

# Universidad de las Ciencias Informáticas



## Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

### Título

Propuesta de métricas para medir Calidad de Servicio en Voz sobre IP.

### Autores

Natacha García Ivanova

Yisleivis Alvares Rosario

### Tutor

Ing. Aymara Marín Díaz.

### Co-Tutor

Ing. Darvis Dorvigny Dorvigny.

### Consultor

Ing. Orestes Morales González

*“Lo que no se define no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar y lo que no se mejora se deteriora.”*

*Lord Kelvin*

## *Declaración de Autoría.*

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_ del año \_\_\_\_.

---

Firma del Autor

Natacha García Ivanova

---

Firma del Autor

Yisleivis Alvarez Rosario

---

Firma del Tutor

Ing. Aymara Marín Díaz.

## *Datos de Contacto*

---

### *Datos de Contacto.*

Ing. Aymara Marín Díaz.

Graduada en Ingeniería en Ciencias Informáticas en el 2008. Profesora del Departamento de Ciencias Básicas en la Facultad 2 de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Durante sus estudios fue alumna ayudante de la asignatura Matemática Aplicada. Es analista principal del proyecto "Sistema de Automatización del Ministerio de Auditoría y Control". Ocupa el cargo de organizadora del Sindicato.

# *Agradecimientos*

---

## *Agradecimientos*

Debo agradecer a todas aquellas personas que a lo largo de mi carrera aportaron, aunque sea un pensamiento o una frase de aliento a favor que se realizara mi sueño de ser profesional. Un agradecimiento especial a mi padre, quien fue la persona que supo impulsarme a lo largo de los años, incluso cuando pensé caer. A mi mamita querida de mi corazón, por darme la vida y brindarme mucho amor y comprensión. A mi otra mitad, mi hermana adorada, y al fruto de su vida, mi sobrina Ana Camila. Un lugar especial, a mi pareja, quien me apoyó en mis momentos más difíciles. A mis amigas Liane y Yeya....

*A todos ustedes muchas gracias...*

*Natacha.*

A Dios por haber estado siempre a mi lado. A mi querida abuelita Niní, este es el resultado de su esfuerzo y dedicación todos estos años hacia mí. A mi papito querido y mi mamita amada, que tanto les he costado, por haberme dado todo lo que he necesitado y por encima de todo por haber confiado en mí. A mis adoradas tías, mi prima Yenly, mi abuela Margarita, mis tíos Iboris y Eduardo, mis hermanos y esas cositas tiernas que tanto me inspiran: mi hermanito Alejandro y mi sobrinito Brahan, A mi fiel amiga la Dra. Magalis, a ese amigo incondicional Félix, a mi compañera de tesis, mi tutora, Orestes Rodriguez y su equipo, un agradecimiento especialmente a mi profesor de kenpo kárate Joel Esteban por ser profesor y amigo. Y en especial a esa persona que llegó para quedarse en mi vida y hacerme sentir tan bien, mi novio.

A todos mis amigos, a esta universidad y todas esas personas que a lo largo del camino han ayudado y aportado un rayito de luz para guiarme a encontrar mi sueño y hacerlo realidad.

*Les estoy y estaré infinitamente agradecida.*

*Yily.*

# Dedicatoria

---

## *Dedicatoria*

*Esta tesis va dedicada a la razón de mi existir, mis padres.*

*A mis amigos de toda la vida.*

*A mi novio adorado.*

*Natacha.*

*Este trabajo de diploma está dedicado a mi abuela Niní, cumplí lo que me prometí  
te regalaría.*

*A mis abuelos aunque no estén, por sembrar lo necesario para llegar hasta aquí.*

*A las personas que más me aman y amo, mis padres: José Ángel y Elizabeth*

*A M. Orlando Machado Gil, gracias por todo lo que has hecho por mí.*

*A mi familia y amigos.*

*Yily.*

## *Resumen*

La provisión automática de Calidad de Servicio en redes IP constituye un reto importante en la evolución de la telefonía IP. Para ello las redes de datos deben estar optimizadas para que soporten los requisitos de calidad en cuanto a la transmisión de voz. Sin un modelo de optimización, las redes de datos introducen retardos (delay, jitter) y producen pérdidas de la información en tiempo real. Por tal motivo, se ha hecho necesario e imprescindible desarrollar métodos que garanticen lo anteriormente expuesto, para asegurar de esta forma que el usuario final de un servicio reciba de forma aceptable el mismo. Las métricas para Calidad de Servicio, son un buen medio para medir y controlar los factores que pueden afectar la calidad.

En el presente trabajo: "Propuesta de métricas para medir Calidad de Servicio en Voz sobre IP", se tiene como propósito definir un conjunto de métricas para medir la Calidad de Servicio en la red de datos IP de la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI). Para ello fue necesario desarrollar una investigación acerca de la aplicación de métricas de Calidad de Servicio a nivel mundial, que pudieran ser aplicables en la red de la universidad. La propuesta, después de un profundo análisis, se decidió enfocarla a los tres factores fundamentales que están presentes a la hora de transportar voz sobre una red de datos: pérdida de paquetes, retardo o latencia y la variación del retardo o jitter.

**Palabras claves:** Calidad de Servicio, Factores, Métricas, Voz sobre IP.

# Índice

---

## *Tabla de contenido*

Declaración de Autoría.....	III
Datos de Contacto.....	IV
Agradecimientos.....	V
Dedicatoria.....	VI
Resumen.....	VII
Introducción.....	1
Capítulo 1: La Tecnología Voz sobre IP.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Conceptualización de la tecnología Voz sobre IP.....	5
1.3 Estado actual de su utilización en el mundo.....	5
1.3.1 Latinoamérica.....	6
1.3.2 Europa.....	7
1.3.3 Cuba.....	8
1.3.5 Ventajas.....	8
1.3.6 Desventajas.....	9
1.4 Descripción de algunos protocolos utilizados por VoIP.....	9
1.4.1 Protocolos de señalización de llamada.....	9
1.4.1.1 H.323.....	10
1.4.1.2 SIP.....	10
1.4.1.3 Megaco.....	11
1.4.1.4 MGCP.....	11
1.4.2 Protocolos de Transporte de Media.....	11
1.4.2.1 RTP.....	12
1.4.2.2 RTCP.....	13
1.4.3 Protocolos de Ruteo.....	14
1.4.3.1 IGRP.....	14
1.4.3.2 RIP.....	14
1.4.3.3 OSPF.....	15



# Índice

---

1.4.3.4 EIGRP .....	15
1.5 Arquitectura de una red VoIP.....	15
1.5.1 Arquitectura Centralizada.....	16
1.5.2 Arquitectura Distribuida.....	16
1.6 Códecs.....	17
1.6.1 Códecs en forma de onda (Wave Form).....	17
1.6.2 Códecs vocales (Vocoders).....	18
1.6.3 Códecs híbridos.....	18
1.7 Métricas de Calidad de Servicio para VoIP.....	18
1.7.1 Importancia de las métricas para VoIP.....	19
1.7.2 Características de las métricas.....	19
1.7.3 Tipos de métricas: Medida, Muestra y Estadística.....	20
1.8 Métodos para la Validación de la Propuesta.....	20
1.8.1 Método Delphi.....	20
1.8.2 Validación Interna y Externa.....	21
1.9 Conclusiones parciales.....	21
Capítulo 2: Calidad de Servicio.....	22
2.1 Introducción.....	22
2.2 Calidad de Servicio.....	22
2.3 Principales factores que afectan la calidad de servicio.....	23
2.3.1 Latencia o retardo.....	23
2.3.2 Fluctuación de fase o Jitter.....	24
2.3.3 Eco acústico.....	25
2.3.4 Pérdida de paquetes.....	25
2.4 Especificaciones para la Calidad de Servicio.....	25
2.4.1 Tipos de Servicio.....	25
2.4.2 Clases de Tráfico.....	26
2.4.3 Clases de Servicio (CoS).....	26
2.5 Niveles de Calidad de Servicio.....	27
2.5.1 Nivel Best Effort.....	27
2.5.2 Nivel para Servicios Diferenciados (Diffserv).....	27
2.5.3 Nivel Garantizado.....	27

# Índice

---

2.6 Alternativas para QoS en Internet.....	28
2.6.1 Integrated Services o Servicios Integrados (IntServ).....	28
2.6.2 Diffserv.....	28
2.6.3 Multi-Protocol Label Switching, MPLS.....	29
2.7 Mecanismos de Calidad de Servicio.....	29
2.7.1 Gestión de colas.....	30
2.7.2 Clasificación de paquetes.....	31
2.7.2.1 Precedencia IP.....	31
2.7.2.2 DSCP.....	32
2.7.2.3 RSVP.....	32
2.7.3 Medición y flujo de formación de tráfico.....	33
2.7.3.1 Herramientas de límite de tasa.....	33
2.7.3.2 Herramientas de formación.....	33
2.7.4 Gestión de colas de altas velocidades.....	33
2.8 Metodologías de Estimación de Calidad de Servicio Percibida.....	34
2.8.1 Métodos Subjetivos.....	34
2.8.2 Métodos Objetivos.....	35
2.9 Herramientas para medir Calidad de Servicio.....	36
2.9.1 PING (Packet Internet Groper).....	36
2.9.2 Traceroute o Tracert.....	36
2.9.3 VQManager.....	36
2.9.4 MyConnection Server.....	37
2.10 Conclusiones parciales.....	37
Capítulo 3: Propuesta de métricas.....	38
3.1 Introducción.....	38
3.1.1 Situación actual de la red de datos de la UCI.....	38
3.2 Valores Umbrales.....	38
3.3 Propuesta de Métricas de Calidad de Servicio.....	39
3.3.1 Retardo en un sentido (RFC 2679).....	40
1. Introducción.....	40
2. Pérdida en un sentido.....	41
3. Muestra de retardo en un sentido.....	42

# Índice

3.3.2 Pérdida en un sentido (RFC 2680).....	43
1. Introducción.....	43
2- Pérdida Unidireccional.....	43
3. Muestra de pérdida de paquetes en un sentido .....	44
3.3.3 Medición de la variación del retardo (RFC 3393).....	45
1- Introducción.....	45
2- Variación del retardo en un sentido. ....	46
3. Definición de muestra de variación de retardo .....	47
3.4 Validación de la propuesta.....	48
3.5 Aplicación de las Métricas de Calidad de Servicio en la red UCI. ....	49
3.5.1 Test VoIP. ....	49
3.5.1.1 Tráfico VoIP .....	49
3.5.1.2 Tráfico de datos .....	50
3.5.2 Generación de los resultados.....	50
3.6 Análisis de los resultados de la aplicación de las Métricas. ....	50
3.7 Conclusiones parciales.....	51
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	80
Bibliografía .....	81
Anexos .....	80
Anexo # 1: Resultados recogidos en la red UCI tras la aplicación de las Métricas.....	80
Anexo 2: Herramienta MyConnection Server.....	83

## Índice de figuras

Fig # 1: Evolución del tráfico de voz en el mundo.....	6
Fig # 2: Utilización de VoIP en Europa. ....	8
Fig # 3: Cabecera RTP.....	12
Fig # 4: Retardo extremo a extremo. ....	24
Fig # 5: Variación de llegada de un paquete.....	24

# *Índice*

---

Fig # 6: Campo ToS en IPv4.....	25
Fig # 7: Precedencia IP .....	31
Fig # 8: Campo DSCP de servicios diferenciados.....	32
Fig # 9: Clasificación de los métodos de asignación de calidad.....	35

## *Índice de Tablas*

Tabla # 1: Comparación entre métodos de gestión de colas .....	30
Tabla # 2: Valores Umbrales para pérdida de paquetes, retardo y Jitter.....	39
Tabla # 3: Aplicación de las métricas a la red UCI.....	51

# *Introducción*

---

## *Introducción*

Desde que el hombre aprendió a comunicarse, primero mediante señas y luego con el lenguaje, quedó demostrada la importancia de la comunicación, como protocolo de entendimiento entre los seres humanos, para lograr el avance en cualquier arista de nuestras vidas. La evolución de las comunicaciones, siempre ha marcado la diferencia entre los grandes aportes que se han hecho a la historia de la humanidad. El perfeccionamiento de las técnicas de comunicación propició que el hombre necesitara mejorar la forma de comunicarse, naciendo así, entre otros aportes previos: la telefonía. Desde su concepción en 1856, por el inventor Antonio Meucci<sup>1</sup>, se han conocido diversas formas de establecer una comunicación tales como: teléfonos de carbón, operadoras utilizando clavijas para las llamadas, telefonía fija, centrales telefónicas manuales, automáticas y posteriormente digitales, telefonía móvil e inalámbrica, dando paso a los dispositivos de la tercera generación.

La utilización del servicio telefónico no hizo más que simplificar las comunicaciones y acortar la brecha geográfica entre las personas que establecieran la comunicación, ya que se podía estar en cualquier parte del mundo y la conversación se escuchaba como si estuvieran cerca. Es por este motivo, que este dispositivo ha cobrado tanta importancia entre los seres humanos, por la necesidad de comunicación rápida y segura. Existen varias tecnologías que han tomado auge en la última década para realizar llamadas telefónicas. Una de las más importantes es la telefonía móvil y más recientemente la utilización de llamadas a través de Internet.

¿Pero, cómo fue posible que se utilizara Internet para la transmisión de voz, o sea, transportar voz sobre una red de datos? Inicialmente, existían dos mundos totalmente separados, una red para la transmisión de voz y otra para la transmisión de datos. Hace más de una década se impuso una pregunta: ¿sería posible la transmisión de voz sobre una red de transmisión de datos?, y la respuesta fue sí, por lo que las dos redes comenzaron a unirse, surgiendo la convergencia. La idea era crear una sola red que fuera capaz de transmitir cualquier tipo de información de una forma más eficiente, surgiendo así, Voz sobre el Protocolo de Internet, suministrando nuevas posibilidades para la telefonía a través de Internet. ¿Para qué utilizarla? Pues la respuesta es simple, con la utilización de esta tecnología se puede garantizar un ahorro sustancial en costo para llamadas de larga distancia, no depende de soluciones propietarias, puede usar todo su ancho de banda y lo más importante, estará utilizando la misma red para la transmisión de cualquier tipo

---

<sup>1</sup> Antonio Meucci (1808-1889): Nacido en Florencia, Italia, es reconocido como el verdadero inventor del teléfono.

# *Introducción*

---

de información. De ahí la importancia de esta convergencia. Aunque su utilización ha conllevado a un cambio sustancial en las comunicaciones, con el uso de las redes de datos para la transmisión de voz, surgió una nueva incógnita: ¿Es capaz una red de datos de garantizar una adecuada transmisión de voz?

Como la red IP está basada en el mejor esfuerzo (Best Effort), no es capaz de garantizar una adecuada transmisión de voz, puesto que no posee mecanismos de diferenciación de tráfico. Con la utilización de Voz sobre IP se introduce un nuevo término, Calidad de Servicio, como solución a los problemas que trae consigo la transmisión de voz sobre una red IP. Durante más de tres décadas la Calidad de Servicio, en las redes de datos ha sido motivo de grandes debates, dando lugar a diferentes implementaciones de Calidad de Servicio para distintos tipos de redes.

En el mundo de las telecomunicaciones, el uso del término Calidad de Servicio en Internet, puede venir ligado a las técnicas o procedimientos utilizados para dar un tratamiento especializado a unas clases de tráfico frente a otras, con el objetivo de cumplir una serie de parámetros específicos como retardo o el ancho de banda. Existen en el mundo un conjunto de mecanismos diseñados para medir Calidad de Servicio, ejemplo de ello son las Métricas de Calidad de Servicio, que miden un conjunto de factores claves como son: retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes tanto unidireccional o bidireccionalmente.

En nuestro país, el uso de la tecnología Voz sobre IP es prácticamente nula, hace solamente un año fue aprobada por el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC), la resolución 128/2008 donde quedaba aprobada el uso de Voz sobre IP para empresas dentro del ámbito nacional. La Universidad de Ciencias Informáticas (UCI), tiene dentro de sus planes de desarrollo la utilización de este tipo de tecnología de acuerdo a las especificaciones de la red de la misma, por lo que si su funcionamiento es ineficiente ocasiona problemas tales como: inconformidad con el servicio por parte de los usuarios y mal recibo de la información, por lo que surge la necesidad de investigar cómo medir la Calidad de Servicio en Voz sobre IP, en la misma.

Partiendo entonces de la presente situación problemática se formula el siguiente **problema científico**: ¿Cómo garantizar la Calidad de Servicio en una red de Voz sobre IP? De ahí que el **objeto de estudio** sea la Calidad de Servicio en la transmisión de Voz sobre IP y el **campo de acción** lo constituyen las Métricas de Calidad de Servicio.

Basado en la idea anterior se define como **objetivo general de esta investigación**: Proponer métricas que permitan medir la Calidad de Servicio en una red de Voz sobre IP.

Para desempeñar este trabajo se planteó la siguiente **pregunta científica**:

# *Introducción*

---

- ❖ ¿Cuáles métricas son adecuadas para medir Calidad de Servicio en la red UCI?

Con el fin de responder la pregunta anteriormente planteada se trazan los siguientes **objetivos específicos**:

- ❖ Conocer el estado actual de la utilización de métricas de Calidad de Servicio para la tecnología Voz sobre IP.
- ❖ Determinar los factores más comunes que afectan la Calidad de Servicio.
- ❖ Proponer un conjunto de métricas que cumplan con las características de la red de datos en la UCI.

Para dar cumplimiento a los objetivos se trazan las siguientes **tareas de la investigación**:

- ❖ Realizar un estudio sobre la tecnología Voz sobre IP.
- ❖ Analizar y evaluar mecanismos de Calidad de Servicio aplicables a Voz sobre IP.
- ❖ Realizar un estudio sobre las diferentes Métricas de Calidad de Servicio utilizadas en el mundo.
- ❖ Estudiar las características de la red datos.

Para el desarrollo de la investigación de este trabajo de diploma se utilizaron los siguientes métodos científicos:

- ❖ **Analítico – sintético**: ambos procesos lógicos del pensamiento, donde su objetivo es analizar las teorías, documentos, permitiendo la extracción de aquellos elementos más importantes que se relacionan con el objeto de estudio.

