>
:: / 128	Direcciones inespecíficas
:: / 0	Ruta por defecto
:: 1 / 128	Dirección de <i>loopback</i>

Como se muestra en la tabla anterior, la dirección 0:0:0:0:0:0:0:0/128 no especifica nada y se dice que es una dirección inespecífica. Después de simplificar todos los ceros se compacta a :: / 128.

En IPv4, la dirección 0.0.0.0 con máscara 0.0.0.0 representa la ruta por defecto. El mismo concepto es aplicado a IPv6, donde la dirección 0:0:0:0:0:0:0:0 con máscara de red todos ceros, representa la ruta por defecto. Después de aplicar la regla de simplificación de IPv6 esta dirección se comprime a ::/0.

La dirección de *loopback* en IPv4 está representada por la serie de 127.0.0.1 a 127.255.255.255.255. Pero en IPv6, solo la dirección 0:0:0:0:0:0:0:1/128 representa al *loopback*. Después de simplificar la dirección de *loopback*, puede ser representada como ::1/128.

**Tabla 7:** *Direcciones multicast reservadas para protocolos de enrutamiento*

<b>Dirección IPv6</b>	<b>Ámbito</b>
FF02 :: 5	OSPFv3
FF02 :: 6	OSPFv3 <i>Routers Designados</i>
FF02 :: 9	RIPng
FF02 :: A	EIGRP

La tabla anterior muestra las direcciones *multicast* reservadas para usar al interior del protocolo de enrutamiento. Todas las direcciones están reservadas de manera similar en IPv4.

### 2.7.7 Direcciones *Multicast* reservadas para *Routers* / *Nodos*:

*Tabla 8: Direcciones multicast reservadas para routers / nodos*

Dirección IPv6	Ámbito
FF01 :: 1	Todos los nodos de la interfaz local
FF01 :: 2	Todos los <i>routers</i> de la interfaz local
FF02 :: 1	Todos los nodos en el enlace local
FF02 :: 2	Todos los <i>routers</i> en el enlace local
FF05 :: 2	Todos los <i>routers</i> en el sitio local

Estas direcciones ayudan a los *routers* y *hosts* a hablar con los *routers* y *host* disponibles en un segmento sin ser configurados con una dirección IPv6. Los *hosts* utilizan la auto-configuración base EUI-64 para configurarse a sí mismo una dirección IPv6 y luego hablar con los *hosts* y *routers* disponibles en el segmento por medio de estas direcciones.

## 2.8 CABECERA IPv6

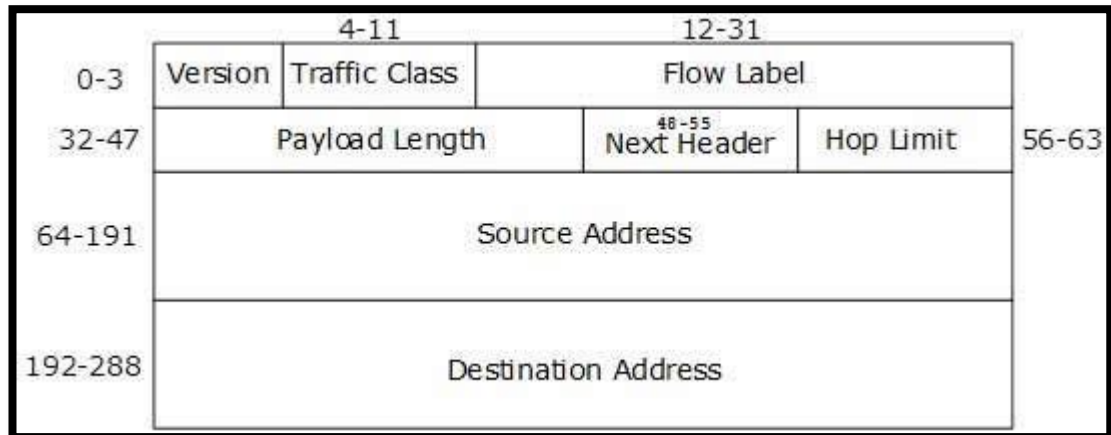
Lo mejor del nuevo protocolo IPv6 es sin duda alguna su cabecera. Las direcciones IPv6 son 4 veces más grandes que IPv4, pero la cabecera de IPv6 es tan solo dos veces mayor que la de IPv4. Las cabeceras de IPv6 tienen un segmento de cabecera fijo y cero o más cabeceras opcionales, las cuales son llamadas extensiones. Toda la información necesaria la cual es esencial para el *router*, se encuentra en la cabecera fija. Las cabeceras de extensión contienen información opcional la cual ayuda al *router* a entender cómo manejar el flujo de paquetes.

### 2.8.1 Cabecera fija

La cabecera fija de IPv6 tiene 40 bytes de longitud y contiene la siguiente información:

### Gráfico 11: Cabecera fija de IPv6

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 14*



**2.8.1.1 Versión (Version):** Tiene una extensión de 4 bits. Representa la versión del protocolo de Internet. Ejemplo 0110: Versión 6.

**2.8.1.2 Clase de Tráfico (Traffic Class):** Tiene una longitud de 8 bits. Estos 8 bits están divididos en dos partes. Los 6 bits más significativos son usados para definir el tipo de servicio, el cual dice al *router* qué servicios deben ser provistos a dicho paquete. Los 2 bits menos significativos son usados por ECN (Explicit Congestion Notification – Notificación Explícita de Congestión).

**2.8.1.3 Etiqueta de Flujo (Flow Label):** Longitud de 20 bits. Esta etiqueta es utilizada para mantener el flujo secuencial de los paquetes pertenecientes a una comunicación. La fuente etiqueta la secuencia la cual ayuda al *router* a identificar que el paquete pertenece a un determinado flujo de información. Este campo ayuda a evitar el re-ordenamiento de los paquetes de datos. Está diseñado para transmisión de paquetes RTP (*Real Time Protocol* – Protocolo de Tiempo Real) como VoIP, Telefonía IP, Video Conferencia, Video Vigilancia IP entre otros.

**2.8.1.4 Longitud de la carga (Payload Length):** Su extensión es de 16 bits. Este campo es utilizado para decir a los *routers* cuánta información contiene un

determinado paquete en su carga. La carga está compuesta de cabeceras de extensión y datos de capa alta. Con 16 bits, hasta 65535 *bytes* pueden ser indicados, pero, si la cabecera de extensión contiene una cabecera *Hop-by-Hop* entonces la carga puede exceder esos 65535 bytes y su campo será establecido en cero.

**2.8.1.5 Siguiete encabezado (*Next Header*):** Tiene una longitud de 8 bits. Este campo es utilizado para indicar tanto el tipo de cabecera de extensión o, cuando la cabecera de extensión no está presente entonces indica la PDU (*Packet Data Unit*) de capa superior. Los valores de los tipos de PDU de capa superior son los mismos que en el protocolo IPv4.

**2.8.1.6 Límite de saltos (*Hop Limit*):** Este campo es utilizado para detener el bucle infinito de un paquete dentro de la red. Es lo mismo que TTL (*Time To Live*) en el protocolo IPv4. El valor de límite de saltos es disminuido cada vez que este paquete pasa a través de un enlace (*router* / salto). Cuando el campo llega a cero, el paquete es descartado.

**2.8.1.7 Dirección Fuente (*Source Address*):** Tiene una longitud de 128 bits. Este campo indica la dirección de quien origina el paquete.

**2.8.1.8 Dirección Destino (*Destination Address*):** Posee una extensión de 128 bits. Provee la dirección del destinatario del paquete.

## **2.8.2 Cabeceras de Extensión**

En IPv6, la Cabecera Fija contiene únicamente información que es necesaria y evita información que no es requerida o poco utilizada. Toda esa información es colocada entre la Cabecera Fija y la Cabecera de Capa Superior en forma de Cabecera de Extensión. Cada Cabecera de Extensión es identificada a través de un valor distintivo.

Cuando las cabeceras de extensión son utilizadas, los campos *Next Header* de las cabeceras fijas IPv6, apuntan a la cabecera de extensión. Si existe una o más cabeceras de extensión, entonces el primer campo *Next Header* de la cabecera de extensión apuntará al segundo campo y así sucesivamente. El último campo *Next Header* de la cabecera de extensión apunta a la cabecera de capa superior. Así, todos los encabezados apuntarán al siguiente, en una forma lista enlazada.

Si el campo *Next Header* contiene el valor 59, esto indica que no hay encabezado después de ese encabezado, ni tampoco cabecera de capa superior.

La siguiente cabecera de extensión es definida en la RFC 2460:

**Tabla 9:** Descripción de cabeceras de extensión y valores de *Next Header*  
 Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6,*  
 Página 14

<b>Cabecera de Extensión</b>	<b>Valor de <i>Next Header</i></b>	<b>Descripción</b>
Cabecera de opciones Hop-by-Hop	0	Leído por todos los dispositivos en el tránsito de la red.
Cabecera de enrutamiento	43	Contiene los métodos para tomar las decisiones de enrutamiento.
Cabecera de Fragmento	44	Contiene los parámetros del datagrama de fragmentación
Cabecera de opciones de destinatario.	60	Leído por los dispositivos de destino.
Cabecera de autenticación.	51	Información con respecto a la autenticidad.
Cabecera de carga de encapsulamiento de seguridad.	50	Información de encriptamiento.

La secuencia de las Cabeceras de Extensión suele ser:

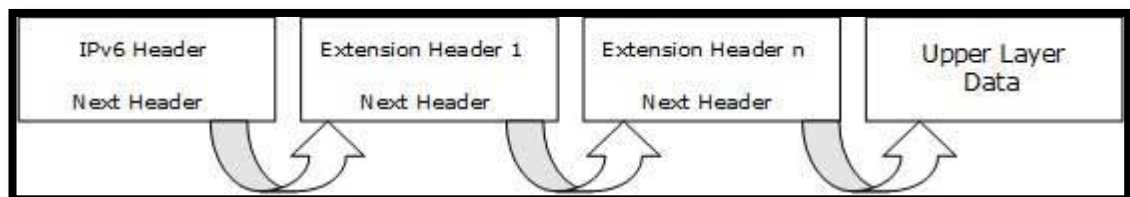
Cabecera IPv6
Cabecera de opciones Hop-by-Hop
Cabecera de opciones de Destino ( <b>Nota 1</b> )
Cabecera de enrutamiento
Cabecera de Fragmento
Cabecera de Autenticación
Cabecera de Carga de Encapsulamiento de Seguridad
Cabecera de Opciones de Destino ( <b>Nota 2</b> )
Cabecera de Capa Superior

1: Debe ser procesado por el primer y subsecuente destino.

2: Debe ser procesado por el destino final.

Los encabezados de extensión están arreglados uno después del otro, a manera de una lista enlazada, como se describe en el diagrama siguiente:

**Gráfico 12:** Formato de encadenamiento de las cabeceras de extensión  
 Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 16*



## 2.9 COMUNICACIÓN

En IPv4, un *host* el cual quiere comunicarse con algún otro *host* en la red, necesita primero tener una dirección IP adquirida ya sea a través de un servidor DHCP o configurada de manera manual. Tan pronto como el equipo disponga de la dirección IP válida, será capaz de hablar con cualquier *host* en la red. Para comunicarse a través de capa 3, un *host* también debe conocer la dirección IP del otro *host*. La comunicación sobre un enlace, es establecida por medio de la dirección MAC embebida en el *hardware*. Para conocer la dirección MAC de los equipos de

los cuales se sabe la dirección IP, un *host* envía un *broadcast* de ARP (*Address Resolution Protocol*) y como respuesta, el *host* de interés envía su dirección MAC.

En IPv6, no existe un mecanismo de *broadcast*. No es obligatorio para un *host* habilitado para IPv6 el obtener una dirección IP de un servidor DHCP o de manera manual, ya que este puede auto-configurar su propia dirección IP. Entonces, a la pregunta de ¿cómo un *host* puede comunicarse con otros en una red habilitada para IPv6?, podemos responder que el protocolo ARP ha sido reemplazado por ICMPv6 *Neighbor Discovery Protocol* (Protocolo de Descubrimiento de Vecinos).

### **2.9.1 Protocolo de Descubrimiento de Vecinos (*Neighbor Discovery Protocol*)**

Un *host* en una red habilitada para IPv6 es capaz de auto-configurarse a sí mismo con una dirección única de enlace local. Tan pronto como tiene una dirección IPv6, este se une a numerosos grupos *multicast*. Todas las comunicaciones relacionadas a ese segmento suceden en esas direcciones *multicast* solamente. Un *host* atraviesa algunos estados en IPv6, a saber:

- **Solicitud de Vecino (*Neighbor Solicitation*):** Después de configurar todas las IPv6 sea de manera manual, con un servidor DHCP o, por auto-configuración, el *host* envía un mensaje de “solicitud de vecino” a la dirección *multicast* FF02::1/16 para todas sus direcciones IPv6. Con esto determina que nadie ocupa una misma dirección.
- **DAD (*Duplicate Address Detection* – Detección de Dirección Duplicada):** Cuando un *host* no escucha nada en el segmento respecto de su mensaje de solicitud de vecino, este asume que no existen direcciones duplicadas en el segmento.

- **Anuncio de Vecino (*Neighbor Advertisement*):** Después de asignar la dirección a sus interfaces, levantarlas y ponerlas en servicio, el *host* una vez más envía un mensaje de *Neighbor Advertisement* diciéndoles a todo el resto de *hosts*, que él se ha asignado esas IPv6 a sus interfaces.

Una vez que el *host* ha terminado la configuración de sus direcciones IPv6, este realiza las siguientes tareas:

- **Solicitud de Router (*Router Solicitation*):** Un *host* envía un paquete *multicast* (FF02::2/16) de solicitud de *router* en su segmento para conocer si existe algún equipo *router*. Esto ayuda al *host* a configurar la dirección del posible *router* de segmento como su dirección de puerta de enlace predeterminado. Si este *router* deja de trabajar, el *host* puede cambiarse a otro *router* y convertirlo en su nueva puerta de enlace predeterminado.
- **Anuncio de Router (*Router Advertisement*):** Cuando un *router* recibe un mensaje de solicitud de *router*, este responde de regreso, para anunciarse ante la solicitud del *host*, en ese enlace.
- **Redirección (*Redirect*):** Esta puede ser la situación en que un *router* recibe una Solicitud de *Router*, pero él sabe que no es la mejor puerta de enlace para ese host. En esta situación, el *router* avisa a ese *host* que existe disponible un mejor *router* de “next-hop (próximo salto)”.

## 2.10 SUBNETTING

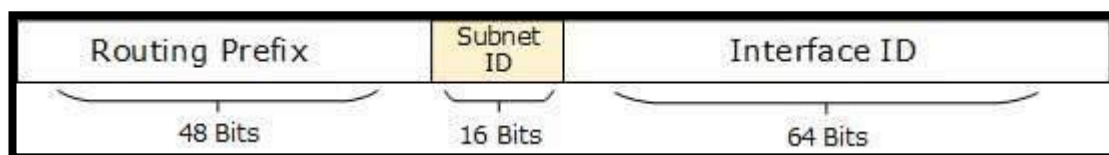
En IPv4, las direcciones fueron creadas en clases. Las direcciones IPv4 con clase claramente definen el bit usado para los prefijos de red y el bit usado por los *hosts* en la red. Para hacer subredes en IPv4 nos valemos de la máscara de clase por

defecto la cual permite pedir prestado bit de *hosts* para ser utilizados como bits de subred. Esto resulta en múltiples subredes, pero menor número de *hosts* por subred.

Las direcciones IPv6 utilizan 128 bits para representar una dirección la cual incluye bits que serán usados para hacer subredes. La segunda mitad de la dirección (los 64 bits menos significativos) es siempre utilizada para *Host* únicamente.

### **Gráfico 13: Subredes de IPv6**

*Recuperado de: Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 19*



Los 16 bits del campo *Subnet* (Subred) equivalen a una red clase B de IPv4. Utilizando estos bits de subred, una organización puede tener más de 65 mil subredes las cuales son más que suficientes.

Por lo tanto, el prefijo de enrutamiento /64 y la porción de host es de 64 bits. Sin embargo, se puede dividir en subredes más allá de los 16 bits del identificador de subred (*Subnet ID*), tomando prestado bits de los *hosts*, pero, se recomienda que los 64 bits siempre sean utilizados para las direcciones de *hosts* porque la auto-configuración requiere de 64 bits.

Las subredes en IPv6 trabajan bajo el mismo concepto de enmascaramiento de subredes de longitud variable en IPv4.

El prefijo /48 puede ser usado en un organización proveyendo los beneficios de tener hasta subredes de prefijo /64, las cuales serían 65535 subredes, cada una teniendo 264 *host*. Un prefijo /64 puede ser asignado a una conexión punto – punto, donde hay solo dos *hosts* en un enlace.

## 2.11 IPv4 A IPv6

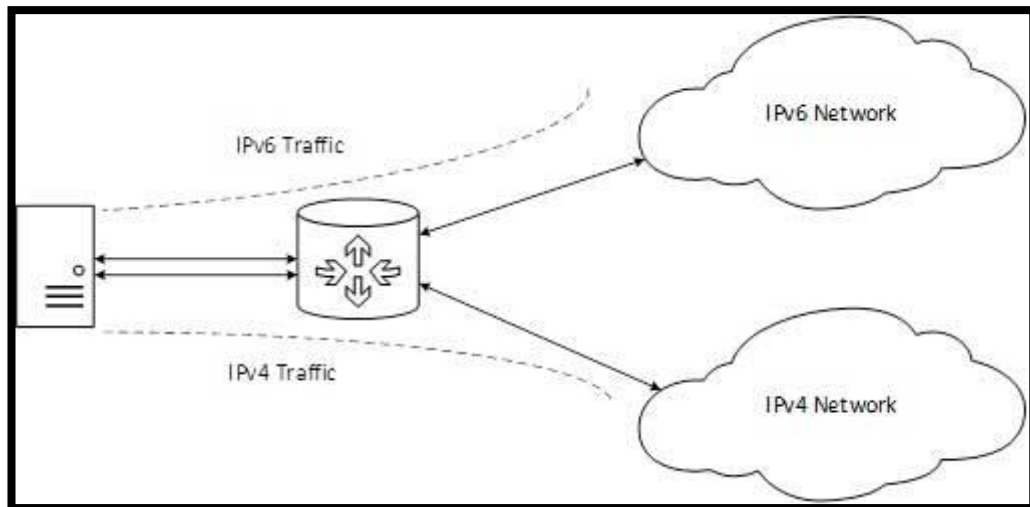
Un problema en la transición completa de IPv4 a IPv6 es que IPv6 no es compatible hacia atrás. A diferencia de la implantación de otras nuevas tecnologías, donde lo nuevo es compatible hacia atrás, con los sistemas antiguos para que se pueda seguir trabajando sin cambios mayores, en IPv6 esto no ocurre; lo que resulta en una situación donde un sitio es IPv6 o no lo es.

### 2.11.1 Doble Pila de Router (*Dual Stack Router*)

Un *router* puede ser instalado con direcciones IPv4 e IPv6 configuradas en sus interfaces y apuntando a la red de un esquema IP relevante.

**Gráfico 14:** Doble pila de router

Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 20*



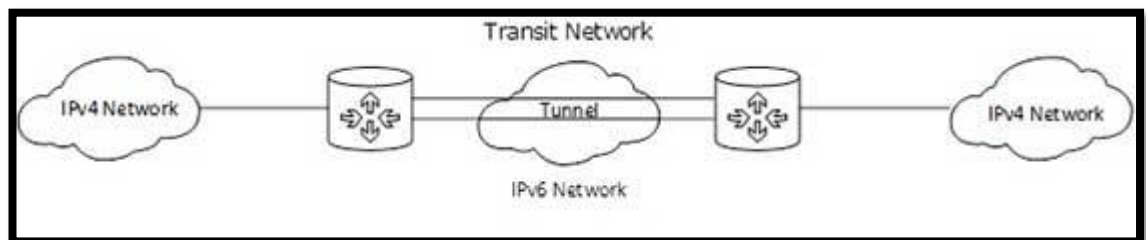
En el gráfico anterior, un servidor el cual tiene tanto direcciones IPv4 cuanto IPv6 configuradas podrá comunicarse con los *hosts* de las redes IPv4 e IPv6 con la ayuda de *Dual Stack Router*. El *Dual Stack Router* puede comunicarse con ambas redes y proveer un medio para que los *hosts* accedan al servidor sin cambiar sus respectivas versiones de IP.

### 2.11.2 Tunelizado

En un escenario donde diferentes versiones de IP existen en una ruta intermedia o red de tránsito, el tunelizado provee la mejor solución donde los datos de usuario pueden pasar a través de sin importar la versión de IP.

**Gráfico 15: Tunelizado**

*Recuperado de: Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 21*



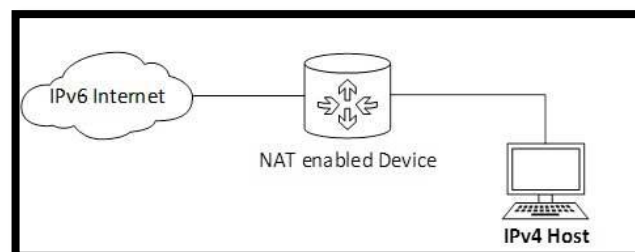
El diagrama anterior demuestra como dos redes IPv4 remotas pueden comunicarse a través del túnel, donde la red de tránsito es un IPv6.

### 2.11.3 Protocolo de Traducción NAT

Otro método importante en la transición hacia IPv6 es por medio de NAT-PT (*Network Address Translation – Protocol Translation*) habilitado en el dispositivo. Con la ayuda del dispositivo NAT-PT, la conversión sucede entre los paquetes IPv6 e IPv4 y viceversa. Mirar el diagrama siguiente:

**Gráfico 16: NAT-PT**

*Recuperado de: Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 21*



Un host con una dirección IPv4 envía una petición a un servidor habilitado para IPv6 en Internet el cual no entiende direcciones IPv4. En este escenario un dispositivo NAT-PT puede ayudar a comunicarlos. Cuando el *host* IPv4 envía una

solicitud de paquetes al servidor IPv6, el dispositivo/*router* NAT-PT, modifica el paquete IPv4, remueve la cabecera de IPv4 y adiciona una cabecera IPv6 y pasa a través de Internet. Cuando el servidor con IPv6 responde hacia el host IPv4, el *router* hace el trabajo inverso.

## 2.12 MOVILIDAD

Cuando un *host* es conectado en una red, este adquiere una dirección IP y toda la comunicación sucede utilizando esa dirección IP en el enlace. Tan pronto como ese mismo *host* cambia físicamente de ubicación, esto es, se mueve a un área diferente (subred, red, enlace), su dirección IP cambia y toda la comunicación que sucedía en el *host* usando la dirección IP antigua, se cae.

La movilidad de IPv6 provee un mecanismo el cual equipa a un *host* con la habilidad de recorrer entre diferentes enlaces sin perder ninguna conexión ni tampoco su dirección IP.

Múltiples entidades están envueltas en esta tecnología:

- **Nodo Móvil (*Mobile Node*):** El dispositivo que requiere de movilidad IPv6.
- ***Home Link*:** Este enlace es configurado con el prefijo de subred de la red de inicio (*home*) y esta es donde el dispositivo móvil IPv6 adquiere su dirección inicial (*home address*).
- ***Home Address (Dirección Local Permanente)*:** Es la dirección que el nodo móvil adquiere de *Home Link*. Si el dispositivo móvil permanece en el mismo *Home Link*, la comunicación entre varias entidades ocurre como usualmente se efectúa.
- ***Home Agent*:** Este es un *router* el cual actúa como registrador de los Nodos Móviles. El *Home Agent* está conectado al *Home Link* y mantiene

información sobre todos los Nodos Móviles, sus *Home Address* y sus direcciones IP actuales.

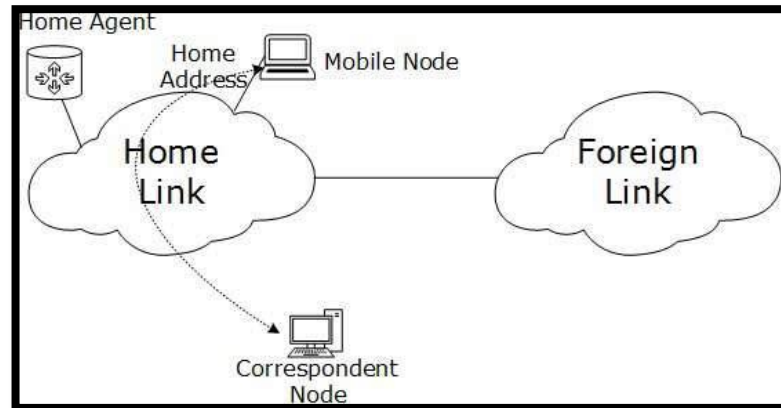
- ***Foreing Link* (Enlace Foráneo):** Visto desde el lado del Nodo Móvil, cualquier otro enlace que no se a su *Home Link*.
- ***Care-of Address* (Dirección Dinámica de Visita):** Cuando un nodo móvil se adjunta a un enlace foráneo (*foreing link*), este adquiere una nueva dirección IP de esa subred del enlace externo (foráneo). El *router Home Agent* mantiene la información de la dirección original (*Home Address*) y de la dirección dinámica (*Care-of Address*). Múltiples direcciones dinámicas pueden ser asignadas a un nodo móvil, pero en cualquier instancia, solo una dirección dinámica (*Care-of Address*) está ligada a la dirección local (*Home Address*).
- **Nodo Correspondiente:** Cualquier dispositivo IPV6 el cual intente establecer comunicación con el Nodo Móvil.

### 2.12.1 Operación de Movilidad

Cuando un Nodo Móvil permanece en su enlace local (*Home Link*), todas las comunicaciones suceden en su dirección local (*Home Address*). Como se muestra a continuación:

**Gráfico 17: Nodo Móvil conectado al Home Link**

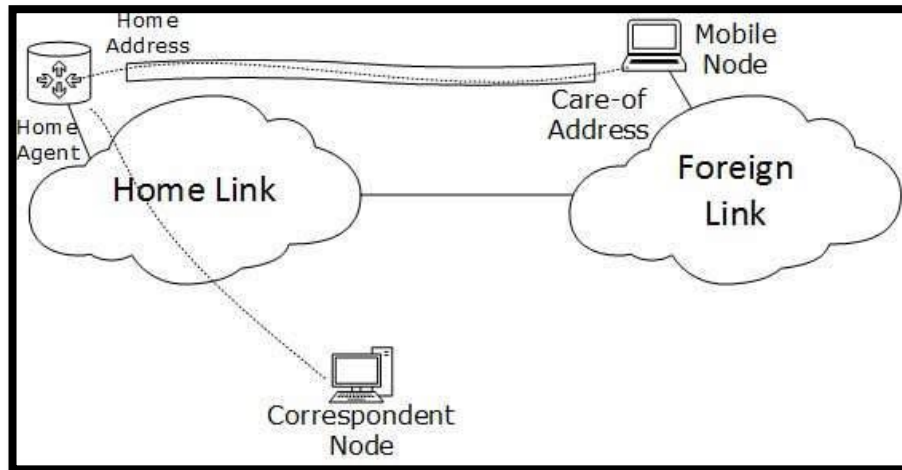
Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 23*



Cuando un Nodo Móvil deja su *Home Link* y se conecta a algún enlace externo (*Foreign Link*), la característica de movilidad de IPv6 entra en juego. Después de conectarse al enlace externo, el nodo móvil adquiere una dirección IPv6 desde el enlace externo. Esta dirección es llamada dirección dinámica (*Care-of Address*). El nodo móvil envía una petición de unión a su router *Home Agent* con la nueva dirección *Care of Address*. El *Home Agent* une la dirección local (*Home Address*) del nodo móvil con la dirección dinámica (*Care of Address*), estableciendo un túnel entre ambas.

Cuando un nodo correspondiente trata de establecer conexión con el nodo móvil (en su *Home Address*), el *Home Agent* intercepta el paquete y lo reenvía a la dirección dinámica del nodo móvil sobre el túnel que fue previamente establecido.

**Gráfico 18:** Nodo Móvil conectado a un enlace externo  
Recuperado de: *Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6, Página 23*



### 2.12.2 Optimización de Ruta

Cuando un Nodo Correspondiente inicia comunicación enviando paquetes al nodo móvil en su *Home Address*, estos paquetes son tunelizados hacia el nodo móvil por el *Home Agent*. En el modo de optimización de ruta, cuando el nodo móvil recibe un paquete desde el No Correspondiente, este no envía una respuesta al *Home Agent*. En lugar de eso, envía directamente su paquete al nodo correspondiente usando su *Home Address* como dirección fuente. Este modo es opcional y no es usado por defecto.

### 2.13 RUTEO

Los conceptos de ruteo permanecen iguales en el caso de IPv6, pero, casi todos los protocolos de ruteo han sido redefinidos. Se ha mencionado en el apartado Protocolo de Comunicación IPv6, como los *Hosts* hablan a las puertas de enlace predeterminado (*gateways*). El ruteo es el proceso de enviar datos ruteables (ya que existen datos que no se pueden rutear como se había mencionado antes) escogiendo

el mejor camino entre muchos disponibles. Un *router* es un dispositivo el cual reenvía datos los cuales no están explícitamente destinados hacia él.

Existen dos formas de protocolos de enrutamiento, a saber:

- **Protocolo de Enrutamiento del Vector Distancia:** Un router que corre el protocolo de vector distancia anuncia sus rutas conectadas y aprende nuevas rutas de sus vecinos. El costo de enrutamiento para alcanzar un destino es calculado por medio de los saltos entre la fuente y el destino. Un *router* generalmente se basa en sus vecinos para la selección de la mejor dirección, también conocido como “enrutamiento por rumores”. RIP y BGP son protocolos de vector distancia.
- **Protocolo de Enrutamiento de Estado del Enlace:** Este protocolo reconoce el estado de un enlace y lo anuncia a sus vecinos. La Información sobre los nuevos enlaces se aprende de los *routers* vecinos. Después de que toda la información de enrutamiento se ha convergido, el Protocolo de Enrutamiento de Estado del Enlace utiliza su propio algoritmo para calcular la mejor ruta para todos los enlaces disponibles. OSPF e IS-IS son los protocolos de enrutamiento de estado de enlace y ambos utilizan el algoritmo de Dijkstra para la ruta más corta primero.

Los protocolos de enrutamiento pueden ser divididos en dos categorías:

- **Protocolos de Enrutamiento Interno:** Los protocolos en esta categoría son usados en un sistema autónomo o en una organización para distribuir las rutas entre todos los *routers* dentro del perímetro. Ejemplos: RIP, OSPF.

- **Protocolo de Enrutamiento Exterior:** Un protocolo de enrutamiento exterior distribuye información de enrutamiento entre dos sistemas autónomos diferentes u organizaciones. Ejemplos: BGP.

### 2.13.1 Protocolos de Enrutamiento

Existen diversos protocolos de enrutamiento. Se tratarán a continuación los más utilizados en las organizaciones:

- **RIPng:** Protocolo de Información de Enrutamiento de próxima generación (*Routing Information Protocol Next Generation*). Se trata de un protocolo de enrutamiento interior y es corresponde a los del tipo vector de distancia. RIPng se ha actualizado para soportar IPv6.
- **OSPFv3:** La versión 3 de OSPF es un protocolo de enrutamiento interior el cual ha sido modificado para soportar IPv6. Este es un protocolo de Estado – Enlace y usa el algoritmo de Dijkstra para calcular la mejor ruta.
- **BGPv4:** Sus siglas representan *Border Gateway Protocol*. Es la única norma de Protocolo *Gateway* Exterior de código abierto disponible. BGP es un protocolo de vector de distancia que tiene como métrica de cálculo un Sistema Autónomo, en lugar de un número de *routers* como salto. BGPv4 es una actualización de BGP para soportar el enrutamiento de IPv6.

### 2.13.2 Protocolos modificados para soportar IPv6

- **ICMPv6:** El protocolo de control de mensajes de Internet, en su versión 6, es una actualización de ICMP para soportar los requerimientos de IPv6. Este protocolo es utilizado para funciones de diagnóstico, mensajes de información y errores y, propósitos estadísticos. El protocolo de

Descubrimiento de Vecinos ICMPv6 reemplaza a ARP y ayuda a descubrir vecinos y *routers* en el enlace.

- **DHCPv6:** Es una implementación de DHCP. Aunque los *hosts* habilitados para IPv6 no requieren ningún servidor DHCPv6 para adquirir una dirección IP ya que se pueden auto-configurar. Tampoco necesitan del DHCPv6 para localizar el servidor DNS porque el DNS puede ser descubierto y configurado a través de ICMPv6. Todavía el servidor DHCPv6 puede ser utilizado para proveer de toda esa información.
- **DNS:** No existe una nueva versión de DNS pero ahora está equipada con extensiones para proveer soporte para consultas de direcciones IPv6. Un nuevo registro AAAA (cuádruple A) ha sido añadido para responder a los mensajes consulta de IPv6. Ahora el DNS puede responder tanto con versiones IP 4 y 6 sin ningún cambio en el formato de consulta.

## 2.14 FUTURO DE IPv6

IPv6 habilita a la versión 2 de Internet para reemplazar a la Internet IPv4 de nuestros días. Cuando Internet fue lanzado con IPv4, los países desarrollados como Estados Unidos y algunos de Europa tomaron grandes espacios de IPv4 para desarrollar Internet en sus respectivos países teniendo presente las necesidades futuras. Pero Internet explotó en todas partes alcanzando y conectando a todos los países del mundo, aumentando así el requerimiento de espacio de direcciones IPv4.

Como resultado, hasta el día de hoy los Estados Unidos y Europa tienen mucho del espacio de direcciones IPv4 y países como India y China están obligados a hacer frente a su necesidad de espacio IP por medio del despliegue de IPv6.

La mayor parte del despliegue de IPv6 se está haciendo fuera de los Estados Unidos y Europa. India y China se están adelantando para cambiar la totalidad de su espacio a IPv6. China ha anunciado un plan de despliegue de cinco años llamado: China, Internet de próxima generación.

Después del 6 de junio de 2012 todos los principales ISP se cambiaron a IPv6 y el resto de ellos todavía se está moviendo.

IPv6 proporciona un amplio espacio de direcciones y está diseñado para ampliar los servicios de Internet de hoy en día. La versión 2 de Internet, rica en características compatibles con IPv6, puede entregar más de lo esperado.

## **2.15 IMPLEMENTACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EN IPv6**

De manera conceptual, se define a la Calidad de Servicio (QoS) como la capacidad de una red para proporcionar diversos niveles de servicio a los diferentes tipos de tráfico. A través de los mecanismos de QoS se asegura la correcta entrega de los paquetes IP, dando prioridad a las aplicaciones de Misión Crítica, donde se comparten a la par los recursos con aplicaciones no críticas. QoS hace la diferencia al proveer un uso eficiente de los recursos en caso de presentarse congestión en la red, seleccionando un tráfico específico de ésta, priorizándolo según su importancia relativa, y utilizando métodos de control y evasión de la congestión para darles un tratamiento preferencial. Implementando QoS en una red, se logra un rendimiento de ésta más predecible y una utilización de ancho de banda más eficiente. (Palacias, 2011).

El Protocolo de Internet en su mayor parte, trata a todos los paquetes por igual, los cuales se remiten con el tratamiento de mejor esfuerzo y ninguna garantía para la entrega a través de la red. TCP (Transmission Control Protocol) añade las

confirmaciones de entrega, pero no tiene opciones para controlar parámetros como el retraso o la asignación de ancho de banda. QoS ofrece una mayor cantidad de opciones de red, basadas en políticas, para dar prioridad a la entrega de la información. Implementaciones de IPv4 e IPv6 existentes utilizan similares capacidades de calidad de servicio, tales como servicios diferenciados y servicios integrados, para identificar y priorizar las comunicaciones basadas en IP durante los períodos de congestión de la red. Dentro de la cabecera IPv6 dos campos pueden ser utilizados para QoS, la clase de tráfico y la etiqueta de flujo. El nuevo campo de etiqueta de flujo y el campo ampliado Clase de tráfico en la cabecera principal IPv6 permiten la diferenciación más eficiente y detallada de diversos tipos de tráfico. El nuevo campo Etiqueta de flujo puede contener una etiqueta de identificación o dar prioridad a un cierto flujo de paquetes tal como voz sobre IP (VoIP) o videoconferencia, los cuales son sensibles a la entrega oportuna. IPv6 QoS es todavía un trabajo en progreso y la seguridad se deberá incrementar considerablemente en esta etapa de desarrollo.

La capa de Red del protocolo TCP/IP, tanto de IPv4 cuanto de IPv6, fue intencionalmente diseñada sin ninguna de las características que normalmente se asocian con la calidad de servicio, tales como los controles de admisión, garantías de recursos y entrega sin pérdidas. QoS en redes TCP / IP o sobre la Internet es un concepto algo impreciso, el cual puede tener diferentes significados en función de la óptica aplicada. Puede significar, por ejemplo:

- Proporcionar a un usuario ciertos niveles de disponibilidad general, de rendimiento, baja latencia, valor máximo de pérdida de paquetes, o incluso cierto nivel de seguridad.

- El tratamiento de diferentes tipos de tráfico de manera desigual, de acuerdo con el contenido: audio o vídeo en tiempo real, por ejemplo, requiere un alto rendimiento y una constante y reducida latencia. Este tipo de tráfico puede tolerar mínimas pérdidas, mientras que la transferencia de archivos puede tolerar demora, pero no pérdidas de ningún tipo.

Muchos aspectos de la ingeniería de calidad de servicio dependen de las tecnologías que se ejecutan en múltiples capas, tales como MPLS (*MultiProtocol Label Switching*) y ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). El trabajo de la IETF en QoS para TCP / IP se inició con Servicios Integrados (IntServ), que fue diseñado para proporcionar garantías de calidad de servicio. Intserv ha sido reemplazado por los Servicios Diferenciados (DiffServ), el cual simplemente reconoce que diferentes tipos de tráfico tienen diferentes requisitos de calidad de servicio y necesitan ser marcados de manera adecuada. El protocolo de señalización, es decir, el protocolo utilizado para la especificación y configuración de calidad de servicio, para establecer las peticiones de QoS es el Protocolo de Reserva de Recursos RSVP (*Resource Reservation Protocol*). El direccionamiento IPv6 de extremo a extremo permite la posibilidad de implementar servicios que son complicados de hacerlo con NAT, así como también el uso de extremo a extremo de DiffServ y RSVP.

Muchos de estos servicios poseen contenido multimedia y aplicaciones en tiempo real, por lo que es probable que se convierta en un tema más importante con el uso generalizado de la QoS en IPv6.

La noción de la mejora de QoS siempre estará ligada a IPv6. De hecho, IPv6 fue diseñado para soportar ciertas mejoras de calidad de servicio, pero no todas ellas han sido completamente especificadas o aplicadas.

