

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

FACULTAD 2

CENTRO DE INFORMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DOCUMENTAL (CIGED)

**TÍTULO: MÉTODO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE
PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO EN UNA RED DE ÁREA LOCAL**

Trabajo final presentado en opción al título de Máster en Informática Aplicada

Autor: Prof. Asistente., Lic. Jenisley Verde Acosta

Tutor: Prof. Auxiliar., Ing. Iván Pérez Mallea, MSc.

La Habana, Cuba

Julio de 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mi Dios, porque a él le debo todo lo que soy y todo lo que he alcanzado.

A mis dos amados hombres, mi hijo y mi esposo por la paciencia y comprensión que han tenido conmigo durante todo este tiempo.

A mis padres, principalmente a mi mamá porque ha sido mi ejemplo y guía.

A mi hermano Robe por su ayuda y consejos.

A la profesora Marelys por brindarme este tema de tesis.

Al profesor Mallea por adoptarme como su tesista cuando más lo necesitaba, gracias profe por sus consejos y su ayuda.

A mi amigo Joelsy porque su ayuda ha sido incomparable durante todo este tiempo de maestría.

A mis compañeros de trabajo, gracias por apoyarme en estos momentos difíciles.

Gracias a todos los que de una forma u otra me han brindado su ayuda.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Dios, mi fiel amigo.

A mi esposo por su amor incondicional y las horas desgastadas junto a mí: te amo.

A mi más amado tesoro, Diego mi maravilloso hijo: te amo mucho mi chiquitín.

A mi madre por apoyarme en cada momento de mi vida: gracias mami.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo Jenisley Verde Acosta, con carné de identidad 83081404092, soy la autora principal del trabajo final de maestría: “Método integral para la medición y análisis de parámetros de calidad de servicio en una red de área local”, desarrollado como parte de la Maestría en Informática Aplicada.

Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Firma del maestrante

RESUMEN

Las redes de comunicaciones se han convertido en un factor clave en los negocios, la ciencia y la sociedad, por lo que la disponibilidad de los servicios en la misma desempeña un importante rol. En consecuencia el análisis y monitoreo de redes representa una labor esencial para determinar el desempeño de la red y la calidad de los servicios que brinda la misma. Muchas soluciones actuales permiten medir el comportamiento de la red de manera eficiente y precisa, sin embargo, no abarcan todos los parámetros de calidad de servicio. El presente trabajo describe el desarrollo de un método integral para la medición y análisis de parámetros de calidad de servicio en redes de área local, a través del empleo de protocolos de red, que permita tener criterios para la toma de decisión en cuanto a necesidades y afectaciones de la misma, teniendo en cuenta la variedad de factores que influyen en su funcionamiento. En el documento se describen los conceptos fundamentales utilizados, así como el desarrollo del método que se propone para integrar los parámetros definidos en la investigación. Finalmente se valida el correcto funcionamiento del método integral para la medición y análisis de parámetros de calidad de servicio a través de pruebas realizadas por medio de su implementación en una herramienta para monitoreo de la red.

Palabras claves: Calidad de servicio, método de medición y análisis, parámetros de calidad de servicio, protocolos de red, redes de área local.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
1.1 Factores que influyen en el funcionamiento de las LAN	8
1.2 Calidad de servicio (QoS).....	9
1.3 Parámetros de calidad de servicio	9
1.3.1 Caudal.....	9
1.3.2 Latencia.....	10
1.3.3 Pérdida de Paquetes	12
1.3.4 Disponibilidad.....	12
1.4 Gestión de Redes	13
1.5 Protocolo SNMP	15
1.6 Protocolo ICMP.....	17
1.7 Evaluación de métodos que miden QoS	18
1.7.1 Herramienta PING	19
1.7.2 Herramienta Multi Router Traffic Grapher (MRTG)	19
1.7.3 Herramienta Cacti	20
1.7.4 Herramienta Zenoss	21
1.7.5 Herramienta Nagios	23
1.7.6 Herramienta Pandora FMS	24
1.7.7 Herramienta Manage Engine OpManager	26
Conclusiones Parciales	28
CAPÍTULO 2. MÉTODO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE QoS	30
2.1 Descripción del método propuesto	30
2.1.1 Etapas del método	30
2.2 Estructuración del método por parámetro	33
2.2.1 Método de medición de la Latencia	33
2.2.2 Método de medición del Caudal	36