En la investigación se realizó un estudio y análisis de varios documentos relacionados con la Calidad de Servicio que permitieron sintetizar los conceptos, mecanismos y niveles de Calidad de Servicio que sirvió para darle cumplimiento al objeto de estudio de la investigación.

- ❖ **Histórico – Lógico**: este método es la forma del análisis lógico, donde su función fundamental es verificar que un fenómeno determinado ha evolucionado en un determinado período de tiempo o en un espacio de tiempo.

La utilización de este método permitió conocer el surgimiento de las redes de nueva generación, donde está inmersa Voz sobre IP, además de conocer también cuáles fueron las condiciones que dieron al traste con el nacimiento de la Calidad de Servicio, mostrando es todo momento su evolución a lo largo de su surgimiento.

# *Introducción*

---

❖ **Inductivo-Deductivo:** su funcionalidad va desde lo general hasta lo particular, que permiten la agrupación de un conjunto de conocimientos específicos de la materia.

El proceso de particularizar este trabajo de diploma consistió en partir del hecho de qué era exactamente Voz sobre IP, qué propiciaba que no estuviera presente la Calidad de Servicio, y en el caso que estuviera presente de qué forma sería posible medirla, llegando a las Métricas de Calidad de Servicio.

El presente trabajo de diploma está estructurado en 3 capítulos:

**Capítulo 1.** “La tecnología Voz sobre IP”, donde se presentan los términos de Voz sobre IP, arquitectura y sus componentes correspondientes. Además se abordan aspectos muy importantes relacionados con las métricas, centrándose en los diferentes tipos que existen y sus características más relevantes, de acuerdo a la Calidad de Servicio.

**Capítulo 2.** “Calidad de Servicio”, brinda las especificaciones que presenta, los niveles que las componen, las especificaciones, mecanismos a implementar, las diferentes metodologías de medición por parte del usuario a través de métodos objetivos y subjetivos, así como las herramientas más difundidas para medir los parámetros más comunes que afectan la Calidad de Servicio en una red.

**Capítulo 3.** “Propuesta de Métricas”, propone un conjunto de métricas, a partir de un estudio de los parámetros más significativos que afectan la Calidad de Servicio definidos en el Capítulo 2, así como los valores umbrales que permiten la comparación luego de la aplicación de la propuesta.



# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

## *Capítulo 1: La Tecnología Voz sobre IP.*

### **1.1 Introducción.**

En el desarrollo de este capítulo se tratará sobre las especificaciones de Voz sobre IP, así como el estado actual de su utilización a nivel mundial, brindando características de la misma, describiendo sus componentes, arquitectura, códec, parámetros y los protocolos más difundidos mundialmente a utilizar.

### **1.2 Conceptualización de la tecnología Voz sobre IP.**

Existen varias definiciones del significado de Voz sobre IP, de ahora en adelante VoIP, pero todas coinciden en un mismo punto: la transmisión y digitalización de la voz en paquetes sobre redes de datos, utilizando todo el ancho de banda disponible. Existen otras definiciones igualmente importantes, las que se muestran a continuación:

**VoIP:** permite el envío de voz a través de una red IP, por tanto, es una tecnología que permite encapsular la voz en paquetes para poder ser transportados sobre redes de datos sin necesidad de disponer de los circuitos conmutados convencionales conocida como la PSTN<sup>2</sup>(Public Switched Telephone Network o *Red Telefónica Conmutada*) utilizadas para transmitir las señales vocales. (Ohrman 2004)

**VoIP:** Aplicación del entorno Internet que representa un sistema de enrutamiento de conversaciones de voz mediante paquetes basados en IP por la red de Internet [1].

### **1.3 Estado actual de su utilización en el mundo.**

Actualmente existen más de 5000 redes en todo el mundo. Este gran número de redes está dado por la proliferación de las nuevas tecnologías de transmisión a altas velocidades, dándoles a los usuarios nuevas posibilidades como: multiconferencia, ver imágenes, utilización de las webcam o hacer llamadas telefónicas a bajos costos alrededor del mundo. La demanda de estos servicios se ha incrementado cada vez más por parte de los usuarios, que ante la posibilidad de contar con un servicio de rápido acceso, bajas tarifas y conexiones a altas velocidades, buscan nuevas tendencias en cuando a las telecomunicaciones. Varias compañías de todo el mundo cuentan con redes dedicadas a VoIP y las

---

<sup>2</sup> PSTN: Red de telecomunicaciones conmutada que permite enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico.

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

principales empresas telefónicas, como AT&T Corp de Estados Unidos y Deutsche Telekom AG venden este tipo de servicios o tienen inversiones en compañías VoIP.

En la actualidad, la evolución de la tecnología sigue una línea de convergencia entre redes fijas y móviles que proporcionará ventajas a todos los usuarios, simplificando el uso de las tecnologías de comunicación, empleando de igual forma tanto en los terminales fijos como en los móviles y adoptando en cada lugar la tarifa más adecuada.

Como se muestra en la Fig 1 se estima que en el año 2003 cursaron más de 24.000 millones de minutos mediante VoIP. La telefonía IP alcanzó durante este año los 30.000 millones de minutos, que representarían un mercado de más de 3.180 millones de euros. Por áreas geográficas destaca Latinoamérica, que genera el 30% del tráfico internacional total de VoIP, seguido de Asia con un 29% y Europa con un 24% [2].

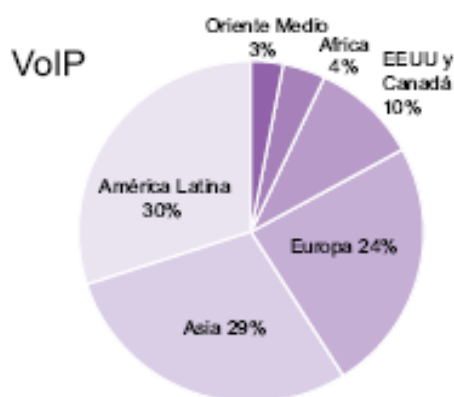


Fig # 1: Evolución del tráfico de voz en el mundo.

## 1.3.1 Latinoamérica.

Brasil y Colombia presentan una clara diferencia en cuanto a la utilización de dicha tecnología. En ambos países el acercamiento de los operadores es el de clasificar a VoIP como un servicio de valor agregado. Indudablemente, el hecho de que VoIP sea considerado de esta forma impulsará la implementación y despliegue de tecnologías tanto inalámbricas como de satélites y cableadas que permitan desarrollar una oferta de voz utilizando VoIP en ambos países. El caso colombiano muestra ciertas diferencias con Brasil como resultado del poco tiempo transcurrido desde la consideración de VoIP como un servicio de valor agregado. En Brasil la prestación de servicios de voz utilizando el protocolo IP es permitida siempre y

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

cuando se cuente con una concesión, permiso o autorización por parte de ANATEL, empresa rectora en materia de telecomunicaciones. La reglamentación es basada en servicios y no en tecnología.

## ❖ Argentina

En este país de América del Sur, ya hay más de 3 millones de usuarios de VoIP, dato provisto por un estudio de la consultora Carrier y Asociados, en donde también se informó que el porcentaje de usuarios creció de un 17% a un 22%. Las aplicaciones más usadas siguen siendo el MSN Messenger y el Skype. Otro dato es el tipo de llamada que se hace: larga distancia o local. Las llamadas locales a través de VoIP se hacen en una proporción de 1 de cada 3 usuarios mientras que las de larga distancia son las que más se realizan. En cuanto al por qué de este avance de VoIP, es que se tiene en cuenta que en países justamente como la Argentina, subió notablemente la utilización de banda ancha, por lo que a mayor penetración de esta conexión, mayor es la posibilidad de explorar al máximo las diversas aplicaciones y funcionalidades de Internet [3].

## ❖ Estados Unidos

Solo un 27% de usuarios de Internet en los Estados Unidos, han oído hablar alguna vez de la posibilidad de implantar este tipo de servicios. En el año 2001 alrededor de 14 millones de norteamericanos realizó alguna vez una llamada a través de VoIP, pero solo un 3% de los internautas, unos 4 millones, ha considerado contratar servicios de VoIP en su hogar. Es decir, el desarrollo de los servicios de VoIP para el mercado residencial se encuentra en una etapa todavía incipiente y para su futuro desarrollo tendrán que dedicarse importantes desembolsos en campañas de marketing y publicidad. JetBlue, una aerolínea de descuento basada en el estado de Utah, en Estados Unidos, utiliza un sistema VoIP para permitirles a sus agentes trabajar desde sus casas. Históricamente la FCC<sup>3</sup> (Federal Communication Commission o *Comisión Federal de Comunicaciones*) no ha regulado el Internet o los servicios provistos a través de ésta. El 12 de febrero de 2004 la FCC estableció que los servicios de Internet basados en VoIP, son servicios de información no regulados a su vez, obligando a los operadores del servicio de telefonía sobre IP a conectar a sus usuarios a los servicios de emergencia con solo marcar el 911 [2].

### 1.3.2 Europa

En la Fig 2 que se muestra en la página siguiente, elaborada por TeleGeography se muestra el progreso de VoIP en los hogares de Europa. En España solo existe un 3 % de penetración, mientras que otros

---

<sup>3</sup> FCC: Regula los servicios de transmisión comunes, por ejemplo, las compañías de teléfonos y telégrafos, así como a los proveedores de servicios de telecomunicaciones inalámbricas.

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

países como Francia, se explica esta invasión de la VoIP gracias a la revolucionaria compañía Iliad, que ofrece bajo la marca Free un servicio de *Triple Play* (Internet + Voz + Televisión) con precios módicos [4].

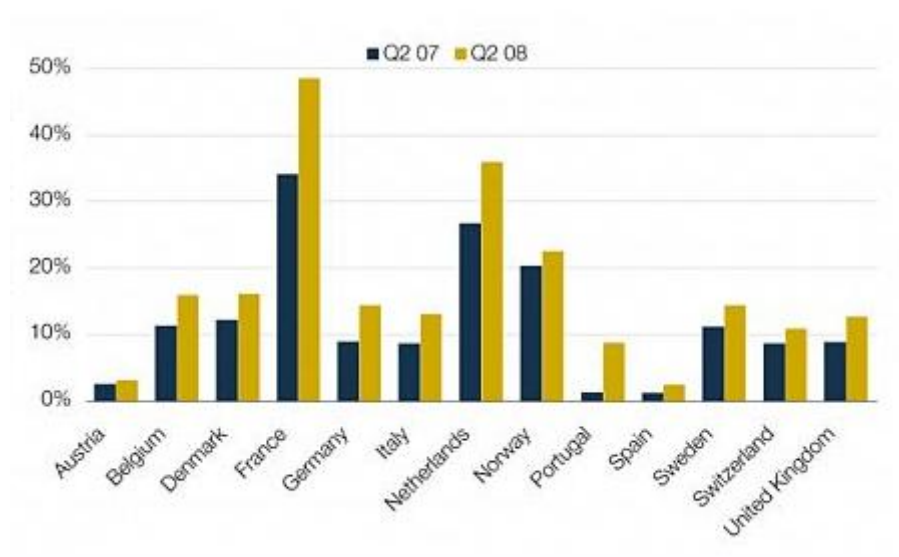


Fig # 2: Utilización de VoIP en Europa.

## 1.3.3 Cuba

Desde 1994, con la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, ETECSA S.A, se impulsan y reorganizan los servicios públicos de telecomunicaciones en todo el país. La operación, instalación, explotación, mantenimiento de redes y los servicios asociados han recorrido en estos últimos años, un proceso de recuperación en su calidad. Nuestro país se encuentra entre los países con menor por ciento de utilización de Internet, por debajo de un 5%. En la resolución 128/ 2008 del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC), quedó aprobado el uso de VoIP, y los servicios a ella asociados exclusivamente para el alcance nacional y para grupos cerrados de usuarios pertenecientes a un mismo Titular de Red Propia de Datos que esté debidamente registrado y autorizado. Además plantea que ETECSA debe ofertar Servicios Públicos de Telefonía IP sobre su red de transmisión de datos, con alternativas de Calidad de Servicio que permitan a los Proveedores de Servicios del Entorno Internet y a los Titulares de Redes Propias de Datos brindar y soportar según corresponda, los servicios de audio y videoconferencia IP, con la calidad necesaria [1].

## 1.3.4 Ventajas

La utilización de una red de datos existente es beneficiosa tanto para usuarios como para proveedores, y en el caso de las empresas tendrán menos gastos en telefonía, además de posibilitar que sea utilizada por

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

---

todo tipo de proveedores de servicios, por tanto proporciona interoperabilidad. Otra ventaja visible desde el punto de vista tecnológico es la posibilidad de reutilización de tecnología lo que implica menos gastos, procedimientos simplificados de soporte y configuración de la red, además de una mayor integración de las ubicaciones remotas.

El ahorro en llamadas de larga distancia es considerable debido a los precios ínfimos a pagar por el uso de dicha tecnología, aportando el ahorro en facturas telefónicas. Otras de las ventajas que proporciona son la videoconferencia Integrada o Multiconferencia acortando la brecha de la comunicación mediante contacto visual.

## **1.3.5 Desventajas.**

Aún hoy en día, la utilización de VoIP tiene problemas en cuanto a la calidad que aportan sus servicios, debido a factores tales como: eco, retardo, jitter, interferencias, interrupciones, sonidos de fondo, distorsiones de sonido, etc. Además se puede añadir que dicha tecnología requiere de una conexión de banda ancha y de acceso a Internet, a excepción de aquellas personas que posean el servicio mediante ADSL<sup>4</sup> (Asymmetric Digital Subscriber Line o *Línea de Suscripción Digital Asimétrica*), que no es más que la utilización de la línea telefónica vía módem para acceder a Internet. La pérdida de información es otra agravante de VoIP, ya que las redes IP transportan la información dividida en paquetes, por lo que una conexión suele consistir en la transmisión de más de un paquete. Los mismos pueden perderse, y además no hay una garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación. Por lo que la pérdida de los paquetes influye en que una conversación no tenga la calidad requerida y el usuario quede insatisfecho con el servicio.

## **1.4 Descripción de algunos protocolos utilizados por VoIP.**

Los protocolos, son el lenguaje que utilizarán los distintos dispositivos VoIP para su conexión, constituyendo un requisito fundamental para garantizar la eficacia y la complejidad de la comunicación.

### **1.4.1 Protocolos de señalización de llamada.**

Para la transmisión de la voz se debe preparar el Gateway o Puerta de Enlace con los parámetros adecuados para la codificación y el uso de VoIP. Una vez que las partes entre las que se establecerá la

---

<sup>4</sup> ADSL: Consiste en una transmisión de datos digitales (la transmisión es analógica) apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado.

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

---

comunicación se ponen de acuerdo en cómo comunicarse y el criterio de señalización es establecido, se comenzará la transmisión voz sobre la red de datos. El protocolo de señalización lo que hace es establecer un circuito virtual sobre la red por la cual viajará la trama, determinando el tipo de media que se usará en la llamada. Actualmente los protocolos de señalización más difundidos son H.323 y SIP (Session Initiation Protocol o *Protocolo de inicio de Sesión*) aunque existen otros como Megaco y MGCP (Media Gateway Control Protocol o *Protocolo de Control de dispositivos*).

## **1.4.1.1 H.323**

El estándar denominado H.323 fue estandarizado en 1996 y se denominó: “Sistemas y terminales de telefonía visual sobre redes de área local sin garantías de Calidad de Servicio” [5]. La principal aportación de este estándar fue el desarrollo de un conjunto de protocolos de señalización que permiten controlar el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones de multimedia (audio, vídeo y datos) sobre redes de paquetes, principalmente desarrollados por el IETF <sup>5</sup> (Internet Engineering Task Force o *Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet*) a través de los protocolos RTP (Real Time Transport Protocol o *Protocolo de Transporte en Tiempo Real*) y RTCP (Real Time Transport Control Protocol o *Protocolo de Control en Tiempo Real*), los cuales serán explicados en el **Epígrafe 1.4.2**. Estos protocolos que se encuentran dentro de H.323 son: H.225.0 para el control, registro, admisión y señalización de llamada, H.245 para la descripción de media e intercambio de capacidades del terminal, entre otros.

## **1.4.1.2 SIP**

Este protocolo permite a los usuarios participar en sesiones de intercambio de información multimedia soportando mecanismos de establecimiento, modificación y finalización de llamada. Está basado en el modelo cliente-servidor [5]. SIP ha sido propuesto como un mecanismo genérico para el soporte de mecanismos de señalización del servicio de telefonía IP. Soporta elementos funcionales para el establecimiento y terminación de comunicaciones multimedia tales como: localización de usuarios, intercambio y/o negociación de capacidades de los terminales, disponibilidad de usuarios, establecimiento de llamada y mantenimiento de llamada.

---

<sup>5</sup> IETF: es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet.

### **1.4.1.3 Megaco**

H.323 y SIP se desarrollaron teniendo como objetivo el desarrollo de terminales que estuvieran directamente conectados a la red IP e intercambiaran tráfico de voz directamente entre sí o bien con terminales tradicionales (conectados a redes conmutadas) mediante el uso de Puertas de Enlace. El objetivo inicial de Megaco fue la utilización de redes de paquetes como núcleo central para la transmisión de tráfico de voz originado por redes tradicionales. Los operadores tradicionales fueron los que mayor interés mostraron en esta propuesta, pensando en integrar progresivamente sus redes de telefonía basadas en conmutación de circuitos y sus redes de datos basadas en conmutación de paquetes en una red homogénea que transportaría ambos tipos de tráfico (voz y datos) y que fuera además transparente a los usuarios finales [5].

### **1.4.1.4 MGCP**

Es un protocolo usado para mediar entre la Puerta de Enlace Controladora de Media (MGC, conocida también como Agentes de Llamadas) y la Puerta de Enlace de Media. MGCP asume una arquitectura de control de llamadas, donde el control de la llamada se encuentra fuera de la Puerta de Enlace y es manejada por elementos de control de llamadas externas [5].