### 2.15.1 Clasificación

El concepto de clasificación es utilizado para separar paquetes de datos, basado en determinadas características como pueden ser la dirección de origen y destino. Esto se logra predefiniendo patrones en el campo ToS de 8 bits del encabezado IP. La clasificación es uno de los puntos más importantes del concepto Calidad de Servicio ya que sin esta característica aplicada a la red, todos los paquetes IP serían tratados de la misma manera.

La clasificación también puede basarse en información de protocolos de nivel superior y en otros descriptores de tráfico tales como:

- Interfaz de ingreso
- Valor CoS en la trama 802.1p
- Valor DSCP de la cabecera del paquete IP
- Valor MPLS EXP de la cabecera MPLS

De manera general, el proceso de clasificación consiste en identificar cada tipo de tráfico en la red y categorizarlo dentro de clases. De hecho, uno de los mejores métodos y de uso cada vez más general es por línea de comandos o MQC (*Modular QoS Command-Line*). Este método puede clasificar el tráfico usando además de listas de control de acceso (ACL), descriptores de tráfico, tipo de aplicación, al utilizar NBAR (*Network Based Application Recognition*).

Aplicaciones de Misión Crítica incluido ERP y aplicaciones *workforce optimization* pueden ser identificadas inteligentemente y clasificadas usando NBAR. Una vez que las aplicaciones de misión crítica son clasificadas estas pueden garantizarse una mínima cantidad de ancho de banda, política de ruteo, y marcadas

para tratamiento preferencial. Aplicaciones que no son críticas incluyendo aplicaciones de juegos sobre Internet y el compartir archivos MP3 también pueden ser clasificadas usando NBAR y marcadas para servicio de mejor esfuerzo, crearles una política o bloquearlas según se requiera.

### **2.15.2 Marcaje**

El campo ToS del encabezado del paquete puede ser reemplazado por los enrutadores con un valor relevante a las políticas de QoS definidas en la red. Esta acción sobre un paquete se denomina marcado. (Shenker. 1994).

El campo Etiqueta de Flujo de 20 bits en la cabecera IPv6 se agrega para permitir el etiquetado de paquetes que pertenecen a flujos de tráfico particulares y puede ser usado por el origen para etiquetar secuencias de paquetes para las cuales solicita un manejo especial por parte de los enrutadores IPv6, tal como la calidad de servicio no estándar o el servicio en tiempo real.

El campo de ocho bits Clase de Trabajo en la cabecera IPv6 es utilizado por los nodos origen y/o enrutadores intermedios para identificar y distinguir entre las diferentes clases o prioridades de paquetes IPv6. Su función es similar al campo ToS en IPv4 (Palacios. 2011).

Luego del proceso inicial de clasificación, el paquete es marcado de tal manera que se lo puede identificar dentro de una clase. A posteriori, el paquete será identificado por su marca y se le otorgará un nivel de servicio acorde.

### **2.15.3 Asignación de Políticas**

En la actualidad existen diversas técnicas que logran estandarizar y cumplir con los requerimientos de QoS de las aplicaciones RTP (Telefonía IP, *e-commerce*, videoconferencia), tales como IntServ (Servicios Integrados), DiffServ (Servicios

Diferenciados) y MPLS (Multiprotocolo de conmutación de etiquetas), todas estas con sus ventajas y desventajas.

Dentro de las técnicas y mecanismos más difundidos para la asignación de políticas de calidad de servicio se encuentran tres, a saber:

**2.15.3.1 Best Effort (Mejor Esfuerzo):** Esta técnica define que la red en su conjunto hará todo lo posible por entregar adecuadamente los paquetes en el destino, sin embargo, no existe garantía alguna de que esto ocurra. Este modelo se lo utiliza en aplicaciones como HTTP y FTP.

**2.15.3.2 Servicios Integrados (IntServ):** *Integrated Services* brinda a las aplicaciones un nivel garantizado de servicio, negociando parámetros de red *end-to-end*. La aplicación *per se* solicita el nivel de servicio acorde a sus necesidades con el propósito de operar apropiadamente y se basa en la QoS para que se reserven los recursos de red necesarios antes de que la aplicación empiece a operar. La arquitectura de Servicios Integrados o *IntServ* corresponde a la RFC 1633. El modelo se sustenta en los siguientes supuestos:

- Con el propósito de satisfacer los requerimientos de las aplicaciones, los recursos se deben gestionar de forma directa y explícita. Esto implica el uso de mecanismos para control de admisión y reservación de recursos.
- Internet debe ser la infraestructura común para el tráfico normal y de tiempo real. Montar una nueva red para el tráfico RTP resultaría demasiado complejo. Por tanto, se debe unificar la pila de protocolos para cualquier tipo de tráfico, es decir, IP debe ser utilizado también para el transporte de datos de tiempo real. (Palacios. 2011).

Cada flujo se debe atender independientemente y no puede influenciar a otros. Adicional a la técnica de *Best Effort*, la arquitectura define dos clases más de servicios, estos son: Servicio Garantizado y Servicio de Carga Controlada, mismos que definen el tratamiento que recibirán los flujos a lo largo del camino. *Integrated Services* necesita que los recursos imperiosos para satisfacer los requerimientos de una aplicación o servicio se reserven sobre el trayecto con anticipación, para lo cual es necesario el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP). Éste usa un conjunto de mensajes de señalización para transportar información sobre los requerimientos y propiedades de cada flujo, la cual se utiliza para mantener tablas de estado en cada uno de los nodos, generando así un alto tráfico de señalización y ocupación de los recursos en los dispositivos. (Flannagan. 2001).

**2.15.3.3 Servicios Diferenciados (DiffServ):** Este método abarca diversas herramientas de clasificación y mecanismos de encolamiento, los cuales proveen a ciertas aplicaciones de prioridades determinadas sobre el resto de paquetes en la red. La teoría de los servicios diferenciados se la puede hallar descrita en el RFC 2474.

El principal problema que se presenta al tratar de llevar a la práctica el modelo de servicios integrados en Internet es la potencial existencia de un número infinito de tipos de tráfico diferentes en la red. Como consecuencia de ello, cada dispositivo de encaminamiento debe almacenar, en relación a cada flujo particular, la información de estado necesaria para proporcionarle la calidad de servicio que le ha sido garantizada. Mediante el modelo de **servicios diferenciados** se pretende acomodar las diversas expectativas de los usuarios y los requisitos heterogéneos de las aplicaciones, pero dentro de unos límites, de modo que se evite una sobrecarga

por almacenamiento de la información de estado y por el procesado exigido, (España, 2003).

Dentro del protocolo IPv6, los octetos de la cabecera *clase de tráfico* son reinterpretados, pasando a denominarse *campo de servicios diferenciados*. Los paquetes IP son clasificados a la entrada en la red entre un conjunto acotado de clases de servicios, identificándose a qué clase pertenece un paquete mediante el código denominado *código de servicios diferenciados*, que se inserta en el campo de servicios diferenciados de su cabecera. Este proceso como se había descrito en apartados anteriores, es denominado *marcado*. Una vez que los dispositivos de ruteo reciben un paquete, estos examinan dicho campo y le facilitan un tratamiento distinto según su clase.

El modelo de servicios diferenciados es, de algún modo, un esquema de prioridades, en el cual paquetes pertenecientes a clases diferentes son tratados con distinta prioridad. Comparándolo con el protocolo IPv4 y su reducido espacio de opciones del modelo *tipo de servicio*, el cual no es capaz de hacer frente al crecimiento en número y variabilidad de los servicios previstos en la futura Internet, se debe dejar por sentado que la arquitectura de servicios diferenciados de IPv6 permite superar esta limitación.

#### **2.15.4 Manejo de la congestión en la red**

Manejar o administrar la congestión es un término que engloba diversas estrategias de encolamiento, con el propósito de tratar situaciones donde la demanda de recursos de las aplicaciones, excede el ancho de banda total que puede brindar la red. Entre los mecanismos de encolamiento encontramos los siguientes:

**2.15.4.1 FIFO:** Consiste en el tipo más simple de encolamiento. En este modelo, un búfer sencillo, retiene los paquetes salientes hasta que la interfaz de transmisión pueda enviarlos. Los paquetes se envían fuera de la interfaz en el mismo orden en que fueron llegando al búfer, acordes al concepto FIFO (*First Input First Output – Primero que Entra, Primero que Sale*).

**2.15.4.2 Cola de Prioridad (PQ):** Es un modelo sencillo que ofrece tratamiento preferencial a los paquetes identificados. El modelo consta de cuatro colas: baja, normal, media y alta prioridad. Los paquetes que llegan a la interfaz se clasifican de acuerdo a dicha connotación. La salida de estas cuatro colas alimenta el búfer de transmisión de la interfaz. Los paquetes siempre se sirven desde las primeras colas de alta prioridad. El trabajo de este mecanismo resulta interesante en ambientes donde existe un tráfico importante, pero, no está optimizado para tratar las colas de menor prioridad, cayendo en la total falta de atención a estas últimas.

**2.15.4.3 Cola Personalizada (CQ):** Este tipo de encolamiento permite priorizar el tráfico sin los efectos laterales de agotamiento de las colas de baja prioridad, especificando el número de paquetes o bytes que deben ser atendidos para cada cola. Es posible crear hasta 16 colas para dar una categoría al tráfico, donde cada cola es atendida al estilo Round Robin (*uno de los algoritmos de planificación de procesos más simples dentro de un sistema operativo que asigna a cada proceso una porción de tiempo equitativa y ordenada*). El método de Cola Personalizada es usado para proporcionar a tráficos particulares de un ancho de banda garantizado en un punto de posible congestión, asegurando una porción fija del ancho de banda y permitiendo al resto del tráfico utilizar los recursos disponibles.

**2.15.4.4 Weighted Fair Queuing (WFQ):** El mecanismo de encolamiento WFQ asigna un peso determinado a cada flujo de forma que se genera un orden de tránsito en la cola de paquetes. Mediante los campos discriminadores en TCP / IP (número de socket, tipo de protocolo, dirección de origen y destino) y por el ToS en el protocolo IP, se efectúa la mencionada ponderación. Weighted Fair Queuing crea una cola separada para cada tipo de tráfico y utiliza un valor predeterminado para la profundidad de la cola.

**2.15.4.5 Modified Deficit Round Robin (MDDR):** El método MDDR atiende a las colas que no están vacías, una tras otra en forma *round robin*. Cuando una cola es liberada, una cierta cantidad fija de datos se desencola y entonces el algoritmo atiende a la siguiente cola. MDDR hace el seguimiento del número de bytes de datos que fueron desencolados por encima del valor configurado, una vez que la cola ha sido atendida. En el siguiente paso, cuando la cola es atendida nuevamente, menos datos son desencolados para compensar el excedente de datos atendidos en el turno anterior. Como resultado, la cantidad promedio de datos atendidos, por cola, será muy cercano al valor configurado. Adicionalmente, MDDR mantiene una cola prioritaria que se atiende de manera preferencial, (Palacio, Salcedo & Lopez, 2011).

**2.15.4.6 LLQ (Low Latency Queuing):** Es un algoritmo que presenta aspectos importantes en el manejo de tráfico, ya que le da mayor prioridad a las aplicaciones sensibles al retardo, sin olvidar la cola de baja prioridad. Conmuta entre las diferentes colas, asignando más ancho de banda a las colas con mayor prioridad, logrando que estas lleguen en tiempo ideal a su destino final. La característica de LLQ brinda la posibilidad de especificar el comportamiento de baja latencia a las clases de tráfico tanto de misión crítica cuanto a las que no son de misión crítica.

LLQ permite a los datos sensibles al retardo como lo es el tráfico de voz, ser desencolado y enviarse primero (antes que los paquetes en las otras colas sean desencolados), brindando tratamiento preferencial a los datos sensibles al retardo sobre el resto de tráfico. *Low Latency Queuing* también introduce el concepto de sintonización del límite del anillo de transmisión. Antes de la introducción de LLQ, la máxima profundidad del anillo de transmisión no era un parámetro configurable por el usuario. De esta manera, algunas partículas podían acumularse en el anillo de transmisión sin límite, lo cual podía desembocar en una altísima e incontrolable latencia. La característica de LLQ permite a los usuarios limitar el número de partículas que pueden existir en el anillo de transmisión, bajando efectivamente la latencia incurrida por los paquetes situados en el anillo de transmisión.

**2.15.4.7 Class-Based WFQ.** El WFQ tradicional presenta algunas limitaciones de escalamiento, ya que la implementación del algoritmo se ve afectada a medida que el tráfico que corre por el enlace aumenta y llega a colapsar debido a la numerosa cantidad de flujos que se debe analizar. CBWFQ fue desarrollada para evitar estas limitaciones, tomando el algoritmo de WFQ y expandiéndolo, permitiendo la creación de clases definidas por el usuario, que permiten un mayor control sobre las colas de tráfico y asignación del ancho de banda. Algunas veces es necesario garantizar una determinada tasa de transmisión para cierto tipo de tráfico, lo cual no es posible mediante WFQ, pero sí con CBWFQ. Las clases que son posibles implementar con CBWFQ pueden ser determinadas según el protocolo ACL, valor DSCP, o interfaz de ingreso. Cada clase posee una cola separada, y todos los paquetes que cumplen el criterio definido para una clase en particular son asignados a dicha cola. Una vez que se establecen los criterios para las clases, es posible

determinar cómo los paquetes pertenecientes a dicha clase serán manejados. Si una clase no utiliza su porción de ancho de banda, otras pueden hacerlo. Se pueden configurar específicamente el ancho de banda y límite de paquetes máximos (o profundidad de cola) para cada clase. El peso asignado a la cola de la clase es determinado mediante el ancho de banda asignado a dicha clase, (Álvarez & Gonzalez, 2005).

### **2.15.5 Técnicas para evitar la congestión**

Es procedente mencionar que los métodos de encolamiento descritos con anterioridad, no solucionan el problema de congestión en la red, sino que establecen determinadas reglas para que el tráfico más sensible tenga cierta prioridad sobre el resto de tráfico dentro de la red. Las técnicas para evitar congestión, por su parte, monitorean el flujo de tráfico de la red con el fin de anticipar y minimizar su efecto.

**2.15.5.1 *Random Early Detection (RED)*:** Esta técnica monitorea el tamaño de la cola y, cuando ésta llega a un nivel previamente especificado, aleatoriamente escoge flujos TCP individuales, de los que descarta paquetes con el objetivo de indicar al emisor que debe reducir la tasa de envío.

**2.15.5.2 *Weighted Random Early Detection (WRED)*:** WRED es una extensión de la técnica de *Random Early Detection (RED)*, donde una sola cola puede tener varios umbrales de cola diferentes. Cada umbral de cola se asocia a una clase de tráfico particular. Por ejemplo, una cola puede tener umbrales más bajos para los paquetes de prioridad más baja. Una acumulación de cola hará que los paquetes de menor prioridad sean desechados, de esta manera se protege los paquetes de prioridad más alta en la misma cola. De esta manera la calidad del servicio de priorización se hace posible para paquetes importantes de un grupo de paquetes que usan el mismo búfer.

Es más probable que el tráfico normal sea descartado en lugar del tráfico que tiene una mayor prioridad.

## **2.16 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LLAMADAS CONCURRENTES PARA ADMINISTRACIÓN DEL ANCHO DE BANDA**

El número de llamadas concurrentes resulta ser una estimación, luego de un detallado trabajo de campo, en que se verifica *in situ* el comportamiento que tiene una organización en función de las llamadas que realizan los personeros de la institución de manera simultánea y el tiempo que demoran en ellas. Una vez que se disponen de estos datos reales, es imprescindible suponer un crecimiento progresivo de dicho número de llamadas, para realizar así los cálculos necesarios de ancho de banda requerido de la red con el propósito de poder administrar a futuro una red telefónica más grande que la actual. En esta forma se asegura un desempeño adecuado de la red de voz.

## **2.17 CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA VoIP (TELEFONÍA IP)**

El adecuado cálculo del ancho de banda es uno de los factores más importantes al momento de realizar el diseño de redes de voz sobre protocolo IP, ya que, de esta manera, se asegura la correcta prestación del servicio. El requerimiento del ancho de banda necesario de un enlace, para el transporte de voz IP, está intrínsecamente relacionado al análisis de dos factores:

- **Número de llamadas concurrentes:** Es la estimación de la máxima cantidad de llamadas que se pueden efectuar de manera simultánea sobre la red. Se debe considerar un margen de crecimiento.

- **Requerimiento de ancho de banda de cada llamada telefónica:** Se debe tener en consideración el códec, opciones de compresión, tipo de enlace que transportará la llamada etc.

De manera simplificada, se utiliza el siguiente método para el cálculo de ancho de banda requerido para paquetes de voz:

**Paso 1:** *Calcular el tamaño de las tramas de voz*

El tamaño de la trama está en función del códec utilizado y los encabezados de capa 4, capa 3 y capa 2. Así:

$$\text{Tamaño de trama} = \text{Payload} + \text{Enc. 4} + \text{Enc. 3} + \text{Enc. 2}$$

Para enlaces de bajo ancho de banda, y considerando el tamaño de la trama a transmitir, es aconsejable a veces, utilizar mecanismos de compresión de los encabezados de capa 3 y capa 4, lo que se denomina compresión RTP (cRTP). Con este método, se logra reducir el tamaño de dichos encabezados a 2 o 4 Bytes. Hay que recordar que existen algunos escenarios que no admiten cRTP o que de forma intencional, no se aplica ningún tipo de compresión de encabezados de capa 3 y capa 4. Una vez que se obtiene el valor de la trama en Bytes, es necesario expresar dicha cantidad en bits, así:

$$\text{Tamaño de Trama}_{[\text{bits}]} = \text{Tamaño de Trama}_{[\text{Bytes}]} \times 8$$

Esto debido a que cada Byte está compuesto por 8 bits.

**Paso 2:** *Calcular el ancho de banda requerido por una sola llamada*

Para efectuar este paso, es necesario seleccionar un códec de voz a ser utilizado. Los códec más utilizados para digitalización de voz son: G.711, G.726 y G.729, los cuales generan 50 paquetes por segundo (PPS).

Para calcular el ancho de banda requerido para cada llamada, se debe multiplicar el tamaño de cada trama por la cantidad de tramas que se envían por segundo, de esta manera:

$$\text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} = \text{Tamaño de Trama} \times \text{Paquetes por segundo}$$

**Paso 3:** *Calcular el ancho de banda requerido en la implementación*

En este punto se debe considerar el número de llamadas concurrentes y multiplicar, el ancho de banda requerido para una llamada, por el número de llamadas concurrentes que se haya estimado en la red. Entonces:

$$\text{Ancho de banda requerido} = \text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} \times \text{Número de llamadas concurrentes}$$

De esta manera, se encuentra de forma teórica el Ancho de Banda necesario para el transporte de paquetes de voz IP.

Existen ya tabulados algunos datos con respecto del ancho de banda para una sola llamada (un teléfono) en relación al tipo de enlace que vincula los pares de una conversación. Si se quisiera establecer el ancho de banda para la llamada total, se debería multiplicar los valores tabulados por el número de teléfonos que se encuentran inmiscuidos en la llamada.

Esto se puede verificar en la siguiente tabla:

**Tabla 10: Consumo de ancho de banda por llamada**  
*Recuperado de: CISCO, Voz sobre IP – Consumo de ancho de banda por llamada*

Información de códec				Cálculos de ancho de banda					
Velocidad de bits y códec (kbps)	Muestra de tamaño del códec (bytes)	Muestra de intervalo del códec (bytes)	Mean Opinion Score (MOS)	Tamaño de la carga útil de voz (payload) (bytes)	Tamaño de la carga útil de voz (payload) (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda MP o FRF.1 2 (kbps)	Ancho de banda c/cRTP MP FRF.1 2 (kbps)	Ancho de banda Ethernet (kbps)
G.711 (64kbps)	80 bytes	10 ms	4.1	160 bytes	20 ms	50	82.8 kbps	67.6 kbps	87.2 kbps
G.729 (8kbps)	10 bytes	10 ms	3.92	20 bytes	20 ms	50	26.8 kbps	11.6 kbps	31.2 kbps
G.723.1 (6.3kbps)	24 bytes	30 ms	3.9	24 bytes	30 ms	34	18.9 kbps	8.8 kbps	21.9 kbps
G.723.1 (5.3kbps)	20 bytes	30 ms	3.8	20 bytes	30 ms	34	17.9 kbps	7.7 kbps	20.8 kbps
G.726 (32kbps)	20 bytes	5 ms	3.85	80 bytes	20 ms	50	50.8 kbps	35.6 kbps	55.2 kbps
G.726 (24kbps)	15 bytes	5 ms		60 bytes	20 ms	50	42.8 kbps	27.6 kbps	47.2 kbps
G.728 (16kbps)	10 bytes	5 ms	3.61	60 bytes	30 ms	34	28.5 kbps	18.4 kbps	31.5 kbps

## CAPÍTULO 3

### DEFINICIÓN DE LA PLATAFORMA DEL MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO, Y TÉCNICA DE QUEUING A UTILIZAR.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se presenta un sustento teórico que justifica el uso del modelo de calidad de servicio y el método de encolamiento para dicho modelo, que será implementado en el presente trabajo. Dentro de los modelos de calidad de servicios que podemos encontrar, se ha escogido el modelo DiffServ y se explicarán las razones por las que se lo ha seleccionado para ser implementado conjuntamente con el protocolo IPv6. También se hablará sobre el *retardo*, que es el factor con un impacto serio sobre la calidad de servicio para tráfico de tiempo real. Se explica, por último, cada uno de los factores que se han encontrado que ocasionan dicho retardo, y cómo pueden ser solucionados con el método de encolamiento LLQ, para garantizar calidad de servicio al tráfico RTP.

#### 3.2 Elección del modelo de calidad de servicio

Como se mencionó en capítulos anteriores, calidad de servicio es la capacidad de una red para proporcionar diversos niveles de servicio a los diferentes tipos de tráfico a través de diferentes mecanismos denominados "modelos *de calidad de servicio*", que, a su vez, cada uno incorpora diferentes métodos de implementación para proporcionar estos tipos de niveles. A continuación se describen algunas generalidades que justifican el uso del modelo DiffServ para el presente trabajo:

- Es el modelo de calidad de servicio más reciente, creado justamente para superar todas las falencias que se tenían con modelos anteriores, modelos que no fueron creados para redes actuales donde existen diferentes flujos de

tráfico corriendo por la misma plataforma, incorporando en este la habilidad de diferenciación de tráfico con varios niveles de servicio, lo cual se ajusta perfectamente para llevar a cabo el presente trabajo.

- Es un modelo denominado Soft QoS, lo cual indica que la asignación de recurso será administrado por una persona en base varios criterios de prioridades de los distintos flujos de las aplicaciones corriendo por la misma plataforma, característica necesaria, ya que se tendrá que realizar dicha administración del recurso de acorde a lo que se considere es necesario para priorizar el tráfico RTP.
- Es un modelo que se basa en una pre configuración de los equipos en base a varios criterios de prioridades del tráfico que son determinados previo a un análisis, pre configuración que facilitara la priorización de tráfico RTP frente al resto de tráfico, proceso que puede ser realizado gracias a su habilidad de soporte de varios niveles de servicios, esta pre configuración en los equipos se denomina PHB (*Per Hop Behavior*), *comportamiento de paquetes por saltos*, que consiste en pre configurar cada uno de los nodos para que se comporte de una manera específica frente a un paquete determinado.

Adicional a esto, IPv6 ha mejorado sustancialmente en temas de seguridad y calidad de servicio en comparación con su antecesor IPv4. Incorporando en su cabecera campos como Etiqueta de flujo, que conjuntamente con el modelo DiffServ que permite diferenciación de tráfico con distinto niveles de servicio, se convierte en la elección más sensata al momento de verificar las perfeccionadas características de clasificación y marcado con las que cuenta IPv6, ya que se podrá asignar el mejor

nivel de prioridad al tráfico considerado más importante, y mejorar la eficiencia en la entrega de paquetes gracias al campo etiqueta de flujo de la cabecera IPv6 debido a que ya no se tendrá la necesidad de procesar protocolos, IP origen, puerto origen, IP destino, puerto destino, ya que el flujo será identificado directamente por la etiqueta, (Arbili, 2013).

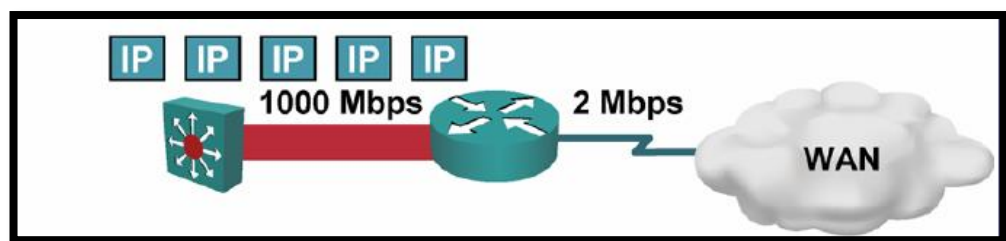
### **3.3 Elección del tipo de encolamiento para el tráfico de voz**

A lo largo del desarrollo teórico, se pudieron conocer diversos métodos de encolamiento, entre ellos, LLQ (*Low Latency Queuing*), el cual ha sido seleccionado para llevar a cabo el siguiente trabajo. A continuación, se describen factores que impiden la entrega inmediata de los paquetes sensible al retardo, una breve descripción del mecanismo de encolamiento CBWFQ que es la base de LLQ, y los motivos que justifican el uso de LLQ para solucionar estos problemas, y así garantizar una entrega inmediata de los paquetes RTP:

- Un factor a tomar en cuenta al momento de querer tener una óptima transmisión de los paquetes a través de los equipos terminales, "Routers", en especial aquellos paquetes que son sensibles a retardo como lo son los paquetes RTP, es el problema de la congestión, que como tal conlleva a la pérdida de paquetes debido a la dificultad de retener los paquetes que llegan a la interfaz de los equipos terminales, ya sea por limitado ancho de banda, que sería el caso del presente trabajo, o falta de tamaño en buffer.
- Una de las causas que ocasiona dicha congestión se denomina "*Speed mismatch*" (desajuste de velocidad), que se produce debido a que la velocidad de entrada del tráfico en una interfaz, excede la velocidad de la interfaz de salida, como muestra el gráfico 19, que tenemos trabajando un

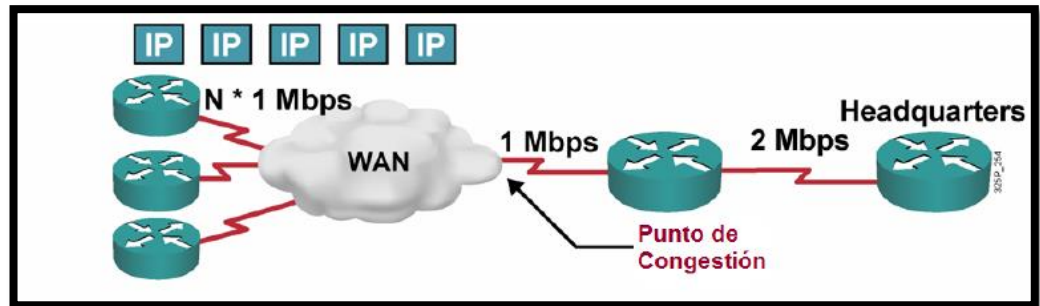
enlace LAN trabajando a 1000 Mbps intentando salir a la WAN por un enlace de 2Mbps, lo cual indica que si todos los usuarios intentan transmitir a máxima velocidad a algún servidor que está en la WAN, lo más probable sería que haya congestión en la interfaz Serial debido a que la velocidad con que entran los paquetes a la interfaz LAN va a ser mucho mayor a la velocidad que intentan salir por la interfaz serial (WAN), causando que los dispositivos intermedios entren en un modo denominado “*Tail Drop*” (Desecho indiscriminado de paquetes), causando la eliminación de paquetes sin importar de qué tipo de tráfico este sea, es el comportamiento por defecto de los enrutadores, comportamiento que debería ser evitado con mecanismos de encolamiento.

**Gráfico 19:** Ejemplo del problema *Speed Mismatch*  
(Arbili, 2013).



- Otra posible causa de la congestión es la confluencia y agregación de tráfico, ver gráfico 20.

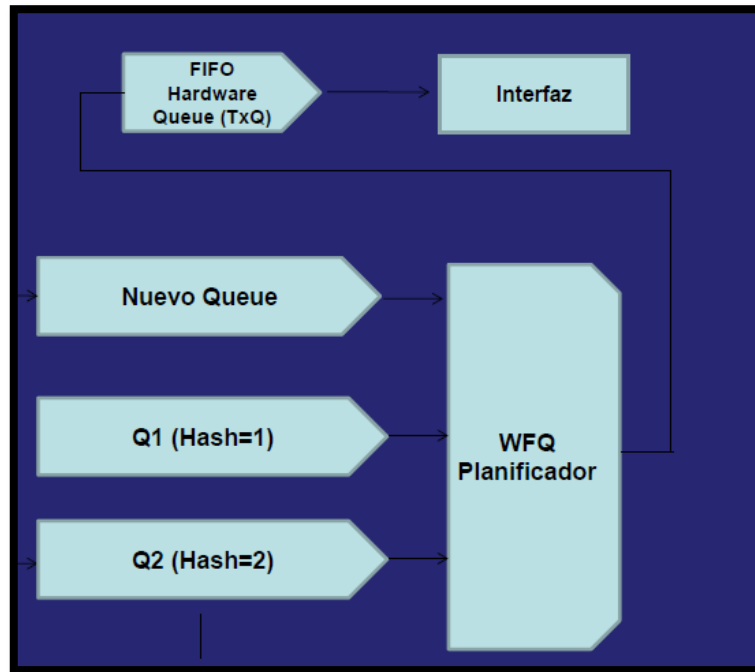
**Gráfico 20:** Ejemplo de Confluencia y agregación de tráfico.  
(Arbili, 2013).



Tal como nos muestra el gráfico, tenemos tres sitios remotos que transmiten por la WAN a 1Mbps cada uno hacia un router de Edge que recibe a 1Mbps, teniendo como punto de congestión el enlace de 1Mbps al momento que los tres sitios remotos quieren transmitir a su máxima velocidad, teniendo un enlace igual a la suma de los tres sitios remotos, que sería 3Mbps, lo cual se tendrían 3Mbps tratando de entrar por un enlace de 1Mbps.

Hasta el momento, nos hemos referido al problema de la congestión y las razones que causa dicho problema. A continuación, se realizará una breve explicación del funcionamiento de un sistema de encolamiento CBWFQ, que es la base del sistema de encolamientos LLQ, para luego mencionar las características de la técnica de encolamiento LLQ por las cuales ha sido seleccionado para resolver estos inconvenientes en el presente trabajo.

**Gráfico 21: Funcionamiento de CBWFQ.**  
(Arbili, 2013).



Como se muestra en el gráfico 21, una cola está conformada las siguientes partes:

- Una cola en hardware de tipo FIFO que da la cara directamente a la salida de la interfaz.
- Varias colas en software, una por cada clase, (*cada clase define una cola en software*).
- Un planificador, encargado de despachar los paquetes que están en la cola en software, de acorde a las políticas previamente configuradas de calidad de servicio a cada clase.

Teniendo este esquema de funcionamiento de este sistema de encolamiento, lo que sucede al momento que comienza a llegar paquetes hacia una interfaz, es que el dispositivo vera si hay espacio en la cola en hardware, si es que lo hay, los paquetes

pasan directamente a la cola en hardware, que es la que está directamente a la interfaz de salida por la cual en paquete tendrá un despacho más acelerado, si la cola en hardware está llena, los paquetes se quedarían en cola en software, ubicando los paquetes acorde como se halla clasificado el tráfico, de mayor a menor prioridad, creando una cola por cada prioridad, luego estas colas en software pasarían al planificador, el cual va a planificar el envío de los paquetes para pasarlos a cola en hardware acorde a las políticas de prioridad asignada a cada cola, hay que tomar en cuenta que el planificador se toma su tiempo para realizar dicho proceso, lo cual agrega retardo en este proceso, una vez llegado a cola en hardware, que trabaja de forma FIFO, pasaría directamente a la interfaz de salida.

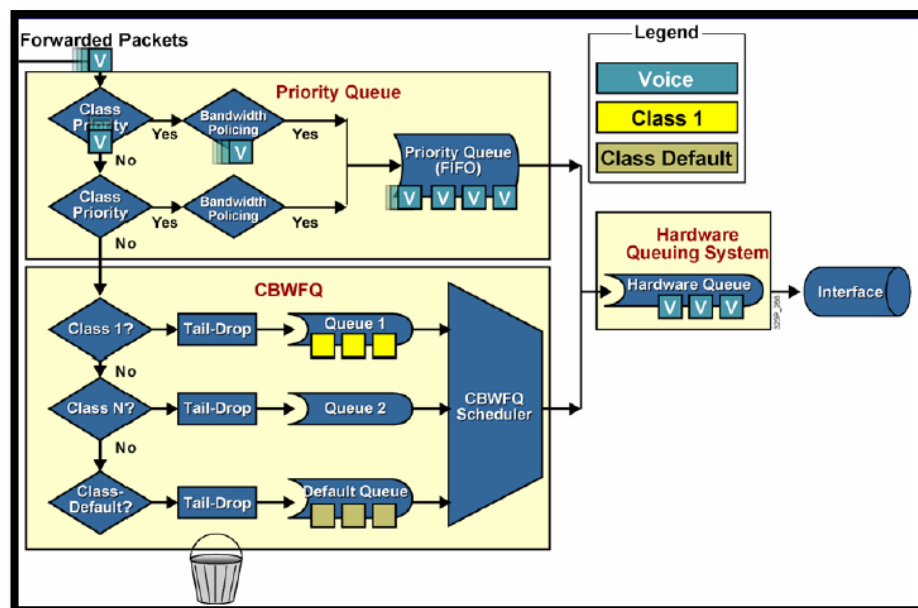
Habiendo expuesto el funcionamiento del esquema anteriormente mencionado, a continuación, se describirá las características de la técnica de encolamiento LLQ por las cuales ha sido seleccionado para el presente trabajo.

- LLQ puede hacer una clasificación de tráfico personalizada mediante la asignación de clases, teniendo diferentes tipos de tráfico por cada clase creada, pudiendo así, mediante esta característica dividir el tráfico en clases que va a cruzar por la red, que en nuestro caso sería tráfico RTP y de video.
- A partir de la división de tráfico por clases, las clases pueden ser administradas acorde a prioridades, de mayor a menor prioridad cada una de las clases creadas, pudiendo asignar un mínimo ancho de banda a cada clase, garantizando con esto, en situaciones de congestión en la red, un mínimo ancho de banda, dicho ancho de banda puede ser mayor en caso de que no haya congestión en la red, característica que facilita la reserva de un ancho de banda mínimo para la clase a la cual estará asociado el tráfico RTP en este

trabajo, que es el tráfico que necesita ser priorizado en cuanto a recurso de la red.

- LLQ es prácticamente un mecanismo CBWFQ con la diferencia que incorpora colas (clases) prioritarias, para tráfico en tiempo real, ver **gráfico 22**, esto indica que las colas pasan directamente a cola en hardware evitando el retardo del proceso del planificador, teniendo así un despacho acelerado de paquetes, característica exclusiva para tráfico de tiempo real, como es el caso del presente trabajo, donde se requiere minimizar al máximo cualquier tipo de retardo para el tráfico RTP.

**Gráfico 22: Arquitectura de LLQ.**  
(Arbili, 2013).



- Las colas prioritarias que incorpora LLQ, son como se mencionó, destinadas a tráfico de alta prioridad, ofreciendo con estas bajo retardo y reserva de ancho de banda mínimo ideal para tráfico en tiempo real, como lo es el tráfico de VoIP que se maneja en el presente trabajo, (Arbili, 2013)..

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA IPV6**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

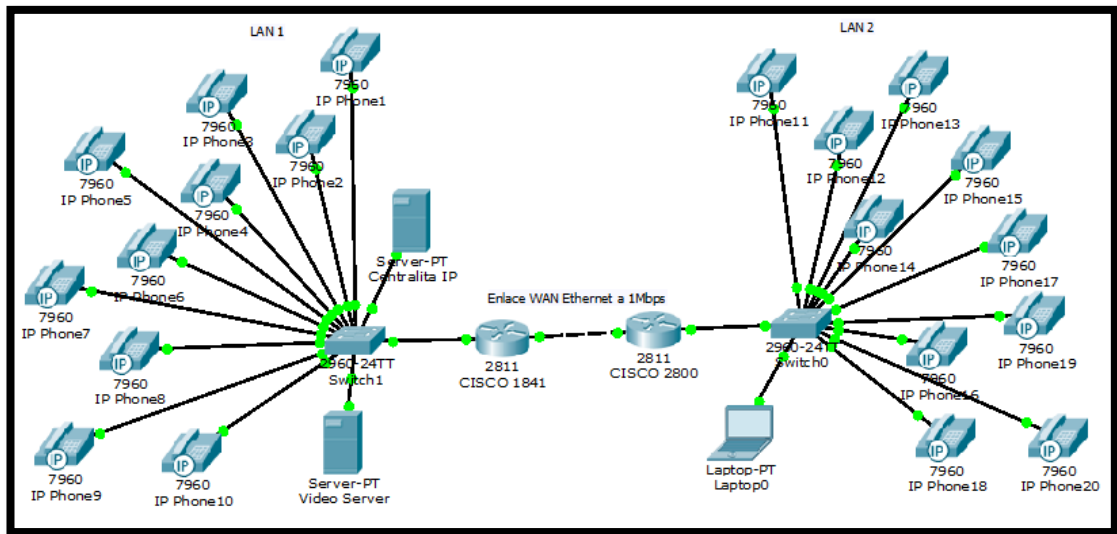
En el presente capítulo se presenta la parte operativa realizada para llevar a cabo las pruebas de desempeño del protocolo IPv6; los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos específicos planteados.

De manera específica, se detalla el modelo de red y su modelo de usuario, también se presenta el número máximo de llamadas concurrentes para el modelo de usuario, el cálculo de ancho de banda para el total de llamadas concurrentes, las configuraciones básicas y de calidad de servicio en los *routers*, y la elección del codificador de voz a ser utilizado, y las razones que justifican la elección del códec utilizado en el presente trabajo.

#### **4.2 DISEÑO DEL MODELO DE RED Y BREVE DESCRIPCIÓN DE SUS COMPONENTES**

El modelo de red utilizado dentro del ambiente de producción es en realidad un sistema muy simple, en el cual dos redes LAN están unidas a través de un enlace WAN de un Megabit. El siguiente gráfico describe de manera sucinta el tipo de red que se ha utilizado para la implementación de telefonía IP.