2.2.3 Método de medición de Pérdida de Paquetes.....	37
2.2.4 Método de medición de la Disponibilidad	40
2.3 Integración del método de medición de los parámetros de QoS en una herramienta de medición	47
Conclusiones Parciales	47
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1 Herramienta de monitoreo de red desarrollada.....	48
3.1.1 Herramientas y tecnologías	49
3.1.2 Patrones de diseño	51
3.1.3 Patrón de arquitectura	54
3.2 Procedimiento seleccionado para la evaluación del Método de medición de parámetros de QoS.....	54
3.3 Entorno desarrollado para el primer tipo de prueba.....	55
3.3.1 Análisis del parámetro Caudal en entorno controlado de prueba	56
3.3.2 Análisis del parámetro Latencia en entorno controlado de prueba	58
3.3.3 Análisis del parámetro Pérdida de Paquetes en entorno controlado de prueba	60
3.3.4 Análisis del parámetro Disponibilidad en entorno controlado de prueba	61
3.4 Entorno desarrollado para el segundo tipo de prueba	62
3.4.1 Análisis del parámetro Caudal en entorno real.....	62
3.4.2 Análisis del parámetro Latencia en entorno real	64
3.4.3 Análisis del parámetro pérdida de paquetes en entorno real	66
3.4.4 Análisis del parámetro disponibilidad en entorno real	66
Conclusiones Parciales	67
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Eventos de retardo de transferencia de paquetes IP (ilustración de la transferencia de extremo a extremo de un solo paquete IP). Tomado de la Rec. UIT-T Y.1540 (03/2011).	11
Figura 2: Arquitectura de sistema de gestión de redes.	14
Figura 3: Elementos del protocolo SNMP.	15
Figura 4: Datagrama del protocolo ICMP.....	18
Figura 5: Estructura del método.	31
Figura 6: Proceso de envío de paquetes de un equipo a otro.	35
Figura 7: Correspondencia entre requisitos QoS de usuario y servicios.....	44
Figura 8: Arquitectura de despliegue.	49
Figura 9: Diagrama de clases del diseño.....	53
Figura 10: Arquitectura modelo/vista de Qt.	54
Figura 11: Entorno controlado de prueba.	56
Figura 12: Análisis de parámetro caudal de entrada.	58
Figura 13: Análisis de parámetro caudal de salida.	58
Figura 14: Prueba utilizando comando PING.	58
Figura 15: Prueba utilizando Herramienta.	59
Figura 16: Análisis del comportamiento del parámetro latencia.	60
Figura 17: Prueba utilizando herramienta para análisis de pérdida de paquetes.	61
Figura 18: Nivel de detalle de la pérdida de paquetes.....	61
Figura 19: Prueba utilizando herramienta para análisis de disponibilidad.....	62
Figura 20: Gráfica de Cacti medición de parámetro Caudal.	63
Figura 21: Gráfica herramienta desarrollada midiendo parámetro Caudal.....	63
Figura 22: Análisis de latencia con comando PING.....	64
Figura 23: Análisis de latencia con herramienta.	65
Figura 24: Análisis del comportamiento del parámetro latencia.	66
Figura 25: Análisis de la disponibilidad con herramienta Cacti.	67
Figura 26: Análisis de la disponibilidad con herramienta desarrollada.	67

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Herramientas de medición de redes.	28
Tabla 2: Resumen de umbrales para la disponibilidad.	43
Tabla 3: Resumen de disponibilidad por servicio de acuerdo a tolerancia de latencia y pérdida de paquetes.....	46
Tabla 4: Análisis de parámetro caudal.....	57
Tabla 5: Análisis de parámetro latencia.....	60
Tabla 6: Comparación de herramientas para análisis del parámetro caudal.	64
Tabla 7: Análisis de parámetro latencia en entorno real.....	66

INTRODUCCIÓN

El avance continuo de las tecnologías informáticas ha ocasionado una dependencia de su uso, constituyendo de esta forma una fuente de conocimiento, entretenimiento y comunicación, que ha convertido a los tiempos actuales en la “Era de la Información”.

En el contexto de las redes de información o también llamadas redes telemáticas se brindan múltiples servicios con notables facilidades y beneficios para el desarrollo de las nuevas tecnologías. Entre estos servicios se destacan: correo electrónico, transmisión de archivos, consulta a páginas Web, comercio electrónico, publicaciones periódicas en texto completo, boletines electrónicos, sistemas de conferencias, foros electrónicos, etc.

Las actuales redes de telecomunicación se caracterizan por un constante incremento del número, complejidad y heterogeneidad de los recursos que la componen. Los principales problemas relacionados con la expansión de las redes son la gestión de su correcto funcionamiento y la planificación estratégica de su crecimiento. Debido a esto el análisis y monitoreo de redes se ha convertido en una labor cada vez más importante y de carácter pro-activo para determinar el desempeño de la red.

Las redes se pueden clasificar en:

- Red de área personal (PAN) es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal.
- Red de área local (LAN) es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc., para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones.
- Red de área de campus (CAN) es una red que conecta dos o más LAN las que deben estar conectadas en un área geográfica específica tal como un *campus* de universidad, un complejo industrial o una base militar.
- Red de área metropolitana (MAN) es una red de alta velocidad que tiene cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo.