### **1.4.2 Protocolos de Transporte de Media.**

El protocolo RTP define un formato estándar de paquetes para transmitir audio y vídeo en Internet. Fue publicado originalmente en el RFC (Request for Comments o *Petición de Comentarios*) 1889 [6] y, más tarde, en el RFC 3550 [7], dejando obsoleta la primera versión. El estándar define el uso de RTP bien con conexiones TCP<sup>6</sup> en un puerto arbitrario, o bien con conexiones UDP<sup>7</sup> en puertos pares. En este último caso, el siguiente puerto impar se utiliza para comunicaciones de control con RTCP. Inicialmente, RTP se diseñó como un protocolo multicast<sup>8</sup>, pero ha acabado utilizándose en muchas aplicaciones unicast<sup>9</sup>, principalmente videoconferencias. Las aplicaciones que utilizan RTP son poco sensibles a la pérdida de

---

<sup>6</sup> TCP: *Protocolo de Control de Transmisión o Transmission-Control-Protocol*, TCP es la capa intermedia entre el protocolo de internet (IP) y la aplicación.

<sup>7</sup> UDP: User Datagram Protocol o Protocolo de datagrama de usuario, es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.

<sup>8</sup> Multicast: es un servicio de red en el cual un único flujo de datos puede ser enviado simultáneamente a varios receptores.

<sup>9</sup> Unicast: es el envío de información desde un único emisor a un único receptor.

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

paquetes y muy sensibles retardos de la comunicación, por lo que la implementación de RTP sobre el protocolo de transporte UDP es una opción más sensata que sobre TCP.

## 1.4.2.1 RTP

RTP es un protocolo basado en IP que proporciona soporte para el transporte de datos en tiempo real (flujos de vídeo y de audio). Fue en un principio, diseñado para emisiones multicast de tráfico en tiempo real (aunque también se puede utilizar en emisiones unicast) y puede ser utilizado para el video bajo demanda y servicios interactivos tales como telefonía en Internet. RTP ha sido diseñado para funcionar junto con el protocolo de control RTCP para conseguir mantener la calidad en la transmisión de datos y proporcionar información sobre los participantes al iniciarse la sesión.

### RTP permite:

- Identificar el tipo de información transportada.
- Añadir marcas temporales y números de secuencia de la información de transporte.
- Controlar la llegada de los paquetes.

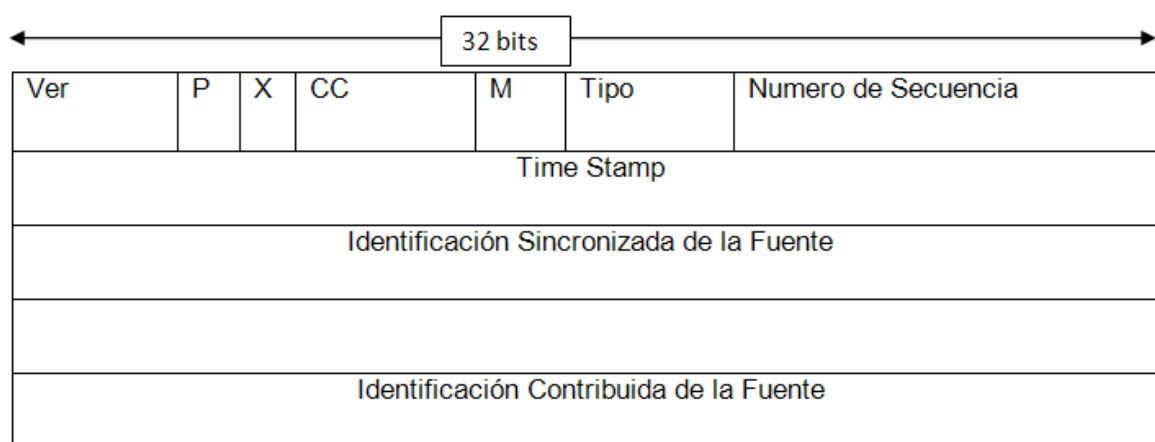


Fig # 3: Cabecera RTP.

Los primeros 12 octetos (es decir, los campos Ver, P, X, CC, M, Tipo, siempre están presentes, en tanto que los identificadores de fuentes contribuyentes (nodos que generan información al mismo tiempo para, supongamos, una videoconferencia) son utilizados solo en ciertas circunstancias. Después de la cabecera básica puede tenerse extensiones opcionales para el *encabezado*. Finalmente la cabecera es seguida por los datos que transporta RTP y su formato es definido por la aplicación. El diseño de la *cabecera* RTP busca llevar solo aquellos campos que son necesarios para diversos tipos de aplicaciones.



# *Capítulo 1: La Tecnología VoIP.*

---

En resumen, RTP se caracteriza por:

- Proporcionar un servicio fin a fin para la información, con la característica del tiempo real, como audio y vídeo interactivo.
- No ofrece ningún tipo de control de congestión. Proporciona Timestamp<sup>10</sup> o Marcas de Tiempo, números de secuencia, etc.
- RTP no es un protocolo completo. Está abierto a nuevos formatos y software multimedia.
- RTP/RTCP no es responsable de las tareas de alto nivel como la sincronización, recuperación de paquetes perdidos y control de congestión que debe realizarse en el nivel de aplicación.
- La información de control de flujo y congestión de RTP es proporcionada por los informes del emisor y receptor de RTCP.

## **1.4.2.2 RTCP**

Su función fundamental es para el control de RTP. Se basa en el constante envío de paquetes de control por cada participante en una sesión RTP. En comunicaciones unicast no es necesario, pero es útil. En difusión es imprescindible para conocer cómo reciben los distintos destinatarios y homogeneizar la calidad.

### **Servicios de RTCP:**

- **Monitorización de la Calidad de Servicio y control de congestión:** RTCP proporciona información sobre la calidad de la distribución de los datos en una aplicación. Los emisores pueden ajustar su transmisión basándose en los informes del receptor. Los receptores pueden determinar si la congestión es local, regional ó global.
- **Identificación de la fuente:** Los paquetes RTCP contienen información de los identificadores únicos de los participantes de la sesión. Puede incluir también nombres de usuarios, número de teléfono, e-mail, etc.
- **Sincronización**
- **Escalabilidad en la información de control:** Los paquetes RTCP son enviados periódicamente entre los participantes. Cuando el número de participantes se incrementa es necesario hacer un

---

<sup>10</sup> Timestamp: Son típicamente usados para seguimiento de eventos. la práctica de grabar timestamp de forma consistente a lo largo de la información actual, se llama TimeStamping.

balance entre la información conseguida hasta la fecha y los límites del tráfico de control. RTP limita el tráfico de control al 5% de todo el tráfico de la sesión.

### **1.4.3 Protocolos de Ruteo.**

El routing o ruteo es el proceso por el cual un router sabe el camino por el cual debe seguir una trama para alcanzar su destino. Para que este proceso funcione, el router debe saber la dirección destino, identificar las fuentes de información, descubrir rutas, seleccionarlas y además mantener la información de ruteo. Estos protocolos de routing mantienen el camino libre de bucles, consiguiendo el mejor camino para alcanzar el destino. La diferencia entre ellos es la definición del mejor camino, mientras que para otros es el número de saltos o el ancho de banda del enlace. Aunque se entiende que los protocolos de ruteo pertenecen a la capa de red, depende mucho la forma en que tienen que trabajar. Un ejemplo de esto es el protocolo IGRP (Interior Gateway Routing Protocol o *Protocolo de Enrutamiento de Gateway Interior*) que pertenece a la capa de transporte y RIP (Routing Information Protocol o *Protocolo de encaminamiento de la Información*) pertenece a la capa de aplicación trabajando con UDP. Varios sistemas operativos entre los que se destacan Linux y Windows ofrecen Protocolos de Ruteo primitivos (como RIP) pero carecen de algoritmos especializados de Ruteo como aquellos desarrollados por Cisco Systems como lo es EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol o *Protocolo de Puerta de Enlace Interior*), además de OSPF (Open Shortest Path First o *Protocolo de Enrutamiento Jerárquico de Pasarela Interior*). Todos estos protocolos son explicados a continuación.

#### **1.4.3.1 IGRP**

Es un protocolo de enrutamiento basado en la tecnología vector-distancia, aunque también tiene en cuenta el estado del enlace. Utiliza una métrica compuesta para determinar la mejor ruta basándose en el ancho de banda, el retardo, la confiabilidad y la carga del enlace. El concepto es que cada router no necesita saber todas las relaciones de ruta/enlace para la red entera. Cada router publica destinos con una distancia correspondiente. Cada router que recibe la información, ajusta la distancia y la propaga a los routers vecinos. La información de la distancia en IGRP se manifiesta de acuerdo a la métrica. Esto permite configurar adecuadamente el equipo para alcanzar las trayectorias más óptimas [8].

#### **1.4.3.2 RIP**

Es un protocolo de puerta de enlace interna o IGP (Internal Gateway Protocol) utilizado por los routers, aunque también puede actuar en equipos. Calcula el camino más corto hacia la red usando el algoritmo de

vector-distancia. La distancia o métrica está determinada por el número de saltos de router hasta alcanzar la red destino. El número de saltos máximo es 16 [9].

### **1.4.3.3 OSPF**

Es un protocolo de enrutamiento jerárquico de Puerta de Enlace interior, definido como un protocolo de estado de enlace. Usa el algoritmo Dijkstra<sup>11</sup> enlace-estado para calcular la ruta más corta posible. Usa costo como su medida de métrica. Es probablemente el protocolo más utilizado por las grandes redes [10].

### **1.4.3.4 EIGRP**

Es un protocolo de encaminamiento híbrido, propiedad de Cisco Systems, que ofrece lo mejor de los algoritmos de vector-distancia y del estado de enlace. Se considera un protocolo avanzado que se basa en las características normalmente asociadas con los protocolos del estado de enlace. Algunas de las mejores funciones de OSPF, como las actualizaciones parciales y la detección de vecinos, se usan de forma similar con EIGRP. Aunque no garantiza el uso de la mejor ruta, es bastante usado porque EIGRP es algo más fácil de configurar que OSPF. EIGRP mejora las propiedades de convergencia y opera con mayor eficiencia que IGRP [8].

## **1.5 Arquitectura de una red VoIP.**

Uno de los beneficios de la tecnología VoIP, es que permite a las redes ser construidas usando una arquitectura centralizada o bien distribuida. Esta flexibilidad permite a las compañías construir redes caracterizadas por una administración simplificada e innovación de los puntos finales de una red, dependiendo del protocolo usado. Dentro de los beneficios que aporta la utilización de VoIP es que permite que las redes cuando van a ser construidas usen una arquitectura centralizada o bien distribuida, lo que hace más factible el hecho de la construcción de una red adaptada a ciertas características y dependiendo del protocolo a usar [11].

VoIP define tres elementos fundamentales en su arquitectura:

#### **❖ Terminal**

---

<sup>11</sup> Dijkstra: es un algoritmo para la determinación del camino más corto dado un vértice origen al resto de vértices en un grafo dirigido y con pesos en cada arista.

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

---

Es un dispositivo que permite realizar una comunicación determinada utilizando una red IP. Suele ser un dispositivo hardware con forma de teléfono, aunque con la diferencia de que utiliza una conexión de red de datos en lugar de una conexión de red telefónica tradicional.

## ❖ Gatekeepers

Es un elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de él. Su función es la de gestión y control de los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación de la misma.

## ❖ Gateways o Puerta de enlace

Es un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red destino.

### 1.5.1 Arquitectura Centralizada.

Esta solución surgió en el año 2003. Está orientada a entornos empresariales y redes WLAN públicas (Wireless Local Area Network o *Red Local Inalámbrica*) con determinados parámetros de Calidad de Servicio y seguridad. En general, la arquitectura centralizada está asociada con los protocolos MGCP y Megaco. Estos protocolos fueron diseñados para un dispositivo centralizado llamado Pasarela de Control de Media o Agente de Llamadas, que maneja la lógica de conmutación y control de llamadas. El dispositivo centralizado comunica a la Pasarela de media, el cual enruta y transmite la porción audio/media de las llamadas (la información de voz actual). En la arquitectura centralizada, la red es centralizada y los dispositivos finales de usuario tienen características limitadas. Existen dos criterios a cerca de la arquitectura centralizada, por un lado se plantea que centraliza la administración y el aprovisionamiento, el control de llamadas y simplifica el flujo de llamadas. [11].

### 1.5.2 Arquitectura Distribuida.

La arquitectura distribuida está asociada con los protocolos H.323 y SIP. Estos protocolos permiten que la red sea distribuida entre dispositivos de control de llamadas y puntos finales de la red. Su función principal es establecer las llamadas, características de llamadas, enrutamiento, aprovisionamiento o facturación. Los puntos finales pueden ser pasarelas VoIP, teléfonos IP, servidores media, o cualquier dispositivo que

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

---

pueda iniciar y terminar una llamada VoIP. Los dispositivos de control de llamadas son llamados Gatekeepers en una red H.323, y servidores Proxy en una red SIP. Al igual que para la arquitectura centralizada existen dos criterios a cerca del uso de esta arquitectura. Los defensores de la arquitectura VoIP distribuida apoyan este modelo por su flexibilidad. Permite que las aplicaciones VoIP sean tratadas como cualquier otra aplicación IP distribuida, y permite la flexibilidad para añadir inteligencia a cualquier dispositivo de control de llamadas, dependiendo de los requerimientos tecnológicos y comerciales de la red VoIP. Los críticos de la arquitectura distribuida comúnmente apuntan a la existencia de la Infraestructura PSTN como el único modelo de referencia que debiera ser usado cuando intentamos repetir los servicios de voz. Ellos también notan que las redes distribuidas tienden a ser un poco más complejas [11].

## **1.6 Códec.**

Códec es una abreviatura de compresor-descompresor que describe una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo en un flujo de datos o una señal. Los códec pueden codificar el flujo o la señal (a menudo para la transmisión, el almacenaje o el cifrado) y recuperarlo o descifrarlo del mismo modo para la reproducción o la manipulación en un formato más apropiado para estas operaciones. Los códec son usados a menudo en videoconferencias y emisiones de medios de comunicación.

La mayor parte de códec provoca pérdidas de información para conseguir un tamaño lo más pequeño posible del archivo destino. Hay también códec sin pérdidas (loss-less), pero en la mayor parte de aplicaciones prácticas, para un aumento casi imperceptible de la calidad no merece la pena un aumento considerable del tamaño de los datos. La excepción es, si los datos sufrirán otros tratamientos en el futuro. En este caso, una codificación repetida con pérdidas, a la larga dañaría demasiado la calidad.

Se pueden dividir en tres categorías según su principio de funcionamiento:

### **1.6.1 Códec en forma de onda (Wave Form).**

Estos códec se basan en almacenar información sobre la forma en el tiempo de la señal. Por lo general son los que más ancho de banda consumen, dado que no utilizan ninguna característica especial de la señal [12]. Pueden ser utilizados para transmitir cualquier tipo de señal, no solamente voz (música, fax). Algunos ejemplos del mismo son: PCM (Pulse Code Modulation o *Modulación por Impulsos Codificados*),

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

DPCM (Diferencial PCM o *Modulación por Impulsos Codificados Diferenciado*) y ADPCM (Adaptative Diferencial PCM o *Modulación por Impulsos Codificados Diferenciado Adaptativo*).

- **PCM:** codifica la forma de onda con una precisión de  $n$  bits por muestra. Las variantes (ley A<sup>12</sup> y ley u<sup>13</sup>) equivalen a un muestreo no uniforme que permite mejorar la relación señal a ruido con 8 bits por muestra. Se trata de la codificación básica de la telefonía pública a 64 Kb/s.
- **DPCM:** se fundamenta en la predicción de muestras mediante la memorización en el tiempo. Se realiza la codificación de la diferencia entre la muestra y la predicción.
- **ADPCM:** implementa la misma técnica que DPCM pero utilizando un algoritmo de predicción más eficiente. La predicción se realiza en base a un algoritmo auto adaptativo dependiente de la actividad de la señal vocal. Describe la codificación ADPCM a 40, 32, 24, 16 Kbps

## 1.6.2 Códec vocales (Vocoders).

Los codificadores de la forma de la onda no tienen en cuenta la naturaleza de la señal a codificar. Sin embargo, si codificamos una señal de voz, podemos aprovechar sus características intrínsecas para que la codificación se realice de forma más eficiente [13]. Las desventajas que introducen estos códec es la alta complejidad (cálculos necesarios) dado que procesan la señal en tramas, pues introducen un retardo significativo. Estos tipos de códec utilizan muy poco ancho de banda (2.4 Kb/s) pero se pierde completamente la naturalidad de la voz debido a la simplificación del modelo.

## 1.6.3 Códec híbridos.

Dentro de esta categoría se encuentran los códec que están a medio camino entre los anteriores. Incorporan elementos de los dos, dando como resultado tasas de transmisión más altas que los códec vocales pero menor que los de forma de onda. La complejidad es menor que los vocales y mayor que los de forma de onda aproximándose en términos de calidad a los codificadores de forma de onda.

## 1.7 Métricas de Calidad de Servicio para VoIP.

¿Qué se conoce como métricas?

---

<sup>12</sup> Ley A: es un sistema de cuantificación logarítmica de señales de audio, usado habitualmente con fines de compresión en aplicaciones de voz humana

<sup>13</sup> Ley u: es un sistema de compresión con pérdidas en comparación con la codificación lineal normal.

# Capítulo 1: La Tecnología VoIP.

Las métricas son de gran utilidad, no solo desde el punto de vista del software donde son ampliamente utilizadas, sino también desde el ámbito de las Telecomunicaciones donde se hacen necesarias para garantizar, en el caso de la Tecnología VoIP, una adecuada Calidad de Servicio. Algunas definiciones de estas son:

- El IEEE<sup>14</sup> (Institute of Electrical and Electronics Engineers o *Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos*) define métrica como una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado [14].
- Una métrica (medida) es un valor numérico o nominal asignado a características o atributos de un ente computado a partir de un conjunto de datos observables y consistentes con la intuición. Una métrica puede ser **directa** o **indirecta**, **interna** o **externa**, **objetiva** o **subjetiva** [15].