**Gráfico 23: Modelo de red para estudio de telefonía IP**



La red LAN1 dispone de una centralita IP la cual administra toda la configuración de los diez teléfonos CISCO 521G (Código G.711) en este segmento, y de los diez teléfonos CISCO 521G de LAN2. Posee además un servidor de video quien intentará saturar la red a través del envío de paquetes de alta demanda hacia la computadora Laptop0 de LAN2. De esta manera se intenta verificar el desempeño de IPv4 e IPv6 en las distintas pruebas.

El *router* CISCO 1841, se encarga de la asignación dinámica de direcciones IP tanto en IPv4 cuanto en IPv6 para las distintas pruebas y según sea el caso. Además, gestiona las políticas de calidad de servicio en las cuales se ha priorizado el tráfico de los paquetes de voz, aplicando LLQ y Servicios diferenciados.

Por su parte en la red LAN2, el *router* CISCO 2800 realiza las mismas funciones que el *router* CISCO 1841 de LAN1. El enlace entre los *routers* se ha realizado a través de Ethernet.

En LAN2 existen diez teléfonos IP 521G (Código G.711) que establecen plena comunicación con sus pares de LAN1.

En cuanto a los *switch* (CISCO 2960) de cada lado, ambos tienen configurados dos VLANs con el propósito de conectar todos los teléfonos a las VLAN de voz y los otros dispositivos a la VLAN por defecto.

### 4.3 ANÁLISIS DE LLAMADA PICO PARA EL MODELO DE USUARIO

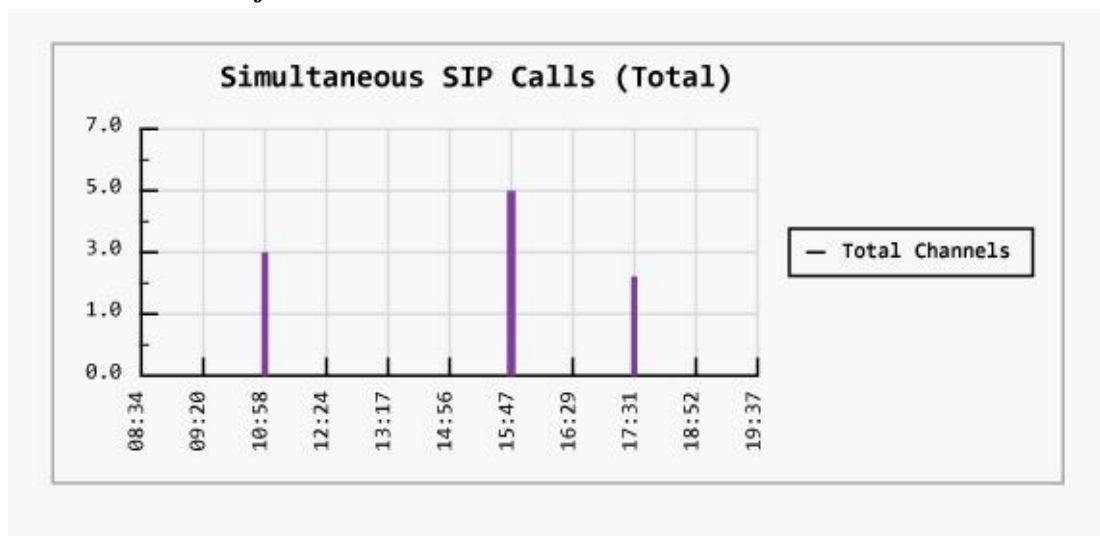
El análisis se realizó a través del reporte de la centralita IP que se solicitó al Municipio del Cantón Chone con el fin de aportar con información experimental a dicha institución para la toma de decisiones en cuanto a la migración del nuevo protocolo. El reporte entregado por uno de los técnicos del departamento de informática ha sido generado bajo el modelo de usuario de dicha entidad, la cual consta de 12 oficinas de un lado del segmento de la red, y 8 oficinas que formarían parte del otro segmento de la red, lo cual hace un total de 250 personas que tienen acceso a teléfonos IP. Con base en el reporte, se ha determinado que el número máximo de llamadas, para el usuario en análisis, en un día, es de cinco llamadas simultáneas.

**Gráfico 24:** Reporte de llamadas – Central Telefónica IP Elastix

Date	Source	Ring Group	Destination	Src. Channel	Account Code	Dst. Channel	Status	Duration
2016-04-23 11:44:02	203		223	SIP/203-00007a54		SIP/223-00007a55	ANSWERED	114s (1m 54s)
2016-04-23 11:43:42	045123145		2000	SIP/SIPTVCABLE-00007a51		SIP/203-00007a53	ANSWERED	39s
2016-04-23 11:41:26	023963100		228	SIP/SIPTVCABLE-00007a4f		SIP/228-00007a50	ANSWERED	58s
2016-04-23 11:41:07	217		215	SIP/217-00007a4d		SIP/215-00007a4e	ANSWERED	17s
2016-04-23 11:38:13	7863071354		503	Local/503@from-queue-00001897;2		SIP/503-00007a4c	NO ANSWER	0s
2016-04-23 11:37:58	7863071354		8002	SIP/ChanceBackup-00007a4b			ANSWERED	30s
2016-04-23 11:28:31	045019737		215	Local/215@from-queue-00001894;2		SIP/215-00007a48	ANSWERED	63s (1m 3s)
2016-04-23 11:28:31	045019737		220	Local/220@from-queue-00001895;2		SIP/220-00007a49	NO ANSWER	0s
2016-04-23 11:28:31	045019737		228	Local/228@from-queue-00001896;2		SIP/228-00007a4a	NO ANSWER	0s
2016-04-23 11:27:49	045019737		7002	SIP/SIPTVCABLE-00007a47		Local/215@from-queue-00001894;1	ANSWERED	125s (2m 5s)
2016-04-23 11:27:18	5040		1800263537	SIP/5040-00007a45		SIP/SIPTVCABLE-00007a46	ANSWERED	11s
2016-04-23 11:23:54	215		5105214	SIP/215-00007a43		SIP/SIPTVCABLE-00007a44	ANSWERED	13s
2016-04-23 11:22:26	215		5105214	SIP/215-00007a41		SIP/SIPTVCABLE-00007a42	ANSWERED	56s
2016-04-23 11:21:35	043080053		405	SIP/SIPTVCABLE-00007a3f		SIP/405-00007a40	ANSWERED	132s (2m 12s)
2016-04-23 11:21:21	042680225		508	SIP/SIPTVCABLE-00007a3d		SIP/508-00007a3e	ANSWERED	859s (14m 19s)

Utilizando la herramienta *Advanced Reports* incluida en la centralita IP *Elastix*, el técnico del departamento de informática de la entidad accede al número máximo de llamadas concurrentes. El siguiente gráfico se lo obtuvo aplicando el filtro *Maximun calls per day*.

**Gráfico 25: Número máximo de llamadas simultáneas**



Como se puede observar, a las 15:47 de día en que se realizó el análisis, se comprueba que presentan cinco llamadas concurrentes.

#### **4.4 CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA SOPORTAR EL MÁXIMO DE LLAMADAS PICO.**

Para el cálculo del ancho de banda requerido para soportar el número de llamadas máximo, se utilizarán las ecuaciones definidas en el capítulo 2, sección 2.16.

En el presente estudio, se pretende determinar la robustez del protocolo IPv6 con aplicación de QoS para paquetes de voz; por lo tanto, se utilizará un códec que no realice mayor nivel de compresión y que a su vez, tenga un retardo bajo en el empaquetamiento. Por tales motivos, se efectuará el cálculo del ancho de banda

requerido, para paquetes de voz, utilizando el Códec G.711 sobre HDLC sin compresión de RTP (sin cRTP).

**Paso 1:** *Calcular el tamaño de las tramas de voz*

El tamaño de la trama se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tamaño de trama} = \text{Payload} + \text{Enc. 4} + \text{Enc. 3} + \text{Enc. 2}$$

Como se había mencionado en capítulos anteriores, el *Payload* tiene relación al CÓDEC utilizado, que para el caso actual es G.711 con un *payload* igual a 160 bytes, según se ha definido en la tabla 10.

Los encabezados de capa 4 y capa 3 corresponden a los protocolos RTP, UDP e IP. Por lo general esta cabecera suele ser de 40 bytes: 20 bytes de IP (*Internet Protocol*), 8 bytes de UDP (*User Datagram Protocol*) y 12 bytes de RTP (*Real Time Protocol*). Tal afirmación se la realizó en el apartado 2.7.1 Cabecera Fija.

Por otra parte, el sistema ha sido implementado sobre Ethernet 802.3, el cual requiere de 18 bytes (incluyendo 4 bytes de la secuencia de verificación de trama o de comprobación de redundancia cíclica) correspondientes al protocolo de enlace.

**Tabla 11:** *Encabezado de Ethernet 802.3*  
*Recuperado de: <https://wiki.wireshark.org/Ethernet>*

<b>Protocolo Ethernet 802.3</b>					
<b>Preámbulo</b>	<b>Dirección MAC Destino</b>	<b>Dirección MAC Origen</b>	<b>Tipo</b>	<b>Datos</b>	<b>Secuencia de Verificación CRC</b>
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 – 1500 bytes	4 bytes

Por lo tanto:

$$\text{Tamaño de trama} = 160\text{bytes} + 40\text{bytes} + 18\text{bytes}$$

$$\text{Tamaño de trama} = 218 \text{ bytes}$$

Como se había mencionado, existen casos en que se puede utilizar compresión de RTP (cRTP) para las capas 3 y 4, y con esto, los 40 bytes se reducen a 2 o 4 bytes, pero, se debe recalcar que Ethernet no admite este tipo de compresión.

Una vez calculado el tamaño de la trama, procedemos a expresar su valor en bits, así:

$$\text{Tamaño de Trama}_{[bits]} = \text{Tamaño de Trama}_{[Bytes]} \times 8$$

$$\text{Tamaño de Trama}_{[bits]} = 218 \text{ bytes} \times 8$$

$$\text{Tamaño de Trama}_{[bits]} = 1744 \text{ bits}$$

Esto quiere decir que cada trama tendrá una longitud de 1744 bits

**Paso 2:** *Calcular el ancho de banda requerido por una sola llamada*

Para el códec G.711, se ha tabulado que este genera 50 paquetes por segundo (PPS), tal cual lo muestra la tabla 10.

$$\text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} = \text{Tamaño de Trama} \times \text{Paquetes por segundo}$$

$$\text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} = 1744 \text{ bits} \times 50 \text{ PPS}$$

$$\text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} = 87200 \text{ bits por segundo}$$

$$\text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} = 87.2 \text{ kbps}$$

Valor que concuerda con el Ancho de Banda Ethernet (kbps) que figura en la tabla 10 para el caso de G.711 (64kbps).

Se debe tomar en cuenta que este valor está referido al Ancho de Banda que consume un solo teléfono. En una conversación normal (no llamada de conferencia), participan al menos dos teléfonos.

**Paso 3:** *Calcular el ancho de banda requerido en la implementación*

El número de llamadas concurrentes para el sistema planteado, es de 5 llamadas simultáneas, entonces:

$$\text{Ancho de banda requerido} = \text{Ancho de Banda}_{\text{llamada}} \times \text{Número de llamadas concurrentes}$$

El número de llamadas concurrentes está referido al número de teléfonos que participan en la conversación. Para el cálculo, se han tomado 10 teléfonos, los cuales pueden formar 5 llamadas concurrentes de dos participantes cada una.

$$\text{Ancho de banda requerido} = 87.2\text{kbps} \times 10$$

$$\text{Ancho de banda requerido} = 872\text{kbps}$$

Utilizando la herramienta de cálculo de ancho de banda de Asterisk ([http://www.asteriskguru.com/tools/bandwidth\\_calculator.php](http://www.asteriskguru.com/tools/bandwidth_calculator.php)), obtenemos el resultado siguiente:

**Gráfico 26:** *Interfaz de Asterisk para el cálculo del ancho de banda necesario para telefonía IP*

The screenshot shows the 'Tools' section of the Asterisk website, specifically the '2. Bandwidth Calculator' tool. The interface is divided into two columns: 'Incoming Channel' and 'Outgoing Channel'. Both columns have the same settings: 'Regular Audio Codecs' selected with a 'Codec' dropdown set to 'g.711-64.00Kbps'. Below this, there are radio buttons for 'Speex Audio Codec', 'MGCP', 'H323', 'SIP' (which is selected), 'IAX2', and 'IAX2 trunked'. At the bottom of each column, there is a checkbox for 'RTCP'. A text input field at the bottom center is labeled 'Number of simultaneous calls:' and contains the value '5'. A 'Calculate' button is located at the bottom right of the form.

**Gráfico 27:** Resultados de Asterisk para el cálculo del ancho de banda

Incoming Bandwidth		Outgoing Bandwidth	
Calls: 5		Calls: 5	
RTP: 4.69 Kbps		RTP: 4.69 Kbps	
UDP: 3.13 Kbps		UDP: 3.13 Kbps	
IP: 7.81 Kibps		IP: 7.81 Kibps	
Protocol: SIP		Protocol: SIP	
Audio Codec: 64.00g.711 Kbps		Audio Codec: 64.00g.711 Kbps	
*SIP overhead is disregarded!		*SIP overhead is disregarded!	
Incoming bandwidth:	<b>398.13 Kbps</b>	Outgoing bandwidth:	<b>398.13 Kibps</b>
	<b>0.39 Mbps</b>		<b>0.39 Mbps</b>
	<b>49.77 KBps</b>		<b>49.77 KBps</b>
	<b>0.05 MBps</b>		<b>0.05 MBps</b>
Total bandwidth (incoming and outgoing):			
<b>796.26 Kbps</b>			
<b>0.78 Mbps</b>			
<b>99.53 KBps</b>			
<b>0.1 MBps</b>			

Esta aplicación calcula que el ancho de banda total será de 796.23 Kbps, valor que difiere un tanto del valor teórico calculado, pero no excede el 10%. En realidad, el error es de 8.69%, que se lo considera aceptable para el diseño. Este error ha sido calculado de la siguiente manera:

$$e(\%) = \frac{\text{Valor Teórico} - \text{Valor Real}}{\text{Valor Real}} \times 100\%$$

$$e(\%) = \frac{872.00 - 796.23}{872.00} \times 100\%$$

$$e(\%) = 8.69\%$$

#### 4.5 CODIFICADOR DE VOZ A UTILIZAR

Las siguientes condiciones muestran las razones por la cual el estándar de codificación de audio G711, se lo utiliza para llevar acabo las pruebas de rendimiento del protocolo IPv6 sobre VoIP.

- La primera característica del códec G711, es que carece de una licencia, y puede utilizarse libremente para aplicaciones de VoIP, lo cual es necesario ya

que se está utilizando un free SIP server, y no se podrá utilizar otro sin utilizar una licencia.

- El propósito principal de este trabajo, no es de ahorrar el mayor ancho de banda posible en la transmisión de la data que pasa por el enlace de 1Mb, sino más bien, es poner a prueba el protocolo IPv6 sobre VoIP, por tal motivo no se ha optado por utilizar algoritmos con licencias con mayor compresión de la data.
- Ya que una de sus características es que es un algoritmo de baja compresión, y que debido a ello ofrece una gran calidad de voz para ambos extremos, pero sacrificando el ancho de banda en comparación con otros codecs, ese consumo de ancho de banda nos facilita saturar de una manera más fácil el canal de 1Mb y así comprobar el comportamiento de IPv6 con QoS para voz, al momento que se generen mas llamadas simultaneas para lo que fue dimensionado el sistema.
- Debido a que el algoritmo no realiza compresión, el retardo en el proceso de codificación es de (0.75 ms), como se muestra en la tabla 12 y el retardo de empaquetamiento (20 ms) como se muestra en la tabla 13, son bastante reducidos, lo cual contribuye de manera positiva en los valores de jitter.
- Posee un MOS igual a 4.1 / 5, ver tabla 12, lo cual indica que la voz será lo más parecido posible a la voz original debido a que el algoritmo no realiza compresión, utilizando 64000Bit o 64 Kbps de voz digitalizada, resultado que se obtiene de las 8000 muestras por segundo que se obtiene en el proceso de digitalización, codificando cada una de esas muestra a 8 bits, cabe recalcar que para ondas análogas de voz, la velocidad de muestreo se establece a 8000

Hz, es decir 8000 muestras por segundo, ofreciendo el flujo de datos mas alto comparado con los demás codecs 64Kbps, ver tabla 12 (Vesga-Ferreira, Granados-Acuña, & Vesga-Barrera, 2016, p. 83 - 95).

**Tabla 12: Detalle de los codificadores de voz**  
(Minoli, 2006, 74)

Algoritmo	Tecnología	Bit Rate (kbps)	MIPS	Retardo de compresión del algoritmo (ms)	Frame Size	MOS
G.711	PCM	64	34	0.75	0.125	4.1
G.726	ADPCM	32	13	1	0.125	3.85
G.728	LD-CELP	16	33	3 – 5	0.625	3.61
G.729	CS-ACELP	8	20	10	10	3.92
G.729a	CS-ACELP	8	10.5	10	10	3.9
G.723.1	MPMLQ	6.3	16	30	30	3.9
G.723.1	ACELP	5.3	16	30	30	3.8

**Tabla 13: CODEC y sus retardos de empaquetamiento**  
(Rosario, M. A., 2006, cap. 3)

Codificador	Tasa (Kbps)	Carga Útil (Bytes)	Retardo de empaquetamiento (ms)	Carga Útil (Bytes)	Retardo de empaquetamiento (ms)
PCM, G.711	64	160	20	240	30
ADPCM, G.726	32	80	20	120	30
CS-ACEL, G.729	8.0	20	20	30	30
MP-MLQ, G.723.1	6.3	24	24	60	48
MP-ACELP, G.723.1	5.3	20	30	60	60

#### **4.6 CONFIGURACIONES DE LOS EQUIPOS PARA EFECTUAR LA CONECTIVIDAD DE LAS REDES IP Y APLICACIÓN DE QoS PARA VOZ.**

En la estructura de red mostrada al inicio del presente capítulo, gráfico 19, se muestran cinco tipos de equipos, a saber:

*Router, switch, servidor de voz (centralita IP), computadora portátil (laptop) y teléfonos IP.*

De manera general, el servidor de voz y la computadora portátil, se los configurará con direcciones IP fijas, tanto para las pruebas con IPv4 cuanto con IPv6 y, sus puertos de enlace predeterminados serán los *router* de sus respectivas LAN. Los teléfonos IP tienen configurado por defecto el protocolo DHCP, con el cual reciben direcciones del tipo IPv4 o IPv6, según el caso, desde los *routers* de sus respectivas LAN. Cada teléfono es registrado en la centralita de voz IP con un nombre y una extensión.

Este apartado se enfocará en la configuración de los *router* dado que son los equipos que efectuarán el trabajo de enlace de las redes y de administración de los paquetes RTP.

## 4.6.1 Configuración de los enrutadores

### Configuración básica router 1

<pre> ipv6 unicast-routing ipv6 enable ! ip dhcp pool Telefonos  network 192.168.83.0 255.255.255.0  default-router 192.168.83.1 ip dhcp excluded-address 192.168.83.1 ! access-list 100 permit ip 192.168.83.0 0.0.0.127 any ! ipv6 router ospf 1  Router-id 1.1.1.1  passive-interface FastEthernet0/1 ! router eigrp 1  passive-interface FastEthernet0/1  network 10.0.0.0 0.0.0.3  network 192.168.83.0 0.0.0.255 ! interface FastEthernet0/0  ip address 10.0.0.1 255.255.255.252  ipv6 address FC00::1/64  ipv6 ospf 1 area 0  no shutdown </pre>	<pre> ! interface FastEthernet0/1  ip address 192.168.83.1 255.255.255.0  ipv6 address 2001:DB8:ABCD:A::1/64  ipv6 ospf 1 area 0  no shutdown ! </pre>
--	--

### Configuración básica Router 2

<pre> ipv6 enable ! ip dhcp pool Telefonos  network 192.168.100.0 255.255.255.252  default-router 192.168.100.1 ip dhcp excluded-address 192.168.100.1 ! access-list 100 permit ip 192.168.100.0 0.0.0.127 any ! ipv6 unicast-routing ipv6 router ospf 1  Router-id 2.2.2.2  passive-interface FastEthernet0/1 ! router eigrp 1  passive-interface FastEthernet0/1  network 10.0.0.0 0.0.0.3  network 192.168.100.0 0.0.0.255 ! interface FastEthernet0/0  ip address 10.0.0.2 255.255.255.252  ipv6 address FC00::2/64  ipv6 ospf 1 area 0  no shutdown </pre>	<pre> ! interface FastEthernet0/1  ip address 192.168.100.1 255.255.255.252  ipv6 address 2001:DB8:ABCD:B::1/64  ipv6 ospf 1 area 0  no shutdown ! </pre>
---	---

Configuración de DiffServ R1/R2 (Consistente en ambos router para un mismo nivel de servicio)

<pre> Clasificación ! class-map match-all voip match access-group 100 class-map match-all voip-out match dscp ef !         </pre>	<pre> Creación de políticas ! policy-map QoS-OUT class voip-out priority 900 police cir 900000 class class-default bandwidth remaining percent 90 random-detect policy-map 1Mbps class class-default shape average 1024000 service-policy QoS-OUT !         </pre>	<pre> Marcación ! policy-map SET-QoS class voip set dscp ef class class-default set dscp af11 !         </pre>
---	--	--

Configuración DiffServ, continuación

<pre> aplicación de qos en las interfaces ! interface FastEthernet0/1 service-policy input SET-QoS interface FastEthernet0/0 service-policy output 1Mbps !         </pre>
---

Para ver el detalle del comando Show running-config , ver *Anexo 1*.

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS DEL TRÁFICO

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se realizarán las distintas pruebas de laboratorio que ayudarán a determinar el rendimiento del protocolo IPv6 sobre tráfico RTP. Para este análisis, se hará uso de un *network sniffer* como Wireshark, para tomar los valores de los parámetros *Jitter*, *Delay* y *Packet Loss*, con los cuales se analizará el rendimiento del protocolo IPv6 frente a IPv4, en función de la mejora en el desempeño del tráfico de paquetes de *Real Time Protocol*. Cabe recalcar que la ITU-T G.114 recomienda que el parámetro de Jitter no debería superar los 100ms, en el caso del Delay, recomienda valores de 150 ms; a diferencia del Jitter, en el Delay, la ITU-T G.114 permite un umbral de (>150 ms - <250) para personas más sensibles, si se supera ese umbral la comunicación se vuelve molesta, y para el Packet Loss, menor al 1%, pero, que idealmente, debería ser 0% para VoIP.

**Tabla 14:** Parámetros recomendados para VoIP  
Recuperado de: <http://www.voip-info.org/wiki/view/QoS>

Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Packet Loss
<100	<150	< 1%

#### 5.2 ANÁLISIS DEL TRÁFICO IPV4 SIN CONDICIONES DE SATURACIÓN

En esta primera parte del análisis de tráfico, se analizará el comportamiento que presenta IPv4 en condiciones óptimas; sin saturación. Este análisis se lo realizará solo mediante llamadas IP desde un lado del segmento de la red hacia el otro lado, lo que indica que el único tráfico que va a cruzar por el enlace de 1MB que conecta

ambos segmentos de la red será tráfico RTP; no habrá tráfico de video. Cabe recalcar que las condiciones de: *con saturación, sin saturación* del presente análisis de tráfico se dará al agregarle u omitirle tráfico de video al enlace de 1MB, restándole recurso al tráfico RTP. Mediante este análisis, se obtendrán valores de *Delay, Jitter y Packet Loss*, para luego tomarlos como referencia cuando se realicen pruebas con saturación bajo el mismo protocolo IPv4, y comparar ambos resultados, con el propósito de determinar que el modelo de calidad de servicio entra en efecto, lo cual se podrá determinar si la variación de estos valores no varían en exceso, o no superan los valores de *Jitter, Delay y Packet Loss*, permitidos para VoIP.

A continuación se presenta las condiciones con la que se realizará la prueba de simulación.

***Prueba #1 – Condiciones:***

- Tráfico RTP: Si
- Tráfico Video: No
- Tipo de direccionamiento: IPv4
- Número de llamadas simultáneas: 5 (10 teléfonos)
- Políticas de calidad de servicio (LLQ y DiffServ): Desactivadas
- Tiempo de análisis: 5 minutos (300 segundos)

Después de los 300 segundos de análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

***Tabla 15: Resultados Prueba 1***

<b>Tiempo (segundos)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
<b>300</b>	<b>27.69</b>	<b>113.41</b>	<b>0%</b>

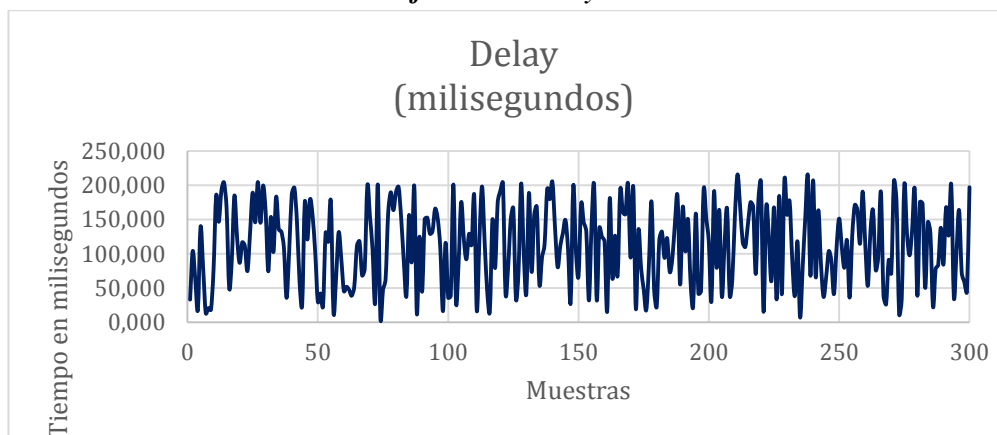
Para ver más detalles de los resultados de la prueba de simulación #1, *ver anexo 2*.

Los gráficos siguientes muestran el comportamiento en el tiempo de los valores máximo y mínimo de los tres parámetros analizados. Para el caso de Jitter, como se muestra en el *gráfico 28*, en 1 s de los 300 s que duró la prueba, el Jitter superó lo aceptable a 122ms, para VoIP (*ver anexo 2*), lo cual no afecta la comunicación, ya que el 97.7% del tiempo la pasó en condiciones óptimas, o sea debajo de los 40 ms, obteniendo un *Jitter promedio* de 27.69ms de los 100ms recomendado para VoIP. En el caso del delay (*ver gráfico 29*), en 1 s de los 300 s que duró la prueba, alcanzó los 215 ms (*ver anexo 2*), lo cual no supera el umbral para considerarla una comunicación molestosa, ni son valores que se mantienen constante a lo largo del tiempo, lo que indica que el 100% de la comunicación se mantuvo dentro del umbral aceptable, obteniendo un *Deley promedio* de 113, 41ms, de los 150 ms recomendado para VoIP, y por último, en el caso del Packet Loss (*ver gráfico 30*) el primer segundo de los 300 que duró la prueba (*ver anexo 2*), llegó a alcanzar el 17%, manteniéndose entre los 259 segundos restantes en 0%, lo cual, permite un *Packet Loss promedio* de 0%, de <1% como máximo para VoIP, que, al igual que los parámetros anteriores analizados, no afecta en absoluto la comunicación, ya que indica que el 99.7% del tiempo pasó en condiciones óptimas, es decir sin pérdidas de paquetes.

**Gráfico 28: Jitter – Prueba 1**



**Gráfico 29: Delay – Prueba 1**



**Gráfico 30: Pérdida de paquetes – Prueba 1**



### 5.3 ANÁLISIS DEL TRÁFICO IPV4 E IPV6 EN CONDICIONES DE SATURACIÓN

En este apartado, se realizarán análisis de tráfico tanto de IPv4 como de IPv6, en condición de saturación. Cada prueba tendrá una breve descripción que mostrará las condiciones, el propósito, y el respectivo análisis de los resultados obtenidos.

### 5.3.1 Análisis de tráfico para comprobación del modelo de calidad de servicio

La presente prueba muestra el comportamiento del protocolo IPv4 en condiciones de saturación, que se dará mediante el paso de tráfico de video por el enlace de 1 Mb, con el propósito de comprobar que el modelo de calidad de servicio entra en efecto, lo cual se determinará verificando si los valores de Delay, Jitter y Packet Loss, obtenidos en esta prueba, no exceden de manera significativa a los valores obtenidos en la prueba # 1, que fue realizada sin saturación, o no superan los valores permitidos para VoIP.

A continuación se presentan más detalles de las condiciones con las que se realizará la prueba.

#### ***Prueba #2 – Condiciones:***

- Tráfico RTP: Sí
- Tráfico Video: Sí
- Tipo de direccionamiento: IPv4
- Número de llamadas simultáneas: 5
- Políticas de calidad de servicio (LLQ y DiffServ): Activadas
- Tiempo de análisis: 5 minutos (300 segundos)

Después de los 300 segundos de análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

***Tabla 16: Resultados Prueba 2***

<b>Tiempo (segundos)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
<b>300</b>	<b>35.18</b>	<b>119.69</b>	<b>0%</b>

Para ver más detalles de los resultados de la prueba de simulación #2, *ver anexo 3*.

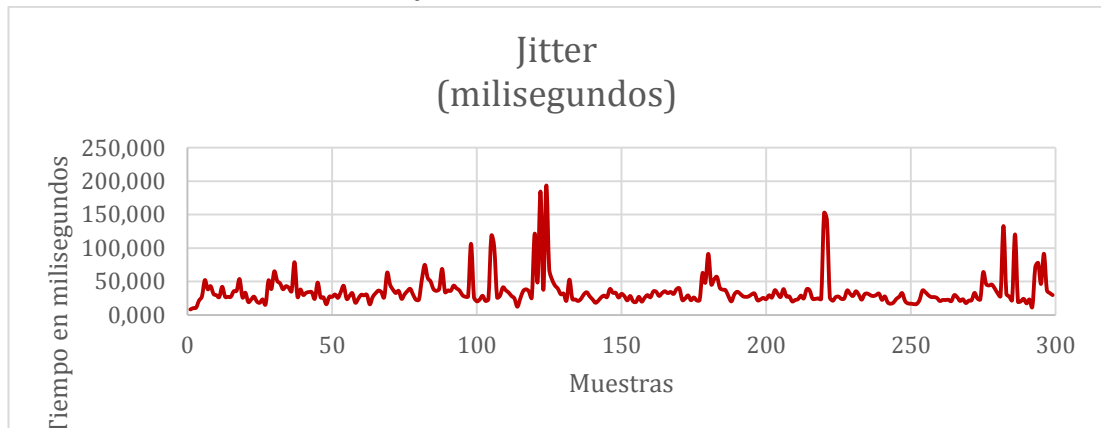
Si bien el tráfico aumenta significativamente, no existe mayor diferencia entre los comportamientos sin saturación y con saturación del canal debido al tráfico de video. De esto se deduce que las políticas aplicadas para priorizar el tráfico de voz son las responsables del adecuado comportamiento de las tramas de telefonía IP.

**Tabla 17: Resultados Prueba 1 y 2**

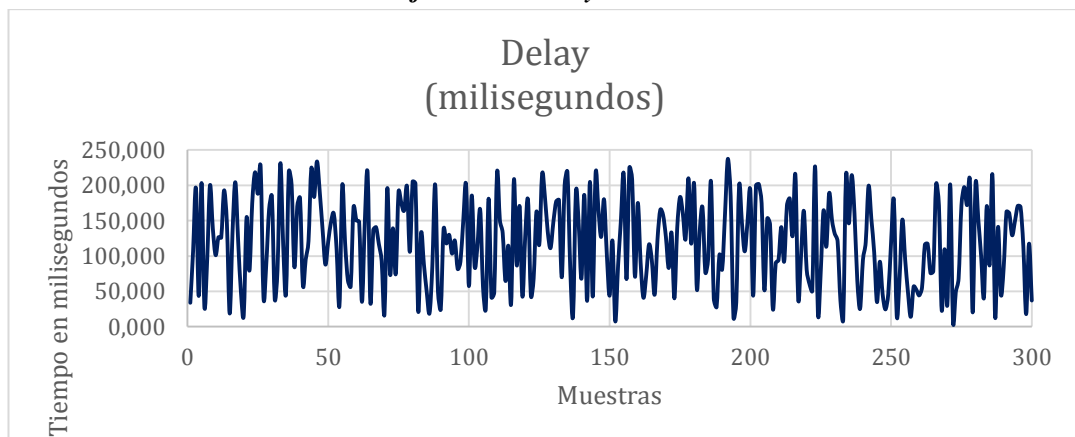
Tipo de prueba	Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
Prueba #1 sin satur.	300	27.69	113.41	0%
Prueba #2 con satur.	300	35.18	119.69	0%

Los gráficos siguientes muestran el comportamiento en el tiempo de los tres parámetros analizados. Como podemos notar en el **gráfico 31**, la mayor parte del tiempo el *Jitter* se mantuvo por debajo de los 100 ms. Acorde a los resultados obtenidos de cada segundo analizado, 8 veces superó los 100 ms, de los 300 resultados obtenidos en la prueba, correspondiente a cada segundo de la prueba a lo largo del tiempo, lo que concluye en un Jitter de 35.18 ms, de los 100 ms recomendados para VoIP. El caso del Delay, **gráfico 32**, a pesar de que supera lo recomendado en ciertas ocasiones a lo largo de la prueba, no se sale del umbral de manera continua a lo largo del tiempo, lo cual permite tener un valor de 119.69 ms de los 150 ms recomendados para VoIP; y, en cuanto al Packet Loss, nunca superó el 1% en ningún segundo de los 300 segundos que duró la prueba, lo cual se debe a la reserva del ancho de banda generada por el modelo de calidad de servicio implementado en el presente trabajo.

**Gráfico 31: Jitter – Prueba 2**



**Gráfico 32: Delay – Prueba 2**



**Gráfico 33: Pérdida de paquetes – Prueba 2**



### 5.3.2 Analisis de trafico IPv4 con saturación.

Se han realizado cuatro pruebas adicionales en similares condiciones con el propósito de corroborar los resultados de *Jitter*, *Delay* y *Packet Loss*, y realizar las pruebas posteriores con plena seguridad de que el modelo DiffServ está realmente

garantizando el ancho de banda para que el tráfico RTP tenga prioridad sobre el tráfico de video, y con el propósito de comparar estos resultados con pruebas posteriores que se realizarán con IPv6 en las mismas condiciones para el análisis de desempeño del protocolo, que es la parte esencial de este estudio. A continuación se presentan las condiciones de las pruebas a realizar.

**Prueba #3,4,5,6 – Condiciones:**

- Tráfico RTP: Si
- Tráfico Video: Si
- Tipo de direccionamiento: IPv4
- Número de llamadas simultáneas: 5
- Políticas de calidad de servicio (LLQ y DiffServ): Activadas
- Tiempo de análisis: 1 minuto (60 segundos)

Después de los 60 segundos de análisis de cada prueba, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 18: Resultados Prueba 3**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	11,989	108,770	0,00%

**Tabla 19: Resultados Prueba 4**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	11,677	103,732	0,00%

**Tabla 20: Resultados Prueba 5**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	10,82	113,41	0,07%

**Tabla 21: Resultados Prueba 6**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	14,236	106,031	0,00%

Para ver más detalles de los resultados de la prueba de simulación #3,4,5,6, *ver anexo 4.*

Al final de las cuatro pruebas, se han obtenido los siguientes promedios para los parámetros de interés:

**Tabla 22: Resultados Telefonía IPv4 con 5 llamadas**

Prueba #	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdida
3	11,99	108,77	0,00
4	11,68	103,73	0,00
5	10,82	113,41	0,07
6	14,24	106,03	0,00
<b>Promedios:</b>	<b>12,18</b>	<b>107,99</b>	<b>0,02</b>

**Tabla 23: Resultados Prueba 2**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
300	35.18	119.69	0%

Al comparar la prueba 2, con el promedio de las pruebas 3 a la 6, se concluye que el *Jitter* aumenta en función del tiempo que el canal esté ocupado.

- *Jitter* prueba 2, (5 minutos): 35,18 ms
- *Jitter* promedio pruebas 3 a la 6, (1 minuto): 12,18ms

En cuanto al parámetro *Delay*, se puede afirmar que no existe mayor diferencia dado que:

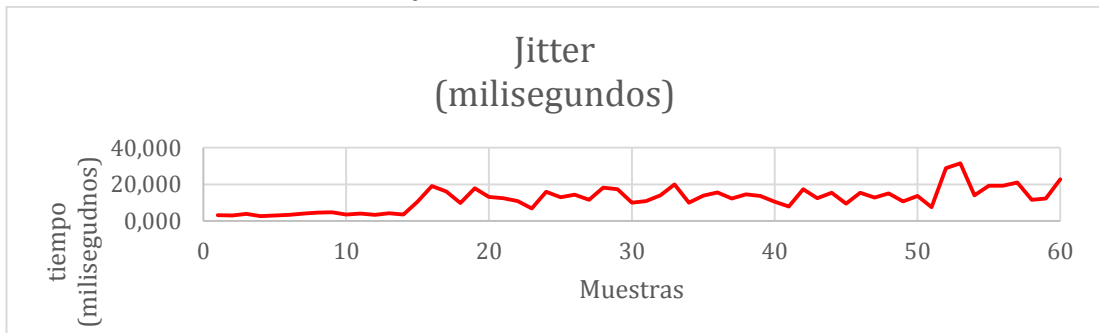
***Delay prueba 2 (5 minutos):*** 119,69 ms

***Delay promedio pruebas 3 a la 6, (1 minuto):*** 107,99 ms

En donde la diferencia de mantener ocupado el canal durante 5 minutos frente a tenerlo ocupado 1 minuto, tiene una incidencia de 9.77% en el parámetro de retardo.

Los gráficos siguientes muestran el comportamiento en el tiempo de los tres parámetros analizados. En el caso del *Jitter* en las 4 pruebas realizadas (***ver gráficos 34, 35, 36, 37***) nunca supera los 40 ms de los 100 ms aceptables para VoIP, obteniendo un *Jitter* promedio de 12.18ms; para el *Delay* (***ver gráficos 38, 39, 40, 41***). Los valores a lo largo del tiempo, en su mayor parte siempre se mantuvieron cerca de lo recomendable para VoIP, 150ms, y nunca pasó el umbral máximo permitido, *200ms - 250 ms*, lo que no le afecta a la comunicación debido a que solo son en ciertos segundos de los 60 segundos que dura cada prueba; estos valores no son constantes a lo largo del tiempo, por lo que permite tener un *Delay* promedio de 107.99 ms de los 150 ms recomendado para VoIP; y por último, con respecto al *Packet Loss* (***ver gráficos 42, 43, 44, 45***), tan solo en la tercer prueba, de los 60 segundos que duró, en 2 segundos superó lo permitido para VoIP, lo cual indiscutiblemente —ya que ese valor no se mantiene a lo largo de la comunicación— pasa por desapercibido para el receptor; el resto del tiempo se mantiene en condiciones óptimas; que corresponden al 0% de pérdida de paquetes, lo que permite alcanzar un *Packet Loss* promedio de 0.02%, del 1% como máximo permitido para VoIP.