- Red de área amplia (WAN) ocupa un área geográfica extensa, a veces un país o un continente, y su función fundamental está orientada a la interconexión de redes o equipos terminales que se encuentran ubicados a grandes distancias entre sí.

En la actualidad se utiliza ampliamente la expresión Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service), no sólo en el ámbito de las telecomunicaciones, del cual proviene, sino también en los servicios de banda ancha, inalámbricos y multimedias, que usan el Protocolo Internet (IP, Internet protocol) (1).

El término QoS, se define según la Unión Internacional de Telecomunicaciones en ITU E.800 como: “Efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio, que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio” (2).

QoS permite, a través de su implementación en una red de comunicaciones, ofrecer un mejor servicio en ciertos flujos de información, elevando o limitando su prioridad al viajar a través de la red (3).

Suele venir dirigida a un conjunto de técnicas y procedimientos utilizados para dar un tratamiento preferente a unas clases de tráfico frente a otras. 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 los que se conocen como parámetros de QoS o parámetros NP (Network Performance, Rendimiento de Red). Términos que aseguran un grado de fiabilidad preestablecido que cumpla los requisitos de tráfico, en función del perfil y caudal para un determinado flujo de datos.

Las redes de área local no están exentas de brindar QoS, ya que ellas desempeñan un papel importante, tanto en empresas como en centros de estudio e investigación. Son capaces de facilitar el intercambio de datos informáticos, voz, vídeo, telemetría y cualquier otra forma de comunicación electrónica. A estas posibilidades se unen servicios como correo electrónico, acceso a Internet, transmisión multimedia, entre otros, generando un gran tráfico en la red, lo cual trae consigo que los mismos no funcionen satisfactoriamente en todo momento. Es en este aspecto, que desempeña un papel importante la QoS en las redes informáticas.

Existen diferentes formas para medir los parámetros de QoS en una red, las que están divididas en dos grandes grupos uno donde se encuentran las herramientas de gestión de redes y otro donde se encuentran los modelos de evaluación y simulación de las redes. Pero ninguno de estos dos grupos permite realizar un análisis de los parámetros de QoS de manera que contribuyan a la toma de decisión, por ejemplo:

- Los modelos de simulación, permiten realizar predicciones y son flexibles en la variedad de equipos y servicios a analizar, pero estos modelos en su mayoría están implementados en simuladores de redes que no evalúan los parámetros a partir de eventos reales, lo que reduce la precisión de sus resultados.
- Las herramientas de gestión, pese a su variedad desde opciones privativas hasta gratuitas suelen ser una solución en el monitoreo de red, sin embargo su empleo para evaluar el comportamiento a través de análisis del rendimiento y la calidad de los servicios que proporcionan las redes presenta dificultades por consecuencia de lo siguiente:
 - Cada red es distinta, y los requisitos en cuanto a parámetros de QoS varían de acuerdo a sus necesidades, encontrándose herramientas que no cumplen en su totalidad con todos los parámetros necesarios para el análisis de su rendimiento. Lo que provoca que tengan que instalarse varias aplicaciones a la vez.
 - Su principal función se centra en brindar información acerca de la disponibilidad y funcionamiento de los servicios que provee la red, pero no muestra los detalles de comunicación. Lo que puede ocasionar pérdidas de tiempo y bajas en la productividad cuando ocurran problemas en la red o simplemente no poder tener criterios importantes para la toma de decisiones en cuanto a necesidades y afectaciones de la misma.
 - Los métodos que emplean las herramientas de medición en ocasiones resultan ineficientes ya que, o no miden todos los parámetros o lo hacen de forma superficial, lo que provoca que no

se llegue a obtener la información necesaria para un análisis integral del comportamiento de la red.

Partiendo de esta situación se determina como **problema de la investigación**: La ausencia de un método que permita medir correctamente y de manera integral los parámetros de QoS en una LAN teniendo en cuenta la variedad de factores que influyen en su funcionamiento.

El **objeto de estudio** de esta investigación se enmarca en: Medición de parámetros de red.

Para dar respuesta al problema planteado, se ha propuesto como **objetivo general**: Desarrollar un método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS en una LAN, a través del empleo de protocolos de red, que permita tener criterios para la toma de decisión en cuanto a necesidades y afectaciones de la red, teniendo en cuenta la variedad de factores que influyen en su funcionamiento.

Cuyo **campo de acción** está enmarcado en: Medición de parámetros de QoS en una LAN.

Como **hipótesis** se propone: La aplicación de un método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS permitirá medir correctamente y de manera integral los parámetros de QoS en una LAN teniendo en cuenta la variedad de factores que influyen en su funcionamiento, permitiendo tener criterios para la toma de decisión.