A modo de resumen se puede decir que las métricas son un buen medio para entender, monitorizar, controlar y predecir la Calidad de Servicio con la finalidad de obtener el resultado esperado.

## **1.7.1 Importancia de las métricas para VoIP.**

El uso de las métricas tiene un gran significado, pues su utilización proporciona una previa comparación con los valores umbrales establecidos para VoIP y a partir de estos arribar a conclusiones sobre el parámetro medido y de ahí tomar las decisiones necesarias, estableciendo así un medio para controlar el correcto desempeño de la Calidad de Servicio.

Al mismo tiempo las métricas se dedican específicamente a evaluar el funcionamiento de la red VoIP, indicando cuán efectivo es su funcionamiento y que nivel de Calidad de Servicio se le está ofertando al cliente, de acuerdo a los requerimientos del mismo.

## **1.7.2 Características de las métricas.**

- ❖ Toda métrica debe ser concreta y bien definida.
- ❖ Debe ser objetiva, simple y calculable.
- ❖ Toda métrica debe permitir un claro entendimiento de su funcionamiento.
- ❖ Debe poder obtenerse fácilmente.
- ❖ No debe presentar resultados ambiguos.

<sup>14</sup> IEEE: asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.

### **1.7.3 Tipos de métricas: Medida, Muestra y Estadística**

Las métricas pueden clasificarse en [16]:

**Singleton:** es la métrica que en cierto sentido es atómica. Por ejemplo, una única instancia de un host a otro (distancia) puede ser definida como una medida (aunque la misma conste de la medida de varios paquetes).

**Muestra:** es la métrica derivada de un conjunto de medidas individuales. Por ejemplo, una muestra del retardo de ida entre dos hosts puede ser definida como el conjunto de medidas individuales de retardo de ida tomadas a lo largo de una hora y a intervalos separados exponencialmente con una media de 1 segundo.

**Estadística:** métrica derivada de una muestra mediante el cálculo de cierto valor estadístico sobre las medidas individuales que conforman la misma. Por ejemplo, el valor promedio (la media) del retardo de ida del ejemplo anterior.

### **1.8 Métodos para la Validación de la Propuesta.**

La validez de un estudio es la cualidad que lo hace creíble y da testimonio del rigor con que se realizó. Implica relevancia del estudio con respecto a sus objetivos, así como coherencia lógica entre sus componentes. Se va desarrolla a lo largo de todo el estudio, en cada una de sus etapas. Una investigación tendrá resultados válidos si todos los procesos se monitorean adecuadamente, desde el diseño de la investigación hasta la preparación del informe y la difusión de sus resultados.

#### **1.8.1 Método Delphi**

Delphi es considerado uno de los métodos subjetivos de pronóstico más confiables, constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de situaciones complejas, a través de la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema tratado. Otros autores la definen como la técnica Delphi, un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. El mismo permite rebasar el marco de las condicionantes actuales más señaladas de un fenómeno y alcanzar una imagen integral y más amplia de su posible evolución, reflejando las valoraciones individuales de los expertos, las cuales podrán estar fundamentadas, tanto en un análisis estrictamente lógico como en su experiencia intuitiva. Se basa en la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos para obtener un consenso de opiniones informadas. [17]



## **1.8.2 Validación Interna y Externa**

Para la validación y aceptación de la propuesta de métricas, lo que se pretende es obtener resultados matemáticamente válidos de lo que se quiere medir, que brinden un aceptado nivel de Calidad de Servicios a la red UCI. Además se quiere demostrar con valores reales cuan factibles son las métricas que se van a proponer. Por tanto, las formas de validación que se utilizará para verificar la efectividad de la propuesta son: validación interna y externa, comúnmente referida como teórica y empírica respectivamente [18]:

- Validación Interna: Es un ejercicio teórico que asegura que la métrica tiene una caracterización numérica apropiada de la propiedad que pretende medir. Esto es por supuesto un pre-requisito para demostrar la utilidad de dicha métrica.
- Validación Externa: Se lleva a cabo para demostrar con evidencia real que una métrica es útil en el sentido de que está asociada con alguna característica externa del software.

## **1.9 Conclusiones parciales.**

Durante este capítulo se ha realizado un resumen de los conceptos de la tecnología VoIP mostrando cada uno de sus aspectos en la actualidad y un estudio de las especificaciones de la misma para la medición de la calidad de voz así como del estado del arte de la misma.

## *Capítulo 2: Calidad de Servicio*

### **2.1 Introducción.**

En este capítulo se mostrará un estudio de las especificaciones que conforman el mundo de la Calidad de Servicio, ya sea las formas que existen para determinar la calidad desde el punto de vista del funcionamiento de la red y de la percepción del usuario.

### **2.2 Calidad de Servicio.**

La Calidad de Servicio, de ahora en lo adelante QoS (Quality of Service), se define como la capacidad que tiene una red de proveer diferentes niveles de servicio para asegurar distintos perfiles de tráfico. Puede ser implementada en diferentes situaciones, para gestionar la congestión o para evitarla. Permite controlar algunas características significativas de la transmisión de paquetes. Estas características pueden especificarse en términos cuantitativos o estadísticos tales como: ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes en la red; asegurando un grado de fiabilidad preestablecido que cumpla los requisitos de tráfico, en función del perfil y ancho de banda para un determinado flujo de datos. La motivación para aplicar Calidad de Servicio en redes IP se resume en las siguientes necesidades:

- ❖ Priorizar ciertas aplicaciones en la red que requieren de un alto nivel de servicio (VoIP).
- ❖ Maximizar el uso de la infraestructura de red, manteniendo un margen de flexibilidad, seguridad y crecimiento para servicios emergentes.
- ❖ Mejorar las prestaciones para servicios en tiempo real.
- ❖ Responder a los cambios en el perfil de tráfico establecido.
- ❖ Proporcionar mecanismos para priorizar tráfico.

Para brindar un mejor entendimiento sobre lo que significa QoS, se aprecian dos puntos de vista diferentes: el primero desde el punto de vista del usuario final y otro, desde el punto de vista del funcionamiento de la red. Para el usuario, es cómo él percibe el recibo de un determinado servicio, ya sea voz, audio o video. Para la red, es la capacidad de proporcionar un servicio al usuario, acorde al acuerdo del mismo entre el usuario y el proveedor, para esto debe ser capaz de diferenciar entre las

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

---

distintas clases de tráfico y una vez diferenciadas proporcionar el servicio y además ser capaz de hacer diferenciación en la red mediante prioridades.

Por último, es importante resaltar el trabajo que se ha venido desarrollando en la estandarización de estos conceptos los cuales son los más aceptados por diferentes especialistas

Según IETF RFC 2386 es un: Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo [19] y acorde con la ITU (International Telecommunication Union o *Unión Internacional de telecomunicaciones*) E.800 es un: Efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio [20].

### **2.3 Principales factores que afectan la calidad de servicio.**

Son diversas las causas que pueden atentar contra el correcto funcionamiento de la red o que el usuario tenga una percepción negativa del servicio recibido. Estos factores están dados en su mayoría a que la voz debe viajar en un entorno diseñado para paquetes de datos, sufriendo cambios de paquetización, fragmentación, intercalado, codificación o decodificación a través de la red. Algunos de estos parámetros se describen a continuación.

#### **2.3.1 Latencia o retardo.**

Es el tiempo que demora un paquete en ir desde el emisor hasta el receptor, unidireccionalmente. Existen tres tipos de retardo, los cuales se explican a continuación:

**Retardo de propagación:** este tipo de retardo es casi imperceptible al oído humano, el retardo de propagación, junto con los retardos de manejo, puede causar una degradación apreciable de la voz. Este tipo de retardo viene asociado a la velocidad de la luz y la distancia que recorre un paquete.

**Retardo de manejo:** se puede decir que los dispositivos que envían las tramas por la red (Ejemplo: Un router) inducen un retardo de manejo en la red, teniendo impacto en las redes telefónicas tradicionales, siendo aún mayor en el entorno del envío de paquetes.

**Retardo en la gestión de colas:** una red basada en paquetes sufre retardos por múltiples razones, puede ser, el tiempo que demora el paquete en moverse hacia la cola de salida o simplemente el retardo en el manejo de las mismas. Este tipo de retardo surge debido a que se envían más paquetes de los que la interfaz puede manejar en un intervalo de tiempo dado.

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

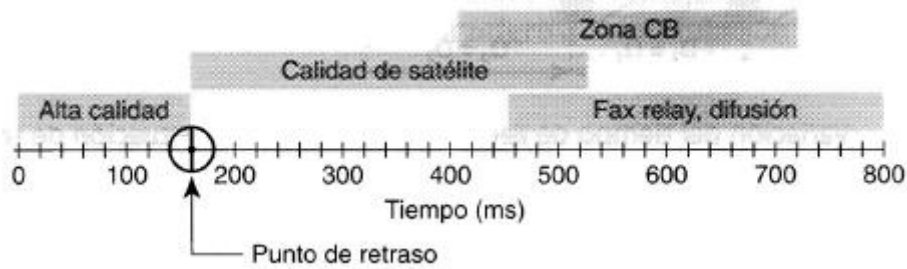


Fig # 4: Retardo extremo a extremo.

En esta Fig. 4 se muestran los valores recomendados para el retardo, especificados en el Capítulo 3 como parte de los valores umbrales.

### 2.3.2 Fluctuación de fase o Jitter

El transporte de voz en paquetes no es sensible solo al retardo de punta a punta sino también a las fluctuaciones o variaciones de ese tiempo de retardo (jitter). Estas variaciones se deben a la fluctuación en los tiempos de espera de los nodos de la red que dependen del tráfico concreto del momento. Dado que la generación de bloques de voz se realiza a tasa constante en el emisor, el algoritmo de decodificación espera (para un correcto funcionamiento) que la llegada también sea a tasa constante.

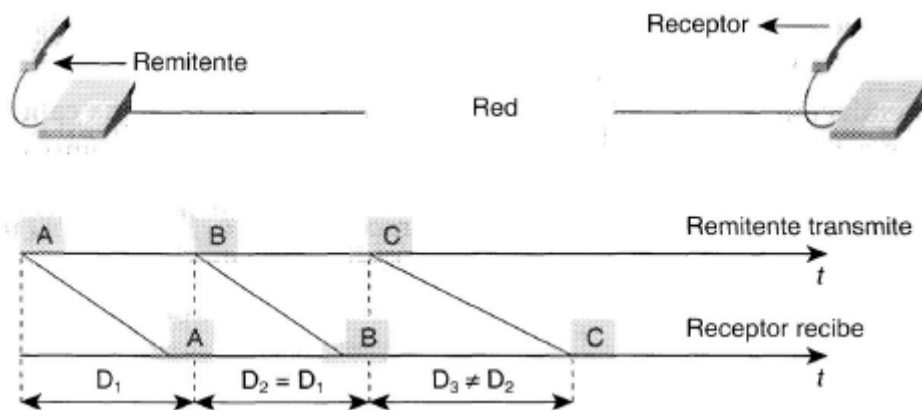


Fig # 5: Variación de llegada de un paquete.

En la Fig. 5 se muestra la transmisión de varios paquetes por la red, A, B y C. El paquete C se retrasa y llega un tiempo después al receptor dando lugar a la variación del retardo.

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

### 2.3.3 Eco acústico

El eco acústico es la reflexión de una señal de sonido. La potencia, o amplitud del eco acústico y la cantidad de retardo entre la señal que lo originó y la señal de reflexión (el eco acústico) determina si el eco es detectable por la persona que escucha.

### 2.3.4 Pérdida de paquetes.

En las redes de datos la pérdida de paquetes es esperada y común, por eso es muy importante controlar la misma. Una técnica útil a usar es, permitirle al router responder periódicamente a la pérdida de paquetes. Si un paquete de voz no es recibido cuando se esperaba se da por hecho que se perdió y se repite el último paquete recibido.

## 2.4 Especificaciones para la Calidad de Servicio.

El objetivo básico de las Clases de Tráfico, CT y los tipos de servicio, ToS, es conseguir el ancho de banda y la latencia necesarios para una aplicación determinada. Una CT permite al administrador de la red agrupar diferentes flujos de paquetes, teniendo cada uno, requisitos de latencia y ancho de banda diferentes. Un ToS es un campo en una cabecera IP, que permite que tenga lugar una clase de servicio determinada. Un campo de ToS utiliza tres bits, lo que permite agrupar 8 flujos de paquetes de CT (Davinson, Peters, 2000).

### 2.4.1 Tipos de Servicio.

El campo ToS en el datagrama IPv4 tiene una longitud de 8 bits [21], y se encuentra subdividido en 6 subcampos, como se muestra en la Fig. 6. Los tres bits del subcampo Precedencia especifican la importancia o prioridad del datagrama y los siguientes 4 bits indican el tipo de servicio deseado.

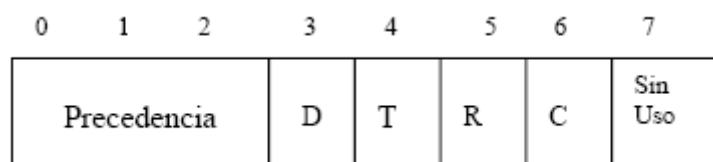


Fig # 6: Campo ToS en IPv4.

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

---

Los bits D, T, R y C especifican el tipo de transporte deseado para el paquete. Hablando sobre estos bits, define solamente tres bits: D, T y R; es decir, del bit 3 al 5 e incluye el bit 6 al subcampo de Sin Uso. Las razones por la cual se colocan los cuatro bits: D, T, R y C, es para minimizar el costo monetario en el envío de los datagramas. Cuando el bit D se encuentra activo solicita un procesamiento con *mínimo retardo*, el bit T solicita un *máximo desempeño*, el bit R solicita una *máxima confiabilidad*, y el bit C un *mínimo costo monetario* [22].

Cuando estos bits se encuentran inactivos se está especificando un trato normal para el datagrama. Cabe hacer notar que los valores de los bits no pueden ser utilizados simultáneamente, de hecho los algoritmos de ToS eligen el mejor de ellos cuando existe más de un bit activo, por lo tanto, la recomendación es utilizar solo uno de estos bits.

### **2.4.2 Clases de Tráfico**

El campo Clase de Tráfico, CT, de 8 bits, es usado por los nodos y/o routers para identificar y distinguir los paquetes enviados con clases diferentes o prioritarias. Los valores que pueden tomar estos bits dependen de los nodos que envían los paquetes. El valor por omisión en este campo es de cero. En la RFC 2460 [23] no se define en forma particular la semántica del byte CT, aplazando esto para colocarlo en el trabajo dentro del área de Servicios Diferenciados o Diffserv. De esta forma el Diffserv involucra el trato de los paquetes por medio del campo ToS. Este término implica, a su vez, dos procedimientos: en primer lugar la priorización de los distintos tipos de tráfico claramente definidos a través de la red y, en segundo lugar, la definición de un pequeño número de clases de servicio a las que aplicarla de los cuales se hablará más adelante. Priorizar es importante en los puntos de congestión de la red, donde las decisiones de priorización pueden ser realizadas por las Puertas de Enlace. Las aplicaciones que requieren distinguir clases de servicio incluyen procesos transaccionales, como audio, vídeo o cualquier otro tráfico sensible al tiempo [24].

### **2.4.3 Clases de Servicio (CoS)**

Debido a que no todos los paquetes son iguales, ni sus requerimientos de desempeño de la red, es que se hace necesario clasificarlos para que la red les de tratamiento diferencial. Clase de servicio es un esquema de clasificación con que son agrupados los tráficos que tienen requerimientos de tratamiento

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

---

similares, de manera de diferenciar diferentes tipos de tráfico y por ende poder priorizarlos. Cada nivel de prioridad está diseñado para soportar tipos específicos de tráfico. Cada nivel de prioridad está diseñado para soportar tipos específicos de tráfico. Los rasgos de QoS pueden ser especificados mediante los números de las clases de servicio.

### **2.5 Niveles de Calidad de Servicio.**

Los niveles de QoS están referidos a las actuales capacidades de las conexiones fin a fin, o sea, las capacidades que tiene una red determinada de realizar un servicio para un tráfico específico. Los servicios difieren en cuán estrictos pueden ser los niveles de QoS, o sea, que tiene que ser específico para un ancho de banda, jitter o pérdida de paquetes determinado.

#### **2.5.1 Nivel Best Effort**

Básicamente los servicios basados en Best Effort no ofrecen ninguna garantía. Usualmente utiliza técnicas FIFO (First in First Out o *Primero en Entrar Primero en Salir*), que no tienen ninguna diferenciación entre los distintos flujos. Al no tener implementado ningún tipo de QoS en la red y no poseer diferenciación, si lo que se está transmitiendo es voz y la cola se encuentra llena, se perdería un gran número de paquetes de gran prioridad y la llamada telefónica tendría tan mala calidad que incluso podría no escucharse. Es por eso que fue necesario implementar variantes sobre una red de datos que sí pudieran ofrecer QoS en pos de enviar paquetes de voz por la red.

#### **2.5.2 Nivel para Servicios Diferenciados (Diffserv)**

Este nivel de QoS se basa en la división del tráfico en diferentes clases [25], (Davinson, James, 2000) y en la asignación de prioridades. Utiliza diferentes tipos de información de la cabecera de los paquetes (por ejemplo, DSCP (Differential Service Code Point)), para distinguir y clasificar los paquetes, además de conocer el tratamiento que debe recibir el tráfico en los nodos de la red Diffserv. Puede convertir paquetes que requieren diferentes tipos de servicios en diferentes clases (Ohrtman 2004). Muchos tráficos son mejor tratados que otros, un mejor manejo, más ancho de banda y un bajísimo nivel de pérdida de paquetes.

#### **2.5.3 Nivel Garantizado**

Esta QoS está destinada para aplicaciones con requerimientos exigentes de tiempo real. Esta calidad asegura un ancho de banda, un límite en el retardo y ninguna pérdida en las colas. Un flujo es donde cualquier elemento de la red (un router, una subred, etc.) calcula varios parámetros describiendo como va

a manejar los datos del flujo. Combinando los parámetros de los distintos elementos que recorre el flujo es posible calcular el retardo máximo que se producirá en el flujo.