**Gráfico 34: Jitter – Prueba 3**



**Gráfico 35: Jitter – Prueba 4**



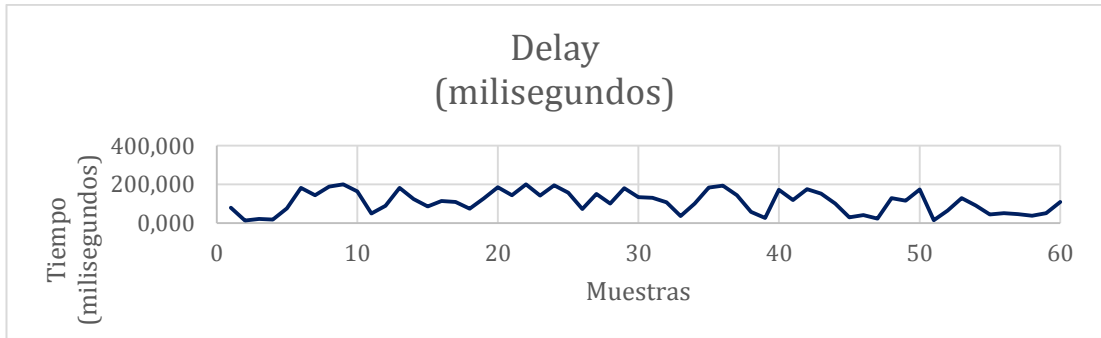
**Gráfico 36: Jitter – Prueba 5**



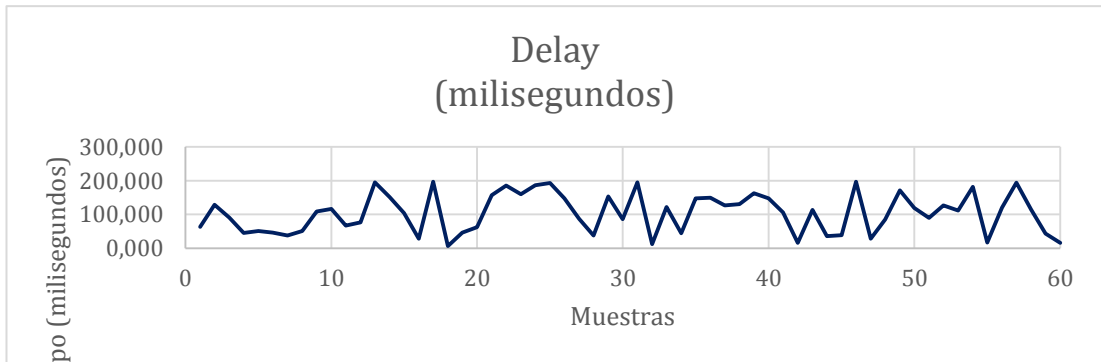
**Gráfico 37: Jitter – Prueba 6**



**Gráfico 38: Delay – Prueba 3**



**Gráfico 39: Delay – Prueba 4**



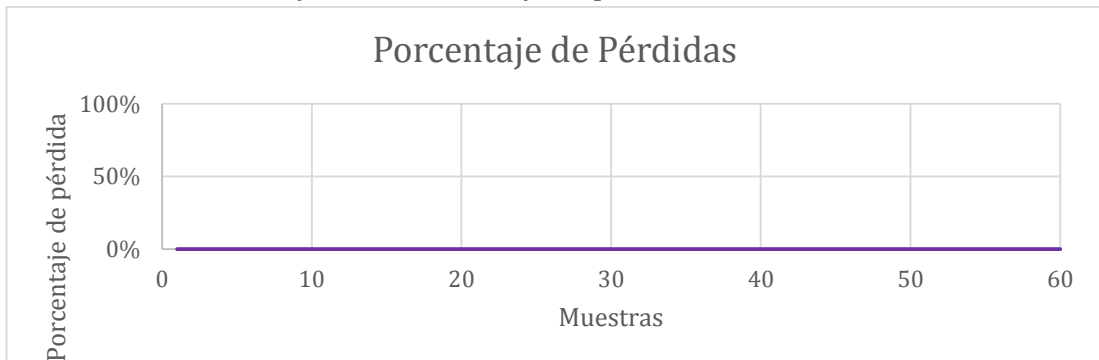
**Gráfico 40: Delay – Prueba 5**



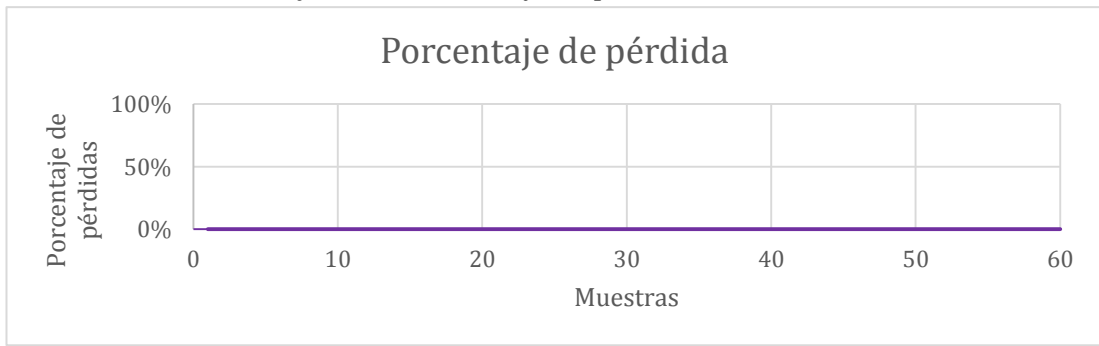
**Gráfico 41: Delay – Prueba 6**



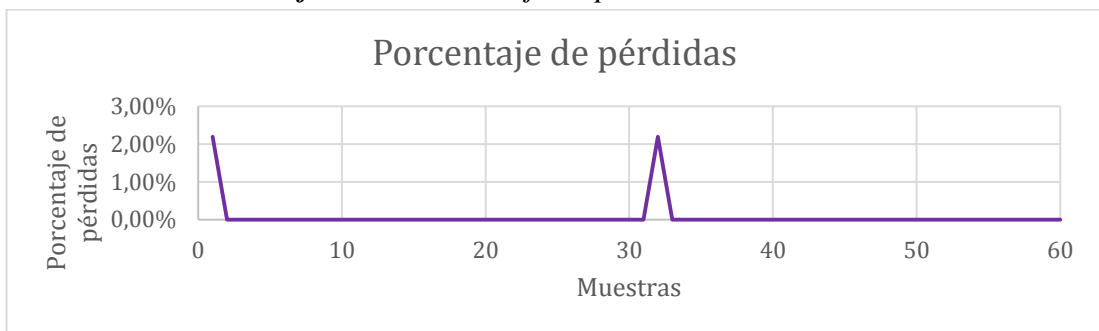
**Gráfico 42: Porcentaje de pérdidas – Prueba 3**



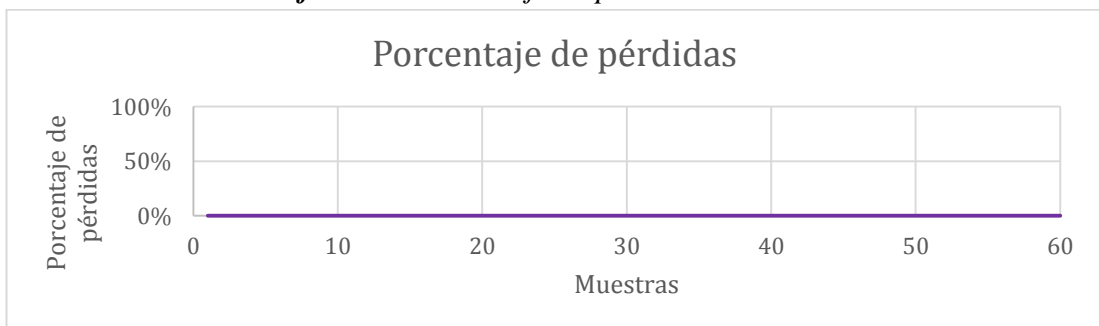
**Gráfico 43: Porcentaje de pérdidas – Prueba 4**



**Gráfico 44: Porcentaje de pérdidas – Prueba 5**



**Gráfico 45: Porcentaje de pérdidas – Prueba 6**



### 5.3.3 Analisis de trafico IPv4 con saturacion y sobredimensionado

Ahora, con el fin de comprobar el desempeño de telefonía IP sobre el protocolo IPv4, en un ambiente donde se genere el doble del tráfico RTP para el cual fue dimensionado, se saturará el sistema de red con el doble de llamadas de las que se había calculado. Entonces, el nuevo esquema en el que se realizarán las pruebas será:

#### *Prueba #7,8,9 – Condiciones:*

- Tráfico RTP: Si
- Tráfico Video: Si
- Tipo de direccionamiento: IPv4
- Número de llamadas simultáneas: 10 (20 teléfonos)
- Políticas de calidad de servicio (LLQ y DiffServ): Activadas
- Tiempo de análisis: 1 minuto (60 segundos)

En estas condiciones se efectuarán 3 pruebas.

Después de los 60 segundos de análisis que duro cada prueba, se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 24: Resultados Prueba 7*

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	6,456	175,492	40,16%

*Tabla 25: Resultados Prueba 8*

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	6,865	177,926	45,6%

**Tabla 26: Resultados Prueba 9**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	7,41	167,60	43,2%

Para ver más detalles de los resultados de la prueba de simulación #7,8,9, *ver anexo 5*.

Al final de las tres pruebas, se han obtenido los siguientes promedios para los parámetros de interés:

**Tabla 27: Resultados Telefonía IPv4 con 10 llamadas**

Prueba #	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdida
7	6,46	175,49	40,16%
8	6,87	177,93	45,60%
9	7,41	167,60	43,20%
<b>Promedios:</b>	6,91	173,67	42,99%

Si bien es cierto el parametro de *Jitter* esta dentro de los rangos aceptables, y el valor de *Deley*, puede ser considerado aceptable, a pesar que pasa los 150ms, que es el umbral aceptable para VoIP, (>150ms - <250ms), el porcentaje de pérdida de paquetes, alcanza valores que, indiscutiblemente, afectarán de manera significativa a las llamadas telefónicas, haciéndolas ininteligibles.

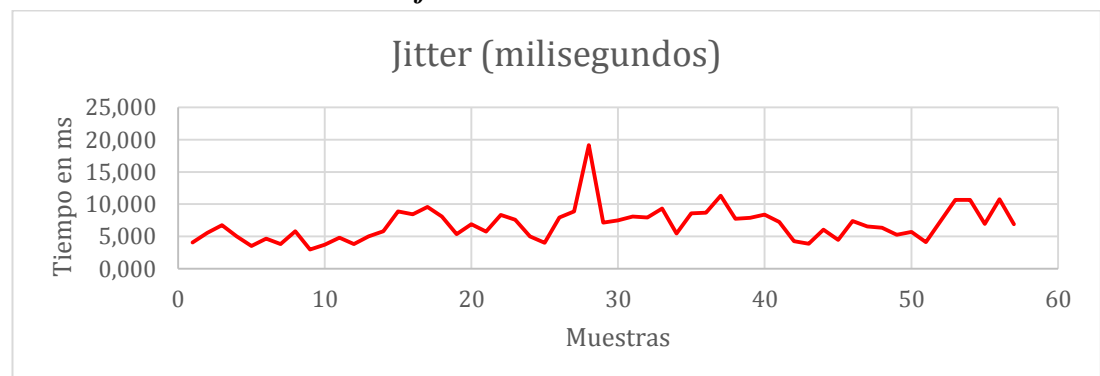
Los gráficos siguientes muestran el comportamiento en el tiempo de los tres parámetros analizados de cada prueba. Para el caso del *Jitter* (*ver gráficos 46, 47, 48*), nunca superó los 20 ms en las tres pruebas realizadas, manteniéndose siempre debajo de los 20 ms, permitiendo un Jitter promedio de 6.91ms de los 100 ms recomendado para VoIP. En el caso de *Delay* (*ver graficos 49, 50, 51*), la mayor parte del tiempo superó lo permitido para VoIP, pero a pesar de eso no supera el

umbral aceptable, ( $>150\text{ms}$  -  $<250\text{ms}$ ), permitiendo con esto alcanzar un *Delay promedio* de 173.67 ms de los 150 recomendado para VoIP. Para *Packet Loss* (*ver graficos 52, 53, 54*), debido a la gran cantidad de pérdida de paquetes, constante a lo largo del tiempo, que se mantienen por encima del 40% de pérdida, del 1% como máximo permitido para VoIP, se torna una comunicación intermitente, e ininteligible, tomando un efecto de palabras entre cortadas, difícil de comprender en ambos segmentos de la red.

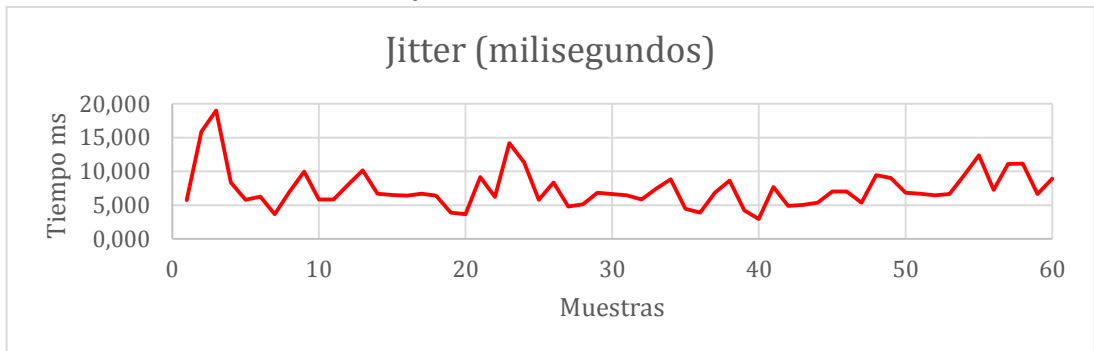
**Gráfico 46: Jitter – Prueba 7**



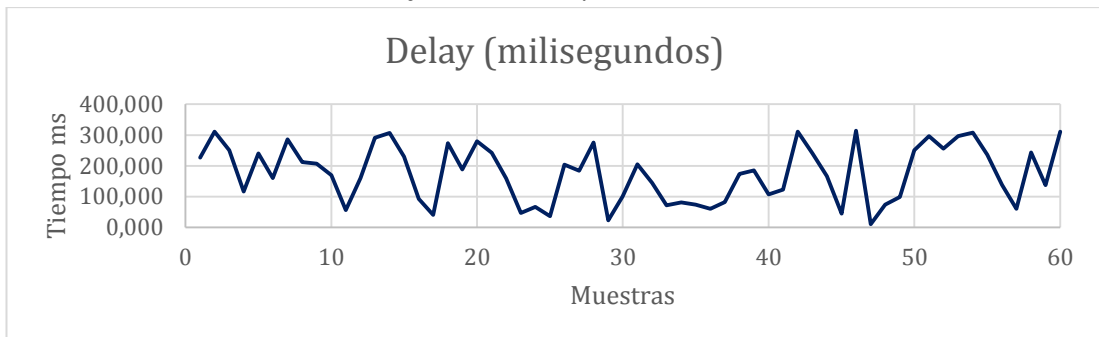
**Gráfico 47: Jitter – Prueba 8**



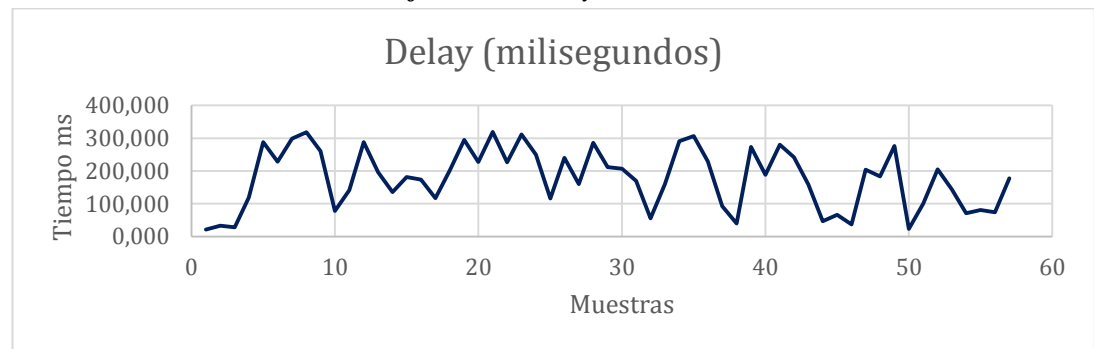
**Gráfico 48: Jitter – Prueba 9**



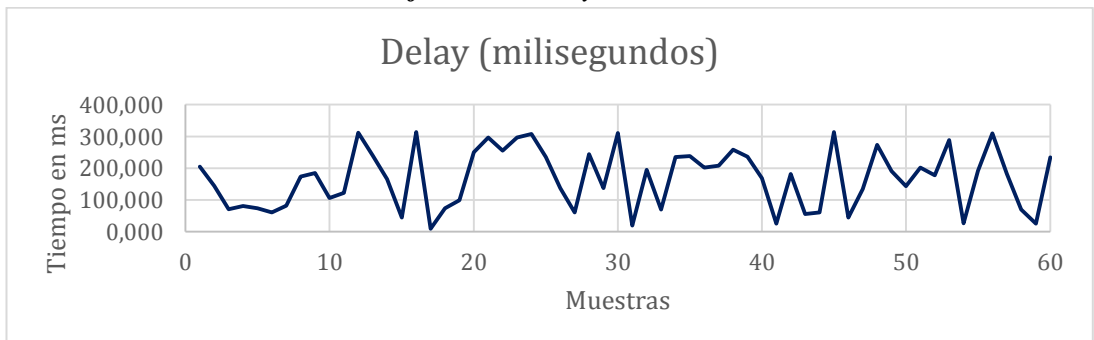
**Gráfico 49: Delay – Prueba 7**



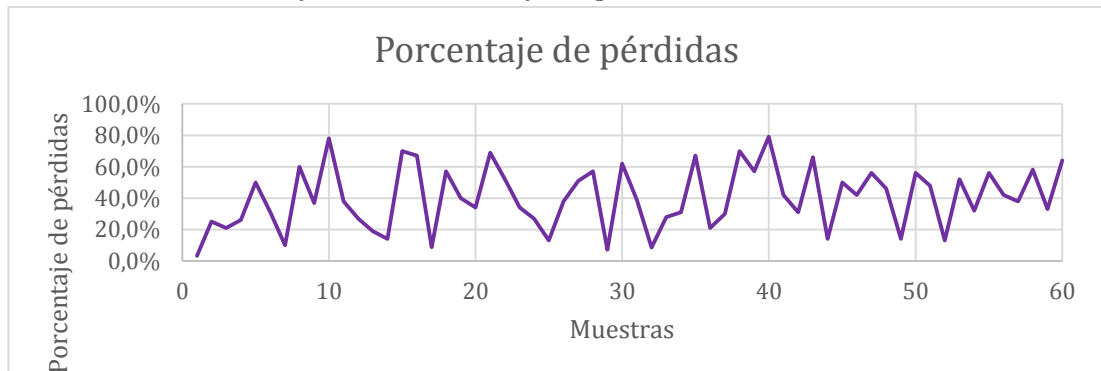
**Gráfico 50: Delay – Prueba 8**



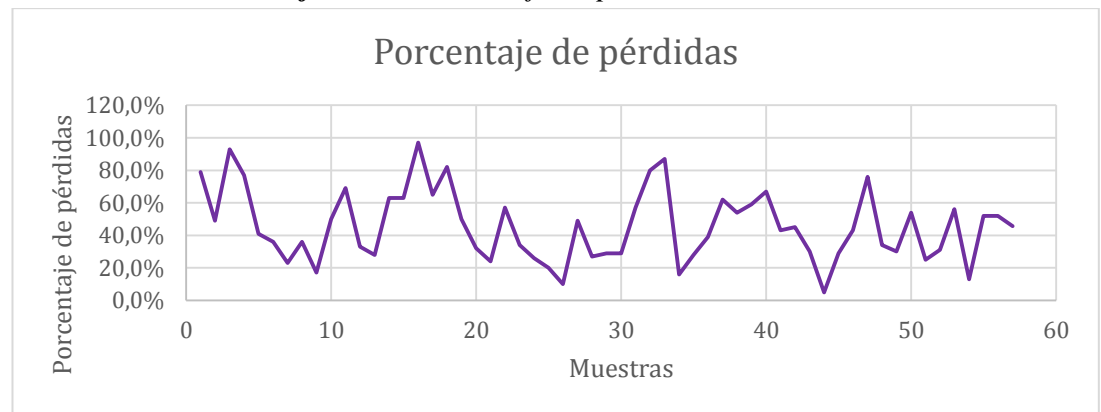
**Gráfico 51: Delay – Prueba 9**



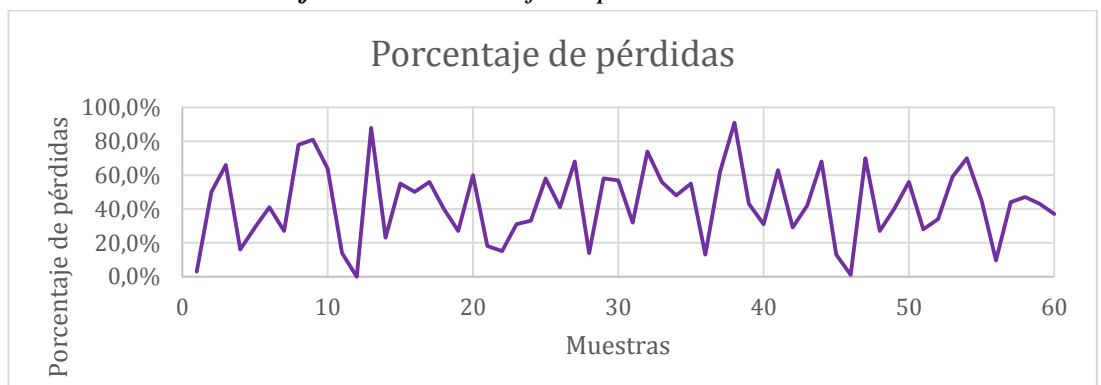
**Gráfico 52: Porcentaje de pérdidas – Prueba 7**



**Gráfico 53: Porcentaje de pérdidas – Prueba 8**



**Gráfico 54: Porcentaje de pérdidas – Prueba 9**



#### 5.3.4 Analisis de trafico IPv6 con saturacion

Dado que el punto de interés en el desarrollo del presente trabajo es la determinación del rendimiento del protocolo IPv6 sobre telefonía IP, se realizarán dos pruebas que permitirán determinar el desempeño del protocolo IPv6 sobre tráfico RTP, mediante la comparación de los resultados finales con los resultados obtenidos

previamente del protocolo IPv4 en las pruebas #3,4,5,6. Ambos resultados han sido obtenidos con pruebas realizadas en las mismas condiciones con las que se realizarán las siguientes, en las que la variable será el número de llamadas concurrentes.

A continuación se presenta las condiciones con las que se realizarán las pruebas:

***Prueba #10,11,12,13 – Condiciones:***

- Tráfico RTP: Si
- Tráfico Video: Si
- Tipo de direccionamiento: IPv6
- Número de llamadas simultáneas: 5 (10 teléfonos)
- Políticas de calidad de servicio (LLQ y DiffServ): Activadas
- Tiempo de análisis: 1 minuto (60 segundos)

Después de los 60 segundos de análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

***Tabla 28: Resultados Prueba 10***

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	15,95	107,93	0,51%

***Tabla 29: Resultados Prueba 11***

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	7,5	106,5	0,08%

***Tabla 30: Resultados Prueba 12***

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	18,0	112,8	0,36%

**Tabla 31: Resultados Prueba 13**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	12,4	115,3	0,39%

Para ver más detalles de los resultados de las pruebas #10,11,12,13, *ver anexo 6.*

Al final de las cuatro pruebas, se han obtenido los siguientes promedios para los parámetros de interés, *ver tabla 31 y 32:*

**Tabla 32: Resultados Telefonía IPv6 con 5 llamadas**

Prueba #	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdida
10	15,95	107,93	0,51%
11	7,5	106,5	0,08%
12	18,0	112,8	0,36%
13	12,4	115,3	0,39%
<b>Promedios:</b>	<b>13,46</b>	<b>110,63</b>	<b>0,34%</b>

**Tabla 33: Resultados Telefonía IPv4 con 5 llamadas**

Prueba #	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdida
3	11,99	108,77	0,00
4	11,68	103,73	0,00
5	10,82	113,41	0,07
6	14,24	106,03	0,00
<b>Promedios:</b>	<b>12,18</b>	<b>107,99</b>	<b>0,02</b>

Al comparar los resultados con aquellos logrados sobre IPv4 en las mismas condiciones, se concluye lo siguiente:

- El Jitter en IPv6 resultó ser mayor que en IPv4 en 10,5%

$$\Delta(\%) = \frac{13,46}{12,18} = 110,5\% \rightarrow 10,5\% \text{ mayor}$$

- El Delay en IPv6, es mayor que en IPv4 en 2,4%

$$\Delta(\%) = \frac{110.63}{107.99} = 102.44\% \rightarrow 2.4\% \text{ mayor}$$

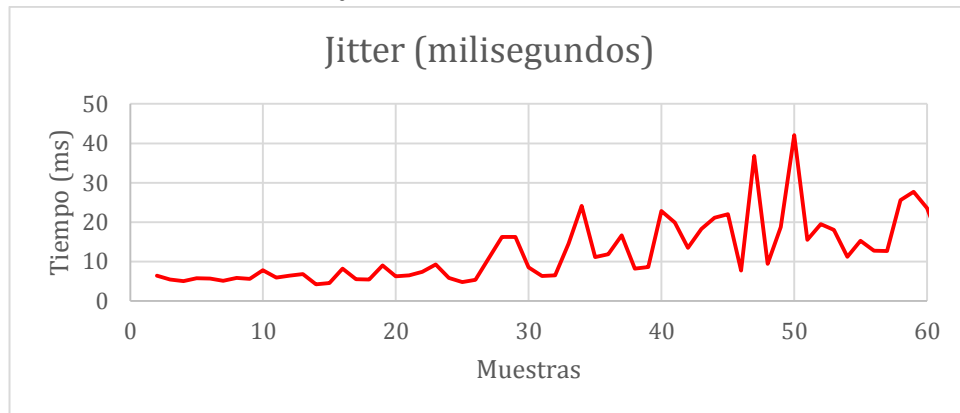
- La pérdida de paquetes es mayor en IPv6 un 17% comparado con IPv4

$$\Delta(\%) = \frac{0.34}{0.02} = 17\%$$

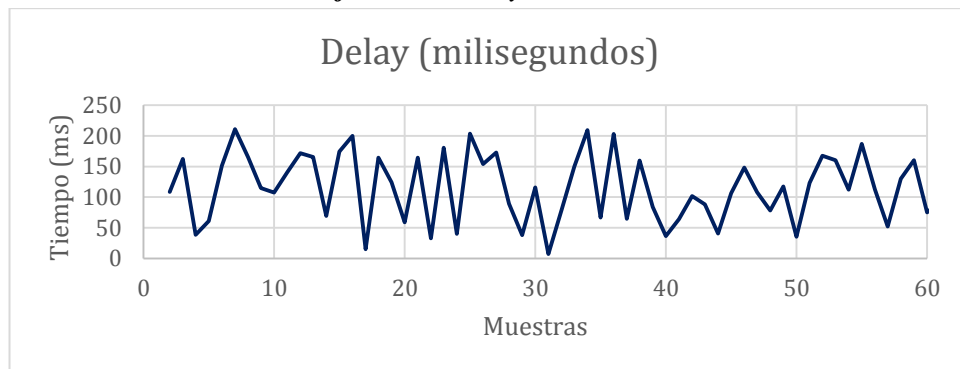
Finalmente, y de acuerdo con los parámetros estipulados en la teoría (Jitter menor a 100 ms, Delay: menor a 150 ms, Packet loss menor a 1%), tanto IPv4 cuanto IPv6 cumplen los requisitos para sostener una adecuada red de telefonía IP.

Los gráficos siguientes muestran el comportamiento en el tiempo de los tres parámetros analizados. Como podemos notar, el *Jitter* (**ver gráfico 55**), se mantuvo a lo largo del tiempo que duró la prueba por debajo de los 45ms, de los 100ms permitido para VoIP, permitiendo alcanzar un 13.46 ms de los 100 ms recomendado para VoIP. En el caso de delay (**ver gráfico 56**), se mantuvo en su mayor parte del tiempo cerca de lo permitido para VoIP, y dentro del umbral permitido (>150ms - <250ms), permitiendo alcanzar un *Delay promedio* de 110.63ms de los 150ms recomendado para VoIP. Por último, el caso de la pérdida de paquetes (**ver gráfico 57**), nunca superó el 1%, lo que es aceptable para VoIP, alcanzando un 0.34% de <1% recomendado para VoIP.

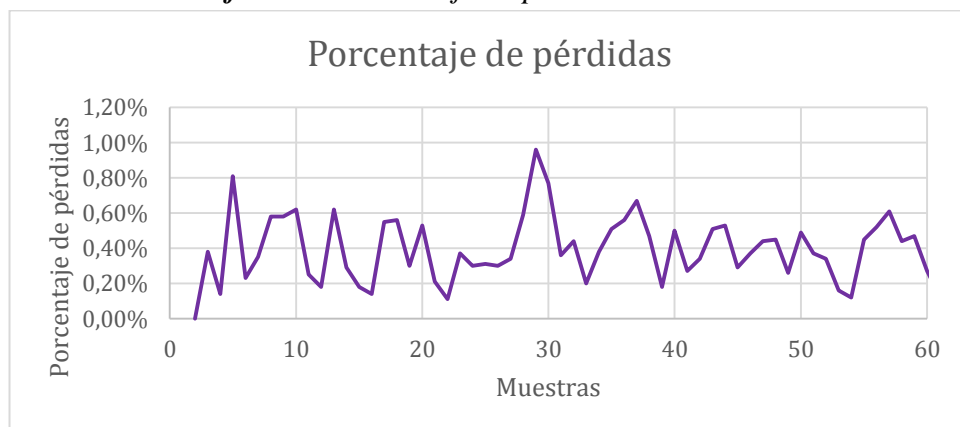
**Gráfico 55: Jitter – Prueba 13**



**Gráfico 56: Delay – Prueba 13**



**Gráfico 57: Porcentaje de pérdidas – Prueba 13**



### 5.3.5 Analisis de trafico IPv6 con saturacion y sobredimensionado

Finalmente, se realizarán las pruebas en un ambiente donde se genere el doble de tráfico RTP para el cual fue dimensionado el sistema, mediante el doble de llamadas de las que se había calculado, y el tráfico de video adicional, para comparar

estos resultados obtenidos con IPv6 con los obtenidos en las pruebas realizadas con IPv4 en estas mismas condiciones, con el propósito de determinar su desempeño, ya que se comprobó que en un ambiente donde cualquiera de los dos protocolos no sobrepasan el número de llamadas para el cual fue dimensionado —indistintamente de si existe tráfico adicional cursando por el mismo canal— se tendrán resultados aceptables para VoIP.

A continuación se presentan las condiciones de las pruebas:

***Prueba #14,15,16 – Condiciones:***

- Tráfico RTP: Si
- Tráfico Video: Si
- Tipo de direccionamiento: IPv6
- Número de llamadas simultáneas: 10 (20 teléfonos)
- Políticas de calidad de servicio (LLQ y DiffServ): Activadas
- Tiempo de análisis: 1 minuto (60 segundos)

Después de los 60 segundos de análisis que duró cada prueba, se obtuvieron los siguientes resultados:

***Tabla 34: Resultados Prueba 14***

<b>Tiempo (segundos)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
<b>60</b>	<b>16,099</b>	<b>106,440</b>	<b>14,64%</b>

***Tabla 35: Resultados Prueba 15***

<b>Tiempo (segundos)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
<b>60</b>	<b>11,392</b>	<b>105,077</b>	<b>13,82%</b>

**Tabla 36: Resultados Prueba 16**

Tiempo (segundos)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
60	15,952	114,326	19,85%

Para ver más detalles de los resultados de la prueba de simulación #14,15,16, *ver anexo 7*.

Al término de las tres pruebas se obtuvo el siguiente resumen de resultados:

**Tabla 37: Resultados Telefonía IPv6 con 10 llamadas**

Prueba #	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdida
14	16,099	106,440	14,64%
15	11,392	105,077	13,82%
16	15,952	114,326	19,85%
<b>Promedios:</b>	14,481	108,614	16,10%

**Tabla 38: Resultados Telefonía IPv4 con 10 llamadas**

Prueba #	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdida
7	6,46	175,49	40,16%
8	6,87	177,93	45,60%
9	7,41	167,60	43,20%
<b>Promedios:</b>	6,91	173,67	42,99%

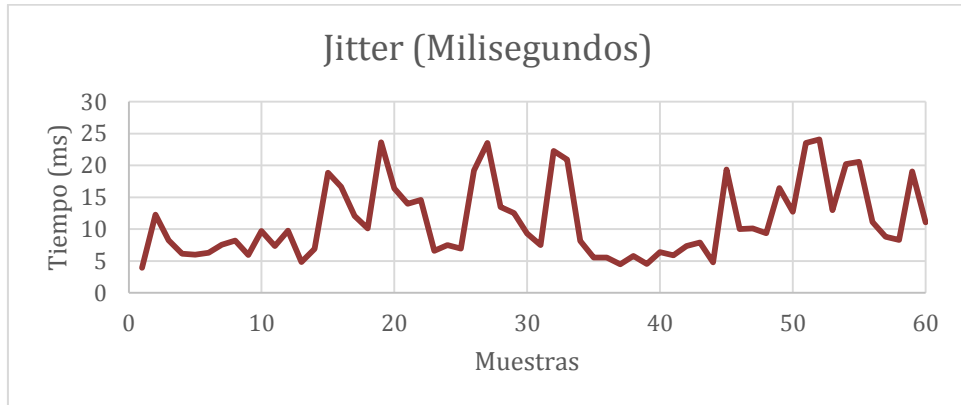
De forma similar a lo hallado en las pruebas de IPv4 con 10 llamadas (**Tabla 36: Resultados Telefonía IPv4 con 10 llamadas**), los parámetros de Jitter se mantienen dentro de lo recomendado para VoIP; en ambos casos, IPv4 e IPv6, alcanzando un *Jitter promedio* de 14.483 ms para IPv6 y 6.91 ms para IPv4, de los 100 ms recomendados para VoIP, lo mismo no sucede con el *Delay*, ya que se tiene un *Delay promedio* de 108.614 ms en IPv6, de los 150 ms recomendados para VoIP,

y para IPv4, se obtiene un *Delay promedio* de 173.67ms, que supera los valores recomendados, que es de 150 ms; pero aún así se mantiene en el umbral aceptable, que es de (>150ms - <250ms); sin embargo, el porcentaje de *Packet Loss* es sumamente alto en ambos casos; IPv4-IPv6, alcanzando un *Packet Loss* promedio de 16.10% para IPv6 del 1% como máximo recomendado para VoIP, y un *Packet Loss* promedio de 42.99% para IPv4 del 1% como máximo para VoIP; sin embargo, casi 3 veces mayor a los alcanzados en telefonía IPv6 con saturación del canal con 10 llamadas simultáneas. Naturalmente manejar llamadas de telefonía IP con 16,10% de pérdida de paquetes vuelve las comunicaciones deficientes. A pesar de que en ambos casos se mantiene un porcentaje de pérdidas de paquetes inaceptables, con IPv6 se mejora el problema de retardo, permitiendo alcanzar 108.614 ms que entra en el rango de lo recomendado para VoIP; 150 ms, a diferencia de IPv4, que supera ese valor recomendado y llega a obtener un *Delay* de 173.67 ms; estos valores justifican la teoría mencionada en el Capítulo 2, literal 2.2, donde se menciona que la asignación de la etiqueta de flujo incorporada en el protocolo IPv6, ayuda a mejorar los tiempos de latencia debido a que no se tendrá que procesar en los nodos intermedios (dirección fuente, dirección destino, puerto origen, puerto destino, protocolo), ya que la información se identifica directamente por la etiqueta.

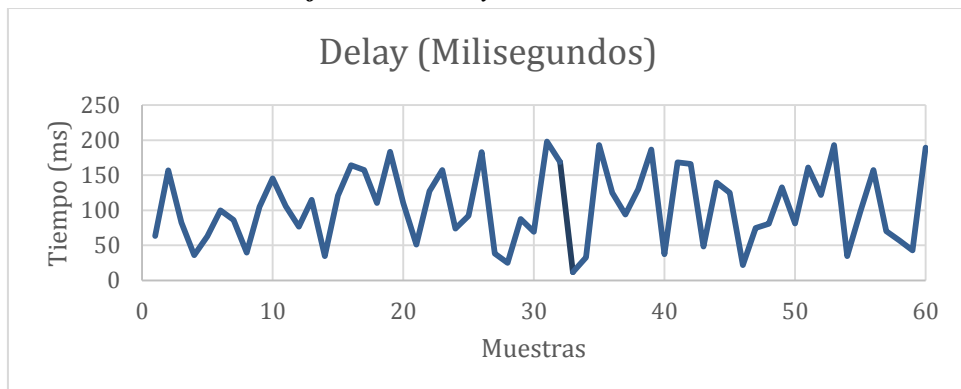
Los gráficos siguientes muestran el comportamiento en el tiempo de los tres parámetros analizados en la prueba 15; como se puede observar en el **gráfico 58**, el Jitter nunca supera los 25 ms, de los 100 ms recomendado para VoIP, permitiendo alcanzar un *Deley* promedio de 14.481ms. En el caso del *Delay*, no supera el umbral, manteniéndose a lo largo del tiempo por debajo de los 200 ms en algunos casos, alcanzando un *Delay promedio* de 108.614 ms, de los 150 ms recomenados para

VoIP, y en el caso del packet Loss, supera el 10% la mayor parte del tiempo, alcanzando un *Packet Loss* promedio de 16.10%, que supera el 1% como máximo para VoIP.