### **2.6 Alternativas para QoS en Internet.**

En la actualidad se han desarrollado varios mecanismos de Calidad de Servicio, entre los que se encuentran los de reserva y prioridad (Diffserv e IntServ) y MPLS (Multi-Protocol Label Switching) que aporta una mejor ingeniería de tráfico a la red, los cuales se explican a continuación.

#### **2.6.1 Integrated Services o Servicios Integrados (IntServ).**

El modelo IntServ incluye dos nuevas clases para el control de QoS en Internet: Servicio Garantizado (Guaranteed Service) y Servicio de Carga Controlada (Controlled Load Service). El servicio garantizado asegura a un flujo de tráfico, garantías de retardo extremo a extremo. Permite que ningún paquete sea descartado teniendo en cuenta que el flujo de tráfico esté dentro de los parámetros especificados. El servicio de Carga Controlada ofrece al usuario un flujo de datos con una QoS similar a si la red estuviera libre, o sea sin congestión.

IntServ es un modelo de QoS basado en una reserva de recursos dinámica donde se requiere que los routers implementen la reserva de recursos para un flujo determinado. El protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol o *Protocolo de Reserva de Recursos*) fue desarrollado para realizar la señalización de reserva de recursos para el modelo IntServ. Con el uso de este protocolo un host puede solicitar una determinada QoS para una aplicación o flujo de datos. Es un protocolo de control que no transporta datos del usuario, estos son transportados después del procedimiento de señalización. Al tener que mantener información sobre cada flujo en todos los routers de la red conduce a problemas de escalabilidad, que no es más que la propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso, que indica su habilidad para, o bien manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida, o bien para estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos [26].

#### **2.6.2 Diffserv.**

Con la utilización de servicios diferenciados se intenta erradicar el problema de la escalabilidad de IntServ, basándose en la clasificación del tráfico entrante en diferentes niveles de servicios. Cada comportamiento es identificado por un único campo de servicio diferenciado (DS). Ese comportamiento es denominado



## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

---

PHB<sup>15</sup> (Per Hop Behavior) o comportamiento por salto. En el núcleo de la red, los paquetes son encaminados según el PHB asociado con su campo DS (Differential Services). El resto de los equipos de la red utilizarán la información de marcado de cada paquete y técnicas de gestión de colas para la gestión de tráfico, sin reserva de recursos por flujo, sin protocolos de señalización ni información de estado en los routers. En vez de distinguir los flujos individuales clasifica los paquetes en clases o categorías según el tipo de servicio solicitado.

Diffserv se presenta como una solución escalable y de fácil implementación capaz de ofrecer servicio de manera diferenciada a una red en condiciones de congestión. Por lo tanto es la solución más idónea para ser utilizada como soporte al despliegue de una plataforma para telefonía IP. Sin embargo presenta un problema en cuanto a la concentración de tráfico de alta prioridad en determinados puntos de la red. Como solución a este problema se plantea MPLS [26].

### **2.6.3 Multi-Protocol Label Switching, MPLS.**

MPLS surge como una estrategia significativa para proporcionar ingeniería de tráfico debido a su capacidad de emular la orientación a conexión, además de proveer escalabilidad, bajo coste y la posibilidad de automatización de varios aspectos en función de la ingeniería de tráfico, como el control de asignación de QoS y reserva de ancho de banda en la gestión de alto nivel [27]. Ofrece niveles de rendimiento diferenciados y priorización del tráfico, así como aplicaciones de voz y multimedia en una única red. MPLS funciona sobre una multitud de tecnologías de nivel de enlace. La etiqueta MPLS se coloca delante del paquete de red y detrás de la cabecera de nivel de enlace. Las etiquetas pueden anidarse, formando una pila con funcionamiento LIFO (Last in First Out o *Ultimo en Entrar Primero en Salir*). Esto permite ir agregando (o segregando) flujos haciendo el mecanismo escalable

### **2.7 Mecanismos de Calidad de Servicio.**

Son diversos los mecanismos existentes que se implementan para garantizar una adecuada Calidad de Servicio, los cuales se muestran a continuación:

---

<sup>15</sup> PHB: define las políticas y las prioridades aplicada a un paquete cuando está atravesando la red.

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

### 2.7.1 Gestión de colas.

Por la naturaleza que tiene la transmisión de aplicaciones multimedia a través de la red, propicia que la cantidad de tráfico exceda la velocidad de la conexión. Y en este punto, ¿qué puede hacer el router? La solución más fiable no debe ser poner el primer paquete en una cola, sino hacer varias colas para diferentes servicios. Las herramientas utilizadas para el tratamiento de la congestión utilizan colas con prioridad (PQ), la formación de colas de espera personalizada (CQ) y FIFO (First in First Out o *Primero en entrar es el primero en salir*) entre otras (Davinson Jonathan, Peters James, 2000)

Mecanismo	Descripción
FIFO (Primero en Entrar Primero en Salir)	Mecanismo propio de redes Best-Effort. Envía los paquetes en el orden que aparecen.
PQ (Cola con Prioridades)	Separa el tráfico en 4 colas por prioridades, Alta, Media, Normal y Baja, dándole prioridad a las de alta prioridad.
CQ (Colas Personalizadas)	Especifica la cantidad de bytes a priorizar en cada cola. Puede crear hasta 16 colas atendidas de la forma Round Robin
WFQ (Flujo basado en pesos)	Asignación de ancho de banda. Ordena el tráfico en flujos por prioridades o en el orden que se necesita que sean atendidos.
CBWFQ (Flujo basado en clases con pesos)	Permite mayor control sobre las colas de tráfico y asignación de ancho de banda, garantizando cierta tasa de transmisión. Las clases pueden estar determinadas por DSCP. El peso es determinado por el ancho de banda.
LLQ (Cola de baja latencia)	Mezcla los métodos PQ y CBWFQ.

Tabla # 1: Comparación entre métodos de gestión de colas

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

### 2.7.2 Clasificación de paquetes.

Para manipular los tráficos y otorgarles QoS, se utilizan los procedimientos básicos de clasificación y asignación de prioridad, denominados Mapas de Clase y Mapas de Política. Un mapa de clase es un mecanismo para nombrar y aislar un flujo de tráfico específico. Éste define el criterio utilizado para comparar el tráfico para más tarde clasificarlo, el cual puede incluir selecciones mediante ACL (Access Control List o *Listas de control de Acceso*), una lista específica de DSCP, o valores de Precedencia IP. Después que el paquete es confrontado al criterio del mapa de clase, es posible clasificarlo mediante el uso de mapas de política. Un mapa de política específica en qué clase de tráfico actuará. Las acciones pueden ser: confiar en los valores de clases de servicio, DSCP o Precedencia IP de la clase de tráfico, establecer un valor específico de éstos o especificar las limitaciones de ancho de banda y la acción a tomar cuando el tráfico cae fuera del perfil definido en el mapa de política. Antes que un mapa de política sea efectivo, debe adjuntarse a una interfaz (Davinson Jonathan, Peters James, 2000).

#### 2.7.2.1 Precedencia IP

La precedencia IP utiliza los 3 primeros bits de ToS de la cabecera de IP para especificar las clases de servicio para cada paquete, particionando el tráfico hasta en 6 tipos de clases y los dos restantes están reservados para el uso interno de la red. Para su utilización es necesario identificar los bits que se están utilizando. Conforme se incrementa el valor de precedencia, se aloja más ancho de banda para esa conversación o flujo, permitiendo que se transmita con una mayor frecuencia.

$$\begin{array}{r} \text{TOS BYTE} \quad \frac{\text{X}}{128} \quad \frac{\text{X}}{64} \quad \frac{\text{X}}{32} \quad \frac{\quad}{16} \quad \frac{\quad}{8} \quad \frac{\quad}{4} \quad \frac{\quad}{2} \quad \frac{\quad}{1} \\ \text{Precedencia IP} \\ \text{bits} \end{array}$$
  
$$\begin{array}{r} \text{TOS BYTE} \quad \frac{1}{128} \quad \frac{0}{64} \quad \frac{1}{32} \quad \frac{0}{16} \quad \frac{0}{8} \quad \frac{0}{4} \quad \frac{0}{2} \quad \frac{0}{1} = 160 \end{array}$$
  
$$\begin{array}{r} \text{Precedencia IP} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{0}{2} \quad \frac{1}{1} = 5 \end{array}$$

Fig # 7: Precedencia IP

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

La precedencia IP permite que un router agrupe flujos de tráfico sobre la base de las 8 configuraciones de precedencia y administra el tráfico de cola sobre la base de esta información, así como la dirección de origen, destino y números de puerto. Se puede considerar la precedencia IP como un mecanismo de QoS.

### 2.7.2.2 DSCP

Differentiated Services Code Point, se define como los 6 bits que indican el tratamiento que debe recibir un paquete en el router. Las definiciones del campo ToS de IPv4 y el campo CT de IPv6 es reemplazado por el campo DS. Como se muestra en la Fig. 8 se utilizan seis bits de este campo como puntos de códigos (DSCP) para seleccionar el PHB de un paquete en cada nodo. Dos bits no son utilizados porque se reservan para usos futuros y son ignorados por los nodos por donde pasa el paquete.

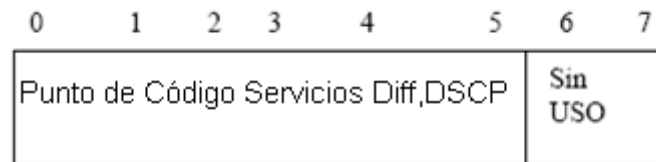


Fig # 8: Campo DSCP de servicios diferenciados.

El campo DS se añade a cada uno de los paquetes que viajan por la red para indicar la clase a la que pertenece. Seis bits permitirían codificar  $2^6=64$  clases de tráfico posible.

### 2.7.2.3 RSVP

Especificado en la RFC 2205 [28], RSVP es una especificación de QoS para la reserva de recursos, permitiendo Calidad de Servicio extremo a extremo para flujos de datos concretos. Trabaja con los protocolos de ruteo e instala el equivalente a listas de acceso dinámicas por los router que atraviesa. RSVP identifica una sesión por medio de una dirección de destino, un tipo de protocolo de transporte y un número de puerto de destino. RSVP no es un protocolo de encaminamiento, se usa meramente para reservar recursos a través de la ruta que se establezca por cualquiera de los protocolos de niveles inferiores.

### **2.7.3 Medición y flujo de formación de tráfico.**

En los epígrafes anteriores se había especificado cómo gestionar las colas de diferentes flujos de tráfico y luego darles una prioridad. Sin embargo en muchas ocasiones es necesario limitar la cantidad de tráfico de una aplicación a través de varias interfaces. Estas funcionalidades de control vienen determinadas por las herramientas de límites de tasa y las herramientas de formación. La diferencia entre ellas radica en que las de límite de tasa derivan el tráfico sobre la base de la medición y las otras almacenan temporalmente en un buffer el exceso de tráfico hasta que pueda ser enviado.

#### **2.7.3.1 Herramientas de límite de tasa**

Permiten una cierta flexibilidad a la asignación de la precedencia, incluyendo asignaciones tanto para el usuario como para la aplicación. Son usadas para limitar el ancho de banda en algunas aplicaciones en orden de favorecer a otras. Los mecanismos de limitación de tasa permiten que el usuario controle la velocidad máxima del tráfico transmitido o recibido de una interfaz o se pueda limitar la tasa de tráfico por precedencia, dirección de control de acceso al medio MAC (Medium Access Control), direcciones IP u otros parámetros.

#### **2.7.3.2 Herramientas de formación**

La formación del tráfico permite controlar el tráfico saliente de una interfaz para hacer coincidir su flujo con la velocidad de la interfaz de destino remota y asegurar que el tráfico se ajusta a las normas que se han contratado para el mismo, añadiéndole un perfil determinado para reunir los requisitos de flujo.

### **2.7.4 Gestión de colas de altas velocidades.**

Las metodologías de evasión de la congestión están basadas en la manera que los protocolos operan, con el fin de no llegar a la congestión de la red. Las técnicas de RED (Random Early Detection o *Detección Temprana Aleatoria*) y WRED (Weighted Random Early Detection o *Detección Temprana Aleatoria Pesada*) evitan el efecto conocido como Sincronización Global. Cuando múltiples conexiones TCP operan sobre un enlace común, todas ellas incrementarán el tamaño de su ventana deslizante <sup>16</sup>a medida que el tráfico llega sin problemas. Este aumento gradual consume el ancho de banda del enlace hasta congestionarlo. En este punto las conexiones TCP experimentan errores de transmisión, lo que hace que

---

<sup>16</sup> Ventana Deslizante: es un mecanismo dirigido al control de flujo de datos que existe entre un emisor y un receptor pertenecientes a una red informática.

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

---

disminuyan su tamaño de ventana simultáneamente. Esto conlleva a una sincronización global, donde todos los flujos comienzan a incrementar su tasa de transmisión nuevamente para llegar a otro estado de congestión. RED fuerza a que el flujo reduzca el tamaño de su ventana de transmisión, disminuyendo la cantidad de información enviada. A medida que se alcanza el estado de congestión en la red, más paquetes entrantes son descartados con el fin de no llegar al punto de congestión en el enlace. Lo que limita estas técnicas de evasión de congestión es que solo sirve para tráfico basado en TCP, ya que otros protocolos no utilizan el concepto de ventana deslizante (Kun, I.Park, 2005).

Otra técnica utilizada es **ECN** (Explicit Congestion Notification o *Notificación Explícita de la Congestión*): es un método que es comúnmente aplicado al tráfico de TCP. Propuesto en 1999, por la RFC 2481 [29], como una adición experimental de la arquitectura IP. Este método informa a los sistemas finales de la congestión, marcando las cabeceras IP con una indicación de congestión en vez de eliminar estos paquetes en la red o sea que notifica al emisor que disminuya la velocidad para evitar la congestión. Aquí radica la diferencia entre RED y ECN, con RED los paquetes son eliminados aleatoriamente mientras que con ECN los paquetes son seleccionados aleatoriamente para pasar. Requiere de un marcado de las cabeceras IP y TCP usando 2 bits reservados de ambas. Estos bits son los 2 últimos bits reservados en los 8 bits de ToS en IPv4 y los 8 bits en CT en IPv6.

### **2.8 Metodologías de Estimación de Calidad de Servicio Percibida.**

Anteriormente se han expuesto los diferentes criterios a cerca de QoS [30] y los parámetros que afectan el funcionamiento en una red, pero la cuestión es que un usuario no necesita conocer los parámetros desde el punto de vista de la red, sino desea tener una estimación de cómo percibirá el servicio en sí. De esta forma surge PQoS (Perceived Quality of Service o *Calidad de Servicio Percibida*) como la calidad percibida por el usuario independientemente de lo que la red transporte.

Estimar la Calidad de Servicio percibida es un requisito fundamental en los sistemas de comunicación modernos por razones técnicas, legales y comerciales. Las medidas de calidad percibida pueden realizarse usando métodos objetivos o subjetivos como se muestra en la Fig 9.

#### **2.8.1 Métodos Subjetivos.**

Los métodos subjetivos definen la métrica más aceptada ya que representan una conexión directa con la calidad percibida por los usuarios. Estos métodos consisten en evaluar la opinión media de un grupo de personas, para ello se presentan distintas secuencias y cada individuo asigna un valor de calidad. El problema inherente a estos métodos es el tiempo necesario para realizarlos, el costo y que no pueden ser

## Capítulo 2: Calidad de Servicio.

usados para monitorear la calidad en períodos largos de tiempo. Esto ha hecho a los métodos objetivos atractivos para estimar la calidad percibida en redes de comunicaciones.

### 2.8.2 Métodos Objetivos.

Las medidas objetivas de calidad percibida pueden ser intrusivas (se inyecta una señal de voz conocida en el canal y se estudia su degradación a la salida) o no intrusivas (monitorean ciertos parámetros en un punto de la red y en base a estos permite establecer en tiempo real la calidad que percibiría un usuario). Por intrusivo se entiende inyectar señales extra para estimar la calidad. Los métodos intrusivos son más precisos pero normalmente no son adecuados para monitorear la calidad en servicio, debido a la inyección de señales extra y la necesidad de comparar estas con las señales originales. Por otra parte los métodos no intrusivos no requieren de señales extra y son adecuados para monitorear la calidad en servicio. Dependiendo del tipo de entrada al método se pueden clasificar como basados en señales, la entrada es la señal transmitida por la red, o basados en parámetros donde las entradas son parámetros de la red de comunicación y parámetros de la señal en cuestión. Los métodos objetivos no dan un resultado directamente en opinión de las personas, sino que su resultado tiene una correlación con la calidad percibida. Esto hace necesaria su calibración en base a los resultados de los métodos subjetivos.



Fig # 9: Clasificación de los métodos de asignación de calidad.

### **2.9 Herramientas para medir Calidad de Servicio.**

Son múltiples las herramientas que hacen uso de los factores que se encuentran presentes a la hora de asegurar que una determinada red presenta una adecuada Calidad de Servicio. A continuación se muestran algunas de ellas:

#### **2.9.1 PING (Packet Internet Groper)**

El propósito fundamental de PING [31] es conocer si un equipo es accesible. Esta función la completa mediante la transmisión de un paquete de datos individual a una dirección IP, (ya sea en forma numérica o por nombre de dominio), el funcionamiento se basa en el uso de la solicitud de respuesta del protocolo de control de mensajes en internet, el cual está diseñado para localizar y depurar errores en la red. El resultado indica o que el equipo era inalcanzable o que la solicitud había superado el tiempo de espera. También se muestra el tamaño del paquete enviado, además indica la cantidad de paquetes enviados, recibidos, perdidos, y en caso de los perdidos el porcentaje que significa. Como resumen muestra el tiempo aproximado de ida y vuelta, mínimo, máximo y media. Aunque es una herramienta de gran utilidad, sus resultados a veces pueden resultar falseados por políticas de seguridad establecidas en el ordenador investigado, ya que en ocasiones, para hacer invisible a un ordenador en red (indetectable = inatacable) se configuran para que no contesten este tipo de peticiones. Por tanto si se está haciendo ping sin respuesta a un equipo de la red, una de las cuestiones a tener en cuenta será la existencia de filtros a nivel de router, o firewall.

#### **2.9.2 Traceroute o Tracert.**

Conocida como Traceroute [32] en GNU/Linux y Unix y como Tracert en Windows. Es una herramienta de diagnóstico donde se obtienen estadísticas de la latencia de red de los paquetes enviados. Traceroute funciona gracias al campo TTL (Time to live o *Tiempo de vida*) en los paquetes IP. Cada paquete IP posee un campo de vida útil (*TTL*) el cual se reduce cada vez que pasa por un router. Cuando este campo llega a cero, el router determina que el paquete estuvo viajando en círculos, finaliza este paquete y envía una notificación ICMP al remitente.

#### **2.9.3 VQManager.**

Es una herramienta basada en web [33], QoS (Quality of Service) de monitoreo para redes VoIP. Monitorea cualquier equipo VoIP que posea RTP/RTCP como protocolos de transporte de media y control respectivamente. Ayuda en la localización y resolución de problemas de llamadas VoIP por fallas y deterioro de calidad. Cuando los umbrales son superados, las alarmas son generadas por el sistema para notificar a los administradores quienes pueden enfocarse en las alarmas para aislar la causa del problema.



## *Capítulo 2: Calidad de Servicio.*

---

Ofrece monitoreo en tiempo real de QoS de VoIP con puntaje MOS, alarmas y notificaciones, vistas detalladas de la calidad de las llamadas con información sobre el flujo de llamadas, sumarios de QoS específicos y reportes históricos detallados.

### **2.9.4 MyConnection Server**

Herramienta utilizada [34] para medir el funcionamiento de una red además de su eficiencia. Identifica los problemas de forma rápida que afecten la Calidad de Servicio. Brinda estadísticas de valores de jitter, gráficas, valores de pérdidas de paquetes y latencia. Permite realizar numerosas test tomado varias muestras existiendo varios tipos de las mismas tales como: pruebas para el usuario, pruebas automáticas para la red y pruebas remotas.

### **2.10 Conclusiones parciales.**

En este capítulo se evidenció como está compuesta la QoS para la tecnología VoIP. Se abordaron los principales problemas que presenta la misma debido a su utilización en redes diseñadas para el transporte de datos y no para el transporte de tráfico sensible al tiempo y que influye en la percepción del usuario a la hora de recibir un servicio. La principal conclusión a la que se arribó es que todos estos factores pueden ser medidos mediante métricas, para así asegurar la calidad del servicio prestado.

### *Capítulo 3: Propuesta de métricas.*

#### **3.1 Introducción.**

Tal y como se mostró en el Capítulo 1, VoIP ha tomado un auge acelerado en los últimos años. Cada vez es más alta la demanda de este tipo de servicio en cualquier parte del mundo. Por las características que posee deben tenerse en cuenta los parámetros asociados a la misma, de los cuales forma parte la QoS como tantas veces se ha enunciado en la investigación. Evidentemente, es necesario fijar correctamente los criterios de calidad que tendrá la conexión basándose en medidas subjetivas sobre la percepción de la calidad que tendrá el usuario final o mediante Métricas de QoS definidas de acuerdo a un grupo de especificaciones previamente establecidas.

En el Capítulo 2 se evidenció a profundidad, la mayoría de los aspectos a tener en cuenta tanto por parte del usuario como de la red para garantizar una adecuada QoS, ya sea para que el usuario final pueda escuchar correctamente una llamada telefónica o pueda, mediante métodos subjetivos expresar su conformidad con el servicio recibido de acuerdo a parámetros conocidos con anterioridad.

En este capítulo se realizará una propuesta de métricas de QoS, donde mediante la simulación del uso de la tecnología VoIP se determinará la QoS ofertada sin mecanismos implementados, dada la situación actual de la red UCI, donde no existe el equipamiento ni la infraestructura para implementar una red VoIP.

##### **3.1.1 Situación actual de la red de datos de la UCI.**

Actualmente en la Universidad se cuenta con una cifra muy grande de dispositivos activos y pasivos que va en incremento. El equipamiento de la misma fue adquirido en el año 2001, cuando todavía el auge de las nuevas tecnologías era ínfimo, hacía dos años solamente que habían comenzado las investigaciones a cerca de la convergencia. Esta red de datos es la más grande del país, que soporta un elevado tráfico, poseyendo una gran expansión geográfica y brindando el ancho de banda ideal para utilizar la tecnología VoIP.

#### **3.2 Valores Umbrales**

Como se ha dicho anteriormente en el Capítulo 2, las Recomendaciones G.711 [35] y G.114 [36] de la ITU-T, establecen valores umbrales a utilizar para mejorar la QoS. Dada la existencia de aplicaciones altamente interactivas como audio, video y videoconferencia se plantea:

## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

- El retardo o latencia debe permanecer por debajo de los 150 ms, para que sea aceptable la calidad y los usuarios queden satisfechos.
- La pérdida de paquetes debe mantenerse por debajo del 1% de pérdida para la transmisión de VOZ.
- La variación de retardo debe estar por debajo de los 20 ms, como se muestra en la siguiente tabla:

	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Baja
Pérdida de paquetes	1%	3%	5%
Retardo	150ms	400ms	600ms
Jitter	20ms	50ms	75ms

**Tabla # 2: Valores Umbrales para pérdida de paquetes, retardo y Jitter.**

### **3.3 Propuesta de Métricas de Calidad de Servicio.**

Con el fin de caracterizar la QoS, numerosas iniciativas como la IETF y la ITU-T han creado grupos de trabajo con el objetivo de estandarizar las métricas aplicables a redes de datos que transportan o transportarán voz sobre la misma teniendo en cuenta las especificaciones de la misma. El grupo de trabajo de la IETF, IPPM<sup>17</sup> (IP Performance Metrics o *Métricas de Performance para el Protocolo de Internet*) [37], define un conjunto estandarizado de métricas que pueden ser aplicadas para caracterizar la QoS, el desempeño y la confiabilidad de los datos que transitan a través de una red IP. El objetivo de este grupo es alcanzar un escenario en el cual, tanto proveedores como usuarios de servicios de transporte en Internet, tengan un común entendimiento del funcionamiento de la red o redes que proveen/utilizan, teniendo a su vez nociones claras de la credibilidad de dicho funcionamiento.

<sup>17</sup> IPPM: grupo de trabajo de la IETF que ha desarrollado un conjunto de métricas que pueden ser aplicadas a la QoS, performance, y funcionamiento de la red.

## *Capítulo 3: Propuesta de Métricas.*

---

La RFC 2330 [16] es el documento donde se establece el marco de trabajo de la IPPM. El documento introduce conceptos y definiciones generales, además de sentar las bases para la especificación de distintas métricas.

Las métricas establecidas por la IPPM son:

- One-way Delay Metric. (RFC 2679)
- One-way Packet Loss Metric (RFC 2680)
- IP Packet Delay Variation (RFC 3393)
- IPPM for Measuring Connectivity (RFC 2678)
- Round-trip Delay Metric (RFC 2681)
- Network Performance measurement for periodics streams (RFC 3432)
- One-way Loss Pattern Sample Metrics (RFC 3357)

En la RFC 2330 los autores expresan su preferencia por el muestreo poissiano, porque no es propenso a inducir sincronizaciones, permite recoger de forma precisa medidas de comportamientos periódicos y no es propenso a la manipulación, ya que no se puede predecir cuándo se va a recoger la siguiente muestra. Otra forma abordada por los autores es el proceso mediante valores conocidos.

Las métricas que se proponen están compuestas por Introducción, Descripción de la Métrica y la Muestra de la misma, mostrando con valores numéricos reales la QoS simulada en la red de datos de la UCI. El proceso de simulación será explicado detalladamente en el **Epígrafe 3.5**.

### **3.3.1 Retardo en un sentido (RFC 2679).**

#### **1. Introducción.**

En esta sección [38] se escribe una de las métricas más representativas y aceptadas en el estudio del desempeño de una red, el retardo temporal. El retardo entre un host origen y un host destino resulta útil por varias razones: Muchas aplicaciones no se desempeñan bien (o directamente no funcionan) si el retardo de punta a punta entre hosts supera cierto umbral, particular de dicha aplicación. Los cambios erráticos en el retardo hacen difícil o imposible la implementación de muchas aplicaciones de tiempo real. Cuanto más grande sea el valor del retardo, más difícil será para los protocolos de capa de transporte mantener altos anchos de banda. El valor mínimo del retardo indica una estimación del retardo debido únicamente a propagación y transmisión, siendo también una medida del retardo sufrido en condiciones de baja carga.

### **2. Pérdida en un sentido.**

#### ➤ **Nombre de la métrica.**

Retardo-unidireccional-tipo-P

#### ➤ **Parámetros de la métrica.**

1. Src: dirección IP de un host.
2. Dst: dirección IP de un host.
3. T: cierto tiempo.

#### ➤ **Unidades de la métrica.**

Número real o número indefinido (infinito informalmente) de segundos.

#### ➤ **Definición**

Para un número real  $dT$ , se dice que el retardo-unidireccional-tipo-P de Src a Dst en T es  $dT$  si Src envió a Dst el primer bit del paquete tipo P en tiempo de cable T y Dst recibió el último bit de dicho paquete en tiempo de cable  $T+dT$ . Se dice que el retardo unidireccional-tipo-P es indefinido si Src envió el primer bit del paquete tipo P en tiempo de cable T y Dst no recibió dicho paquete.

#### ➤ **Discusión.**

Todo valor real de retardo será un número positivo, por lo que en principio no tendrá sentido reportar valores negativos de retardo. Sin embargo, un retardo individual que sea negativo o cero como parte de una trama puede ser útil al tratar de descubrir la distribución de los retardos.

Toda metodología de medida del retardo deberá incluir una forma de diferenciar un valor de retardo infinito (se perdió el paquete) de uno que es simplemente muy largo (pero que el paquete si llegará a su destino). La introducción de cotas superiores al retardo deben estar acompañadas de un buen entendimiento del tiempo de vida de un paquete. Si el paquete es duplicado en el camino de fuente a destino, el retardo será determinado por la primera aparición del paquete.

Si el paquete es fragmentado en el camino y por alguna razón no es reconstruido, el paquete será considerado como perdido y el retardo en consecuencia será indefinido (infinito).

#### ➤ **Metodología de medida.**

## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

- Asegurarse de que Src y Dst están mutuamente sincronizados y lo mejor posible al tiempo real actual.
- En el host Src, tomar las direcciones IP de Src y Dst y formar un paquete tipo-P de test con dichas direcciones. Cualquier información extra que se deba agregar al paquete para llegar a un cierto tamaño deberá ser generada de manera aleatoria para evitar posibles modificaciones en el retardo por las técnicas de compresión que puedan ocurrir en el camino.
- Asegurar que el host destino esté en condiciones de recibir el paquete de test. En el origen, poner un timestamp en el paquete y enviarlo al destino. Si el paquete arriba en un tiempo menor a cierta cota establecida, tomar una nueva timestamp lo antes posible. Substrayendo ambas marcas de tiempo se tendrá una estimación del retardo de Src a Dst. Si se conocen los tiempos entre el marcado del tiempo del paquete y su envío/recibo se deberán descontar para corregir la medida.
- Si el paquete no arriba en el tiempo estipulado, el retardo de Src a Dst será indefinido.

### **3. Muestra de retardo en un sentido**

Dada la medida del retardo en un sentido antes descrita, pasaremos a definir una muestra de dichas medidas. La idea de la muestra será seleccionar un conjunto de parámetros (Src, Dst, tipo de paquete de test) y realizar un conjunto de medidas entre dos tiempos  $T_i$  y  $T_f$  a una tasa  $\lambda$ . Una posible implementación es seleccionar un proceso Poisson de tasa  $\lambda$  cuyos valores caigan entre  $T_i$  y  $T_f$  y realizar la medida en cada uno de esos tiempos (el intervalo entre medidas será de  $1/\lambda$  segundos).

#### ➤ **Nombre de la métrica**

Muestra-Poisson-de-retardo-unidireccional-tipo-P

#### ➤ **Parámetros de la métrica**

1. Src: dirección IP de un host.
2. Dst: dirección IP de un host.
3.  $T_i$ : cierto tiempo.
4.  $T_f$ : cierto tiempo.
5.  $\lambda$ : tasa de generación de paquetes de test.

#### ➤ **Unidades de la métrica**

Una secuencia de pares  $[T, dT]$ , donde  $T$  es el tiempo en el que se realiza la medida y  $dT$  es el retardo medido.

## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

### ➤ **Definición**

Dados  $T_i$ ,  $T_f$  y  $\lambda$ , se calcula un proceso pseudo-randómico de Poisson que comience en  $T_i$ , finalice en  $T_f$  y tenga una tasa promedio de arribos igual a  $\lambda$ . En cada tiempo de éste proceso obtenemos el valor del retardo-unidireccional-tipo-P, formando así la secuencia de parejas tiempo-retardo.

### ➤ **Discusión**

Los valores de  $\lambda$  merecen un cuidado especial: se debe notar que un valor grande de lambda puede perturbar la red por introducir demasiados paquetes de test, mientras que un valor de  $\lambda$  pequeño puede no llegar a capturar la información buscada. La muestra es definida en términos de un proceso Poisson para evitar al máximo los posibles efectos de sincronización que un muestreo periódico podría llegar a introducir. El proceso solo marca los tiempos en los cuales se realiza la medida, por lo que en general los tiempos de llegada de los paquetes de test al destino no tendrán una distribución Poisson (debido a los efectos introducidos por la red). Por último, es importante destacar el posible problema del arribo de paquetes en desorden se tiene en cuenta al momento de armar las parejas de la secuencia.

### **3.3.2 Pérdida en un sentido (RFC 2680)**

#### **1. Introducción**

Al igual que en el caso del retardo [39], las pérdidas entre un host origen y un host destino representan uno de los parámetros de calidad más utilizado y representativo del estado de una red. El conocimiento de las pérdidas resulta útil por varias razones:

- Algunas aplicaciones no pueden ser implementadas correctamente si las pérdidas de punta a punta superan cierto umbral.
- En casos de pérdida excesiva de paquetes se hace extremadamente complicado implementar aplicaciones de tiempo real. El término "excesivo" dependerá del tipo particular de aplicación.
- A mayor pérdida de paquetes, más difícil se hace para la capa de transporte el soportar altos anchos de banda.
- La sensibilidad de las aplicaciones de tiempo real y de los protocolos de capa de transporte se ve muy afectada cuando grandes productos de retardo-ancho de banda han de mantenerse.

#### **2- Pérdida Unidireccional**

### ➤ **Nombre de la métrica**

### Pérdida-de-paquetes-unidireccional-tipo-P

#### ➤ **Parámetros de la métrica**

1. Src: dirección IP de un host.
2. Dst: dirección IP de un host.
3. T: cierto tiempo.

#### ➤ **Unidades de la métrica.**

El valor de la pérdida en un sentido es 0 (transmisión exitosa) o 1 (se perdió el paquete).

#### ➤ **Definición**

La pérdida de un paquete de Src a Dst en tiempo T es 0 si Src envió el primer bit del paquete tipo-P a Dst en tiempo de cable T y Dst recibió el paquete. Por el contrario, la pérdida es 1 si Dst no recibió el paquete.

#### ➤ **Metodología de medida**

Como en el caso anterior, los detalles de una metodología de medida dependerán del tipo de paquete que se utilice en la misma. Sin embargo, a continuación se presenta un método general de medición:

- Asegurar que Src y Dst estén sincronizados temporalmente. El grado de sincronización es un parámetro de la metodología y dependerá del umbral que se tome para considerar que un paquete se ha perdido.
- Formar el paquete de test con las direcciones IP de Src y Dst.
- Poner una estampa de tiempo en el origen y enviar el paquete.
- Si el paquete arriba en un período razonable de tiempo, el valor de la medida será 0. El umbral de lo "razonable" será también un parámetro de la metodología.
- De no arribar el paquete, el valor de la medida será 1.

### **3. Muestra de pérdida de paquetes en un sentido**

Como en el caso anterior, definimos una muestra de la pérdida de paquetes en un sentido entre Src y Dst como una secuencia de parejas tiempo-pérdida, en el intervalo  $T_i$ ,  $T_f$ . Para seleccionar los tiempos en los que se realizará cada medida individual se utilizará un proceso Poisson de parámetro  $\lambda$  (se realiza una medida cada  $1 = \lambda$  s en promedio) cuyos valores estén restringidos al intervalo  $[T_i, T_f]$ .



## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

### ➤ Nombre de la métrica

Muestra-Poisson-de-pérdida-unidireccional

### ➤ Parámetros de la métrica

1. Src: dirección IP de un host.
2. Dst: dirección IP de un host.
3. Ti: cierto tiempo.
4. Tf: cierto tiempo.
5.  $\lambda$ : tasa de eventos en recíproco de segundos.

### ➤ Unidades de la métrica

Una secuencia de pares [T, L], donde T es el tiempo en el que se realiza la medida y L es el resultado de la medida de pérdida individual (0 o 1).

### ➤ Definición

Dados  $T_i$ ,  $T_f$  y  $\lambda$ , se calcula un proceso pseudo-randómico de Poisson que comience en  $T_i$ , finalice en  $T_f$  y tenga una tasa promedio de arribos igual a  $\lambda$ . En cada tiempo de este proceso obtenemos el valor de la pérdida -unidireccional-tipo-P, formando así la secuencia de parejas tiempo-pérdida.

### ➤ Algunas estadísticas

**Pérdida promedio:** es importante observar que en general las pérdidas serán menores al 1 %, por lo que el tamaño de las muestras deberá ser mayor a lo que uno quisiera para obtener resultados representativos.