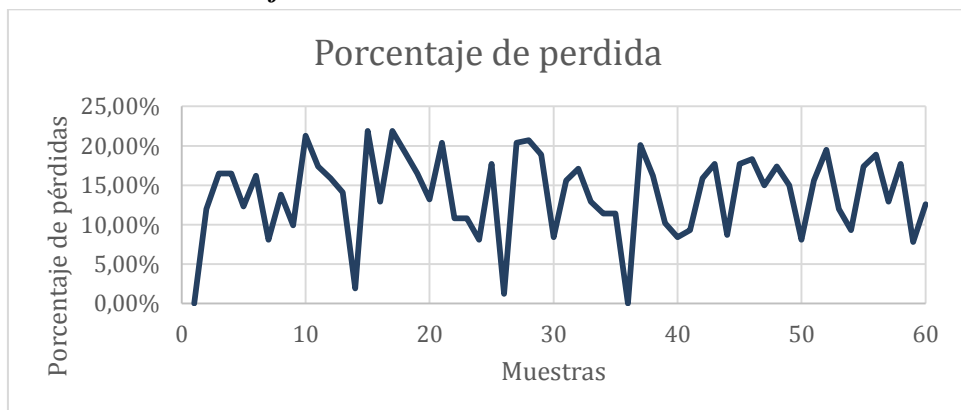
**Gráfico 58: Jitter – Prueba 15**



**Gráfico 59: Delay – Prueba 15**



**Gráfico 60: Packet Loss – Prueba 15**



Estos resultados se asimilan con aquellos obtenidos por CISCO. Los cuales han sido liberados en su *White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 - Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms*. (Cisco, 2007).

En este *White Paper* se menciona:

***“Visión General de los resultados***

*Como prelude a los resultados detallados provistos en este documento, nuestras pruebas mostraron que en general, en todas las plataformas, los niveles de throughput y latencia para IPv4 e IPv6 resultaron notablemente similares. Fue solo con los paquetes pequeños, generalmente 256 bytes o menos, que IPv6 mostró un throughput menor en comparación con IPv4. En los tamaños de paquetes más grandes, el throughput de IPv4 e IPv6 son típicamente los mismos...”*

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- De los datos obtenidos de *Jitter*, *Delay* y *Packet Loss* tanto en IPv4 y IPv6, se concluye que ambos protocolos tienen similares niveles de *performance*, siempre y cuando se los ejecute sobre una red bien dimensionada en cuanto al ancho de banda. Es importante la elección de: un modelo de calidad de servicio escalable que permita personalizar el comportamiento del paso de los paquetes por los nodos de la red, en términos de prioridad; un sistema de encolamiento que permita despacho acelerado de paquetes, mediante colas prioritarias que eviten el retardo del planificador de cola en software de los nodos; y un adecuado codificador de voz que se lo decidirá en función de priorizar la calidad de voz, o minimizar el consumo de ancho de banda con mayor o menor compresión del códec, que lo recomendable sería que este tenga un balance entre ambos parámetros.
- Tanto en IPv6 como en IPv4, en un ambiente donde se supere el número de llamadas concurrentes para el cual fue dimensionado, el valor de *Jitter*, se mantendrá dentro de lo recomendado para VoIP 100ms, no así con el *Delay*, mejorando IPv6 respecto a IPv4, en un 59,8%, gracias al tiempo que se ahorra IPv6 para procesar la *dirección fuente*, *dirección destino*, *puerto origen*, *puerto destino*, *protocolo*, en cada uno de los nodos, ya que la información la identifica por medio de la etiqueta.
- Para redes en las que se ha desbordado de manera sustancial el ancho de banda que disponen, se ha observado que IPv6 mejora el nivel de pérdida de paquetes en casi tres veces, en comparación con IPv4, pero que, a pesar de

esto, superan en ambos protocolos lo recomendado para VoIP que indica como máximo el 1% de pérdida de paquetes.

- A pesar de que la telefonía IP necesita valores muy bajos de ancho de banda en comparación a otro tipo de tráfico, necesita adecuados mecanismos de calidad de servicio que garanticen que los paquetes lleguen a su destino dentro de un tiempo recomendado para este tipo de tráfico.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Para sostener el nivel de calidad de llamada en el entorno de estudio, se recomienda implementar CAC (Control Admission Call) ya que este determina en base al ancho de banda disponible en la red, si está o no permitido establecer comunicaciones en tiempo real.
- En el ambiente de estudio, se recomienda aumentar el ancho de banda de las conexiones WAN, con el propósito de soportar una mayor cantidad de llamadas concurrentes. Esto previendo, a su vez, un incremento de la cantidad de usuarios (funcionarios) en el Municipio de Chone.
- Para la institución que es caso de estudio, se recomienda mantener momentáneamente el protocolo IPv4, ya que las pruebas muestran que ambos protocolos mantienen similares niveles de rendimiento para tráfico RTP, en un sistema bien dimensionado en términos de ancho de banda, modelo de calidad de servicio y codificador de voz; sin embargo se recomienda proyectarse al futuro, ya que todo tiende a migrar a IPv6 debido a la escases de las direcciones IPv4, y a las demás bondades que presta este protocolo, como la seguridad e inclusive mejoras de QoS.

## 7 REFERENCIAS

- 3CX (Sin fecha). QoS Quality of service VoIP. United States of America: VoipForo.  
Recuperado de: <[http://www.voipforo.com/QoS/QoS\\_Jitter.php](http://www.voipforo.com/QoS/QoS_Jitter.php)>
- Ahmed, M., T Litchfield, A., Ahmed, S., Mahmood, A., & Hossain , E. (2014). *VoIP Performance Analysis over IPv4 and IPv6*. Modern Education and computer science PRESS , 43-48.
- Álvarez, S., & Gonzalez, A. (2005). *Estudio y configuración de calidad de servicio para protocolos ipv4 e ipv6 en una red de fibra óptica WDM*. 104-113.
- Arbili, Y. E. (13 de Marzo de 2013). Quality of service. Obtenido de <http://www.slideshare.net/>: <http://www.slideshare.net/yasserhh/quality-of-service-45803301>
- Cisco (2006). *Understanding Delay in Packet Voice Networks*. Recuperado de: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/5125-delay-details.html>
- Cisco (2006). *Understanding Delay in Packet Voice Networks*. United States of America: Elsevier: Cisco. Recuperado de: <<http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/5125-delay-details.html>>.
- Cisco (2007). *Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms*. Disponible en: [http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/IPv6perf\\_wp1f.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/IPv6perf_wp1f.pdf).
- Cisco, Voz sobre IP – Consumo de ancho de banda por llamada
- Cisco. (Junio de 2016). *Instituto Tecnológico de Roque*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Roque: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module6/6.1.3.2/6.1.3.2.html>
- Course Hero (2015). *Enterprise Readiness for IPv6*. Recuperado el 17 de enero de 2016 en <https://www.coursehero.com/file/10834283/Enterprise-Readiness-for-IPv6/>

- Elastix (Sin fecha). QoS-Calidad de Servicio para VoIP. United States of America: *Elastix*. Recuperado de <<http://elastixtech.com/qos-calidad-de-servicio-para-voip/>>.
- España M. *Servicios avanzados de telecomunicación* (2003).
- Flanagan, M. (2001). *Administering Cisco QoS for IP Networks (Paperback)*. Syngress.
- Gamboa, F., López, D., & Salcedo, O. (2012). *Voice transport ipv4 and ipv6 environments*. Visión Electrónica(I).
- Gerometta, O. (10 de Febrero de 2015). *SlideShere*. Obtenido de Gerometta, O. (2016). *Protocolo de Internet versión 6, versión 3.1*. Argentina. Edubooks.
- IETF. (Junio de 1995). *The Internet Engineering Task Force*. Obtenido de IETF: <https://www.ietf.org/rfc/rfc1809.txt>
- Lenis, E., Eugenio, A., Méndez, A., & Guefri, L. (2015). *Análisis de rendimiento en redes IPv6*. Entramado , XI (1), 214-229.
- Minoli, D. (2006). *Voice Over IPv6, Architectures for Next Generation VoIP Networks*. United States of America: Elsevier
- mIrEluCx. (26 de Marzo de 2009). *Overblog*. Obtenido de Overblog: <http://mirelucx.over-blog.com/article-29483351.html>
- Ortega, L. (13 de Febrero de 2012). *IPv6*. Obtenido de IPv6: <http://ipv6-equipo5.blogspot.com/>
- Palacios, A., Salcedo, O., & Lopez, D. (2011). *Desempeño de la calidad del servicio (QoS) sobre IPv6*. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v15n28/v15n28a04.pdf>
- Rosario, M. A. (2006). *El Estándar VoIP - Redes y servicios de banda ancha*. Perú: *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Recuperado de: <<http://www.monografias.com/trabajos33/estandar-voip/estandar-voip.shtml>>.
- Salcedo, O., Danilo, L., & Rios, A. (2011). *Desempeño de la calidad de servicio (QoS) sobre IPv6*. *Tecnura*, XV(28), 32-41.
- Shenker, S (1994). *Integrated Services in the Internet Architecture: an overview*. *RFC 1633*.

- Sistemas y redes digitales. *Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones.*  
*Tutorials Point, Learn IPv6 Internet Protocol Version 6.*
- UIT-T G.114 (2004). *Serie G: Sistemas y medios de transmisión VOIP Wiki (2016).*  
*A reference guide to all things VOIP.* Recuperado el 13 de diciembre de 2015  
en <http://www.voip-info.org/wiki/view/QoS>.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (2003). *G.114 : Tiempo de transmisión  
en un sentido.* Recuperado de: <<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.114-200305-I/es/T-REC-G.114-200305-I!!PDF-S.pdf>>
- Vesga-Ferreira, J. C., Granados-Acuña, G., & Vesga-Barrera, J. A. (2016).  
*Evaluation of the performance of a network.* Iteckne.

## 8 ANEXOS

### Anexo 1: Show running-config de los enrutadores

#### Router 1

```
R1#show run
Building configuration...

Current configuration : 1704 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname R1
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$0GeE$XxtwSqJ5EUE5HcV2YYkbG1
no aaa new-model
memory-size iomem 20
ip cef
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3

ipv6 unicast-routing //se activa para tener enrutamiento de tráfico ipv6 ya que el router no lo hace por default

class-map match-all voip //se usa para clasificar el tráfico
match access-group 100 //las IPs que hacen match a la ACL 100 van a ser tratadas como voip (servicio diferenciado)
class-map match-all voip-out //para clasificar el tráfico. Los paquetes que tengan marcado DSCP van a ser parte de la clase voip-out
match dscp ef //EF es el valor recomendado para los paquetes de voz Expedited Forwarding
policy-map SET-QoS //Política para el marcado de los paquetes.
class voip //A los paquetes que estén dentro de la clase voip, se les va a marcar el campo dscp con el valor EF (marcado)
set dscp ef
class class-default //clase por defecto (todo el resto de tráfico que no sea VoIP)
set dscp af11 //El resto de tráfico se lo marca como af11 (assure forwarding 11)
policy-map QoS-OUT //para enforzar los anchos de banda de las clases
class voip-out
priority 900 //priority es LLQ 900 Kbps
police cir 900000 //es el límite superior al que se puede llegar 900000 bits
class class-default
bandwidth remaining percent 90 //al resto de tráfico se le permite llegar hasta el 90% del ancho de banda disponible. Con esto se asegura AB para los protocolos de enrutamiento y demás.
random-detect //de forma aleatoria se descarten paquetes. Este es un mecanismo para evitar congestiones con TCP
policy-map 1Mbps //limitar el AB a 1Mbps el enlace
class class-default
shape average 1024000 // comando para limitar a 1Mbps
```

```

service-policy QoS-OUT // Dentro del AB de 1 mega, se llama a la política de QoS-OUT, donde 900k es voz y el resto es cualquier otro tráfico. Se efectúa la configuración de una política anidada.

interface FastEthernet0/0
ip address 10.0.0.1 255.255.255.252 //seteo de la dirección IPv4
duplex auto
speed auto
ipv6 address FC00::1/64 //seteo de la dirección IPv6
ipv6 enable
ipv6 ospf 1 area 0 //ospf 1 para IPv6 - enrutamiento. Se define el trabajo de la interfaz en el tipo de enrutamiento
service-policy output 1Mbps //Se asocia la política de QoS a la interfaz. Esto es para la salida de los paquetes
!
interface FastEthernet0/1
ip address 192.168.83.1 255.255.255.0//seteo de la dirección IPv4
duplex auto
speed auto
ipv6 address 2001:DB8:ABCD:A::1/64 //seteo de la dirección IPv6
ipv6 enable
ipv6 ospf 1 area 0
service-policy input SET-QoS //Corresponde a la política de marcado de paquetes. Se asocia la política de QoS de la interfaz. Esto es entrada e paquetes.
!
router eigrp 1 //Protocolo de enrutamiento para IPv4
passive-interface FastEthernet0/1
network 10.0.0.0 0.0.0.3
network 192.168.83.0
no auto-summary
!
ip forward-protocol nd
!
!
ip http server
no ip http secure-server
!
access-list 100 permit ip 192.168.83.0 0.0.0.127 any //define el rango de direcciones ip que corresponden a los teléfonos

ipv6 router ospf 1 //proceso de enrutamiento en ipv6
log-adjacency-changes
!
control-plane
!
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
!
scheduler allocate 20000 1000
end

```

## Router 2

### User Access Verification

Password:

R2>en

R2>enable

Password:

R2#term

R2#terminal len

R2#terminal length 0

R2#show run

Building configuration...

Current configuration : 1863 bytes

!

version 12.4

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

!

hostname R2

!

boot-start-marker

boot-end-marker

!

logging message-counter syslog

enable secret 5 \$1\$cMzo\$XFfDuSVBvAZqnUhDhJi3x1

!

no aaa new-model

!

dot11 syslog

ip source-route

!

!

ip cef

!

!

ipv6 unicast-routing

ipv6 cef

!

multilink bundle-name authenticated

voice-card 0

no dspfarm

!

!

archive

log config

hidekeys

!

!

class-map match-all voip

match access-group 100

class-map match-all voip-out

match dscp ef

!

!

```

policy-map SET-QoS
class voip
  set dscp ef
class class-default
  set dscp af11
policy-map QoS-OUT
class voip-out
  priority 900
  police cir 900000
class class-default
  bandwidth remaining percent 90
  random-detect
policy-map 1Mbps
class class-default
  shape average 1024000
service-policy QoS-OUT
!
!
interface FastEthernet0/0
ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
ipv6 address FC00::2/64
ipv6 enable
ipv6 ospf 1 area 0
service-policy output 1Mbps
!
interface FastEthernet0/1
ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
ipv6 address 2001:DB8:ABCD:B::1/64
ipv6 enable
ipv6 ospf 1 area 0
service-policy input SET-QoS
!
router eigrp 1
network 10.0.0.0 0.0.0.3
network 192.168.100.0
no auto-summary
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
access-list 100 permit ip 192.168.100.0 0.0.0.127 any
ipv6 router eigrp 2
shutdown
!
ipv6 router ospf 1
log-adjacency-changes
!
control-plane
!
!
line con 0

```

```

line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
!
scheduler allocate 20000 1000
end

```

**Anexo 2: Resultados por intervalo de segundo de la prueba 1.**

**Tabla 39: Resultados Prueba 1**

5 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 1						
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits/segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Lost/Total Datagramas	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0 sec	7,18	58,80	7,046	33,165	1 de 6	17%
1.0- 2.0 sec	8,61	70,60	8,972	103,930	0 de 6	0%
2.0- 3.0 sec	5,74	47,00	13,636	62,169	0 de 4	0%
3.0- 4.0 sec	14,40	118,00	17,849	18,503	0 de 10	0%
4.0- 5.0 sec	10,00	82,30	21,424	139,071	0 de 7	0%
5.0- 6.0 sec	10,00	82,30	39,261	79,914	0 de 7	0%
6.0- 7.0 sec	10,00	82,30	33,137	13,374	0 de 7	0%
7.0- 8.0 sec	10,00	82,30	33,986	20,897	0 de 7	0%
8.0- 9.0 sec	8,61	70,60	30,118	18,323	0 de 6	0%
9.0-10.0 sec	10,00	82,30	25,031	76,541	0 de 7	0%
10.0-11.0 sec	10,00	82,30	23,184	184,865	0 de 7	0%
11.0-12.0 sec	8,61	70,60	22,611	146,699	0 de 6	0%
12.0-13.0 sec	11,50	94,10	21,896	191,801	0 de 8	0%
13.0-14.0 sec	8,61	70,60	21,821	204,331	0 de 6	0%
14.0-15.0 sec	10,00	82,30	29,352	167,095	0 de 7	0%
15.0-16.0 sec	10,00	82,30	34,352	50,048	0 de 7	0%
16.0-17.0 sec	10,00	82,30	33,273	90,990	0 de 7	0%
17.0-18.0 sec	8,61	70,60	30,764	184,900	0 de 6	0%
18.0-19.0 sec	10,00	82,30	25,230	125,508	0 de 7	0%
19.0-20.0 sec	8,61	70,60	23,959	86,743	0 de 6	0%
20.0-21.0 sec	4,31	35,30	21,339	116,667	0 de 3	0%
21.0-22.0 sec	8,61	70,60	18,249	111,499	0 de 6	0%
22.0-23.0 sec	18,70	153,00	21,389	74,868	0 de 13	0%
23.0-24.0	4,31	35,30	19,702	129,623	0 de 3	0%

sec						
24.0-25.0 sec	4,31	35,30	20,013	189,203	0 de 3	0%
25.0-26.0 sec	20,10	165,00	21,792	146,072	0 de 14	0%
26.0-27.0 sec	10,00	82,30	17,742	204,917	0 de 7	0%
27.0-28.0 sec	0,00	0,00	17,742	145,301	0 de 0	0%
28.0-29.0 sec	12,90	106,00	68,036	199,640	0 de 9	0%
29.0-30.0 sec	7,18	58,80	54,502	160,318	0 de 5	0%
30.0-31.0 sec	11,50	94,10	43,063	74,453	0 de 8	0%
31.0-32.0 sec	10,00	82,30	36,098	153,661	0 de 7	0%
32.0-33.0 sec	10,00	82,30	30,911	102,857	0 de 7	0%
33.0-34.0 sec	10,00	82,30	38,215	183,254	0 de 7	0%
34.0-35.0 sec	10,00	82,30	34,346	136,044	0 de 7	0%
35.0-36.0 sec	10,00	82,30	36,882	132,516	0 de 7	0%
36.0-37.0 sec	1,44	11,80	35,327	108,801	0 de 1	0%
37.0-38.0 sec	18,70	153,00	27,734	35,711	0 de 13	0%
38.0-39.0 sec	8,61	70,60	32,074	102,464	0 de 6	0%
39.0-40.0 sec	7,18	58,80	29,269	186,578	0 de 5	0%
40.0-41.0 sec	11,50	94,10	28,449	196,587	0 de 8	0%
41.0-42.0 sec	10,00	82,30	26,705	147,046	0 de 7	0%
42.0-43.0 sec	8,61	70,60	26,637	59,115	0 de 6	0%
43.0-44.0 sec	12,90	106,00	23,490	25,630	0 de 9	0%
44.0-45.0 sec	7,18	58,80	25,840	175,175	0 de 5	0%
45.0-46.0 sec	11,50	94,10	24,876	120,922	0 de 8	0%
46.0-47.0 sec	10,00	82,30	18,619	179,390	0 de 7	0%
47.0-48.0 sec	8,61	70,60	17,389	155,222	0 de 6	0%
48.0-49.0 sec	10,00	82,30	20,024	101,913	0 de 7	0%
49.0-50.0 sec	10,00	82,30	26,937	30,163	0 de 7	0%
50.0-51.0 sec	10,00	82,30	26,488	42,211	0 de 7	0%
51.0-52.0 sec	10,00	82,30	22,716	23,475	0 de 7	0%
52.0-53.0 sec	7,18	58,80	26,988	130,593	0 de 5	0%
53.0-54.0 sec	12,90	106,00	25,050	117,742	0 de 9	0%

54.0-55.0 sec	7,18	58,80	26,315	176,948	0 de 5	0%
55.0-56.0 sec	11,50	94,10	23,839	14,798	0 de 8	0%
56.0-57.0 sec	5,74	47,00	24,164	64,505	0 de 4	0%
57.0-58.0 sec	12,90	106,00	20,502	131,540	0 de 9	0%
58.0-59.0 sec	8,61	70,60	21,041	92,712	0 de 6	0%
59.0-60.0 sec	11,50	94,10	22,035	45,609	0 de 8	0%
60.0-61.0 sec	7,18	58,80	23,267	51,857	0 de 5	0%
61.0-62.0 sec	11,50	94,10	24,929	47,378	0 de 8	0%
62.0-63.0 sec	8,61	70,60	24,498	38,772	0 de 6	0%
63.0-64.0 sec	11,50	94,10	20,326	52,248	0 de 8	0%
64.0-65.0 sec	7,18	58,80	27,817	111,335	0 de 5	0%
65.0-66.0 sec	10,00	82,30	27,781	118,278	0 de 7	0%
66.0-67.0 sec	8,61	70,60	26,432	68,274	0 de 6	0%
67.0-68.0 sec	8,61	70,60	25,036	78,495	0 de 6	0%
68.0-69.0 sec	12,90	106,00	51,006	199,625	0 de 9	0%
69.0-70.0 sec	4,31	35,30	44,168	154,279	0 de 3	0%
70.0-71.0 sec	14,40	118,00	34,612	106,397	0 de 10	0%
71.0-72.0 sec	8,61	70,60	29,615	28,667	0 de 6	0%
72.0-73.0 sec	10,00	82,30	29,289	201,368	0 de 7	0%
73.0-74.0 sec	8,61	70,60	24,571	6,291	0 de 6	0%
74.0-75.0 sec	10,00	82,30	26,363	47,342	0 de 7	0%
75.0-76.0 sec	10,00	82,30	30,101	63,268	0 de 7	0%
76.0-77.0 sec	10,00	82,30	28,357	160,363	0 de 7	0%
77.0-78.0 sec	8,61	70,60	24,616	189,929	0 de 6	0%
78.0-79.0 sec	11,50	94,10	22,431	163,728	0 de 8	0%
79.0-80.0 sec	10,00	82,30	23,403	190,301	0 de 7	0%
80.0-81.0 sec	8,61	70,60	20,023	197,321	0 de 6	0%
81.0-82.0 sec	10,00	82,30	66,974	151,030	0 de 7	0%
82.0-83.0 sec	10,00	82,30	51,908	88,302	0 de 7	0%
83.0-84.0 sec	10,00	82,30	40,591	38,692	0 de 7	0%
84.0-85.0	10,00	82,30	31,385	156,222	0 de 7	0%

sec						
85.0-86.0 sec	0,00	0,00	31,385	87,905	0 de 0	0%
86.0-87.0 sec	17,20	141,00	34,421	199,135	0 de 12	0%
87.0-88.0 sec	10,00	82,30	31,260	12,271	0 de 7	0%
88.0-89.0 sec	7,18	58,80	31,850	124,800	0 de 5	0%
89.0-90.0 sec	12,90	106,00	31,085	44,610	0 de 9	0%
90.0-91.0 sec	10,00	82,30	31,812	150,418	0 de 7	0%
91.0-92.0 sec	8,61	70,60	33,198	152,840	0 de 6	0%
92.0-93.0 sec	11,50	94,10	32,156	129,373	0 de 8	0%
93.0-94.0 sec	8,61	70,60	30,383	132,959	0 de 6	0%
94.0-95.0 sec	10,00	82,30	29,470	165,861	0 de 7	0%
95.0-96.0 sec	10,00	82,30	23,521	151,194	0 de 7	0%
96.0-97.0 sec	10,00	82,30	19,938	107,972	0 de 7	0%
97.0-98.0 sec	10,00	82,30	16,575	16,265	0 de 7	0%
98.0-99.0 sec	10,00	82,30	22,435	116,213	0 de 7	0%
99.0-100.0 sec	7,18	58,80	21,372	35,901	0 de 5	0%
100.0-101.0 sec	7,18	58,80	23,418	38,793	0 de 5	0%
101.0-102.0 sec	14,40	118,00	25,184	201,192	0 de 10	0%
102.0-103.0 sec	10,00	82,30	22,009	28,891	0 de 7	0%
103.0-104.0 sec	10,00	82,30	20,045	86,366	0 de 7	0%
104.0-105.0 sec	8,61	70,60	18,541	175,377	0 de 6	0%
105.0-106.0 sec	10,00	82,30	24,082	122,022	0 de 7	0%
106.0-107.0 sec	10,00	82,30	18,796	92,019	0 de 7	0%
107.0-108.0 sec	7,18	58,80	20,592	129,178	0 de 5	0%
108.0-109.0 sec	11,50	94,10	30,182	113,706	0 de 8	0%
109.0-110.0 sec	10,00	82,30	28,733	185,280	0 de 7	0%
110.0-111.0 sec	10,00	82,30	30,051	16,710	0 de 7	0%
111.0-112.0 sec	8,61	70,60	27,479	122,782	0 de 6	0%
112.0-113.0 sec	11,50	94,10	24,918	198,399	0 de 8	0%
113.0-114.0 sec	10,00	82,30	19,558	117,083	0 de 7	0%
114.0-115.0 sec	10,00	82,30	17,095	44,434	0 de 7	0%

115.0-116.0 sec	7,18	58,80	33,393	16,394	0 de 5	0%
116.0-117.0 sec	11,50	94,10	29,696	149,998	0 de 8	0%
117.0-118.0 sec	10,00	82,30	27,653	79,160	0 de 7	0%
118.0-119.0 sec	7,18	58,80	24,956	174,687	0 de 5	0%
119.0-120.0 sec	8,61	70,60	22,494	191,520	0 de 6	0%
120.0-121.0 sec	1,44	11,80	85,818	203,523	0 de 1	0%
121.0-122.0 sec	20,10	165,00	75,889	42,570	0 de 14	0%
122.0-123.0 sec	10,00	82,30	114,119	80,600	0 de 7	0%
123.0-124.0 sec	8,61	70,60	81,572	149,545	0 de 6	0%
124.0-125.0 sec	12,90	106,00	56,351	165,774	0 de 9	0%
125.0-126.0 sec	8,61	70,60	48,199	33,947	0 de 6	0%
126.0-127.0 sec	10,00	82,30	36,972	75,056	0 de 7	0%
127.0-128.0 sec	10,00	82,30	34,502	202,634	0 de 7	0%
128.0-129.0 sec	7,18	58,80	29,672	101,561	0 de 5	0%
129.0-130.0 sec	11,50	94,10	25,922	41,847	0 de 8	0%
130.0-131.0 sec	10,00	82,30	19,592	189,057	0 de 7	0%
131.0-132.0 sec	8,61	70,60	17,494	73,883	0 de 6	0%
132.0-133.0 sec	11,50	94,10	19,898	156,077	0 de 8	0%
133.0-134.0 sec	10,00	82,30	17,329	168,188	0 de 7	0%
134.0-135.0 sec	10,00	82,30	20,629	54,990	0 de 7	0%
135.0-136.0 sec	0,00	0,00	20,629	94,817	0 de 0	0%
136.0-137.0 sec	18,70	153,00	22,368	114,249	0 de 13	0%
137.0-138.0 sec	10,00	82,30	28,087	194,548	0 de 7	0%
138.0-139.0 sec	7,18	58,80	26,825	179,777	0 de 5	0%
139.0-140.0 sec	12,90	106,00	21,931	205,011	0 de 9	0%
140.0-141.0 sec	8,61	70,60	17,303	137,958	0 de 6	0%
141.0-142.0 sec	8,61	70,60	20,147	80,682	0 de 6	0%
142.0-143.0 sec	11,50	94,10	24,730	111,304	0 de 8	0%
143.0-144.0 sec	10,00	82,30	23,386	129,818	0 de 7	0%
144.0-145.0 sec	10,00	82,30	24,790	149,219	0 de 7	0%
145.0-	7,18	58,80	35,519	106,323	0 de 5	0%

146.0 sec						
146.0-147.0 sec	11,50	94,10	32,129	28,827	0 de 8	0%
147.0-148.0 sec	10,00	82,30	28,161	199,701	0 de 7	0%
148.0-149.0 sec	10,00	82,30	26,187	105,346	0 de 7	0%
149.0-150.0 sec	10,00	82,30	24,578	66,677	0 de 7	0%
150.0-151.0 sec	2,87	23,50	22,292	172,314	0 de 2	0%
151.0-152.0 sec	14,40	118,00	21,521	145,782	0 de 10	0%
152.0-153.0 sec	10,00	82,30	19,976	132,341	0 de 7	0%
153.0-154.0 sec	10,00	82,30	22,052	31,918	0 de 7	0%
154.0-155.0 sec	11,50	94,10	18,472	140,034	0 de 8	0%
155.0-156.0 sec	8,61	70,60	20,286	200,069	0 de 6	0%
156.0-157.0 sec	0,00	0,00	20,286	32,441	0 de 0	0%
157.0-158.0 sec	18,70	153,00	18,557	137,666	0 de 13	0%
158.0-159.0 sec	10,00	82,30	26,982	124,644	0 de 7	0%
159.0-160.0 sec	11,50	94,10	24,118	117,970	0 de 8	0%
160.0-161.0 sec	8,61	70,60	25,363	15,807	0 de 6	0%
161.0-162.0 sec	10,00	82,30	26,327	181,060	0 de 7	0%
162.0-163.0 sec	10,00	82,30	25,833	63,994	0 de 7	0%
163.0-164.0 sec	10,00	82,30	27,128	126,560	0 de 7	0%
164.0-165.0 sec	8,61	70,60	31,219	67,765	0 de 6	0%
165.0-166.0 sec	10,00	82,30	28,886	193,002	0 de 7	0%
166.0-167.0 sec	7,18	58,80	28,406	161,375	0 de 5	0%
167.0-168.0 sec	12,90	106,00	30,719	158,145	0 de 9	0%
168.0-169.0 sec	7,18	58,80	30,799	202,326	0 de 5	0%
169.0-170.0 sec	0,00	0,00	30,799	94,490	0 de 0	0%
170.0-171.0 sec	17,20	141,00	21,657	198,409	0 de 12	0%
171.0-172.0 sec	12,90	106,00	24,267	19,740	0 de 9	0%
172.0-173.0 sec	5,74	47,00	21,620	134,970	0 de 4	0%
173.0-174.0 sec	0,00	0,00	21,620	79,635	0 de 0	0%
174.0-175.0 sec	24,40	200,00	24,099	48,706	0 de 17	0%
175.0-176.0 sec	11,50	94,10	24,085	17,925	0 de 8	0%

176.0-177.0 sec	8,61	70,60	20,802	83,013	0 de 6	0%
177.0-178.0 sec	10,00	82,30	52,614	176,437	0 de 7	0%
178.0-179.0 sec	10,00	82,30	40,460	48,887	0 de 7	0%
179.0-180.0 sec	10,00	82,30	34,509	22,625	0 de 7	0%
180.0-181.0 sec	8,61	70,60	38,036	120,181	0 de 6	0%
181.0-182.0 sec	8,61	70,60	48,778	132,443	0 de 6	0%
182.0-183.0 sec	11,50	94,10	44,539	93,950	0 de 8	0%
183.0-184.0 sec	10,00	82,30	35,506	122,956	0 de 7	0%
184.0-185.0 sec	7,18	58,80	29,561	73,615	0 de 5	0%
185.0-186.0 sec	0,00	0,00	29,561	93,014	0 de 0	0%
186.0-187.0 sec	21,50	176,00	24,478	144,818	0 de 15	0%
187.0-188.0 sec	8,61	70,60	21,925	184,201	0 de 6	0%
188.0-189.0 sec	11,50	94,10	22,429	55,168	0 de 8	0%
189.0-190.0 sec	10,00	82,30	28,184	168,568	0 de 7	0%
190.0-191.0 sec	10,00	82,30	27,819	103,528	0 de 7	0%
191.0-192.0 sec	8,61	70,60	28,961	150,587	0 de 6	0%
192.0-193.0 sec	10,00	82,30	27,242	58,007	0 de 7	0%
193.0-194.0 sec	4,31	35,30	25,530	23,838	0 de 3	0%
194.0-195.0 sec	15,80	129,00	27,302	158,857	0 de 11	0%
195.0-196.0 sec	0,00	0,00	27,302	41,929	0 de 0	0%
196.0-197.0 sec	15,80	129,00	19,829	45,639	0 de 11	0%
197.0-198.0 sec	12,90	106,00	22,885	193,330	0 de 9	0%
198.0-199.0 sec	10,00	82,30	25,246	152,234	0 de 7	0%
199.0-200.0 sec	7,18	58,80	23,826	117,298	0 de 5	0%
200.0-201.0 sec	10,00	82,30	21,589	30,758	0 de 7	0%
201.0-202.0 sec	8,61	70,60	22,465	191,215	0 de 6	0%
202.0-203.0 sec	10,00	82,30	27,629	79,593	0 de 7	0%
203.0-204.0 sec	10,00	82,30	32,081	163,868	0 de 7	0%
204.0-205.0 sec	8,61	70,60	28,455	37,575	0 de 6	0%
205.0-206.0 sec	7,18	58,80	33,374	111,113	0 de 5	0%
206.0-	11,50	94,10	29,689	165,749	0 de 8	0%

207.0 sec						
207.0-208.0 sec	11,50	94,10	25,149	39,490	0 de 8	0%
208.0-209.0 sec	8,61	70,60	21,028	62,441	0 de 6	0%
209.0-210.0 sec	11,50	94,10	19,268	154,771	0 de 8	0%
210.0-211.0 sec	8,61	70,60	24,465	215,826	0 de 6	0%
211.0-212.0 sec	7,18	58,80	22,083	168,843	0 de 5	0%
212.0-213.0 sec	2,87	23,50	21,675	117,058	0 de 2	0%
213.0-214.0 sec	20,10	165,00	34,486	110,093	0 de 14	0%
214.0-215.0 sec	10,00	82,30	28,060	143,524	0 de 7	0%
215.0-216.0 sec	8,61	70,60	21,162	175,458	0 de 6	0%
216.0-217.0 sec	10,00	82,30	23,681	168,914	0 de 7	0%
217.0-218.0 sec	5,74	47,00	24,884	70,609	0 de 4	0%
218.0-219.0 sec	14,40	118,00	21,391	178,117	0 de 10	0%
219.0-220.0 sec	10,00	82,30	17,790	204,257	0 de 7	0%
220.0-221.0 sec	8,61	70,60	16,590	15,352	0 de 6	0%
221.0-222.0 sec	10,00	82,30	18,137	167,902	0 de 7	0%
222.0-223.0 sec	10,00	82,30	17,913	126,918	0 de 7	0%
223.0-224.0 sec	10,00	82,30	26,607	60,340	0 de 7	0%
224.0-225.0 sec	10,00	82,30	23,690	167,929	0 de 7	0%
225.0-226.0 sec	8,61	70,60	22,820	33,456	0 de 6	0%
226.0-227.0 sec	8,61	70,60	24,851	184,569	0 de 6	0%
227.0-228.0 sec	11,50	94,10	28,455	40,944	0 de 8	0%
228.0-229.0 sec	10,00	82,30	30,056	208,279	0 de 7	0%
229.0-230.0 sec	8,61	70,60	27,265	157,206	0 de 6	0%
230.0-231.0 sec	10,00	82,30	28,524	176,583	0 de 7	0%
231.0-232.0 sec	10,00	82,30	26,276	91,072	0 de 7	0%
232.0-233.0 sec	8,61	70,60	25,117	38,557	0 de 6	0%
233.0-234.0 sec	11,50	94,10	30,457	118,145	0 de 8	0%
234.0-235.0 sec	10,00	82,30	27,031	7,341	0 de 7	0%
235.0-236.0 sec	8,61	70,60	28,009	80,331	0 de 6	0%
236.0-237.0 sec	8,61	70,60	26,918	152,922	0 de 6	0%

237.0-238.0 sec	10,00	82,30	25,229	213,960	0 de 7	0%
238.0-239.0 sec	8,61	70,60	23,250	67,965	0 de 6	0%
239.0-240.0 sec	11,50	94,10	23,718	207,378	0 de 8	0%
240.0-241.0 sec	10,00	82,30	19,623	66,015	0 de 7	0%
241.0-242.0 sec	10,00	82,30	16,922	163,512	0 de 7	0%
242.0-243.0 sec	8,61	70,60	19,152	85,884	0 de 6	0%
243.0-244.0 sec	7,18	58,80	19,307	37,302	0 de 5	0%
244.0-245.0 sec	4,31	35,30	19,419	65,602	0 de 3	0%
245.0-246.0 sec	18,70	153,00	21,260	103,798	0 de 13	0%
246.0-247.0 sec	8,61	70,60	23,910	89,925	0 de 6	0%
247.0-248.0 sec	10,00	82,30	21,153	41,266	0 de 7	0%
248.0-249.0 sec	10,00	82,30	16,189	109,006	0 de 7	0%
249.0-250.0 sec	10,00	82,30	14,852	151,536	0 de 7	0%
250.0-251.0 sec	10,00	82,30	14,612	110,179	0 de 7	0%
251.0-252.0 sec	8,61	70,60	15,890	79,711	0 de 6	0%
252.0-253.0 sec	11,50	94,10	24,666	119,741	0 de 8	0%
253.0-254.0 sec	7,18	58,80	29,831	36,079	0 de 5	0%
254.0-255.0 sec	11,50	94,10	28,436	126,053	0 de 8	0%
255.0-256.0 sec	8,61	70,60	24,286	171,145	0 de 6	0%
256.0-257.0 sec	11,50	94,10	22,257	163,815	0 de 8	0%
257.0-258.0 sec	0,00	0,00	22,257	114,900	0 de 0	0%
258.0-259.0 sec	15,80	129,00	20,183	190,858	0 de 11	0%
259.0-260.0 sec	10,00	82,30	19,718	115,049	0 de 7	0%
260.0-261.0 sec	11,50	94,10	15,691	53,299	0 de 8	0%
261.0-262.0 sec	11,50	94,10	23,714	132,652	0 de 8	0%
262.0-263.0 sec	10,00	82,30	18,116	163,714	0 de 7	0%
263.0-264.0 sec	10,00	82,30	17,359	76,773	0 de 7	0%
264.0-265.0 sec	8,61	70,60	21,312	96,121	0 de 6	0%
265.0-266.0 sec	10,00	82,30	20,672	190,601	0 de 7	0%
266.0-267.0 sec	10,00	82,30	16,783	39,735	0 de 7	0%
267.0-	7,18	58,80	16,397	26,196	0 de 5	0%

268.0 sec						
268.0-269.0 sec	12,90	106,00	18,908	91,105	0 de 9	0%
269.0-270.0 sec	8,61	70,60	21,447	72,302	0 de 6	0%
270.0-271.0 sec	8,61	70,60	22,218	206,275	0 de 6	0%
271.0-272.0 sec	10,00	82,30	26,314	175,853	0 de 7	0%
272.0-273.0 sec	11,50	94,10	24,685	12,332	0 de 8	0%
273.0-274.0 sec	8,61	70,60	22,072	34,206	0 de 6	0%
274.0-275.0 sec	10,00	82,30	55,706	200,983	0 de 7	0%
275.0-276.0 sec	10,00	82,30	44,583	130,253	0 de 7	0%
276.0-277.0 sec	8,61	70,60	42,583	97,706	0 de 6	0%
277.0-278.0 sec	10,00	82,30	40,326	135,276	0 de 7	0%
278.0-279.0 sec	10,00	82,30	32,143	194,296	0 de 7	0%
279.0-280.0 sec	10,00	82,30	28,009	38,749	0 de 7	0%
280.0-281.0 sec	10,00	82,30	26,813	175,475	0 de 7	0%
281.0-282.0 sec	10,00	82,30	28,773	172,942	0 de 7	0%
282.0-283.0 sec	10,00	82,30	30,747	50,350	0 de 7	0%
283.0-284.0 sec	10,00	82,30	26,206	145,585	0 de 7	0%
284.0-285.0 sec	8,61	70,60	23,170	130,213	0 de 6	0%
285.0-286.0 sec	8,61	70,60	19,717	22,720	0 de 6	0%
286.0-287.0 sec	10,00	82,30	17,349	77,908	0 de 7	0%
287.0-288.0 sec	8,61	70,60	17,499	84,095	0 de 6	0%
288.0-289.0 sec	8,61	70,60	17,227	138,160	0 de 6	0%
289.0-290.0 sec	10,00	82,30	17,219	84,396	0 de 7	0%
290.0-291.0 sec	0,00	0,00	17,219	167,739	0 de 0	0%
291.0-292.0 sec	1,44	11,80	96,848	126,931	0 de 1	0%
292.0-293.0 sec	28,70	235,00	62,850	200,843	0 de 20	0%
293.0-294.0 sec	0,00	0,00	62,850	36,123	0 de 0	0%
294.0-295.0 sec	21,50	176,00	36,383	101,888	0 de 15	0%
295.0-296.0 sec	8,61	70,60	38,924	163,861	0 de 6	0%
296.0-297.0 sec	11,50	94,10	32,904	72,851	0 de 8	0%
297.0-298.0 sec	8,61	70,60	29,494	59,286	0 de 6	0%

298.0-299.0 sec	10,00	82,30	25,595	44,490	0 de 7	0%
299.0-300.0 sec	10,00	82,30	21,540	197,216	0 de 7	0%
<b>0.0 - 300.0 sec</b>	<b>2907,60</b>	<b>79,55</b>	<b>27,69</b>	<b>113,41</b>	<b>1 de 2030</b>	<b>0%</b>

**Anexo 3: Resultados por intervalo de segundo de la prueba 2.**

**Tabla 40: Resultados Prueba 2**

<b>5 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 2</b>						
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes )</b>	<b>Bandwidth (Kilobits/segundo )</b>	<b>Jitter (milisegundos )</b>	<b>Delay (milisegundos )</b>	<b>Lost/Total Datagramas</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
0.0- 1.0 sec	16,22	133,98	8,244	33,828	0 de 6	0%
1.0- 2.0 sec	5,38	43,47	10,228	107,048	0 de 6	0%
2.0- 3.0 sec	38,27	316,49	11,090	195,957	0 de 7	0%
3.0- 4.0 sec	34,05	275,12	21,634	43,448	0 de 5	0%
4.0- 5.0 sec	3,28	26,96	27,709	203,204	0 de 10	0%
5.0- 6.0 sec	35,05	288,81	52,113	28,313	0 de 7	0%
6.0- 7.0 sec	18,23	150,76	38,433	95,003	0 de 7	0%
7.0- 8.0 sec	32,36	266,32	43,084	199,930	0 de 6	0%
8.0- 9.0 sec	22,40	182,56	31,431	139,105	0 de 7	0%
9.0-10.0 sec	35,31	284,25	29,535	101,221	0 de 7	0%
10.0-11.0 sec	32,26	263,89	26,893	126,594	0 de 5	0%
11.0-12.0 sec	22,07	181,19	42,133	126,214	0 de 8	0%
12.0-13.0 sec	1,28	10,33	27,275	192,691	0 de 7	0%
13.0-14.0 sec	27,07	217,37	27,094	146,699	0 de 6	0%
14.0-15.0 sec	38,14	311,60	27,287	18,548	0 de 7	0%
15.0-16.0 sec	15,08	121,24	35,535	132,605	0 de 6	0%
16.0-17.0 sec	1,09	8,81	36,264	204,351	0 de 8	0%
17.0-18.0 sec	21,01	171,44	53,686	121,766	0 de 7	0%
18.0-19.0 sec	36,16	295,79	26,258	48,433	0 de 7	0%
19.0-20.0 sec	38,06	305,24	33,272	16,558	0 de 5	0%
20.0-21.0 sec	6,19	50,26	19,473	154,498	0 de 8	0%
21.0-22.0 sec	31,38	259,51	23,074	79,160	0 de 7	0%
22.0-23.0 sec	7,38	60,89	27,383	174,687	0 de 5	0%
23.0-24.0 sec	24,18	193,92	20,051	218,333	0 de 6	0%
24.0-25.0 sec	33,02	271,42	18,215	187,965	0 de 8	0%
25.0-26.0 sec	0,10	0,82	23,279	225,911	0 de 1	0%
26.0-27.0 sec	29,11	236,37	15,871	41,719	0 de 14	0%
27.0-28.0 sec	37,27	301,89	51,516	88,660	0 de 7	0%
28.0-29.0 sec	23,32	189,36	38,922	165,995	0 de 6	0%
29.0-30.0 sec	12,33	99,50	65,132	184,009	0 de 9	0%

30.0-31.0 sec	39,11	314,84	50,953	39,039	0 de 6	0%
31.0-32.0 sec	12,12	97,44	47,235	81,060	0 de 7	0%
32.0-33.0 sec	20,37	166,02	38,475	231,003	0 de 7	0%
33.0-34.0 sec	13,38	108,38	43,037	116,795	0 de 5	0%
34.0-35.0 sec	5,16	41,49	40,811	46,450	0 de 8	0%
35.0-36.0 sec	35,24	291,79	35,570	218,634	0 de 6	0%
36.0-37.0 sec	6,37	51,72	78,920	200,400	0 de 7	0%
37.0-38.0 sec	37,25	300,24	27,449	84,227	0 de 6	0%
38.0-39.0 sec	20,28	163,25	38,168	170,124	0 de 8	0%
39.0-40.0 sec	20,12	162,37	29,830	181,643	0 de 7	0%
40.0-41.0 sec	38,23	313,10	33,147	58,839	0 de 7	0%
41.0-42.0 sec	28,13	232,92	34,245	94,817	0 de 0	0%
42.0-43.0 sec	38,17	311,47	33,833	121,104	0 de 13	0%
43.0-44.0 sec	18,19	148,25	24,188	223,730	0 de 7	0%
44.0-45.0 sec	6,09	49,57	48,458	183,373	0 de 5	0%
45.0-46.0 sec	20,01	162,28	26,359	233,713	0 de 9	0%
46.0-47.0 sec	30,32	247,71	26,412	190,488	0 de 7	0%
47.0-48.0 sec	19,25	154,58	15,997	137,958	0 de 6	0%
48.0-49.0 sec	20,30	163,21	27,228	87,943	0 de 6	0%
49.0-50.0 sec	0,09	0,74	26,978	120,208	0 de 8	0%
50.0-51.0 sec	29,37	239,95	30,667	147,993	0 de 7	0%
51.0-52.0 sec	17,23	140,42	25,578	159,664	0 de 7	0%
52.0-53.0 sec	17,32	141,68	34,386	108,449	0 de 5	0%
53.0-54.0 sec	32,06	256,48	43,559	29,692	0 de 8	0%
54.0-55.0 sec	15,35	123,87	24,210	199,701	0 de 7	0%
55.0-56.0 sec	21,11	173,31	28,461	119,041	0 de 7	0%
56.0-57.0 sec	1,40	11,44	32,514	65,343	0 de 7	0%
57.0-58.0 sec	25,13	202,80	18,372	57,055	0 de 7	0%
58.0-59.0 sec	21,29	170,96	24,039	168,868	0 de 2	0%
59.0-60.0 sec	14,05	116,33	30,120	150,155	0 de 10	0%
60.0-61.0 sec	16,29	131,79	29,292	148,222	0 de 7	0%
61.0-62.0 sec	38,35	317,54	30,167	35,110	0 de 7	0%
62.0-63.0 sec	38,14	313,51	15,928	147,036	0 de 8	0%
63.0-64.0 sec	7,01	56,43	26,765	218,075	0 de 6	1%
64.0-65.0 sec	0,14	1,15	32,380	33,414	0 de 0	0%
65.0-66.0 sec	14,15	115,61	36,393	136,289	0 de 13	0%
66.0-67.0 sec	6,29	51,77	34,190	140,848	0 de 7	0%
67.0-68.0 sec	23,18	188,22	26,542	116,790	0 de 8	0%
68.0-69.0 sec	4,19	33,81	63,207	92,810	0 de 7	0%
69.0-70.0 sec	31,19	252,95	45,585	18,020	0 de 6	0%
70.0-71.0 sec	21,09	171,04	37,842	195,545	0 de 7	0%
71.0-72.0 sec	23,14	189,52	32,761	73,593	0 de 7	1%

72.0-73.0 sec	6,08	49,07	35,975	139,216	0 de 7	0%
73.0-74.0 sec	15,25	125,20	24,028	74,542	0 de 6	0%
74.0-75.0 sec	19,06	155,34	30,527	191,072	0 de 7	0%
75.0-76.0 sec	11,10	89,02	35,713	174,285	0 de 5	0%
76.0-77.0 sec	7,34	58,94	39,028	164,471	0 de 9	0%
77.0-78.0 sec	30,04	249,03	30,062	198,279	0 de 5	0%
78.0-79.0 sec	14,08	112,78	22,693	105,829	0 de 0	0%
79.0-80.0 sec	37,33	304,24	23,084	205,239	0 de 6	0%
80.0-81.0 sec	18,06	149,00	52,627	202,377	0 de 12	0%
81.0-82.0 sec	3,06	25,31	75,011	21,517	0 de 9	0%
82.0-83.0 sec	33,37	273,63	55,618	132,271	0 de 4	0%
83.0-84.0 sec	36,04	294,45	50,303	88,395	0 de 0	0%
84.0-85.0 sec	28,01	225,48	38,837	49,680	0 de 17	0%
85.0-86.0 sec	13,20	106,39	36,093	19,001	0 de 8	0%
86.0-87.0 sec	38,11	312,50	38,928	85,503	0 de 6	0%
87.0-88.0 sec	28,11	227,41	68,887	201,138	0 de 7	0%
88.0-89.0 sec	0,13	1,07	34,309	50,354	0 de 7	0%
89.0-90.0 sec	26,21	210,99	36,815	24,661	0 de 7	0%
90.0-91.0 sec	8,28	67,90	36,174	138,059	0 de 7	0%
91.0-92.0 sec	20,17	162,57	43,842	117,777	0 de 6	0%
92.0-93.0 sec	9,12	75,24	39,658	129,794	0 de 6	0%
93.0-94.0 sec	35,15	289,28	36,725	103,345	0 de 8	0%
94.0-95.0 sec	29,04	237,55	29,712	121,726	0 de 7	0%
95.0-96.0 sec	24,08	196,49	27,284	81,713	0 de 5	0%
96.0-97.0 sec	3,26	26,24	27,926	92,084	0 de 0	0%
97.0-98.0 sec	37,09	305,62	106,393	150,611	0 de 15	0%
98.0-99.0 sec	30,09	243,73	26,800	200,779	0 de 6	0%
99.0-100.0 sec	24,23	199,41	20,433	57,375	0 de 8	0%
100.0-101.0 sec	30,15	245,72	23,102	185,425	0 de 7	0%
101.0-102.0 sec	1,38	11,37	28,702	85,876	0 de 6	0%
102.0-103.0 sec	3,32	26,76	20,870	112,846	0 de 7	0%
103.0-104.0 sec	37,16	297,65	23,653	165,646	0 de 6	0%
104.0-105.0 sec	34,25	277,77	117,508	56,847	0 de 7	0%
105.0-106.0 sec	8,40	68,80	101,972	25,983	0 de 3	0%
106.0-107.0 sec	29,21	240,40	26,239	181,097	0 de 11	0%
107.0-108.0 sec	12,20	101,14	28,710	41,510	0 de 0	0%
108.0-109.0 sec	17,27	141,27	41,218	48,377	0 de 11	0%
109.0-110.0 sec	32,04	263,05	36,894	218,463	0 de 9	0%
110.0-111.0 sec	14,31	117,91	33,460	150,712	0 de 7	0%
111.0-112.0 sec	36,39	299,85	28,326	132,547	0 de 5	1%
112.0-113.0 sec	37,11	299,11	24,659	64,656	0 de 4	0%
113.0-114.0 sec	14,27	115,59	12,296	114,334	0 de 3	0%

114.0-115.0 sec	11,20	91,62	24,317	32,296	0 de 7	0%
115.0-116.0 sec	2,33	19,20	35,736	208,424	0 de 6	0%
116.0-117.0 sec	21,10	172,60	38,260	86,756	0 de 7	0%
117.0-118.0 sec	37,12	298,44	35,248	170,423	0 de 7	0%
118.0-119.0 sec	15,30	125,31	25,947	42,836	0 de 6	0%
119.0-120.0 sec	38,04	305,46	121,643	127,780	0 de 5	0%
120.0-121.0 sec	6,34	52,24	49,258	179,009	0 de 8	0%
121.0-122.0 sec	32,07	258,48	184,513	44,624	0 de 8	0%
122.0-123.0 sec	9,32	77,08	37,519	68,061	0 de 6	0%
123.0-124.0 sec	14,30	115,54	193,439	162,510	0 de 8	0%
124.0-125.0 sec	13,07	108,35	69,240	115,959	0 de 6	0%
125.0-126.0 sec	22,24	181,03	52,911	215,826	0 de 6	0%
126.0-127.0 sec	27,06	219,19	44,148	184,039	0 de 5	0%
127.0-128.0 sec	40,26	325,30	39,332	134,617	0 de 2	0%
128.0-129.0 sec	26,14	212,78	31,013	111,194	0 de 14	0%
129.0-130.0 sec	37,00	302,29	31,810	147,830	0 de 7	0%
130.0-131.0 sec	40,22	323,37	21,510	177,213	0 de 6	0%
131.0-132.0 sec	40,30	327,64	52,818	179,049	0 de 7	0%
132.0-133.0 sec	11,20	91,73	23,888	69,903	0 de 4	0%
133.0-134.0 sec	21,20	171,93	23,275	199,491	0 de 10	0%
134.0-135.0 sec	17,30	142,73	20,930	218,555	0 de 7	0%
135.0-136.0 sec	35,01	289,88	24,104	83,103	0 de 13	0%
136.0-137.0 sec	35,37	288,97	30,842	15,198	0 de 6	0%
137.0-138.0 sec	22,34	181,62	33,896	189,729	0 de 7	0%
138.0-139.0 sec	19,08	157,60	27,922	145,956	0 de 7	0%
139.0-140.0 sec	22,31	181,60	23,221	68,184	0 de 7	0%
140.0-141.0 sec	19,29	157,60	18,245	186,401	0 de 7	0%
141.0-142.0 sec	35,00	280,70	21,371	36,467	0 de 6	0%
142.0-143.0 sec	13,35	110,00	26,450	204,872	0 de 6	0%
143.0-144.0 sec	37,26	301,81	28,958	42,582	0 de 8	0%
144.0-145.0 sec	22,20	180,71	26,748	216,610	0 de 7	0%
145.0-146.0 sec	26,19	215,28	38,847	166,638	0 de 6	0%
146.0-147.0 sec	6,38	52,83	33,234	127,031	0 de 3	0%
147.0-148.0 sec	15,16	121,28	33,104	180,115	0 de 7	0%
148.0-149.0 sec	36,10	289,52	26,068	102,001	0 de 7	0%
149.0-150.0 sec	15,11	124,96	31,527	43,955	0 de 6	0%
150.0-151.0 sec	8,35	68,30	28,082	121,689	0 de 8	0%
151.0-152.0 sec	8,21	66,09	21,825	7,708	0 de 7	0%
152.0-153.0 sec	34,23	283,42	28,372	86,757	0 de 6	0%
153.0-154.0 sec	21,40	176,55	20,478	149,864	0 de 6	0%
154.0-155.0 sec	35,32	287,50	19,504	216,100	0 de 7	0%
155.0-156.0 sec	28,23	234,03	27,140	67,285	0 de 6	0%

156.0-157.0 sec	28,37	229,51	19,923	223,968	0 de 8	0%
157.0-158.0 sec	25,27	205,95	25,784	208,123	0 de 3	0%
158.0-159.0 sec	12,13	99,95	29,680	70,636	0 de 7	0%
159.0-160.0 sec	5,19	42,61	26,459	174,958	0 de 7	0%
160.0-161.0 sec	18,34	148,92	35,182	91,037	0 de 6	0%
161.0-162.0 sec	32,13	264,43	34,592	41,032	0 de 5	0%
162.0-163.0 sec	26,08	215,16	28,416	72,818	0 de 3	0%
163.0-164.0 sec	36,36	297,06	32,655	116,254	0 de 13	0%
164.0-165.0 sec	33,22	272,74	35,463	93,522	0 de 6	0%
165.0-166.0 sec	6,06	49,93	32,641	45,393	0 de 7	0%
166.0-167.0 sec	1,04	8,57	34,383	123,177	0 de 7	0%
167.0-168.0 sec	34,39	281,65	31,405	165,174	0 de 7	0%
168.0-169.0 sec	7,09	57,00	38,419	157,758	0 de 14	0%
169.0-170.0 sec	2,30	18,49	39,727	126,706	0 de 7	0%
170.0-171.0 sec	22,38	185,53	22,472	82,899	0 de 6	0%
171.0-172.0 sec	39,12	322,74	24,635	132,913	0 de 8	0%
172.0-173.0 sec	10,32	84,21	29,214	40,048	0 de 5	0%
173.0-174.0 sec	15,07	121,31	21,998	138,658	0 de 8	0%
174.0-175.0 sec	19,32	154,75	26,196	183,125	0 de 6	0%
175.0-176.0 sec	39,33	317,00	21,734	160,539	0 de 8	0%
176.0-177.0 sec	34,28	278,35	22,338	124,092	0 de 0	0%
177.0-178.0 sec	33,12	271,92	62,454	209,944	0 de 11	0%
178.0-179.0 sec	14,37	119,13	48,529	117,350	0 de 7	0%
179.0-180.0 sec	17,07	140,14	91,411	202,868	0 de 7	0%
180.0-181.0 sec	36,39	295,12	45,882	52,766	0 de 8	0%
181.0-182.0 sec	9,14	74,77	53,070	133,979	0 de 8	0%
182.0-183.0 sec	16,33	135,38	56,665	168,625	0 de 7	0%
183.0-184.0 sec	14,03	113,92	40,542	76,773	0 de 7	0%
184.0-185.0 sec	20,37	167,03	37,813	96,121	0 de 6	0%
185.0-186.0 sec	13,22	108,80	36,882	205,849	0 de 7	0%
186.0-187.0 sec	29,19	238,48	27,394	40,132	0 de 7	0%
187.0-188.0 sec	5,34	43,15	20,337	27,506	0 de 5	0%
188.0-189.0 sec	24,23	197,96	30,793	101,127	0 de 9	0%
189.0-190.0 sec	18,29	148,15	34,693	81,701	0 de 6	0%
190.0-191.0 sec	35,25	286,94	31,714	159,831	0 de 0	0%
191.0-192.0 sec	38,16	312,15	27,857	237,216	0 de 6	0%
192.0-193.0 sec	22,24	180,59	27,056	184,646	0 de 7	0%
193.0-194.0 sec	9,03	72,87	27,849	13,195	0 de 8	0%
194.0-195.0 sec	16,39	135,05	30,851	34,548	0 de 6	0%
195.0-196.0 sec	31,06	253,14	31,943	198,973	0 de 7	0%
196.0-197.0 sec	31,25	256,56	22,010	147,186	0 de 7	0%
197.0-198.0 sec	1,22	9,81	23,174	106,500	0 de 6	0%

198.0-199.0 sec	8,31	67,89	25,538	148,804	0 de 7	0%
199.0-200.0 sec	34,10	276,21	23,591	192,353	0 de 7	0%
200.0-201.0 sec	17,35	138,97	29,475	43,786	0 de 7	0%
201.0-202.0 sec	22,05	180,37	26,059	199,640	0 de 9	0%
202.0-203.0 sec	10,16	83,11	37,050	201,796	0 de 7	0%
203.0-204.0 sec	13,40	107,33	31,572	174,671	0 de 7	0%
204.0-205.0 sec	21,28	170,45	26,870	51,357	0 de 7	0%
205.0-206.0 sec	8,27	66,49	38,714	152,864	0 de 7	0%
206.0-207.0 sec	19,07	154,28	27,658	144,536	0 de 6	0%
207.0-208.0 sec	15,25	124,14	27,664	24,765	0 de 6	0%
208.0-209.0 sec	33,09	268,69	20,234	89,594	0 de 7	0%
209.0-210.0 sec	13,18	107,02	22,351	94,186	0 de 6	0%
210.0-211.0 sec	8,03	65,52	23,624	140,923	0 de 6	0%
211.0-212.0 sec	35,10	282,91	28,954	91,992	0 de 7	0%
212.0-213.0 sec	4,32	34,99	24,710	171,540	0 de 5	0%
213.0-214.0 sec	2,28	18,35	38,383	181,158	0 de 0	0%
214.0-215.0 sec	10,27	83,91	36,830	128,200	0 de 1	0%
215.0-216.0 sec	23,19	188,30	24,548	214,902	0 de 20	0%
216.0-217.0 sec	7,11	58,80	24,049	39,013	0 de 0	0%
217.0-218.0 sec	28,19	229,47	24,870	99,850	0 de 15	0%
218.0-219.0 sec	23,09	190,26	24,027	163,861	0 de 6	0%
219.0-220.0 sec	0,29	2,38	151,636	80,865	0 de 8	0%
220.0-221.0 sec	28,11	225,44	141,581	60,472	0 de 6	0%
221.0-222.0 sec	5,07	40,97	26,402	50,719	0 de 7	0%
222.0-223.0 sec	31,29	258,77	21,242	226,798	0 de 7	0%
223.0-224.0 sec	25,12	204,48	26,598	19,243	0 de 10	0%
224.0-225.0 sec	7,03	56,80	27,428	76,687	0 de 8	0%
225.0-226.0 sec	39,35	317,95	24,102	164,417	0 de 7	0%
226.0-227.0 sec	25,23	204,62	24,833	113,143	0 de 7	0%
227.0-228.0 sec	9,02	72,97	36,723	188,752	0 de 7	0%
228.0-229.0 sec	18,06	145,38	31,663	151,009	0 de 7	0%
229.0-230.0 sec	22,26	181,86	28,355	131,191	0 de 7	0%
230.0-231.0 sec	21,29	170,96	35,373	120,769	0 de 1	0%
231.0-232.0 sec	18,09	146,17	30,217	37,139	0 de 13	0%
232.0-233.0 sec	28,11	231,35	22,880	10,489	0 de 6	0%
233.0-234.0 sec	5,06	40,53	30,939	214,565	0 de 5	0%
234.0-235.0 sec	25,37	204,74	32,004	146,025	0 de 7	0%
235.0-236.0 sec	25,13	201,79	29,611	214,280	0 de 8	0%
236.0-237.0 sec	5,10	41,97	28,225	160,280	0 de 7	1%
237.0-238.0 sec	8,27	66,74	29,761	65,027	0 de 6	0%
238.0-239.0 sec	10,40	84,45	31,970	25,374	0 de 9	0%
239.0-240.0 sec	0,29	2,36	22,564	94,444	0 de 5	0%

240.0-241.0 sec	9,20	75,90	27,763	119,713	0 de 8	0%
241.0-242.0 sec	22,22	184,20	18,799	199,123	0 de 7	0%
242.0-243.0 9sec	29,05	233,56	16,833	152,118	0 de 6	0%
243.0-244.0 sec	31,04	253,91	18,589	104,970	0 de 7	0%
244.0-245.0 sec	0,00	0,00	24,138	34,687	0 de 7	0%
245.0-246.0 sec	20,24	162,32	27,299	91,901	0 de 7	0%
246.0-247.0 sec	4,31	34,91	32,692	46,010	0 de 7	0%
247.0-248.0 sec	8,11	65,77	20,903	24,414	0 de 7	0%
248.0-249.0 sec	0,08	0,65	17,265	46,264	0 de 5	0%
249.0-250.0 sec	36,22	297,73	16,931	118,919	0 de 9	0%
250.0-251.0 sec	5,17	42,24	16,242	178,717	0 de 5	0%
251.0-252.0 sec	5,29	42,64	16,479	16,130	0 de 8	0%
252.0-253.0 sec	25,17	204,63	22,379	66,440	0 de 4	0%
253.0-254.0 sec	16,32	133,50	36,411	151,271	0 de 9	0%
254.0-255.0 sec	0,29	2,40	34,133	95,493	0 de 6	0%
255.0-256.0 sec	20,05	165,01	29,715	48,802	0 de 8	0%
256.0-257.0 sec	4,08	32,64	26,818	13,909	0 de 7	0%
257.0-258.0 sec	14,24	114,77	26,818	56,524	0 de 5	0%
258.0-259.0 sec	9,40	77,55	25,412	52,116	0 de 8	0%
259.0-260.0 sec	36,09	296,30	20,887	44,200	0 de 6	0%
260.0-261.0 sec	33,19	273,49	22,417	55,383	0 de 8	0%
261.0-262.0 sec	31,33	259,73	22,323	115,788	0 de 5	0%
262.0-263.0 sec	13,13	106,35	22,739	117,095	0 de 7	0%
263.0-264.0 sec	34,32	280,39	20,657	75,784	0 de 6	0%
264.0-265.0 sec	1,29	10,66	29,722	78,495	0 de 6	0%
265.0-266.0 sec	26,13	213,22	26,600	201,621	0 de 9	0%
266.0-267.0 sec	20,07	165,98	20,965	171,250	0 de 3	0%
267.0-268.0 sec	29,39	237,47	23,512	22,987	0 de 7	0%
268.0-269.0 sec	10,34	83,13	17,799	109,589	0 de 10	0%
269.0-270.0 sec	18,19	149,34	21,450	30,960	0 de 6	1%
270.0-271.0 sec	25,08	201,14	22,106	201,368	0 de 7	0%
271.0-272.0 sec	4,32	35,29	32,998	7,172	0 de 6	0%
272.0-273.0 sec	8,21	66,34	24,622	49,236	0 de 7	0%
273.0-274.0 sec	29,15	240,49	23,383	68,329	0 de 7	0%
274.0-275.0 sec	19,02	152,73	63,847	171,588	0 de 7	0%
275.0-276.0 sec	26,12	213,40	46,270	197,526	0 de 6	0%
276.0-277.0 sec	16,20	131,54	44,119	171,914	0 de 8	0%
277.0-278.0 sec	25,00	204,00	45,375	207,428	0 de 7	0%
278.0-279.0 sec	29,25	239,27	39,607	20,155	0 de 6	0%
279.0-280.0 sec	18,39	149,14	32,370	201,267	0 de 6	0%
280.0-281.0 sec	31,34	252,60	28,103	151,030	0 de 7	0%
281.0-282.0 sec	3,18	25,69	132,938	99,781	0 de 7	0%

282.0-283.0 sec	30,19	241,52	31,744	41,400	0 de 7	0%
283.0-284.0 sec	38,13	305,80	27,923	170,282	0 de 7	0%
284.0-285.0 sec	27,13	217,31	22,182	87,026	0 de 0	0%
285.0-286.0 sec	18,10	147,52	120,463	215,066	0 de 12	0%
286.0-287.0 sec	12,04	97,89	19,951	12,885	0 de 7	0%
287.0-288.0 sec	12,29	99,30	20,474	141,024	0 de 5	0%
288.0-289.0 sec	33,06	267,79	24,156	45,502	0 de 9	0%
289.0-290.0 sec	10,24	83,35	17,318	82,664	0 de 7	0%
290.0-291.0 sec	31,26	256,33	23,146	162,451	0 de 7	0%
291.0-292.0 sec	29,29	237,54	12,312	160,482	0 de 6	0%
292.0-293.0 sec	7,34	60,33	71,392	129,373	0 de 8	0%
293.0-294.0 sec	35,30	288,75	77,792	148,914	0 de 6	0%
294.0-295.0 sec	20,21	164,31	46,477	170,837	0 de 7	0%
295.0-296.0 sec	4,36	35,49	91,541	169,337	0 de 7	0%
296.0-297.0 sec	26,30	214,08	37,182	113,371	0 de 7	0%
297.0-298.0 sec	24,38	196,50	32,803	17,729	0 de 7	0%
298.0-299.0 sec	20,18	163,66	29,714	117,375	0 de 7	0%
299.0-300.0 sec	40,09	323,53	22,694	36,978	0 de 5	0%
<b>0.0 - 300.0 sec</b>	<b>6161,86</b>	<b>167,28</b>	<b>35,18</b>	<b>119,69</b>	<b>1 de 2030</b>	<b>0%</b>

**Anexo 4:** Resultados por intervalo de segundo de la prueba 3.

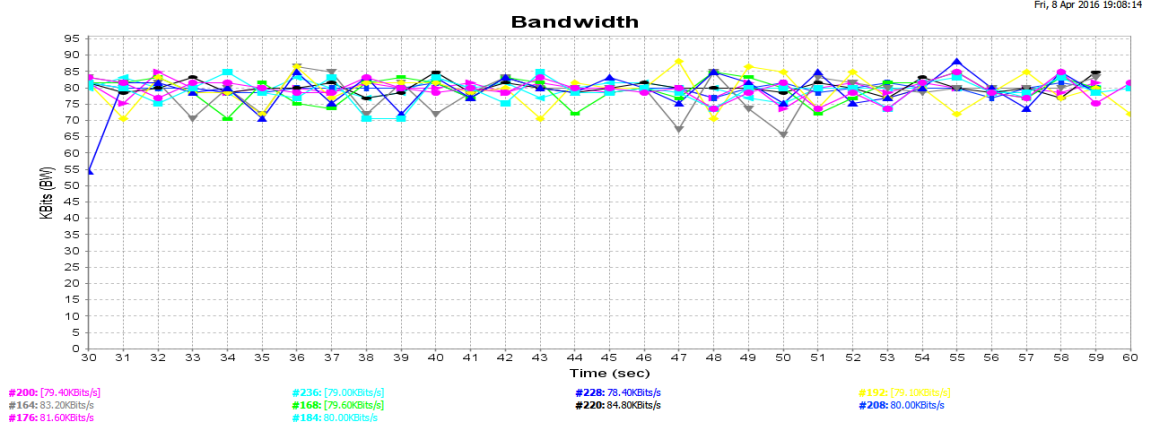
**Tabla 41:** Resultados Prueba 3

<b>5 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 3</b>						
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes)</b>	<b>Bandwidth (Kilobits/segundo)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Lost/Total Datagrama</b>	<b>Porcentaje de pérdida</b>
0.0- 1.0 sec	8,98	73,60	3,099	78,198	0/ 46	0%
1.0- 2.0 sec	10,40	84,80	2,904	13,087	0/ 53	0%
2.0- 3.0 sec	8,79	72,00	3,924	20,448	0/ 45	0%
3.0- 4.0 sec	10,50	86,40	2,635	17,930	0/ 54	0%
4.0- 5.0 sec	9,18	75,20	3,036	74,898	0/ 47	0%
5.0- 6.0 sec	10,70	88,00	3,299	180,896	0/ 55	0%
6.0- 7.0 sec	8,79	72,00	4,062	143,550	0/ 45	0%
7.0- 8.0 sec	9,96	81,60	4,462	187,684	0/ 51	0%
8.0- 9.0 sec	8,79	72,00	4,732	199,945	0/ 45	0%
9.0-10.0 sec	10,20	83,20	3,439	163,508	0/ 52	0%
10.0-11.0 sec	10,50	86,40	3,986	48,974	0/ 54	0%
11.0-12.0 sec	8,98	73,60	3,262	89,037	0/ 46	0%
12.0-13.0 sec	10,70	88,00	4,277	180,931	0/ 55	0%
13.0-14.0 sec	9,18	75,20	3,450	122,814	0/ 47	0%
14.0-15.0 sec	10,40	84,80	10,521	84,881	0/ 53	0%

15.0-16.0 sec	9,38	76,80	19,145	114,162	0/ 48	0%
16.0-17.0 sec	9,96	81,60	16,070	109,105	0/ 51	0%
17.0-18.0 sec	9,96	81,60	9,738	73,261	0/ 51	0%
18.0-19.0 sec	9,77	80,00	17,841	126,840	0/ 50	0%
19.0-20.0 sec	9,38	76,80	13,078	185,141	0/ 48	0%
20.0-21.0 sec	9,96	81,60	12,442	142,936	0/ 51	0%
21.0-22.0 sec	9,77	80,00	10,870	200,518	0/ 50	0%
22.0-23.0 sec	9,77	80,00	6,771	142,182	0/ 50	0%
23.0-24.0 sec	9,38	76,80	15,966	195,354	0/ 48	0%
24.0-25.0 sec	8,98	73,60	12,881	156,876	0/ 46	0%
25.0-26.0 sec	8,59	70,40	14,301	72,855	0/ 44	0%
26.0-27.0 sec	9,77	80,00	11,478	150,362	0/ 50	0%
27.0-28.0 sec	8,98	73,60	18,198	100,649	0/ 46	0%
28.0-29.0 sec	9,96	81,60	17,342	179,320	0/ 51	0%
29.0-30.0 sec	9,57	78,40	9,976	133,123	0/ 49	0%
30.0-31.0 sec	9,96	81,60	10,772	129,671	0/ 51	0%
31.0-32.0 sec	9,96	81,60	13,945	106,465	0/ 51	0%
32.0-33.0 sec	9,38	76,80	19,874	34,944	0/ 48	0%
33.0-34.0 sec	10,20	83,20	9,886	100,264	0/ 52	0%
34.0-35.0 sec	9,57	78,40	13,758	182,573	0/ 49	0%
35.0-36.0 sec	9,38	76,80	15,520	192,367	0/ 48	0%
36.0-37.0 sec	10,20	83,20	12,266	143,889	0/ 52	0%
37.0-38.0 sec	8,59	70,40	14,541	57,846	0/ 44	0%
38.0-39.0 sec	8,59	70,40	13,577	25,080	0/ 44	0%
39.0-40.0 sec	10,40	84,80	10,509	171,414	0/ 53	0%
40.0-41.0 sec	9,57	78,40	7,877	118,326	0/ 49	0%
41.0-42.0 sec	9,57	78,40	17,292	175,539	0/ 49	0%
42.0-43.0 sec	9,96	81,60	12,349	151,890	0/ 51	0%
43.0-44.0 sec	9,57	78,40	15,315	99,725	0/ 49	0%
44.0-45.0 sec	9,38	76,80	9,481	29,515	0/ 48	0%
45.0-46.0 sec	9,77	80,00	15,458	41,305	0/ 50	0%
46.0-47.0 sec	9,77	80,00	12,771	22,971	0/ 50	0%
47.0-48.0 sec	8,79	72,00	14,983	127,789	0/ 45	0%
48.0-49.0 sec	9,96	81,60	10,722	115,214	0/ 51	0%
49.0-50.0 sec	8,98	73,60	13,646	173,149	0/ 46	0%
50.0-51.0 sec	10,50	86,40	7,545	14,480	0/ 54	0%
51.0-52.0 sec	8,20	67,20	28,803	63,120	0/ 42	0%
52.0-53.0 sec	10,70	88,00	31,425	128,716	0/ 55	0%
53.0-54.0 sec	10,20	83,20	13,951	90,722	0/ 52	0%
54.0-55.0 sec	9,57	78,40	19,232	44,630	0/ 49	0%
55.0-56.0 sec	9,77	80,00	19,184	50,744	0/ 50	0%
56.0-57.0 sec	9,57	78,40	20,966	46,361	0/ 49	0%

57.0-58.0 sec	9,96	81,60	11,474	37,940	0/ 51	0%
58.0-59.0 sec	9,77	80,00	12,316	51,126	0/ 50	0%
59.0-60.0 sec	9,57	78,40	22,694	108,945	0/ 49	0%
<b>0.0-60.1 sec</b>	<b>578,59</b>	<b>78,99</b>	<b>11,989</b>	<b>108,770</b>	<b>0/ 2962</b>	<b>0,00%</b>

**Gráfico 58:** *Tramas RTP leídas en el origen. 5 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv4*



**Gráfico 59:** *Captura de Wireshark para 5 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv4 - Prueba 3*

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter	Status
192.168.83.250	3462	192.168.100.146	10024	0x53f1	g711A	3	96 (99.9%)	200.186	0.124	0.118	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.120	10022	0x11c8	g711A	3	1484 (99.9%)	7260.063	0.184	0.176	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.103	10022	0x185e2e77	g711A	2	3104 (99.9%)	15540.136	0.159	0.152	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.144	10022	0x7eb47905	g711A	17	11792 (99.9%)	29260.725	0.105	0.100	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.102	3462	0x65c8	g711A	10	1764 (99.9%)	4119.917	0.031	0.30	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.105	1506	0x2883	g711A	66	18328 (99.9%)	67439.266	0.043	0.413	.
192.168.83.250	60000	192.168.100.101	1298	0xd3f1cc3b	g711A	6	15816 (99.9%)	133035.887	0.024	0.230	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.120	1440	0x27666873	g711A	2	3156 (99.9%)	31600.190	0.134	0.128	.
192.168.83.250	3462	192.168.100.101	3462	0x3fba2b08	g711A	1	0 (0.0%)	0.000	0.121	0.115	.
192.168.83.250	10026	192.168.100.134	3462	0x5f783d98	g711A	74	6288 (99.9%)	5599.989	0.182	0.173	.
192.168.83.250	10022	192.168.100.120	3462	0x57600d6f	g711A	12	1408 (99.9%)	4440.016	0.015	0.014	.
192.168.83.250	10026	192.168.100.139	3462	0x6ab82ae0	g711A	3	504 (99.9%)	200.011	0.066	0.063	.
192.168.83.250	10022	192.168.100.101	3462	0x43e34158	g711A	6	2160 (99.9%)	379.957	0.135	0.129	.
192.168.83.250	10022	192.168.100.105	3462	0x392a2ba7	g711A	8	15484 (99.9%)	72958.511	0.095	0.090	.
192.168.83.250	10028	192.168.100.147	10038	0x28212cdc	g711A	26	5236 (99.9%)	8319.850	0.047	0.045	.
192.168.83.250	10024	192.168.100.120	3462	0x45694100	g711A	3	6490 (99.9%)	200.025	0.053	0.051	.
192.168.83.250	1440	192.168.100.101	3462	0xbd0eb10	g711A	44	46556 (99.9%)	216437.326	0.049	0.046	.
192.168.83.250	1506	192.168.100.143	3462	0x8d8c1577	g711A	58	18356 (99.9%)	67479.097	0.040	0.038	.
192.168.83.250	1298	192.168.100.125	60000	0x8ed1b307	g711A	1	0 (0.0%)	0.000	0.054	0.051	.