### 3.3.3 Medición de la variación del retardo (RFC 3393).

#### 1- Introducción.

La variación del retardo entre [40] paquetes constituye una de las métricas fundamentales en los servicios de tiempo real, en particular en el servicio de VoIP. La definición del ipdv (IP Packet Delay Variation) o "jitter" tiene sentido solo para paquetes dentro de un flujo de paquetes. No es menos cierto que varias aplicaciones no soportan altos niveles de jitter, principalmente por requerimientos de los sistemas de transmisión y recepción. La implementación de buffers de recepción permite mitigar los efectos de la variación del retardo entre paquetes, pero a costa del aumento del retardo global de punta a punta. El

dimensionado del tamaño de dichos buffers solo puede lograrse mediante la estimación de esta variación. El conocimiento del jitter es también importante a la hora de estudiar la dinámica de las colas de los enlaces de la red. La ventaja que tiene esta métrica sobre otras referidas a tiempos es su robustez frente a problemas de sincronización de los relojes de los equipos de las puntas. Esto permite el uso de la métrica sin restricciones de sincronización, factor por demás influyente en la medida de retardos unidireccionales.

### **2- Variación del retardo en un sentido.**

#### ➤ **Nombre de la métrica**

Variación-del-retardo-unidireccional-tipo-P

#### ➤ **Parámetros de la métrica**

1. Src: dirección IP de un host.
2. Dst: dirección IP de un host.
3. T1: cierto tiempo.
4. T2: cierto tiempo.
5. L: largo de paquete en bits (todos los paquetes del flujo deben tener el mismo tamaño).
6. F: función de selección de los dos paquetes involucrados en la métrica (por ejemplo, tomar siempre dos paquetes seguidos).
7. I1 e I2: tiempos que indican el comienzo y el fin del intervalo de medida.

#### ➤ **Unidades de la métrica**

Número real o indefinido (informalmente infinito) de segundos.

#### ➤ **Definición**

Sean I1 e I2 dos tiempos tales que el primer paquete que pasa por el punto de medida MP1 luego de I1 tiene asignado el índice 0 y el último paquete en pasar por MP1 antes de I2 tiene asignado el mayor índice. La variación del retardo para dos paquetes de Src a Dst seleccionados por la función F se define como la diferencia entre el retardo unidireccional del paquete de índice mayor en tiempo de cable T2 y el retardo del paquete 0 en tiempo de cable T1. Por lo tanto, decir que ddT es una medida de la variación del retardo unidireccional entre Src y Dst en T1, T2 significa que la fuente Src envió 2 paquetes, el primero en tiempo de cable T1 (primer bit) y el segundo en tiempo de cable T2 y que los mismos fueron recibidos en Dst en tiempos de cable dT1+T1 (último bit) y dT2+T2, dando como resultado  $ddT = dT2 - dT1$ . Si alguno

## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

de los paquetes no llega al destino la medida queda indefinida. La Fig 12 ilustra la definición de la métrica. Se supone que los paquetes  $i$  y  $k$  son seleccionados, en ese caso sería:  $ddt = dTk - dTi$ .

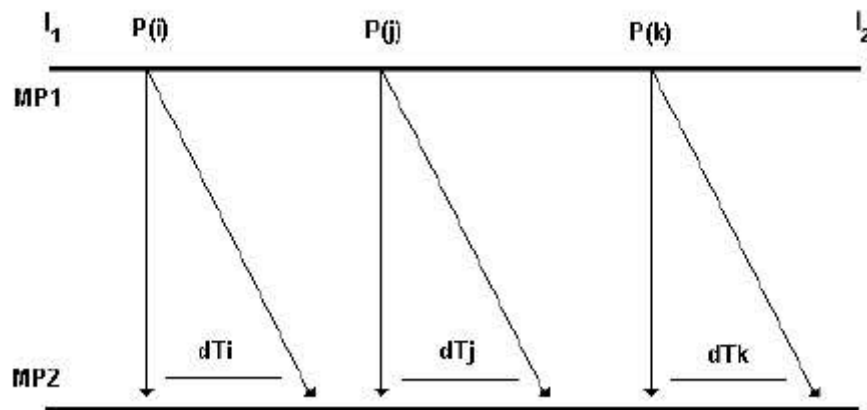


Fig # 9. Métrica para variación del retardo.

### 3. Definición de muestra de variación de retardo

La muestra permite el análisis de la variación del retardo individual. Se realizan las medidas individuales trabajando sobre un flujo de test generado mediante un proceso de Poisson de tasa  $\lambda$ .

#### ➤ Nombre de la métrica

Muestra-Poisson-de-la-variación-del-retardo-unidireccional

#### ➤ Parámetros de la métrica

1. Src: dirección IP de un host.
2. Dst: dirección IP de un host.
3. T0: cierto tiempo.
4. Tf: cierto tiempo.
5.  $\lambda$ : tasa de generación de paquetes de test.
6. L: largo de paquete en bits (todos los paquetes del flujo deben tener el mismo tamaño).
7. F: función de selección de los dos paquetes involucrados en la métrica (por ejemplo, tomar siempre dos paquetes seguidos).
8.  $li$  e  $li+1$ : tiempos que indican el comienzo y el fin del intervalo de medida.

## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

---

### ➤ **Unidades de la métrica**

Secuencia de tóuplas de la forma  $[T1; T2; dT]$  donde  $T1$  y  $T2$  son los tiempos de envío de los paquetes y  $dT$  es la diferencia de los retardos.

### ➤ **Definición**

Se define un proceso de generación de paquetes de test de tipo Poisson que comienza antes de  $T0$  y termina después de  $Tf$ . Todos aquellos tiempos  $Ti$  mayores a  $T0$  y menores a  $Tf$  son seleccionados para enviar paquetes. Todo paquete que caiga dentro del sub-intervalo  $[li; li+1]$  (intervalo que deberá ser suficientemente grande como para la muestra tenga valor estadístico) es analizado por la función  $F$ , obteniendo como resultado los dos paquetes necesarios para la medida. Cómo los paquetes pueden perderse, duplicarse o arribar en distinto orden que el enviado, los paquetes de test deben identificarse con números de secuencia. En caso de paquetes duplicados se debe tomar en cuenta la primera instancia recibida. En aquellos casos donde la medida sea indeterminada (si alguno de los dos paquetes se pierde) se deberá eliminar la medida para poder realizar análisis estadísticos (teniendo en cuenta que formalmente será un análisis condicional).

### **3.4 Validación de la propuesta.**

La validación de las métricas es un proceso de suma importancia para todo trabajo investigativo, pues le brinda un rigor científico a la investigación. Los resultados de la misma cobran su valor siempre que sea posible validar sus resultados. La validación puede asegurar que la métrica fija un determinado factor de calidad. No resulta significativo contar con una diversidad de métricas, si no se sabe si son válidas o no. Es decir que en verdad miden lo que realmente debieran medir. De esta manera, la validación constituye un aspecto crucial en la medición, ya que asegura que las medidas representen con precisión la eficiencia de los servicios que se pretenden cuantificar.

Para demostrar que la propuesta de las métricas definidas es realmente válida y resulta de utilidad para la UCI, se utiliza la herramienta MyConnection Server, para realizar las pruebas de Calidad de Servicio en la red UCI. En la investigación se utiliza con el objetivo de obtener un valor que muestre la información necesaria que ayude a determinar la QoS. Para la validación de la propuesta se utilizaron dos tipos de validación: interna y externa especificadas en el Capítulo 1.

### **3.5 Aplicación de las Métricas de Calidad de Servicio.**

Para la aplicación de las Métricas de Calidad de Servicio fue necesaria la obtención de valores numéricos que correspondieran con los parámetros de QoS que se pretenden medir con la aplicación de las Métricas propuestas. Acorde a lo especificado en la RFC 2330, se utilizarán los valores conocidos, obtenidos mediante la utilización de un software de simulación, con el objetivo de ser comparados con los valores umbrales establecidos, en pos de obtener un resultado válido.

MyConnection Server es un software de pruebas que constantemente monitorea el ancho de banda y la capacidad de conexiones de la red y brinda la posibilidad de saber la calidad de la conexión para aplicaciones críticas como VoIP e IPTV. Su utilización fue necesaria ya que los resultados obtenidos tras la culminación de cada test, pueden ser guardados, para de esta forma poder ver todos los paquetes que fueron enviados durante el período de tiempo que duró la prueba y además posee los valores de latencia, pérdida de paquetes y variación del retardo para cada uno de los paquetes enviados. Los test son realizados a través de una conexión UDP que ayuda a conocer si una conexión es lo suficientemente buena para mantener una conversación VoIP de alta calidad. Estas pruebas soportan una cantidad de códecs tales como: G.711, G.726 y G.729. Posee varias secciones que permite obtener reportes, crear pruebas dadas las especificaciones, administrar, publicar la página de pruebas para cada uno de los servicios. Si se combinan los test MyVoIP, MyRoute y MySpeed, brinda una prueba completa del estado de la conexión entre dos host establecidos.

#### **3.5.1 Test VoIP.**

Para abordar la supervisión de la calidad de los servicios de VoIP en la red de datos IP, inicialmente se podría contar con la aplicación de un número de test, para conocer, dado el estado actual de la red de la UCI, mediante la simulación de tráfico VoIP, la QoS existente, con el objetivo de comprobar la calidad de la transmisión de voz, actuando de la siguiente manera:

##### **3.5.1.1 Tráfico VoIP**

A partir de una comunicación establecida, enviar un número de paquetes desde un terminal (IP) y comprobar la recepción en el destino (IP). Este flujo de tráfico simula un flujo de tráfico UDP para Voz sobre IP. Se envían 50 paquetes por segundo, con un tamaño de 160 bytes, emulando de esta forma la codificación G.711 para VoIP con 64 Kbps.

## *Capítulo 3: Propuesta de Métricas.*

### **3.5.1.2 Tráfico de datos**

Con el fin de comparar diferentes test, se realizaron pruebas para otros códecs, como: G.729 y G.726, enviando la misma de cantidad de paquetes por segundo.

### **3.5.2 Generación de los resultados.**

El software almacena en una Base de Datos, junto con la fecha y hora de la aplicación del test, el resultado de la ejecución de un test de prueba para su posterior consulta y análisis estadístico. Además acumula y muestra periódicamente los resultados almacenados con el objetivo de generar reportes para el administrador.

Se realizaron un total de 280 pruebas, cada una de las cuales tuvieron un intervalo variable entre ellas, en diferentes momentos del día, o sea diferentes horarios y de las cuales se seleccionaron un total de 20, entre las que se encuentran test de diferentes tipos de códecs. Todos los test realizados se hicieron en un solo sentido, desde diferentes puntos de la red, hacia el servidor, como punto de referencia, obteniendo gran variedad de resultados.

### **3.6 Análisis de los resultados de la aplicación de las Métricas.**

Las métricas fueron aplicadas en diferentes tramos de la red, que comprendía las áreas de residencia y los docentes de la Universidad, en los cuales se recogió gran diversidad de datos, los cuales fueron sometidos a las métricas propuestas, arrojando como resultado la QoS asociada a ese parámetro. Después de aplicadas todas las métricas se compararon los resultados con los valores umbrales. Su aplicación aporta valores reales del estado de la red.

A continuación se muestra la tabla que representa los resultados obtenidos de la aplicación de las métricas:

<b>Métricas de Calidad de Servicio</b>	<b>Valor obtenido</b>	<b>Valor umbral mínimo</b>
Retardo en un sentido	160.7 ms	150 ms
Pérdida en un sentido	0.1 %	1%
Variación del retardo	7.35 ms	20 ms

## Capítulo 3: Propuesta de Métricas.

---

**Tabla # 3: Aplicación de las métricas**

El proceso de medir **Retardo en un sentido** es uno de los parámetros fundamentales que deben ser medidos en una red que pueda brindar servicios de VoIP. Esta métrica permite medir el retardo unidireccional en una conexión entre dos host, dando como salida un número real del retardo de la red. Tras la aplicación de la métrica en diversos tramos se obtuvo un resultado de 160.7 ms de retardo medio, siendo un valor superior al aceptado para mantener un flujo constante en la transmisión de voz.

Para medir la **Pérdida en un sentido** de los datos obtenidos tras la aplicación de las métricas se tomó como premisa, que si las pérdidas obtenidas por tramo estaban por debajo del 1% la transmisión había sido satisfactoria y por tanto su valor sería 0. Si por el contrario, las pérdidas estaban por encima del 1%, entonces su valor sería 1. El resultado final de la aplicación fue de 0.1 %, por debajo del 1% y que asegura además un flujo constante de transmisión de voz y por tanto una Calidad de Servicio alta.

La métrica **Variación del Retardo** permite saber cuál es la variación del retardo del paquete enviado. No es suficiente saber el retardo del mismo sino además saber la variación de ese retardo. En esta métrica el resultado obtenido fue de 7.35 ms, siendo el mismo un valor satisfactorio, ya que se encuentra por debajo del valor umbral.

### **3.7 Conclusiones parciales.**

En el presente capítulo se realizó la propuesta de métricas para QoS orientadas a medir los parámetros: latencia, jitter y pérdida de paquetes. Se desarrolló además la aplicación correspondiente a la propuesta mediante la utilización de la herramienta MyConnection Server y la Validación de los resultados. Se arribó a la conclusión que dicha propuesta servirá para medir la QoS en la red de la UCI, pues con su aplicación se puede comprobar la calidad de la misma a través de los resultados que esta ofrece.

Los resultados obtenidos con la aplicación de estas métricas muestran que a pesar de no encontrarse en funcionamiento e implementada en la red de datos de la universidad la tecnología VoIP, la Calidad de Servicio simulada con el software MyConnection Server fue baja debido al resultado de la latencia que es un factor de consideración a la hora de determinar la Calidad de Servicio en un red.

## Conclusiones.

### *Conclusiones*

Esta investigación aporta una propuesta de métricas de QoS aplicadas como parte de la simulación de un software, MyConnection Server, ya que en estos momentos, la red de la UCI no posee ni el equipamiento ni los mecanismos de QoS implementados para brindar servicios de VoIP. Con la aplicación de las métricas, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- ❖ La propuesta de las Métricas de QoS para VoIP brindan valores reales de Pérdida de paquetes, Variación del retardo y Latencia.
- ❖ Los resultados obtenidos de la aplicación de las métricas mostró que los valores del retardo son superiores a los valores establecidos de 150 ms, indicando que para este valor umbral no es posible enviar un flujo constante de voz a través de la red.
- ❖ La Calidad de Servicio ofertada por la red de datos IP de la UCI en su estado actual no es la más óptima, debido que es necesario poder controlar la latencia como requisito fundamental, independientemente que posea un ancho de banda ideal para su transmisión.



## *Recomendaciones*

Esta investigación propuso un conjunto de métricas para determinar la Calidad de Servicio de la red de la UCI en su estado actual. Con el fin de que esta propuesta de implemente y contribuya a mejorar la Calidad de Servicio de una red futura, se recomienda:

- ❖ Publicar los resultados de este trabajo de diploma como fuente de información para investigaciones futuras.
- ❖ Fomentar la importancia del uso de Métricas para medir Calidad de Servicio en Voz sobre IP.
- ❖ Implementar la propuesta en la red de datos UCI por medio de una aplicación informática.
- ❖ Realizar la aplicación de las Métricas de forma bidireccional.

## Bibliografía

Ohrman, Junior, Franklyn D,” *SofS Witch: Arquitecture for VoIP*”, 2004 p.

Davinson Jonathan, Peters James, “Fundamentos de voz sobre IP”. 2000 p.

Kun, I.Park, “QoS in Packets Networks”, 2005 p.

[1] Regulación 128 del MIC.

URL:<http://aceromail.aacero.co.cu/pipermail/dir-informatica/attachments/20080710/0adcebf5/attachment.pdf>

[2] La Voz sobre IP: hacia la convergencia.

URL: [http://www.fundacionorange.es/areas/25\\_publicaciones/09\\_VOIP%20.pdf](http://www.fundacionorange.es/areas/25_publicaciones/09_VOIP%20.pdf)

[3] VoIP, más de 3 millones de usuarios en Argentina.

URL: <http://www.mastermagazine.info/articulo/12903.php>

[4] Crecimiento de VoIP en Europa

URL: <http://www.ayudavoip.com/blog/crecimiento-voip-en-europa>

[5] Moreno José Ignacio, Soto Ignacio, Larrabeiti David, “*Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP*”, Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid, España.

URL: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2821806>

[6] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”. RFC 1889, Enero 1996.

URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1889.html>

[7] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”. RFC 3550, Julio 2003.

URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>

[8] Protocolos de Ruteo, EIGRP e IGRP.

URL: [http://docente.ucol.mx/al941368/public\\_html/tarea8.htm](http://docente.ucol.mx/al941368/public_html/tarea8.htm)

[9] Routing Information Protocol

URL: [http://www.gratisweb.com/gulle79/network/rip/intro\\_rip.htm](http://www.gratisweb.com/gulle79/network/rip/intro_rip.htm)

# Bibliografía

---

[10] Hernandis Hil, Francisco, “*Introducción al OSPF*”

URL: <http://www.uv.es/montanar/redes/trabajos/OSPF.doc>

[11] El Estándar VoIP Redes y servicios de banda ancha

<http://www.monografias.com/trabajos23/voz-sobre-ip/voz-sobre-ip.shtml?monosearch>

[12] Codificación Vocal

URL: <http://www.multiradio.com.ar/Soluciones/Voip-codificacionvocal.htm>

[13] Introducción a los Vocoders

URL: <http://ceres.ugr.es/~alumnos/luis/vocoders.htm>

[14]

URL: <http://www.monografias.com/trabajos55/proceso-de-desarrollo-software/proceso-de-desarrollo-software2.shtml>

[15] Métricas. Definiciones básicas.

URL: <http://catardockear.webnode.com/news/definiciones-basicas/>

[16] V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi, M.Mathis, “*Framework for IP Performance Metrics*”.

RFC 2330, Mayo 1998.

URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2330.html>

[17] Gordon T.J, Helmer Olaf, Dalkey Norman, “*Estructuración de un proceso de estructuración de grupo para ocuparse de un problema complejo. Descripción del método Delphi*”.

URL: [http://www.12manage.com/methods\\_helmer\\_delphi\\_method\\_es.html](http://www.12manage.com/methods_helmer_delphi_method_es.html)

[18] León, Rolando Alfredo Hernández. Métodos de validación. Habana: s.n., 2009

[19] E. Crawley, R. Nair, B. Rajagopalan, H. Sandick, “*A Framework for QoS based Routing in the Internet*”.

RFC 2386, Agosto 1998.

URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2386.txt>

[20] ITU-T Recommendation E-800, “*Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability*”.ITU-T E.800, Agosto 1994.

# Bibliografía

---

URL: <http://wapiti.telecom-lille1.eu/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2008-ttnfa2009/Belhachemi-Arab/files/IUT-T%20E800.pdf>

[21] P. Almquist, "Type of Service in the Internet Protocol Suite", RFC 1349, Julio 1992.

[22] J. Postel, "Internet Protocol", RFC 791, Septiembre 1981.

[23] R. Hinden, "Protocolo de Internet versión 6 (IPv6)" RFC 2460

URL: <http://www.normes-internet.com/normes.php?rfc=rfc2460&lang=es>

[24] Capítulo 2: Calidad de Servicio.

URL: <http://gos.iespana.es/capitulo2.htm>

[25] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski. "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, June 1999.

URL: <http://www.normes-internet.com/normes.php?rfc=rfc2597&lang=es>

[26] Servicios Diferenciados. Análisis y Negocio en los sistemas.

URL: <http://arantxa.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2008/anexos/Diff&IntServ.pdf>

[27] De Oliveira Guerra Sidnei, "*Una Propuesta de arquitectura MPLS/Diffserv para proveer mecanismos de Calidad de Servicio (QoS) en el transporte de la Telefonía IP*", Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. 2004

URL: <http://oa.upm.es/347/01/09200441.pdf>

[28] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)". RFC 2205, Septiembre 1997.

URL: <http://www.isi.edu/in-notes/rfc2205.txt>

[29] K. Ramakrishnan, S. Floyd, "A Proposal to add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP" RFC 2481, Enero 1999.

URL: <http://www.normes-internet.com/normes.php?rfc=rfc2481>

[30] El Estándar VoIP Redes y servicios de banda ancha

URL: <http://www.monografias.com/trabajos23/voz-sobre-ip/voz-sobre-ip.shtml?monosearch>

[31] Herramienta PING

# *Bibliografía*

---

URL: <http://es.kioskea.net/contents/outils-reseau/ping.php3>

[32] Herramienta Traceroute

URL: <http://es.kioskea.net/contents/outils-reseau/traceroute.php3>

[33] Herramienta VQManager

URL: [http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/ManageEngine\\_VQManager\\_50291\\_p/](http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/ManageEngine_VQManager_50291_p/)

[34] MyConnection Server

URL: <http://www.myconnectionserver.com/>

[35] ITU-T G.711, "Modulación por impulsos codificados de frecuencias vocales", Septiembre 1999.

URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711-199909-!!Appl/en>

[36] ITU-T Recommendation G.114, "One-way transmission time". Mayo 2003.

URL: <http://www1.cs.columbia.edu/~andrea/new/documents/other/T-REC-G.114-200305.pdf>

[37] IPPM Metrics

URL: <http://www.ietf.org/html.charters/ippm-charter.html>

[38] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A One-way Delay Metric for IPPM".

RFC 2679, Septiembre 1999

URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2679.txt>

[39] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A One-way Packet Loss Metric for IPPM".

RFC 2680, Septiembre 1999.

URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2680.txt>

[40] C. Demichelis, P. Chimento, "IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)"

RFC 3393, Noviembre 2002.

URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3393.txt>

# Anexos

## Anexos

### Anexo 1: Resultados obtenidos tras la aplicación de las Métricas

#### 1- Retardo Unidireccional

Pruebas	Retardo	Tiempo de medida inicial	Tiempo de medida final	<T, dT>
Test 1	145 ms	To=3:09 pm	Tf=3:09:10 pm	<10, 145 ms>
Test 2	18 ms	To=3:13 pm	Tf=3:13:11 pm	<11, 18 ms>
Test 3	254 ms	To=3:16 pm	Tf=3:16:10 pm	<10, 254 ms>
Test 4	123 ms	To=9: 00 pm	Tf=9:00:11 pm	<11,123 ms>
Test 5	65 ms	To=10:00 pm	Tf=10:00:05 pm	<5, 65 ms>
Test 6	54 ms	To=11:00 pm	Tf=11:00:03 pm	<3, 54 ms>
Test 7	358 ms	To=10:00 am	Tf=10:00:12 am	<12, 358 ms>
Test 8	169 ms	To=11:00 am	Tf=11:00:10 am	<10, 169 ms>
Test 9	302 ms	To=12:00 m	Tf=12:00:15pm	<15, 302 ms>
Test 10	244 ms	To= 1:00 pm	Tf=1:00:09 pm	<9, 244 ms>
Test 11	183 ms	To=9:00 am	Tf=9:00:10 am	<10,183 ms>
Test 12	9 ms	To=9:05 am	Tf=9:05:10 am	<10, 9 ms>
Test 13	14 ms	To= 9:10 am	Tf=9:10:10 am	<10, 14 ms>
Test 14	333 ms	To= 9:15 am	Tf=9:15:10 am	<10, 333 ms>
Test 15	29 ms	To=9:22 am	Tf=9:22:10 am	<10, 29 ms>
Test 16	342 ms	To= 9:27 am	Tf=9:27:10 am	<10, 342 ms>
Test 17	332 ms	To=9:32 am	Tf=9:32:10 am	<10, 332 ms>

## *Anexos*

Test 18	216 ms	To= 10:00 am	Tf=10:00:10 am	<10, 216 ms>
Test 19	380 ms	To= 10:05 am	Tf=10:05 am	<10, 380 ms>
Test 20	385 ms	To= 10:10 am	Tf=10:10:10 am	<10,385 ms>

### *2 - Pérdida en un sentido*

Pruebas	P.Promedio	Tiempo de medida inicial	Tiempo de medida final	Valor Métrica	
Test 1	0.86 %	To=3:09 pm	Tf=3:09:10 pm	0	<10,0.86 %>
Test 2	0.82 %	To=3:13 pm	Tf=3:13:11 pm	0	<11,0.82 %>
Test 3	0.52 %	To=3:16 pm	Tf=3:16:10 pm	0	<10,0.52 %>
Test 4	0.96 %	To=9: 00 pm	Tf=9:00:11 pm	0	<11,0.96 %>
Test 5	0.46 %	To=10:00 pm	Tf=10:00:05 pm	0	<5,0.46 %>
Test 6	0.26 %	To=11:00 pm	Tf=11:00:03 pm	0	<3,0.26 %>
Test 7	0.96 %	To=10:00 am	Tf=10:00:12 am	0	<12,0.96 %>
Test 8	0.78 %	To=11:00 am	Tf=11:00:10 am	0	<10,0.78 %>
Test 9	1 %	To=12:00 m	Tf=12:00:15pm	1	<15,1%>
Test 10	0.9 %	To= 1:00 pm	Tf=1:00:09 pm	0	<9,0.9 %>
Test 11	0.56 %	To=9:00 am	Tf=9:00:10 am	0	<10,0.56 %>
Test 12	0.0 %	To=9:05 am	Tf=9:05:10 am	0	<10,0.0 %>
Test 13	0.0 %	To= 9:10 am	Tf=9:10:10 am	0	<10,0.0 %>
Test 14	1 %	To= 9:15 am	Tf=9:15:10 am	1	<10,1%>
Test 15	0.0 %	To=9:22 am	Tf=9:22:10 am	0	<10,0.0 %>
Test 16	0.71 %	To= 9:27 am	Tf=9:27:10 am	0	<10,0.71 %>

## Anexos

Test 17	2.5 %	To=9:32 am	Tf=9:32:10 am	0	<10,2.5 %>
Test 18	0.89 %	To= 10:00 am	Tf=10:00:10 am	0	<10,0.89 %>
Test 19	0.63 %	To= 10:05 am	Tf=10:05 am	0	<5,0.63 %>
Test 20	0.01 %	To= 10:10 am	Tf=10:10:10 am	0	<10,0.01 %>

### *3- Variación del retardo.*

Test	Jitter	Tiempo de medida inicial	Tiempo de medida final	Tamaño del paquete
Test 1	1.4 ms	To=3:09 pm	Tf=3:09:10 pm	160 bytes
Test 2	1.5 ms	To=3:13 pm	Tf=3:13:11 pm	160 bytes
Test 3	2.8 ms	To=3:16 pm	Tf=3:16:10 pm	160 bytes
Test 4	0.9 ms	To=9: 00 pm	Tf=9:00:11 pm	160 bytes
Test 5	2.8 ms	To=10:00 pm	Tf=10:00:05 pm	160 bytes
Test 6	2.6 ms	To=11:00 pm	Tf=11:00:03 pm	160 bytes
Test 7	3.1 ms	To=10:00 am	Tf=10:00:12 am	160 bytes
Test 8	5.5 ms	To=11:00 am	Tf=11:00:10 am	160 bytes
Test 9	25 ms	To=12:00 m	Tf=12:00:15pm	160 bytes
Test 10	10 ms	To= 1:00 pm	Tf=1:00:09 pm	160 bytes
Test 11	20 ms	To=9:00 am	Tf=9:00:10 am	160 bytes
Test 12	0.0 ms	To=9:05 am	Tf=9:05:10 am	160 bytes
Test 13	0.0 ms	To= 9:10 am	Tf=9:10:10 am	160 bytes
Test 14	26 ms	To= 9:15 am	Tf=9:15:10 am	160 bytes
Test 15	3.3 ms	To=9:22 am	Tf=9:22:10 am	160 bytes
Test 16	0.4 ms	To= 9:27 am	Tf=9:27:10 am	160 bytes

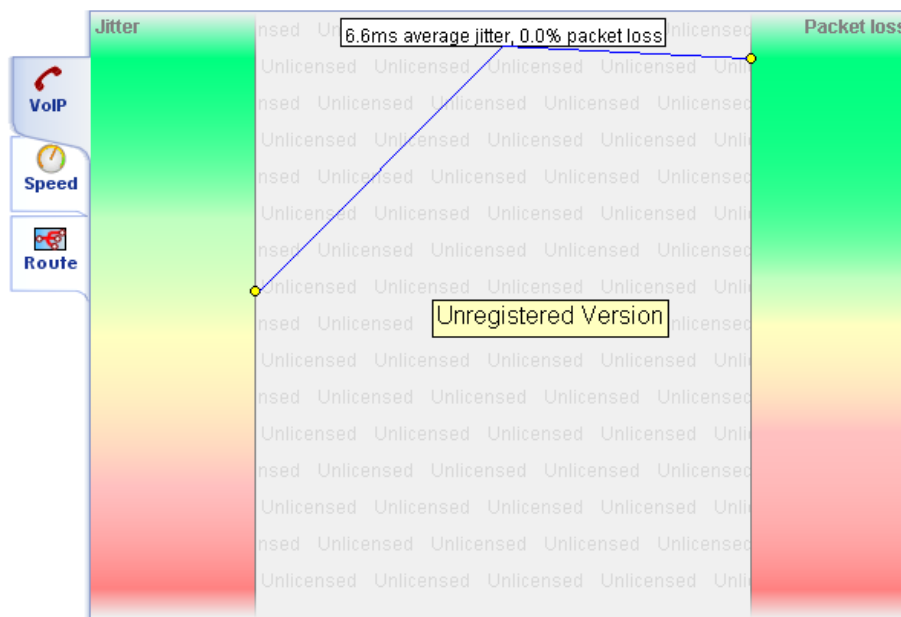


# Anexos

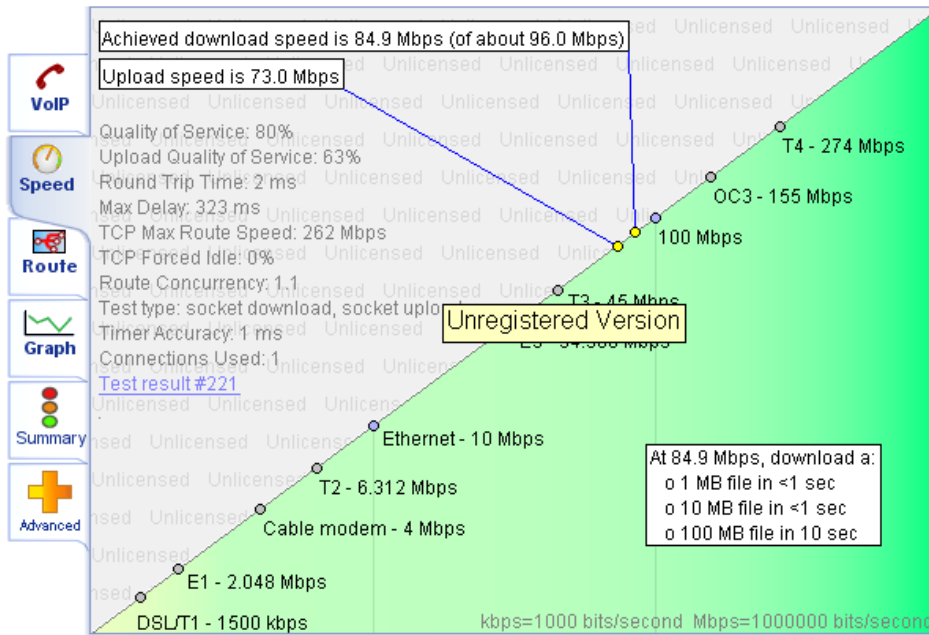
Test 17	0.45 ms	To=9:32 am	Tf=9:32:10 am	160 bytes
Test 18	6.7 ms	To=10:00 am	Tf=10:00:10 am	160 bytes
Test 19	15.1 ms	To=10:05 am	Tf=10:05 am	160 bytes
Test 20	19.5 ms	To=10:10 am	Tf=10:10:10 am	160 bytes

## Anexo 2: Herramienta MyConnection Server

### 1- Realización de los test (Resultado de VoIP)



### 2- Realización de los test (Resultado de Speed)











### 3- Resultados de los test.

Advanced Statistics	
<b>VoIP test statistics</b>	
Jitter: you --> server	6.6 ms
Jitter: server --> you	off
Packet loss: you --> server	0.0 %
Packet loss: server --> you	off
Packet discards	0.0 %
Packets out of order	0.0 %
Estimated MOS score	3.9
<b>Speed test statistics</b>	
Download speed	84941976 bps
Upload speed	73068928 bps
Download quality of service	80 %
Upload quality of service	63 %
Download test type	socket
Upload test type	socket
Maximum TCP delay	323 ms
Average download pause	1 ms
Minimum round trip time to server	2 ms
Average round trip time to server	2 ms
Estimated download bandwidth	96000000bps
Route concurrency	1.1301832
	<a href="#">View text</a>

### 4- Página principal de administración

#### 4.1 Realizar tipo de test.

### Testing

	<b>MyCapacity</b> Connection data capacity testing		<b>MyIPTV</b> IP-over-TV quality testing
	<b>MyRoute</b> Network route performance testing		<b>MySpeed</b> Connection speed and quality testing
	<b>MyVideo</b> Streaming video quality testing		<b>MyVoIP</b> Voice-over-IP quality testing
	<b>Run Custom Test</b>		<b>Publish Custom Test</b>

## 4.2 Reportes del usuario, alertas y ver las pruebas realizadas.


### Reporting

#### Standard Reports

	<b>AccessCT</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>MyCapacity</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>Errors</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>MyIPTV</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>MyRoute</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>MySpeed</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>MyVideo</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>
	<b>MyVoIP</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day by hour</a>   <a href="#">30 days by day</a>


---

#### Custom Reports

 [Show All / New](#) | [Quick Reports](#)

---

#### Alert Advisor

	<b>Summary</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day</a>   <a href="#">30 days</a>
	<b>All Alerts</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day</a>   <a href="#">30 days</a>
	<b>Critical</b> Last: <a href="#">hour</a>   <a href="#">day</a>   <a href="#">30 days</a>

[Show All / New](#)

---

#### Server Info

[System Status](#)

## 5- Administración

## Administration



### Publish Connection Test

Set up a custom web page connection test



### Remote Agents

Perform automated testing from remote locations



### SQL Configuration

Set up SQL profiles, data exports



### Server Configuration

Set up server options, security, licensing



### Tests

Define custom test processes with one or more plugins



### Satellite Servers

Set up remote test servers for remote agents



### Alerts

Receive instant notifications of poor connectivity



### AccessCT

Configure and deploy AccessCT devices

## 6- Test

### 6.1 Crear un test

## Tests Overview

MyConnection Server allows you to define tests, which can then be run using the applet or an RA. ([More information](#))

The following tests have been configured for use on this server:

*No tests have been defined yet. To define one, use the controls below.*

Create a custom test named

Create Test

### 6.2 Configuración del test.

**Perform a MyVoIP test** ([show options](#))

The Voice-over-IP plugin allows you to perform tests which measure your connection's suitability to Voice-over-IP application.

Save Test

### 6.3 Opciones del test.

# Anexos

Number of lines to simulate

Codec to simulate

Number of packets to send  per second

Size of each packet  bytes

Test duration  seconds

Packet discard time  ms

Omit the first  packets from calculations

## 6.4 Correr el test

### Custom Tests

test1 [2] [\[Run Test\]](#) | - | - | - | - | - |  | [\[modify\]](#) [\[delete\]](#)

### Predefined Tests

<b>MyCapacity</b>	<a href="#">[Run Test]</a>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-	-	-	-
<b>MyIPTV</b>	<a href="#">[Run Test]</a>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-	-	-
<b>MyRoute</b>	<a href="#">[Run Test]</a>	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-	-
<b>MySpeed</b>	<a href="#">[Run Test]</a>	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-
<b>MyVideo</b>	<a href="#">[Run Test]</a>	-	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-
<b>MyVoIP</b>	<a href="#">[Run Test]</a>	-	-	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-

## 6.5 Ver resultados del test.

Date / Time	Upstream jitter	Downstream jitter	Upstream packet loss	Downstream packet loss	Upstream packet order	Downstream packet order
<a href="#">24 Apr 2009 16:00:00 GMT-08:00</a>	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
<a href="#">25 Apr 2009 16:00:00 GMT-08:00</a>	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
<a href="#">26 Apr 2009 16:00:00 GMT-08:00</a>	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
<a href="#">27 Apr 2009 16:00:00 GMT-08:00</a>	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
<a href="#">28 Apr 2009 16:00:00 GMT-08:00</a>	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)