**Tabla 42: Resultados Prueba 4**

<b>5 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 4</b>						
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes)</b>	<b>Bandwidth (Kilobits/segundo)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Lost/Total Datagrama</b>	<b>Porcentaje de pérdida</b>
0.0- 1.0	8,79	72,00	5,659	63,120	0/ 45	0%
1.0- 2.0	10,50	86,40	4,805	128,716	0/ 54	0%
2.0- 3.0	9,18	75,20	3,33	90,722	0/ 47	0%
3.0- 4.0	9,57	78,40	3,426	44,630	0/ 49	0%
4.0- 5.0	10,40	84,80	5,302	50,744	0/ 53	0%
5.0- 6.0	9,57	78,40	2,36	46,361	0/ 49	0%
6.0- 7.0	9,57	78,40	4,898	37,940	0/ 49	0%
7.0- 8.0	9,96	81,60	10,098	51,126	0/ 51	0%
8.0- 9.0	9,77	80,00	7,595	108,945	0/ 50	0%
9.0-10.0	9,57	78,40	18,42	115,739	0/ 49	0%
10.0-11.0	10,20	83,20	11,556	66,808	0/ 52	0%
11.0-12.0	9,77	80,00	6,711	76,810	0/ 50	0%
12.0-13.0	9,38	76,80	5,443	195,340	0/ 48	0%
13.0-14.0	9,57	78,40	16,695	150,967	0/ 49	0%
14.0-15.0	10,40	84,80	7,056	104,113	0/ 53	0%
15.0-16.0	9,38	76,80	5,101	28,052	0/ 48	0%
16.0-17.0	10,40	84,80	6,957	197,045	0/ 53	0%
17.0-18.0	9,38	76,80	4,283	6,156	0/ 48	0%
18.0-19.0	9,77	80,00	9,381	46,326	0/ 50	0%
19.0-20.0	10,20	83,20	16,588	61,910	0/ 52	0%
20.0-21.0	9,77	80,00	17,786	156,920	0/ 50	0%
21.0-22.0	9,77	80,00	18,24	185,852	0/ 50	0%
22.0-23.0	9,77	80,00	15	160,213	0/ 50	0%
23.0-24.0	9,77	80,00	9,653	186,216	0/ 50	0%
24.0-25.0	9,77	80,00	13,87	193,085	0/ 50	0%
25.0-26.0	9,77	80,00	11,519	147,788	0/ 50	0%
26.0-27.0	9,57	78,40	12,737	86,406	0/ 49	0%
27.0-28.0	10,20	83,20	8,507	37,861	0/ 52	0%
28.0-29.0	9,77	80,00	8,319	152,868	0/ 50	0%
29.0-30.0	9,57	78,40	8,391	86,018	0/ 49	0%
30.0-31.0	9,57	78,40	10,119	194,860	0/ 49	0%
31.0-32.0	9,96	81,60	10,353	12,008	0/ 51	0%
32.0-33.0	9,38	76,80	12,278	122,121	0/ 48	0%
33.0-34.0	9,38	76,80	15,735	43,652	0/ 48	0%
34.0-35.0	9,77	80,00	11,042	147,189	0/ 50	0%
35.0-36.0	9,77	80,00	5,575	149,559	0/ 50	0%
36.0-37.0	10,40	84,80	15,955	126,596	0/ 53	0%

37.0-38.0	8,98	73,60	14,395	130,105	0/ 46	0%
38.0-39.0	9,77	80,00	4,544	162,300	0/ 50	0%
39.0-40.0	10,20	83,20	11,611	147,948	0/ 52	0%
40.0-41.0	9,96	81,60	4,725	105,654	0/ 51	0%
41.0-42.0	9,77	80,00	21,572	15,916	0/ 50	0%
42.0-43.0	9,77	80,00	17,793	113,718	0/ 50	0%
43.0-44.0	9,38	76,80	16,323	35,130	0/ 48	0%
44.0-45.0	9,18	75,20	8,818	37,960	0/ 47	0%
45.0-46.0	9,57	78,40	20,608	196,873	0/ 49	0%
46.0-47.0	9,57	78,40	12,599	28,271	0/ 49	0%
47.0-48.0	9,57	78,40	11,816	84,512	0/ 49	0%
48.0-49.0	9,57	78,40	14,002	171,612	0/ 49	0%
49.0-50.0	10,50	86,40	11,844	119,402	0/ 54	0%
50.0-51.0	9,57	78,40	12,983	90,044	0/ 49	0%
51.0-52.0	9,57	78,40	15,235	126,405	0/ 49	0%
52.0-53.0	10,20	83,20	24,479	111,265	0/ 52	0%
53.0-54.0	8,98	73,60	27,371	181,302	0/ 46	0%
54.0-55.0	9,38	76,80	30,761	16,351	0/ 48	0%
55.0-56.0	10,20	83,20	14,725	120,146	0/ 52	0%
56.0-57.0	9,38	76,80	15,214	194,140	0/ 48	0%
57.0-58.0	9,96	81,60	6,605	114,570	0/ 51	0%
58.0-59.0	9,38	76,80	9,954	43,480	0/ 48	0%
59.0-60.0	10,40	84,80	11,883	16,042	0/ 53	0%
<b>0.0-60.1</b>	<b>584,10</b>	<b>79,68</b>	<b>11,677</b>	<b>103,732</b>	<b>0/ 2988</b>	<b>0,00%</b>

*Tabla 43: Resultados Prueba 5*

5 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 5						
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Lost/Total Datagramas	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0	9,18	75,20	7,594	211,193	1 / 46	2,20%
1.0- 2.0	9,38	76,80	10,925	165,218	0/ 48	0%
2.0- 3.0	10,20	83,20	11,823	114,545	0/ 52	0%
3.0- 4.0	10,20	83,20	8,656	107,730	0/ 52	0%
4.0- 5.0	9,38	76,80	11,311	140,443	0/ 48	0%
5.0- 6.0	10,40	84,80	4,480	171,691	0/ 53	0%
6.0- 7.0	9,18	75,20	10,805	165,288	0/ 47	0%
7.0- 8.0	9,77	80,00	13,308	69,093	0/ 50	0%
8.0- 9.0	9,96	81,60	14,001	174,293	0/ 51	0%
9.0-10.0	10,20	83,20	21,972	199,872	0/ 52	0%
10.0-11.0	9,18	75,20	23,236	15,022	0/ 47	0%
11.0-12.0	10,40	84,80	12,299	164,298	0/ 53	0%

12.0-13.0	8,98	73,60	15,035	124,193	0/ 46	0%
13.0-14.0	10,20	83,20	5,645	59,045	0/ 52	0%
14.0-15.0	9,57	78,40	14,577	164,324	0/ 49	0%
15.0-16.0	10,20	83,20	23,937	32,738	0/ 52	0%
16.0-17.0	10,20	83,20	16,377	180,607	0/ 52	0%
17.0-18.0	9,38	76,80	13,301	40,065	0/ 48	0%
18.0-19.0	9,57	78,40	26,605	203,808	0/ 49	0%
19.0-20.0	10,20	83,20	8,435	153,831	0/ 52	0%
20.0-21.0	9,77	80,00	14,421	172,792	0/ 50	0%
21.0-22.0	9,57	78,40	16,164	89,117	0/ 49	0%
22.0-23.0	9,57	78,40	20,079	37,729	0/ 49	0%
23.0-24.0	9,77	80,00	15,104	115,609	0/ 50	0%
24.0-25.0	9,96	81,60	12,012	7,183	0/ 51	0%
25.0-26.0	9,57	78,40	11,895	78,606	0/ 49	0%
26.0-27.0	9,77	80,00	15,204	149,639	0/ 50	0%
27.0-28.0	10,40	84,80	11,891	209,367	0/ 53	0%
28.0-29.0	9,57	78,40	15,851	66,506	0/ 49	0%
29.0-30.0	9,77	80,00	10,828	202,926	0/ 50	0%
30.0-31.0	9,77	80,00	13,800	64,598	0/ 50	0%
31.0-32.0	8,79	72,00	11,937	160,002	1 / 46	2,20%
32.0-33.0	10,50	86,40	8,850	84,040	0/ 54	0%
33.0-34.0	9,57	78,40	7,982	36,501	0/ 49	0%
34.0-35.0	9,77	80,00	6,716	64,194	0/ 50	0%
35.0-36.0	9,96	81,60	4,303	101,570	0/ 51	0%
36.0-37.0	9,96	81,60	3,954	87,995	0/ 51	0%
37.0-38.0	9,57	78,40	4,857	40,380	0/ 49	0%
38.0-39.0	9,96	81,60	5,372	106,666	0/ 51	0%
39.0-40.0	9,57	78,40	11,753	148,283	0/ 49	0%
40.0-41.0	9,57	78,40	8,747	107,814	0/ 49	0%
41.0-42.0	9,96	81,60	10,657	78,000	0/ 51	0%
42.0-43.0	9,38	76,80	14,334	117,170	0/ 48	0%
43.0-44.0	9,57	78,40	12,902	35,304	0/ 49	0%
44.0-45.0	9,96	81,60	8,917	123,347	0/ 51	0%
45.0-46.0	9,38	76,80	8,773	167,471	0/ 48	0%
46.0-47.0	9,38	76,80	7,404	160,298	0/ 48	0%
47.0-48.0	10,20	83,20	6,089	112,433	0/ 52	0%
48.0-49.0	9,96	81,60	5,365	186,761	0/ 51	0%
49.0-50.0	9,77	80,00	5,899	112,579	0/ 50	0%
50.0-51.0	9,77	80,00	5,286	52,155	0/ 50	0%
51.0-52.0	9,77	80,00	5,732	129,804	0/ 50	0%
52.0-53.0	9,77	80,00	7,175	160,199	0/ 50	0%
53.0-54.0	9,77	80,00	6,104	75,125	0/ 50	0%

54.0-55.0	9,77	80,00	5,864	94,058	0/ 50	0%
55.0-56.0	9,57	78,40	8,642	186,509	0/ 49	0%
56.0-57.0	9,57	78,40	6,456	38,882	0/ 49	0%
57.0-58.0	10,20	83,20	6,190	25,634	0/ 52	0%
58.0-59.0	9,38	76,80	7,360	89,149	0/ 48	0%
59.0-60.0	10,20	83,20	3,740	70,750	0/ 52	0%
<b>0.0-60.0</b>	<b>585,77</b>	<b>79,89</b>	<b>10,82</b>	<b>113,41</b>	<b>0/ 2996</b>	<b>0,07%</b>

**Tabla 44: Resultados Prueba 6**

<b>5 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 6</b>						
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes)</b>	<b>Bandwidth (Kilobits / segundo)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Lost/Total Datagramas</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
0.0- 1.0 sec	8,98	73,60	2,391	132,372	0/ 46	0%
1.0- 2.0 sec	10,40	84,80	3,277	190,125	0/ 53	0%
2.0- 3.0 sec	8,01	65,60	2,528	37,917	0/ 41	0%
3.0- 4.0 sec	10,50	86,40	3,130	171,708	0/ 54	0%
4.0- 5.0 sec	8,98	73,60	3,249	169,229	0/ 46	0%
5.0- 6.0 sec	11,10	91,20	14,546	49,269	0/ 57	0%
6.0- 7.0 sec	10,20	83,20	13,257	142,460	0/ 52	0%
7.0- 8.0 sec	9,38	76,80	12,150	127,418	0/ 48	0%
8.0- 9.0 sec	10,40	84,80	18,241	22,232	0/ 53	0%
9.0-10.0 sec	9,57	78,40	6,572	76,236	0/ 49	0%
10.0-11.0 sec	9,77	80,00	6,678	82,290	0/ 50	0%
11.0-12.0 sec	9,77	80,00	7,348	135,194	0/ 50	0%
12.0-13.0 sec	9,77	80,00	6,393	82,584	0/ 50	0%
13.0-14.0 sec	9,77	80,00	7,849	164,138	0/ 50	0%
14.0-15.0 sec	9,38	76,80	14,865	124,206	0/ 48	0%
15.0-16.0 sec	9,57	78,40	15,517	196,531	0/ 49	0%
16.0-17.0 sec	10,20	83,20	16,864	35,348	0/ 52	0%
17.0-18.0 sec	9,38	76,80	18,173	99,701	0/ 48	0%
18.0-19.0 sec	9,96	81,60	19,962	160,343	0/ 51	0%
19.0-20.0 sec	9,96	81,60	13,765	71,287	0/ 51	0%
20.0-21.0 sec	9,38	76,80	18,453	58,013	0/ 48	0%
21.0-22.0 sec	9,57	78,40	14,911	43,535	0/ 49	0%
22.0-23.0 sec	9,38	76,80	22,158	192,982	0/ 48	0%
23.0-24.0 sec	9,96	81,60	17,150	56,762	0/ 51	0%
24.0-25.0 sec	9,96	81,60	11,332	23,326	0/ 51	0%
25.0-26.0 sec	9,77	80,00	14,569	155,447	0/ 50	0%
26.0-27.0 sec	9,38	76,80	12,001	41,029	0/ 48	0%
27.0-28.0 sec	9,77	80,00	13,469	44,659	0/ 50	0%

28.0-29.0 sec	9,18	75,20	13,390	189,180	0/ 47	0%
29.0-30.0 sec	10,50	86,40	23,380	148,966	0/ 54	0%
30.0-31.0 sec	9,57	78,40	15,437	164,324	0/ 49	0%
31.0-32.0 sec	9,96	81,60	4,309	32,738	0/ 51	0%
32.0-33.0 sec	9,96	81,60	21,884	180,607	0/ 51	0%
33.0-34.0 sec	9,77	80,00	19,707	40,065	0/ 50	0%
34.0-35.0 sec	9,38	76,80	23,257	203,808	0/ 48	0%
35.0-36.0 sec	9,77	80,00	15,079	153,831	0/ 50	0%
36.0-37.0 sec	9,57	78,40	15,795	172,792	0/ 49	0%
37.0-38.0 sec	10,20	83,20	15,985	89,117	0/ 52	0%
38.0-39.0 sec	9,38	76,80	16,734	37,729	0/ 48	0%
39.0-40.0 sec	9,38	76,80	12,327	115,609	0/ 48	0%
40.0-41.0 sec	9,77	80,00	13,137	7,183	0/ 50	0%
41.0-42.0 sec	10,20	83,20	17,532	78,606	0/ 52	0%
42.0-43.0 sec	9,96	81,60	18,470	149,639	0/ 51	0%
43.0-44.0 sec	10,20	83,20	10,547	209,367	0/ 52	0%
44.0-45.0 sec	8,40	68,80	18,765	66,506	0/ 43	0%
45.0-46.0 sec	10,90	89,60	10,297	202,926	0/ 56	0%
46.0-47.0 sec	9,77	80,00	7,180	64,598	0/ 50	0%
47.0-48.0 sec	9,38	76,80	10,814	160,002	0/ 48	0%
48.0-49.0 sec	9,38	76,80	27,569	84,040	0/ 48	0%
49.0-50.0 sec	10,40	84,80	18,963	36,501	0/ 53	0%
50.0-51.0 sec	8,98	73,60	11,863	64,194	0/ 46	0%
51.0-52.0 sec	10,50	86,40	23,123	101,570	0/ 54	0%
52.0-53.0 sec	9,57	78,40	8,628	87,995	0/ 49	0%
53.0-54.0 sec	9,18	75,20	19,801	40,380	0/ 47	0%
54.0-55.0 sec	9,57	78,40	19,494	106,666	0/ 49	0%
55.0-56.0 sec	10,70	88,00	21,885	148,283	0/ 55	0%
56.0-57.0 sec	8,98	73,60	10,033	107,814	0/ 46	0%
57.0-58.0 sec	10,20	83,20	20,762	78,000	0/ 52	0%
58.0-59.0 sec	9,57	78,40	14,629	117,170	0/ 49	0%
59.0-60.0 sec	9,57	78,40	22,566	35,304	0/ 49	0%
<b>0.0-60.1 sec</b>	<b>584,02</b>	<b>79,71</b>	<b>14,236</b>	<b>106,031</b>	<b>0/ 2989</b>	<b>0,00%</b>

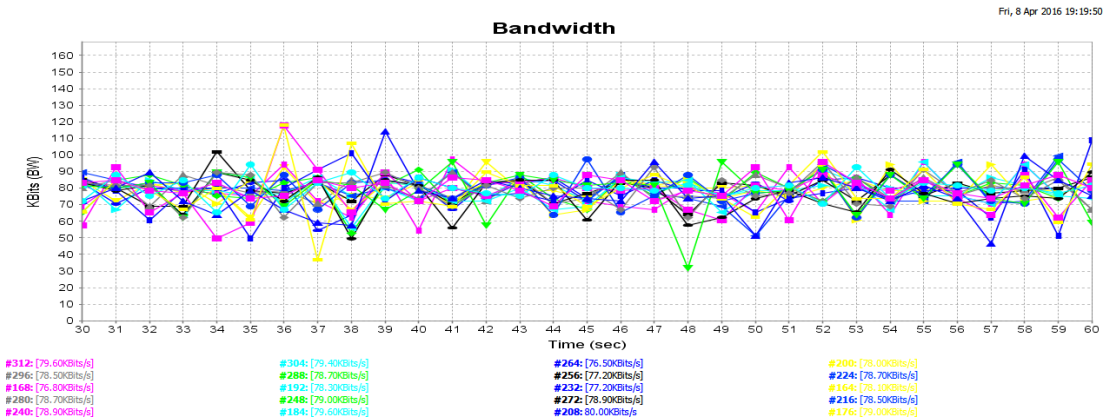
**Anexo 5: Resultados por intervalo de segundo de la prueba 4.**

**Tabla 45: Resultados Prueba 7**

<b>10 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 7</b>					
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes)</b>	<b>Bandwidth (Kilobits / segundo)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
0.0- 1.0	6,25	51,2	2,556	226,670	3,2%
1.0- 2.0	9,38	76,8	5,960	311,438	25,0%
2.0- 3.0	5,27	43,2	5,679	250,096	21,0%
3.0- 4.0	6,84	56,0	4,801	116,147	26,0%
4.0- 5.0	4,88	40,0	4,776	239,711	50,0%
5.0- 6.0	9,18	75,2	5,113	160,457	31,0%
6.0- 7.0	6,84	56,0	4,994	285,876	10,0%
7.0- 8.0	3,91	32,0	5,951	212,229	60,0%
8.0- 9.0	6,05	49,6	5,545	206,725	37,0%
9.0-10.0	2,34	19,2	5,546	169,730	78,0%
10.0-11.0	5,47	44,8	6,586	55,709	38,0%
11.0-12.0	7,81	64,0	6,582	159,844	27,0%
12.0-13.0	6,64	54,4	6,581	291,062	19,0%
13.0-14.0	9,38	76,8	7,539	306,676	14,0%
14.0-15.0	2,93	24,0	4,931	229,392	70,0%
15.0-16.0	3,52	28,8	6,828	92,219	67,0%
16.0-17.0	6,05	49,6	5,419	39,983	8,8%
17.0-18.0	3,91	32,0	7,739	273,273	57,0%
18.0-19.0	8,01	65,6	5,434	188,638	40,0%
19.0-20.0	4,49	36,8	4,065	279,848	34,0%
20.0-21.0	3,13	25,6	4,752	242,146	69,0%
21.0-22.0	5,86	48,0	9,005	158,984	52,0%
22.0-23.0	6,05	49,6	8,918	47,054	34,0%
23.0-24.0	7,23	59,2	6,200	65,849	27,0%
24.0-25.0	8,79	72,0	6,323	36,621	13,0%
25.0-26.0	5,47	44,8	6,073	203,725	38,0%
26.0-27.0	4,88	40,0	6,114	183,678	51,0%
27.0-28.0	3,91	32,0	7,800	276,039	57,0%
28.0-29.0	10,20	83,2	6,253	23,085	7,1%
29.0-30.0	3,91	32,0	6,329	100,628	62,0%
30.0-31.0	4,88	40,0	5,292	205,202	39,0%
31.0-32.0	10,40	84,8	5,176	144,631	8,6%
32.0-33.0	6,05	49,6	5,660	71,150	28,0%
33.0-34.0	6,64	54,4	10,862	80,897	31,0%
34.0-35.0	3,71	30,4	11,371	73,910	67,0%

35.0-36.0	7,23	59,2	5,598	60,484	21,0%
36.0-37.0	6,84	56,0	3,894	81,507	30,0%
37.0-38.0	2,34	19,2	5,729	173,683	70,0%
38.0-39.0	3,91	32,0	4,974	184,514	57,0%
39.0-40.0	2,15	17,6	5,063	106,507	79,0%
40.0-41.0	7,23	59,2	4,795	122,452	42,0%
41.0-42.0	3,52	28,8	6,911	311,415	31,0%
42.0-43.0	5,08	41,6	11,327	240,675	66,0%
43.0-44.0	3,71	30,4	6,228	165,979	14,0%
44.0-45.0	7,42	60,8	9,798	44,721	50,0%
45.0-46.0	3,71	30,4	5,991	314,134	42,0%
46.0-47.0	4,69	38,4	4,899	9,814	56,0%
47.0-48.0	6,25	51,2	5,036	73,854	46,0%
48.0-49.0	5,86	48,0	6,321	98,698	14,0%
49.0-50.0	5,27	43,2	11,523	250,166	56,0%
50.0-51.0	4,49	36,8	7,260	296,289	48,0%
51.0-52.0	6,84	56,0	9,406	255,416	13,0%
52.0-53.0	6,05	49,6	5,986	296,870	52,0%
53.0-54.0	7,03	57,6	8,455	307,821	32,0%
54.0-55.0	3,91	32,0	8,474	235,607	56,0%
55.0-56.0	5,47	44,8	6,768	137,751	42,0%
56.0-57.0	6,64	54,4	5,711	60,360	38,0%
57.0-58.0	3,52	28,8	5,912	243,706	58,0%
58.0-59.0	7,23	59,2	5,282	137,132	33,0%
59.0-60.0	3,13	25,6	7,291	310,651	64,0%
0.0-60.4	339,78	46,4	6,456	175,492	40,16%

**Gráfico 60:** *Tramas RTP leídas en el origen. 10 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv4*



**Gráfico 61: Captura de Wireshark para 10 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv4 – Prueba 7**

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter	Status
192.168.83.250	10026	192.168.100.146	3462	0x5f783d98	g711A	2142	1257 (37.0%)	5599.989	8.982	7.675	*
192.168.83.250	10022	192.168.100.120	3462	0x57600d6f	g711A	2147	5356 (71.0%)	4440.016	5.730	4.896	*
192.168.83.250	10026	192.168.100.103	3462	0x6ab82ae0	g711A	2099	2898 (58.0%)	200.011	5.917	5.056	*
192.168.83.250	10022	192.168.100.144	3462	0x43e34158	g711A	2855	1343 (32.0%)	379.957	6.273	5.360	*
192.168.83.250	10022	192.168.100.102	3462	0x392a2ba7	g711A	728	4873 (87.0%)	72958.511	8.208	7.013	*
192.168.83.250	10028	192.168.100.105	1506	0x28212cdc	g711A	0	0 (0.0%)	8319.850	8.208	7.013	*
192.168.83.250	60000	192.168.100.101	1298	0x45694100	g711A	5039	2159 (30.0%)	200.025	6.299	5.382	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.120	1440	0x27666873	g711A	1891	5113 (73.0%)	31600.190	11.062	9.452	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.101	3462	0x3fba2b08	g711A	2642	3962 (60.0%)	0.000	10.583	9.043	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.134	3462	0x53f1	g711A	2242	1761 (44.0%)	200.186	8.027	6.859	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.120	3462	0xd1c8	g711A	1623	4173 (72.0%)	7260.063	7.828	6.689	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.139	10022	0xd85e2e77	g711A	1971	3825 (66.0%)	15540.136	7.539	6.442	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.101	10022	0x7eb47905	g711A	2127	1477 (41.0%)	29260.725	7.771	6.640	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.105	10022	0x65c8	g711A	2803	1201 (30.0%)	4119.917	11.059	9.449	*
192.168.83.250	3462	192.168.100.147	3462	0x2883	g711A	2700	3300 (55.0%)	67439.266	14.473	12.366	*
192.168.83.250	10024	192.168.100.120	1506	0x45694100	g711A	361	3438 (90.5%)	133035.887	8.499	7.262	*
192.168.83.250	1440	192.168.100.101	1298	0xbd0eb10	g711A	3609	4593 (56.0%)	31600.190	13.014	11.120	*
192.168.83.250	1506	192.168.100.143	1440	0x8d8c1577	g711A	3104	3500 (53.0%)	67479.097	13.033	11.136	*
192.168.83.250	1298	192.168.100.125	60000	0x8ed1b307	g711A	2320	3075 (57.0%)	0.000	7.779	6.647	*

**Tabla 46: Resultados Prueba 8**

10 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 8					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0	6,05	49,60	4,028	20,863	79,0%
1.0- 2.0	4,88	40,00	5,564	32,599	49,0%
2.0- 3.0	0,20	1,60	6,741	28,584	93,0%
3.0- 4.0	3,52	28,80	4,973	119,404	77,0%
4.0- 5.0	5,66	46,40	3,503	288,389	41,0%
5.0- 6.0	7,03	57,60	4,624	228,850	36,0%
6.0- 7.0	7,03	57,60	3,826	299,210	23,0%
7.0- 8.0	7,03	57,60	5,797	318,756	36,0%
8.0- 9.0	8,79	72,00	2,972	260,668	17,0%
9.0-10.0	3,52	28,80	3,710	78,075	50,0%
10.0-11.0	3,71	30,40	4,808	141,944	69,0%
11.0-12.0	5,66	46,40	3,811	288,444	33,0%
12.0-13.0	6,64	54,40	5,004	195,792	28,0%
13.0-14.0	3,91	32,00	5,786	135,319	63,0%
14.0-15.0	3,52	28,80	8,859	182,001	63,0%
15.0-16.0	0,20	1,60	8,428	173,938	97,0%
16.0-17.0	3,52	28,80	9,567	116,794	65,0%
17.0-18.0	2,15	17,60	8,074	202,212	82,0%
18.0-19.0	5,27	43,20	5,353	295,157	50,0%
19.0-20.0	7,03	57,60	6,859	227,872	32,0%
20.0-21.0	8,01	65,60	5,733	319,671	24,0%
21.0-22.0	3,91	32,00	8,328	226,670	57,0%
22.0-23.0	5,27	43,20	7,603	311,438	34,0%

23.0-24.0	8,40	68,80	4,974	250,096	26,0%
24.0-25.0	8,40	68,80	3,994	116,147	20,0%
25.0-26.0	8,59	70,40	7,917	239,711	10,0%
26.0-27.0	4,88	40,00	8,880	160,457	49,0%
27.0-28.0	6,25	51,20	19,179	285,876	27,0%
28.0-29.0	7,81	64,00	7,134	212,229	29,0%
29.0-30.0	7,03	57,60	7,457	206,725	29,0%
30.0-31.0	3,91	32,00	8,098	169,730	57,0%
31.0-32.0	1,37	11,20	7,905	55,709	80,0%
32.0-33.0	1,76	14,40	9,309	159,844	87,0%
33.0-34.0	7,23	59,20	5,428	291,062	16,0%
34.0-35.0	8,01	65,60	8,571	306,676	28,0%
35.0-36.0	5,27	43,20	8,695	229,392	39,0%
36.0-37.0	4,10	33,60	11,330	92,219	62,0%
37.0-38.0	4,10	33,60	7,742	39,983	54,0%
38.0-39.0	1,76	14,40	7,871	273,273	59,0%
39.0-40.0	4,49	36,80	8,385	188,638	67,0%
40.0-41.0	4,49	36,80	7,212	279,848	43,0%
41.0-42.0	6,64	54,40	4,265	242,146	45,0%
42.0-43.0	7,42	60,80	3,846	158,984	30,0%
43.0-44.0	7,81	64,00	6,039	47,054	4,8%
44.0-45.0	8,01	65,60	4,460	65,849	29,0%
45.0-46.0	6,25	51,20	7,386	36,621	43,0%
46.0-47.0	2,15	17,60	6,545	203,725	76,0%
47.0-48.0	4,49	36,80	6,351	183,678	34,0%
48.0-49.0	8,59	70,40	5,265	276,039	30,0%
49.0-50.0	3,71	30,40	5,683	23,085	54,0%
50.0-51.0	8,20	67,20	4,119	100,628	25,0%
51.0-52.0	5,27	43,20	7,386	205,202	31,0%
52.0-53.0	5,47	44,80	10,664	144,631	56,0%
53.0-54.0	7,81	64,00	10,679	71,150	13,0%
54.0-55.0	5,66	46,40	6,944	80,897	52,0%
55.0-56.0	2,34	19,20	10,764	73,910	52,0%
0.0 - 56.0	300,18	43,91	6,865	177,926	45,6%

**Tabla 47: Resultados Prueba 9**

<b>10 llamadas simultáneas – IPv4 – Prueba 9</b>					
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes)</b>	<b>Bandwidth (Kilobits / segundo)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
0.0- 1.0	6,64	54,40	5,761	205,202	2,9%
1.0- 2.0	4,10	33,60	15,916	144,631	50,0%
2.0- 3.0	4,49	36,80	19,005	71,150	66,0%
3.0- 4.0	7,42	60,80	8,357	80,897	16,0%
4.0- 5.0	7,62	62,40	5,809	73,910	29,0%
5.0- 6.0	3,91	32,00	6,259	60,484	41,0%
6.0- 7.0	9,38	76,80	3,666	81,507	27,0%
7.0- 8.0	2,15	17,60	6,991	173,683	78,0%
8.0- 9.0	1,76	14,40	9,978	184,514	81,0%
9.0-10.0	3,91	32,00	5,831	106,507	64,0%
10.0-11.0	8,20	67,20	5,822	122,452	14,0%
11.0-12.0	0,59	4,80	8,021	311,415	0,0%
12.0-13.0	2,15	17,60	10,171	240,675	88,0%
13.0-14.0	5,27	43,20	6,701	165,979	23,0%
14.0-15.0	5,66	46,40	6,496	44,721	55,0%
15.0-16.0	4,49	36,80	6,397	314,134	50,0%
16.0-17.0	3,71	30,40	6,714	9,814	56,0%
17.0-18.0	6,64	54,40	6,419	73,854	40,0%
18.0-19.0	8,01	65,60	3,910	98,698	27,0%
19.0-20.0	3,71	30,40	3,656	250,166	60,0%
20.0-21.0	8,01	65,60	9,184	296,289	18,0%
21.0-22.0	8,79	72,00	6,203	255,416	15,0%
22.0-23.0	6,64	54,40	14,171	296,870	31,0%
23.0-24.0	2,34	19,20	11,343	307,821	33,0%
24.0-25.0	6,25	51,20	5,810	235,607	58,0%
25.0-26.0	5,66	46,40	8,350	137,751	41,0%
26.0-27.0	3,52	28,80	4,779	60,360	68,0%
27.0-28.0	7,42	60,80	5,127	243,706	14,0%
28.0-29.0	3,52	28,80	6,837	137,132	58,0%
29.0-30.0	4,10	33,60	6,653	310,651	57,0%
30.0-31.0	8,79	72,00	6,449	19,143	32,0%
31.0-32.0	0,98	8,00	5,844	194,688	74,0%
32.0-33.0	6,64	54,40	7,469	69,592	56,0%
33.0-34.0	4,69	38,40	8,852	234,652	48,0%
34.0-35.0	4,69	38,40	4,472	238,430	55,0%
35.0-36.0	7,62	62,40	3,914	201,822	13,0%

36.0-37.0	3,91	32,00	6,833	207,416	62,0%
37.0-38.0	0,98	8,00	8,646	258,743	91,0%
38.0-39.0	5,66	46,40	4,227	235,863	43,0%
39.0-40.0	5,66	46,40	2,958	168,436	31,0%
40.0-41.0	3,32	27,20	7,675	25,373	63,0%
41.0-42.0	7,23	59,20	4,896	181,292	29,0%
42.0-43.0	4,88	40,00	5,056	56,006	42,0%
43.0-44.0	4,10	33,60	5,360	60,517	68,0%
44.0-45.0	5,47	44,80	7,013	313,860	13,0%
45.0-46.0	0,00	0,00	7,013	45,070	1,0%
46.0-47.0	7,03	57,60	5,382	134,731	70,0%
47.0-48.0	6,84	56,00	9,452	273,588	27,0%
48.0-49.0	6,45	52,80	9,043	190,354	40,0%
49.0-50.0	3,91	32,00	6,859	143,550	56,0%
50.0-51.0	5,66	46,40	6,689	201,518	28,0%
51.0-52.0	5,66	46,40	6,442	177,381	34,0%
52.0-53.0	3,52	28,80	6,640	289,037	59,0%
53.0-54.0	3,91	32,00	9,449	26,068	70,0%
54.0-55.0	5,86	48,00	12,366	191,540	45,0%
55.0-56.0	3,71	30,40	7,262	309,502	9,5%
56.0-57.0	8,01	65,60	11,120	182,649	44,0%
57.0-58.0	6,45	52,80	11,136	69,317	47,0%
58.0-59.0	5,27	43,20	6,647	25,575	43,0%
59.0-60.0	6,05	49,60	8,916	233,997	37,0%
0.0-60.4	309,01	42,19	7,41	167,60	43,2%

**Anexo 6:** Resultados por intervalo de segundo de la prueba 5.

**Tabla 48:** Resultados Prueba 10

5 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 10					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0 sec	5,86	48,00	7,278	45,61	0,00%
1.0- 2.0 sec	0,59	4,80	27,285	51,86	0,15%
2.0- 3.0 sec	4,49	36,80	9,253	47,38	0,29%
3.0- 4.0 sec	3,52	28,80	18,621	38,77	0,38%
4.0- 5.0 sec	6,25	51,20	21,310	52,25	0,57%
5.0- 6.0 sec	4,30	35,20	9,091	111,34	0,63%
6.0- 7.0 sec	5,66	46,40	11,857	118,28	0,46%
7.0- 8.0 sec	2,73	22,40	10,796	68,27	0,27%

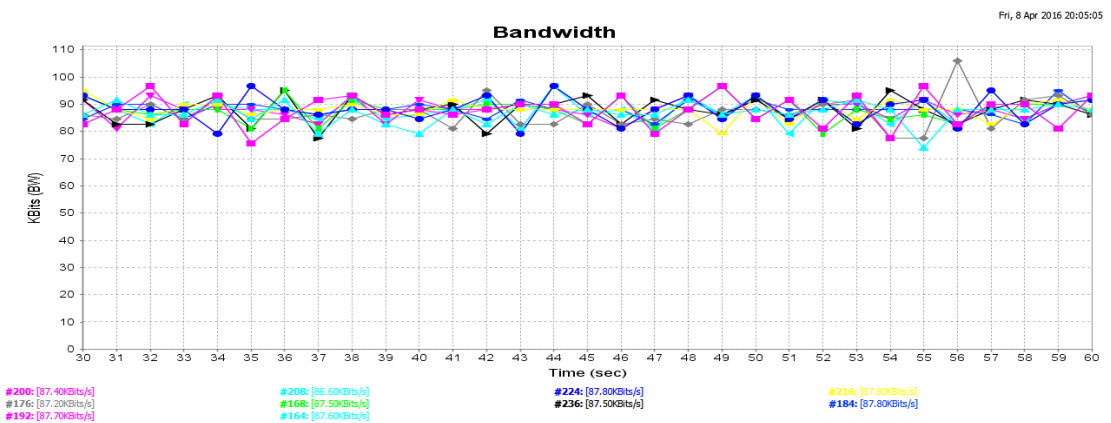
8.0- 9.0 sec	4,49	36,80	11,260	78,50	0,43%
9.0-10.0 sec	1,37	11,20	10,591	199,63	0,50%
10.0-11.0 sec	5,08	41,60	11,550	154,28	0,30%
11.0-12.0 sec	5,08	41,60	7,657	106,40	0,87%
12.0-13.0 sec	2,34	19,20	8,232	28,67	0,21%
13.0-14.0 sec	5,47	44,80	8,005	201,37	0,47%
14.0-15.0 sec	2,93	24,00	17,630	6,29	0,68%
15.0-16.0 sec	1,76	14,40	46,508	47,34	0,13%
16.0-17.0 sec	9,57	78,40	13,154	63,27	0,87%
17.0-18.0 sec	2,15	17,60	21,278	160,36	0,92%
18.0-19.0 sec	2,93	24,00	23,391	189,93	0,27%
19.0-20.0 sec	6,45	52,80	9,363	163,73	0,43%
20.0-21.0 sec	2,34	19,20	5,956	190,30	0,24%
21.0-22.0 sec	4,10	33,60	5,450	197,32	0,54%
22.0-23.0 sec	3,52	28,80	19,016	151,03	0,40%
23.0-24.0 sec	5,08	41,60	18,962	88,30	0,52%
24.0-25.0 sec	1,76	14,40	11,731	38,69	0,17%
25.0-26.0 sec	3,91	32,00	31,835	156,22	0,48%
26.0-27.0 sec	6,45	52,80	13,235	87,91	0,70%
27.0-28.0 sec	6,45	52,80	17,323	199,14	0,54%
28.0-29.0 sec	3,71	30,40	12,234	12,27	0,40%
29.0-30.0 sec	1,95	16,00	18,702	124,80	1,00%
30.0-31.0 sec	4,88	40,00	7,293	44,61	0,28%
31.0-32.0 sec	2,93	24,00	42,172	150,42	0,75%
32.0-33.0 sec	5,27	43,20	24,843	152,84	0,43%
33.0-34.0 sec	5,27	43,20	9,269	129,37	0,52%
34.0-35.0 sec	0,39	3,20	13,370	132,96	0,04%
35.0-36.0 sec	5,86	48,00	5,915	165,86	0,55%
36.0-37.0 sec	4,10	33,60	8,138	151,19	0,43%
37.0-38.0 sec	6,25	51,20	7,878	107,97	0,56%
38.0-39.0 sec	7,23	59,20	6,273	16,27	0,73%
39.0-40.0 sec	5,86	48,00	5,302	116,21	0,81%
40.0-41.0 sec	6,05	49,60	5,338	35,90	0,51%
41.0-42.0 sec	3,52	28,80	20,354	38,79	0,56%
42.0-43.0 sec	0,78	6,40	72,590	201,19	0,12%
43.0-44.0 sec	7,62	62,40	36,750	28,89	0,51%
44.0-45.0 sec	3,91	32,00	17,462	86,37	0,42%
45.0-46.0 sec	8,01	65,60	4,936	175,38	0,91%
46.0-47.0 sec	8,79	72,00	3,298	122,02	0,80%
47.0-48.0 sec	2,93	24,00	7,066	92,02	0,94%
48.0-49.0 sec	5,08	41,60	15,283	129,18	0,38%
49.0-50.0 sec	0,00	0,00	15,283	113,71	1,00%

50.0-51.0 sec	4,88	40,00	6,873	185,28	0,22%
51.0-52.0 sec	6,25	51,20	9,615	16,71	0,91%
52.0-53.0 sec	5,47	44,80	18,496	122,78	0,53%
53.0-54.0 sec	2,54	20,80	31,932	198,40	0,37%
54.0-55.0 sec	7,42	60,80	13,507	117,08	0,67%
55.0-56.0 sec	5,08	41,60	25,593	44,43	0,59%
56.0-57.0 sec	0,00	0,00	25,593	16,39	1,00%
57.0-58.0 sec	3,71	30,40	16,136	150,00	0,21%
58.0-59.0 sec	5,86	48,00	12,398	79,16	0,48%
59.0-60.0 sec	1,17	9,60	9,600	174,69	0,64%
0.0-60.1 sec	259,40	35,41	15,95	107,93	0,51%

**Gráfico 62:** Captura de Wireshark para 5 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv6 - Prueba 10

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter	Status
2001:db8:abcd:a...	62907	2001:db8:abcd:b:f0b3...	62945	0x6ab82ae0	g711A	35	6161 (99.4%)	74.8	0.021	0.020	*
2001:db8:abcd:a...	62984	2001:db8:abcd:b:f0b3...	62934	0x43e34158	g711A	4	3600 (99.9%)	387.96	0.076	0.070	*
2001:db8:abcd:a...	62913	2001:db8:abcd:b:b40a...	62931	0x392a2ba7	g711A	4	795 (99.5%)	55.71	0.039	0.037	*
2001:db8:abcd:a...	62927	2001:db8:abcd:b:9e7d...	62977	0x43e34158	g711A	33	7770 (99.6%)	166.55	0.018	0.017	*
2001:db8:abcd:a...	62931	2001:db8:abcd:b:f0b3...	62913	0x5f783d98	g711A	36	3967 (99.1%)	338.19	0.005	0.005	*
2001:db8:abcd:a...	62948	2001:db8:abcd:b:663d...	62984	0x57600d6f	g711A	66	8137 (99.2%)	235.29	0.003	0.003	*
2001:db8:abcd:a...	62953	2001:db8:abcd:b:fb1...	62922	0x45694100	g711A	85	8916 (99.1%)	177.44	0.007	0.007	*
2001:db8:abcd:a...	62989	2001:db8:abcd:b:2c8e...	62976	0x27666873	g711A	11	2989 (99.6%)	249.10	0.016	0.015	*
2001:db8:abcd:a...	62987	2001:db8:abcd:b:9e7d...	62906	0x3fba2b08	g711A	52	5150 (99.0%)	219.27	0.016	0.015	*
2001:db8:abcd:a...	62905	2001:db8:abcd:b:663d...	62999	0x53f1	g711A	0	0 (99.8%)	357.28	0.007	0.007	*
2001:db8:abcd:a...	62976	2001:db8:abcd:b:f0b3...	62971	0x11c8	g711A	45	4952 (99.1%)	32.22	0.010	0.010	*
2001:db8:abcd:a...	62922	2001:db8:abcd:b:b40a...	62966	0x45694100	g711A	34	6366 (99.5%)	236.76	0.019	0.018	*
2001:db8:abcd:a...	62934	2001:db8:abcd:b:b40a...	62927	0xbdc0eb10	g711A	21	5581 (99.6%)	382.58	0.034	0.032	*
2001:db8:abcd:a...	62949	2001:db8:abcd:b:b40a...	62930	0x65c8	g711A	17	2584 (99.3%)	225.77	0.014	0.014	*
2001:db8:abcd:a...	62908	2001:db8:abcd:b:b40a...	62955	0x2883	g711A	45	7553 (99.4%)	85.68	0.027	0.026	*
2001:db8:abcd:a...	62946	2001:db8:abcd:b:fb1...	62989	0x11c8	g711A	52	5150 (99.0%)	31.61	0.027	0.026	*
2001:db8:abcd:a...	62921	2001:db8:abcd:b:f0b3...	62942	0x185e2e77	g711A	0	0 (99.8%)	289.25	0.017	0.016	*
2001:db8:abcd:a...	62904	2001:db8:abcd:b:b40a...	62940	0x7eb47905	g711A	18	3781 (99.5%)	152.65	0.013	0.012	*
2001:db8:abcd:a...	62903	2001:db8:abcd:b:9e7d...	62901	0x8ed1b307	g711A	38	5962 (99.4%)	386.36	0.010	0.010	*

**Gráfico 63:** Tramas RTP leídas en el origen. 5 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv6



**Tabla 49: Resultados Prueba 11**

<b>5 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 11</b>					
<b>Interval (segundos)</b>	<b>Transfer (KiloBytes)</b>	<b>Bandwidth (Kilobits / segundo)</b>	<b>Jitter (milisegundos)</b>	<b>Delay (milisegundos)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas</b>
0.0- 1.0 sec	10,10	82,7	9,993	179,32	0,00%
1.0- 2.0 sec	8,59	70,4	9,948	133,12	0,11%
2.0- 3.0 sec	10,50	86,2	13,996	129,67	0,08%
3.0- 4.0 sec	9,67	79,2	9,308	106,47	0,12%
4.0- 5.0 sec	9,67	79,2	10,803	34,94	0,06%
5.0- 6.0 sec	10,30	84,5	10,961	100,26	0,08%
6.0- 7.0 sec	9,45	77,4	21,615	182,57	0,06%
7.0- 8.0 sec	9,88	81,0	19,285	192,37	0,13%
8.0- 9.0 sec	9,88	81,0	11,978	143,89	0,08%
9.0-10.0 sec	9,67	79,2	12,317	57,85	0,06%
10.0-11.0 sec	9,24	75,7	6,918	25,08	0,12%
11.0-12.0 sec	11,00	89,8	6,583	171,41	0,04%
12.0-13.0 sec	9,24	75,7	12,302	118,33	0,12%
13.0-14.0 sec	10,10	82,7	8,934	175,54	0,06%
14.0-15.0 sec	8,81	72,2	15,990	151,89	0,11%
15.0-16.0 sec	9,45	77,4	6,510	99,73	0,12%
16.0-17.0 sec	9,88	81,0	4,510	29,52	0,08%
17.0-18.0 sec	11,20	91,5	4,267	41,30	0,06%
18.0-19.0 sec	9,02	73,9	4,938	22,97	0,11%
19.0-20.0 sec	9,67	79,2	4,818	127,79	0,08%
20.0-21.0 sec	10,30	84,5	5,649	115,21	0,09%
21.0-22.0 sec	9,67	79,2	6,832	173,15	0,12%
22.0-23.0 sec	9,02	73,9	6,688	14,48	0,14%
23.0-24.0 sec	10,10	82,7	5,904	63,12	0,06%
24.0-25.0 sec	9,45	77,4	5,233	128,72	0,10%
25.0-26.0 sec	9,02	73,9	4,911	90,72	0,16%
26.0-27.0 sec	10,30	84,5	7,203	44,63	0,04%
27.0-28.0 sec	9,67	79,2	5,554	50,74	0,06%
28.0-29.0 sec	10,30	84,5	6,473	46,36	0,08%
29.0-30.0 sec	9,67	79,2	7,345	37,94	0,08%
30.0-31.0 sec	9,88	81,0	7,018	51,13	0,12%
31.0-32.0 sec	9,24	75,7	4,404	108,94	0,14%
32.0-33.0 sec	10,10	82,7	6,792	115,74	0,04%
33.0-34.0 sec	10,10	82,7	7,124	66,81	0,06%
34.0-35.0 sec	9,67	79,2	4,813	76,81	0,08%
35.0-36.0 sec	9,45	77,4	8,947	195,34	0,12%

36.0-37.0 sec	9,67	79,2	6,063	150,97	0,10%
37.0-38.0 sec	10,10	82,7	3,837	104,11	0,10%
38.0-39.0 sec	9,45	77,4	5,841	28,05	0,06%
39.0-40.0 sec	9,67	79,2	4,975	197,05	0,13%
40.0-41.0 sec	9,88	81,0	4,944	6,16	0,08%
41.0-42.0 sec	9,67	79,2	5,009	46,33	0,08%
42.0-43.0 sec	10,30	84,5	6,956	61,91	0,06%
43.0-44.0 sec	9,67	79,2	5,403	156,92	0,06%
44.0-45.0 sec	10,70	88,0	7,867	185,85	0,06%
45.0-46.0 sec	10,30	84,5	6,572	160,21	0,02%
46.0-47.0 sec	10,10	82,7	6,920	186,22	0,06%
47.0-48.0 sec	9,67	79,2	6,858	193,09	0,12%
48.0-49.0 sec	9,02	73,9	7,053	147,79	0,11%
49.0-50.0 sec	10,10	82,7	4,185	86,41	0,08%
50.0-51.0 sec	10,30	84,5	4,500	37,86	0,06%
51.0-52.0 sec	9,45	77,4	5,820	152,87	0,12%
52.0-53.0 sec	9,45	77,4	6,042	86,02	0,10%
53.0-54.0 sec	10,30	84,5	5,541	194,86	0,06%
54.0-55.0 sec	10,70	88,0	5,335	12,01	0,02%
55.0-56.0 sec	10,10	82,7	7,493	122,12	0,04%
56.0-57.0 sec	10,10	82,7	6,619	43,65	0,08%
57.0-58.0 sec	9,24	75,7	6,648	147,19	0,09%
58.0-59.0 sec	9,88	81,0	6,092	149,56	0,12%
59.0-60.0 sec	10,10	82,7	6,117	126,60	0,06%
0.0-60.1 sec	589,18	80,5	7,5	106,5	0,08%

*Tabla 50: Resultados Prueba 12*

5 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 12					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0 sec	6,88	56,3	7,473	205,01	0,00%
1.0- 2.0 sec	6,66	54,6	20,955	137,96	0,42%
2.0- 3.0 sec	9,02	73,9	17,018	80,68	0,26%
3.0- 4.0 sec	8,81	72,2	6,069	111,30	0,11%
4.0- 5.0 sec	6,66	54,6	16,909	129,82	0,37%
5.0- 6.0 sec	9,88	81,0	22,004	149,22	0,15%
6.0- 7.0 sec	5,59	45,8	15,673	106,32	0,45%
7.0- 8.0 sec	1,07	8,8	23,241	28,83	0,86%
8.0- 9.0 sec	7,09	58,1	24,722	199,70	0,49%
9.0-10.0 sec	6,45	52,8	13,972	105,35	0,35%

10.0-11.0 sec	8,16	66,9	13,530	66,68	0,36%
11.0-12.0 sec	8,81	72,2	5,961	172,31	0,13%
12.0-13.0 sec	1,07	8,8	18,063	145,78	0,87%
13.0-14.0 sec	7,09	58,1	23,355	132,34	0,41%
14.0-15.0 sec	5,59	45,8	26,772	31,92	0,41%
15.0-16.0 sec	9,45	77,4	25,418	140,03	0,27%
16.0-17.0 sec	7,30	59,8	21,253	200,07	0,26%
17.0-18.0 sec	7,52	61,6	27,785	32,44	0,17%
18.0-19.0 sec	8,59	70,4	22,568	137,67	0,32%
19.0-20.0 sec	4,08	33,4	35,734	124,64	0,10%
20.0-21.0 sec	10,30	84,5	18,881	117,97	0,36%
21.0-22.0 sec	7,95	65,1	23,400	15,81	0,08%
22.0-23.0 sec	4,30	35,2	22,608	181,06	0,64%
23.0-24.0 sec	7,30	59,8	21,039	63,99	0,06%
24.0-25.0 sec	3,01	24,6	13,034	126,56	0,66%
25.0-26.0 sec	9,45	77,4	6,720	67,77	0,15%
26.0-27.0 sec	4,30	35,2	43,612	193,00	0,51%
27.0-28.0 sec	0,00	0,0	43,612	161,38	0,00%
28.0-29.0 sec	7,95	65,1	21,035	158,15	0,69%
29.0-30.0 sec	6,66	54,6	13,152	202,33	0,48%
30.0-31.0 sec	9,45	77,4	5,016	94,49	0,08%
31.0-32.0 sec	10,10	82,7	16,168	198,41	0,10%
32.0-33.0 sec	10,30	84,5	5,505	19,74	0,08%
33.0-34.0 sec	7,30	59,8	5,676	134,97	0,32%
34.0-35.0 sec	7,73	63,4	11,682	79,64	0,28%
35.0-36.0 sec	5,59	45,8	15,255	48,71	0,45%
36.0-37.0 sec	6,45	52,8	18,219	17,93	0,43%
37.0-38.0 sec	5,59	45,8	9,642	83,01	0,38%
38.0-39.0 sec	5,16	42,2	12,229	176,44	0,61%
39.0-40.0 sec	7,95	65,1	12,290	48,89	0,16%
40.0-41.0 sec	5,37	44,0	9,850	22,63	0,32%
41.0-42.0 sec	4,30	35,2	9,794	120,18	0,68%
42.0-43.0 sec	6,23	51,0	16,428	132,44	0,46%
43.0-44.0 sec	3,22	26,4	26,391	93,95	0,38%
44.0-45.0 sec	8,59	70,4	16,812	122,96	0,47%
45.0-46.0 sec	7,30	59,8	12,497	73,62	0,31%
46.0-47.0 sec	6,66	54,6	16,427	93,01	0,34%
47.0-48.0 sec	6,02	49,3	21,817	144,82	0,39%
48.0-49.0 sec	6,66	54,6	28,230	184,20	0,37%
49.0-50.0 sec	6,66	54,6	15,947	55,17	0,45%
50.0-51.0 sec	6,66	54,6	19,944	168,57	0,35%
51.0-52.0 sec	6,66	54,6	22,809	103,53	0,35%

52.0-53.0 sec	4,94	40,5	16,420	150,59	0,53%
53.0-54.0 sec	6,45	52,8	19,488	58,01	0,43%
54.0-55.0 sec	4,51	37,0	25,764	23,84	0,49%
55.0-56.0 sec	8,16	66,9	21,644	158,86	0,31%
56.0-57.0 sec	7,09	58,1	18,528	41,93	0,30%
57.0-58.0 sec	9,02	73,9	12,390	45,64	0,19%
58.0-59.0 sec	6,66	54,6	5,601	193,33	0,39%
59.0-60.0 sec	4,51	37,0	18,017	152,23	0,54%
0.0-60.1 sec	398,28	54,4	18,0	112,8	0,36%

**Tabla 51: Resultados Prueba 13**

5 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 13					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0 sec	7,30	59,8	6,429	108,73	0,00%
1.0- 2.0 sec	6,88	56,3	5,414	162,19	0,38%
2.0- 3.0 sec	11,00	89,8	5,019	38,64	0,14%
3.0- 4.0 sec	1,93	15,8	5,756	61,10	0,81%
4.0- 5.0 sec	7,73	63,4	5,704	151,45	0,23%
5.0- 6.0 sec	7,52	61,6	5,116	211,19	0,35%
6.0- 7.0 sec	3,65	29,9	5,876	165,22	0,58%
7.0- 8.0 sec	4,94	40,5	5,639	114,55	0,58%
8.0- 9.0 sec	4,51	37,0	7,804	107,73	0,62%
9.0-10.0 sec	8,38	68,6	5,922	140,44	0,25%
10.0-11.0 sec	7,73	63,4	6,434	171,69	0,18%
11.0-12.0 sec	4,30	35,2	6,802	165,29	0,62%
12.0-13.0 sec	7,95	65,1	4,201	69,09	0,29%
13.0-14.0 sec	9,02	73,9	4,542	174,29	0,18%
14.0-15.0 sec	7,95	65,1	8,188	199,87	0,14%
15.0-16.0 sec	5,37	44,0	5,564	15,02	0,55%
16.0-17.0 sec	4,30	35,2	5,416	164,30	0,56%
17.0-18.0 sec	6,66	54,6	9,028	124,19	0,30%
18.0-19.0 sec	4,30	35,2	6,288	59,04	0,53%
19.0-20.0 sec	11,80	96,8	6,478	164,32	0,21%
20.0-21.0 sec	8,59	70,4	7,384	32,74	0,11%
21.0-22.0 sec	6,23	51,0	9,28	180,61	0,37%
22.0-23.0 sec	8,38	68,6	5,83	40,07	0,30%
23.0-24.0 sec	7,09	58,1	4,796	203,81	0,31%
24.0-25.0 sec	7,52	61,6	5,348	153,83	0,30%
25.0-26.0 sec	7,09	58,1	10,867	172,79	0,34%
26.0-27.0 sec	3,87	31,7	16,245	89,12	0,59%

27.0-28.0 sec	0,21	1,8	16,207	37,73	0,96%
28.0-29.0 sec	3,87	31,7	8,56	115,61	0,77%
29.0-30.0 sec	7,73	63,4	6,332	7,18	0,36%
30.0-31.0 sec	5,37	44,0	6,517	78,61	0,44%
31.0-32.0 sec	8,59	70,4	14,553	149,64	0,20%
32.0-33.0 sec	6,88	56,3	24,163	209,37	0,38%
33.0-34.0 sec	4,51	37,0	11,111	66,51	0,51%
34.0-35.0 sec	5,16	42,2	11,853	202,93	0,56%
35.0-36.0 sec	3,65	29,9	16,68	64,60	0,67%
36.0-37.0 sec	5,59	45,8	8,223	160,00	0,47%
37.0-38.0 sec	8,59	70,4	8,614	84,04	0,18%
38.0-39.0 sec	5,59	45,8	22,785	36,50	0,50%
39.0-40.0 sec	8,16	66,9	19,92	64,19	0,27%
40.0-41.0 sec	5,80	47,5	13,446	101,57	0,34%
41.0-42.0 sec	5,37	44,0	18,257	87,99	0,51%
42.0-43.0 sec	5,37	44,0	21,106	40,38	0,53%
43.0-44.0 sec	8,38	68,6	21,997	106,67	0,29%
44.0-45.0 sec	5,80	47,5	7,728	148,28	0,37%
45.0-46.0 sec	5,37	44,0	36,765	107,81	0,44%
46.0-47.0 sec	7,30	59,8	9,434	78,00	0,45%
47.0-48.0 sec	6,88	56,3	18,762	117,17	0,26%
48.0-49.0 sec	6,02	49,3	42,106	35,30	0,49%
49.0-50.0 sec	6,66	54,6	15,531	123,35	0,37%
50.0-51.0 sec	7,95	65,1	19,499	167,47	0,34%
51.0-52.0 sec	7,73	63,4	18,031	160,30	0,16%
52.0-53.0 sec	9,67	79,2	11,193	112,43	0,12%
53.0-54.0 sec	5,59	45,8	15,29	186,76	0,45%
54.0-55.0 sec	4,94	40,5	12,784	112,58	0,52%
55.0-56.0 sec	3,65	29,9	12,697	52,15	0,61%
56.0-57.0 sec	6,45	52,8	25,613	129,80	0,44%
57.0-58.0 sec	5,80	47,5	27,669	160,20	0,47%
58.0-59.0 sec	7,73	63,4	23,545	75,12	0,27%
59.0-60.0 sec	9,67	79,2	14,866	94,06	0,13%
0.0-60.3 sec	388,02	53,0	12,4	115,3	0,39%

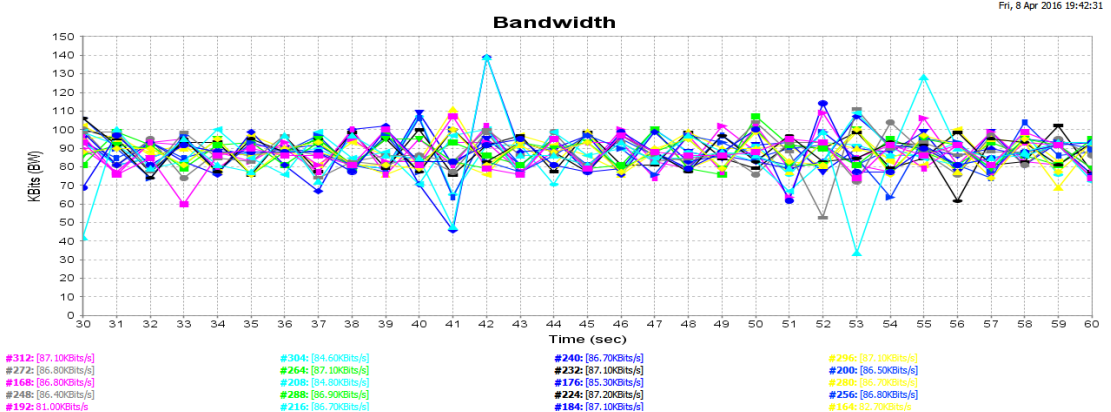
**Anexo 7: Resultados por intervalo de segundo de la prueba 6.**

**Tabla 52: Resultados Prueba 14**

<b>10 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 14</b>					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
1.0- 2.0 sec	0,59	4,8	27,285	65,290	25,50%
2.0- 3.0 sec	4,49	36,8	9,253	199,217	21,30%
3.0- 4.0 sec	3,52	28,8	18,621	63,417	18,60%
4.0- 5.0 sec	6,25	51,2	21,310	157,077	12,90%
5.0- 6.0 sec	4,30	35,2	9,091	82,504	11,10%
6.0- 7.0 sec	5,66	46,4	11,857	35,834	16,20%
7.0- 8.0 sec	2,73	22,4	10,796	63,020	21,90%
8.0- 9.0 sec	4,49	36,8	11,260	99,713	16,20%
9.0-10.0 sec	1,37	11,2	10,591	86,386	15,00%
10.0-11.0 sec	5,08	41,6	11,550	39,642	21,00%
11.0-12.0 sec	5,08	41,6	7,657	104,716	3,90%
12.0-13.0 sec	2,34	19,2	8,232	145,572	23,70%
13.0-14.0 sec	5,47	44,8	8,005	105,843	15,90%
14.0-15.0 sec	2,93	24,0	17,630	76,574	9,60%
15.0-16.0 sec	1,76	14,4	46,508	115,029	26,10%
16.0-17.0 sec	9,57	78,4	13,154	34,659	3,90%
17.0-18.0 sec	2,15	17,6	21,278	121,092	2,49%
18.0-19.0 sec	2,93	24,0	23,391	164,410	21,90%
19.0-20.0 sec	6,45	52,8	9,363	157,368	17,10%
20.0-21.0 sec	2,34	19,2	5,956	110,378	22,80%
21.0-22.0 sec	4,10	33,6	5,450	183,347	13,80%
22.0-23.0 sec	3,52	28,8	19,016	110,521	18,00%
23.0-24.0 sec	5,08	41,6	18,962	51,201	14,40%
24.0-25.0 sec	1,76	14,4	11,731	127,432	24,90%
25.0-26.0 sec	3,91	32,0	31,835	157,271	15,60%
26.0-27.0 sec	6,45	52,8	13,235	73,752	9,00%
27.0-28.0 sec	6,45	52,8	17,323	92,338	13,80%
28.0-29.0 sec	3,71	30,4	12,234	183,100	18,00%
29.0-30.0 sec	1,95	16,0	18,702	38,171	0,00%
30.0-31.0 sec	4,88	40,0	7,293	25,165	21,60%
31.0-32.0 sec	2,93	24,0	42,172	87,520	7,50%
32.0-33.0 sec	5,27	43,2	24,843	69,457	17,10%
33.0-34.0 sec	5,27	43,2	9,269	198,157	14,40%
34.0-35.0 sec	0,39	3,2	13,370	168,932	28,80%
35.0-36.0 sec	5,86	48,0	5,915	11,847	13,50%

36.0-37.0 sec	4,10	33,6	8,138	32,860	17,10%
37.0-38.0 sec	6,25	51,2	7,878	193,073	13,20%
38.0-39.0 sec	7,23	59,2	6,273	125,127	8,10%
39.0-40.0 sec	5,86	48,0	5,302	93,861	5,70%
40.0-41.0 sec	6,05	49,6	5,338	129,952	14,70%
41.0-42.0 sec	3,52	28,8	20,354	186,650	13,20%
42.0-43.0 sec	0,78	6,4	72,590	37,224	26,40%
43.0-44.0 sec	7,62	62,4	36,750	168,569	14,70%
44.0-45.0 sec	3,91	32,0	17,462	166,136	17,40%
45.0-46.0 sec	8,01	65,6	4,936	48,369	2,67%
46.0-47.0 sec	8,79	72,0	3,298	139,856	6,00%
47.0-48.0 sec	2,93	24,0	7,066	125,089	1,89%
48.0-49.0 sec	5,08	41,6	15,283	21,826	18,60%
49.0-50.0 sec	0,00	0,0	15,283	74,842	0,00%
50.0-51.0 sec	4,88	40,0	6,873	80,785	23,40%
51.0-52.0 sec	6,25	51,2	9,615	132,723	2,58%
52.0-53.0 sec	5,47	44,8	18,496	81,075	14,10%
53.0-54.0 sec	2,54	20,8	31,932	161,138	18,90%
54.0-55.0 sec	7,42	60,8	13,507	121,936	9,90%
55.0-56.0 sec	5,08	41,6	25,593	192,939	12,30%
56.0-57.0 sec	0,00	0,0	25,593	34,701	0,00%
57.0-58.0 sec	3,71	30,4	16,136	97,878	23,70%
58.0-59.0 sec	5,86	48,0	12,398	157,412	15,60%
59.0-60.0 sec	1,17	9,6	9,600	69,984	26,40%
0.0-60.1 sec	253,54	35,2	16,099	106,440	14,64%

**Gráfico 64** Tramas RTP leídas en el origen. 105 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv6



**Gráfico 65: Captura de Wireshark para 10 llamadas simultáneas sobre protocolo IPv6 – Prueba 16**

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter	Status
2001:db8:abcd:a...	62904	2001:db8:abcd:b40a...	62945	0xbdc0eb10	g711A	798	2722 (77.3%)	319.74	26.409	20.354	*
2001:db8:abcd:a...	62913	2001:db8:abcd:b40a...	62934	0x65c8	g711A	283	497 (63.7%)	241.70	94.183	72.590	*
2001:db8:abcd:a...	62984	2001:db8:abcd:b:fbdl...	62931	0x2883	g711A	1538	6082 (79.8%)	114.91	47.682	36.75	*
2001:db8:abcd:a...	62927	2001:db8:abcd:b:feb3...	62927	0x11c8	g711A	934	2976 (76.1%)	319.80	22.656	17.462	*
2001:db8:abcd:a...	62931	2001:db8:abcd:b40a...	62930	0x185e2e77	g711A	294	7716 (96.3%)	63.71	6.404	4.936	*
2001:db8:abcd:a...	62948	2001:db8:abcd:b:9e7d...	62955	0x57600d6f	g711A	724	8066 (91.8%)	351.48	4.279	3.298	*
2001:db8:abcd:a...	62934	2001:db8:abcd:b:fbdl...	62989	0x45694100	g711A	76	2854 (97.4%)	77.97	9.168	7.066	*
2001:db8:abcd:a...	62907	2001:db8:abcd:b:2c8e...	62942	0x27666873	g711A	1297	3783 (74.5%)	396.54	19.829	15.283	*
2001:db8:abcd:a...	62976	2001:db8:abcd:b:663d...	62901	0x8ed1b307	g711A	0	0 (0.0%)	299.38	19.829	15.283	*
2001:db8:abcd:a...	62905	2001:db8:abcd:b:9e7d...	62999	0x53f1	g711A	1568	3312 (67.9%)	336.28	8.917	6.873	*
2001:db8:abcd:a...	62987	2001:db8:abcd:b:feb3...	62971	0x11c8	g711A	221	6029 (96.5%)	173.43	12.475	9.615	*
2001:db8:abcd:a...	62922	2001:db8:abcd:b40a...	62966	0x45694100	g711A	1059	4411 (80.6%)	73.43	23.998	18.496	*
2001:db8:abcd:a...	62988	2001:db8:abcd:b40a...	62977	0x6ab82ae0	g711A	659	1881 (74.0%)	224.99	41.431	31.932	*
2001:db8:abcd:a...	62953	2001:db8:abcd:b:feb3...	62913	0x43e34158	g711A	1009	6411 (86.4%)	13.98	17.525	13.507	*
2001:db8:abcd:a...	62949	2001:db8:abcd:b:feb3...	62984	0x392a2ba7	g711A	858	4222 (83.1%)	152.98	33.206	25.593	*
2001:db8:abcd:a...	62946	2001:db8:abcd:b40a...	62922	0x43e34158	g711A	0	0 (0.0%)	291.22	33.206	25.593	*
2001:db8:abcd:a...	62921	2001:db8:abcd:b:9e7d...	62976	0x5f783d98	g711A	1208	2501 (67.5%)	407.46	20.936	16.136	*
2001:db8:abcd:a...	62989	2001:db8:abcd:b:feb3...	62940	0x7eb47905	g711A	1255	4605 (78.6%)	129.43	16.086	12.398	*
2001:db8:abcd:a...	62903	2001:db8:abcd:b:663d...	62906	0x3fba2b08	g711A	424	746 (63.7%)	394.42	12.456	9.600	*

**Tabla 53: Resultados Prueba 15**

10 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 15					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0 sec	5,37	44,0	3,939	63,417	0,00%
1.0- 2.0 sec	7,52	61,6	12,286	157,077	12,00%
2.0- 3.0 sec	4,73	38,7	8,246	82,504	16,50%
3.0- 4.0 sec	5,16	42,2	6,138	35,834	16,50%
4.0- 5.0 sec	4,94	40,5	5,975	63,020	12,30%
5.0- 6.0 sec	5,80	47,5	6,294	99,713	16,20%
6.0- 7.0 sec	6,88	56,3	7,558	86,386	8,10%
7.0- 8.0 sec	7,73	63,4	8,208	39,642	13,80%
8.0- 9.0 sec	6,66	54,6	5,954	104,716	9,90%
9.0-10.0 sec	2,15	17,6	9,734	145,572	21,30%
10.0-11.0 sec	4,30	35,2	7,376	105,843	17,40%
11.0-12.0 sec	6,45	52,8	9,757	76,574	15,90%
12.0-13.0 sec	6,45	52,8	4,821	115,029	14,10%
13.0-14.0 sec	3,22	26,4	6,889	34,659	1,89%
14.0-15.0 sec	4,51	37,0	18,867	121,092	21,90%
15.0-16.0 sec	6,02	49,3	16,658	164,410	12,90%
16.0-17.0 sec	2,79	22,9	12,072	157,368	21,90%
17.0-18.0 sec	4,51	37,0	10,126	110,378	19,20%
18.0-19.0 sec	4,94	40,5	23,632	183,347	16,50%
19.0-20.0 sec	3,01	24,6	16,423	110,521	13,20%
20.0-21.0 sec	3,87	31,7	13,970	51,201	20,40%

21.0-22.0 sec	7,73	63,4	14,568	127,432	10,80%
22.0-23.0 sec	7,52	61,6	6,605	157,271	10,80%
23.0-24.0 sec	3,44	28,2	7,502	73,752	8,10%
24.0-25.0 sec	7,52	61,6	6,941	92,338	17,70%
25.0-26.0 sec	5,16	42,2	19,198	183,100	1,20%
26.0-27.0 sec	3,01	24,6	23,551	38,171	20,40%
27.0-28.0 sec	3,87	31,7	13,489	25,165	20,70%
28.0-29.0 sec	5,59	45,8	12,541	87,520	18,90%
29.0-30.0 sec	6,66	54,6	9,329	69,457	8,40%
30.0-31.0 sec	4,73	38,7	7,514	198,157	15,60%
31.0-32.0 sec	5,16	42,2	22,258	168,932	17,10%
32.0-33.0 sec	4,30	35,2	20,930	11,847	12,90%
33.0-34.0 sec	4,94	40,5	8,172	32,860	11,40%
34.0-35.0 sec	6,66	54,6	5,550	193,073	11,40%
35.0-36.0 sec	0,00	0,0	5,550	125,127	0,00%
36.0-37.0 sec	6,66	54,6	4,465	93,861	20,10%
37.0-38.0 sec	6,02	49,3	5,782	129,952	16,20%
38.0-39.0 sec	8,16	66,9	4,542	186,650	10,20%
39.0-40.0 sec	7,09	58,1	6,421	37,224	8,40%
40.0-41.0 sec	6,66	54,6	5,878	168,569	9,30%
41.0-42.0 sec	6,02	49,3	7,334	166,136	15,90%
42.0-43.0 sec	3,01	24,6	7,894	48,369	17,70%
43.0-44.0 sec	9,88	81,0	4,772	139,856	8,70%
44.0-45.0 sec	3,01	24,6	19,353	125,089	17,70%
45.0-46.0 sec	5,59	45,8	10,021	21,826	18,30%
46.0-47.0 sec	5,37	44,0	10,127	74,842	15,00%
47.0-48.0 sec	4,30	35,2	9,380	80,785	17,40%
48.0-49.0 sec	4,73	38,7	16,448	132,723	15,00%
49.0-50.0 sec	8,81	72,2	12,743	81,075	8,10%
50.0-51.0 sec	2,36	19,4	23,526	161,138	15,60%
51.0-52.0 sec	5,59	45,8	24,100	121,936	19,50%
52.0-53.0 sec	6,66	54,6	12,984	192,939	12,00%
53.0-54.0 sec	7,52	61,6	20,205	34,701	9,30%
54.0-55.0 sec	4,51	37,0	20,565	97,878	17,40%
55.0-56.0 sec	3,44	28,2	11,116	157,412	18,90%
56.0-57.0 sec	5,37	44,0	8,811	69,984	12,90%
57.0-58.0 sec	5,80	47,5	8,299	56,953	17,70%
58.0-59.0 sec	6,88	56,3	19,063	42,739	7,80%
59.0-60.0 sec	6,45	52,8	11,071	189,455	12,60%
0.0-60.4 sec	323,19	44,1	11,392	105,077	13,82%

**Tabla 54: Resultados Prueba 16**

<b>10 llamadas simultáneas – IPv6 – Prueba 16</b>					
Interval (segundos)	Transfer (KiloBytes)	Bandwidth (Kilobits / segundo)	Jitter (milisegundos)	Delay (milisegundos)	Porcentaje de pérdidas
0.0- 1.0 sec	5,86	48,0	7,278	115,451	0,00%
1.0- 2.0 sec	0,59	4,8	27,285	127,231	35,02%
2.0- 3.0 sec	4,49	36,8	9,253	90,253	29,25%
3.0- 4.0 sec	3,52	28,8	18,621	118,117	25,54%
4.0- 5.0 sec	6,25	51,2	21,31	70,718	17,72%
5.0- 6.0 sec	4,30	35,2	9,091	89,353	15,24%
6.0- 7.0 sec	5,66	46,4	11,857	139,119	22,25%
7.0- 8.0 sec	2,73	22,4	10,796	176,952	30,08%
8.0- 9.0 sec	4,49	36,8	11,26	52,997	22,25%
9.0-10.0 sec	1,37	11,2	10,591	161,934	20,60%
10.0-11.0 sec	5,08	41,6	11,55	99,454	28,84%
11.0-12.0 sec	5,08	41,6	7,657	144,661	5,36%
12.0-13.0 sec	2,34	19,2	8,232	55,724	32,55%
13.0-14.0 sec	5,47	44,8	8,005	22,900	21,84%
14.0-15.0 sec	2,93	24,0	17,63	152,605	13,18%
15.0-16.0 sec	1,76	14,4	46,508	40,279	35,84%
16.0-17.0 sec	9,57	78,4	13,154	43,843	5,36%
17.0-18.0 sec	2,15	17,6	21,278	185,722	3,42%
18.0-19.0 sec	2,93	24,0	23,391	146,243	30,08%
19.0-20.0 sec	6,45	52,8	9,363	112,682	23,48%
20.0-21.0 sec	2,34	19,2	5,956	29,548	31,31%
21.0-22.0 sec	4,10	33,6	5,45	183,690	18,95%
22.0-23.0 sec	3,52	28,8	19,016	76,461	24,72%
23.0-24.0 sec	5,08	41,6	18,962	157,419	19,78%
24.0-25.0 sec	1,76	14,4	11,731	36,096	34,20%
25.0-26.0 sec	3,91	32,0	31,835	106,740	21,42%
26.0-27.0 sec	6,45	52,8	13,235	159,226	12,36%
27.0-28.0 sec	6,45	52,8	17,323	37,936	18,95%
28.0-29.0 sec	3,71	30,4	12,234	59,984	24,72%
29.0-30.0 sec	1,95	16,0	18,702	148,680	0,00%
30.0-31.0 sec	4,88	40,0	7,293	207,332	29,66%
31.0-32.0 sec	2,93	24,0	42,172	162,198	10,30%
32.0-33.0 sec	5,27	43,2	24,843	112,451	23,48%
33.0-34.0 sec	5,27	43,2	9,269	105,760	19,78%
34.0-35.0 sec	0,39	3,2	13,37	137,876	39,55%

35.0-36.0 sec	5,86	48,0	5,915	168,553	18,54%
36.0-37.0 sec	4,10	33,6	8,138	162,266	23,48%
37.0-38.0 sec	6,25	51,2	7,878	67,830	18,13%
38.0-39.0 sec	7,23	59,2	6,273	171,107	11,12%
39.0-40.0 sec	5,86	48,0	5,302	196,219	7,83%
40.0-41.0 sec	6,05	49,6	5,338	14,748	20,19%
41.0-42.0 sec	3,52	28,8	20,354	161,294	22,66%
42.0-43.0 sec	0,78	6,4	72,59	121,923	36,26%
43.0-44.0 sec	7,62	62,4	36,75	57,965	20,19%
44.0-45.0 sec	3,91	32,0	17,462	161,320	23,90%
45.0-46.0 sec	8,01	65,6	4,936	32,139	3,67%
46.0-47.0 sec	8,79	72,0	3,298	177,305	8,24%
47.0-48.0 sec	2,93	24,0	7,066	39,333	2,60%
48.0-49.0 sec	5,08	41,6	15,283	200,082	25,54%
49.0-50.0 sec	0,00	0,0	15,283	151,019	0,00%
50.0-51.0 sec	4,88	40,0	6,873	169,634	32,14%
51.0-52.0 sec	6,25	51,2	9,615	87,488	3,54%
52.0-53.0 sec	5,47	44,8	18,496	37,040	19,36%
53.0-54.0 sec	2,54	20,8	31,932	113,495	25,96%
54.0-55.0 sec	7,42	60,8	13,507	7,052	13,60%
55.0-56.0 sec	5,08	41,6	25,593	77,170	16,89%
56.0-57.0 sec	0,00	0,0	25,593	146,904	0,00%
57.0-58.0 sec	3,71	30,4	16,136	205,540	32,55%
58.0-59.0 sec	5,86	48,0	12,398	65,290	21,42%
59.0-60.0 sec	1,17	9,6	9,6	199,217	36,26%
0.0-60.1 sec	259,40	35,4	15,952	114,326	19,85%