Los **objetivos específicos** establecidos para la investigación son:

- Analizar los antecedentes y aspectos teóricos relacionados con los parámetros de QoS y las diferentes herramientas de medición de red que existen.
- Implementar el método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS.
- Validar el correcto funcionamiento del método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS.

Las **tareas de investigación** desarrolladas son:

- Investigación de los principales conceptos y definiciones asociados a los parámetros de QoS para fundamentar las bases teóricas de la investigación.
- Análisis de herramientas de medición de red para determinar cómo obtienen los parámetros de QoS que miden.
- Implementación del método integral para la medición y análisis de los parámetros de QoS.
- Desarrollo de la herramienta de medición de red para el uso del método de medición y análisis de parámetros de QoS.
- Validación del método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS por medio del empleo de la herramienta desarrollada para comprobar su correcto funcionamiento.

El método científico es la forma de abordar la realidad, de estudiar los fenómenos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, con el propósito de descubrir su esencia y sus relaciones (4). Para el desarrollo de la investigación se utilizan los siguientes **métodos científicos**:

Métodos Teóricos:

- Analítico – Sintético: Para analizar y extraer de la documentación especializada los aspectos relacionados con los parámetros de medición de QoS. En el estudio del uso y de las características de los protocolos de red, lo que facilitó la búsqueda de conceptos fundamentales para el desarrollo de la investigación.
- Hipotético – Deductivo: Se empleó en la determinación de la hipótesis de la investigación.
- Histórico – Lógico: Se utilizó en el estudio de las diferentes herramientas de medición de redes que existen en la actualidad, para determinar el uso, las ventajas y desventajas de las mismas.
- Modelación: En la elaboración del método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS.

- **Sistémico:** Se utilizó para estudiar la dependencia que existe entre los parámetros de QoS y posibilitar la integración del método para la medición de los parámetros de QoS.

Métodos Empíricos:

- **Documental:** Se utilizó para consultar bibliografía en fuentes de carácter documental tales como libros, artículos y ensayos.
- **Observación:** Se utilizó en dos momentos en la investigación. El primer momento para determinar el problema por el cual se realiza esta investigación y nuevamente se emplea para determinar que el objetivo de la investigación fue alcanzado.
- **Experimentación:** Para validar las ideas expuestas en la hipótesis y demostrar que es posible una solución.

La investigación presenta los siguientes aportes:

A partir del desarrollo del método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS se obtienen:

- Indicadores importantes que permiten determinar el rendimiento y funcionamiento de la red como: Tamaño de la trama, cantidad de colisiones, efecto de las colisiones tardías, número de estaciones, tiempo de ida y vuelta, nivel de ocupación del canal, tasa de transferencia, paquetes descartados, congestión, entre otros.
- Vincular las variables que proporcionan los protocolos de red para calcular y determinar los parámetros de QoS.

Como valor agregado de la investigación se presenta:

- A partir del método integral para la medición y análisis se obtiene una herramienta que permite medir parámetros en una red de área local.
- La medición a través del empleo del método integral, permite contribuir a la toma de decisiones en cuanto a la administración de la red.

La presente tesis está compuesta por: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

Capítulo 1: Se analizan los elementos esenciales que contribuyen al fundamento teórico acerca de los términos que definen la QoS en una LAN, lo que permite establecer los parámetros más significativos. Además se realiza un estudio de herramientas de monitoreo de red que existen en la actualidad, para determinar cómo miden los parámetros de QoS que se analizan en la investigación.

Capítulo 2: Aborda la concepción y desarrollo del método de medición y análisis integral de parámetros de QoS.

Capítulo 3: Contiene la evaluación de los resultados alcanzados en la investigación, los que permitieron confirmar la factibilidad, pertinencia y contribución del método de medición y análisis integral de parámetros de QoS propuesto.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se abordan primeramente los factores que influyen en el funcionamiento de las redes de área local, se tratan conceptos de QoS y se definen los diferentes parámetros de QoS que se miden en la investigación. Además se hace alusión a aspectos importantes de los protocolos de red usados para la gestión de dispositivos y servicios en red. Se realiza un estudio detallado de herramientas que existen en la actualidad para el monitoreo y análisis de la salud de la red, con el fin de determinar cómo obtienen los parámetros de QoS que analizan. Estudio que contribuye al sustento teórico de esta investigación.

1.1 Factores que influyen en el funcionamiento de las LAN:

El funcionamiento de una LAN depende fundamentalmente de tres factores (5):

- El tamaño de trama utilizado: Es considerado el factor que más influye en el rendimiento de una red de área local. A mayor tamaño de trama mayor rendimiento. Si el tamaño de la trama es pequeño aumenta el riesgo de colisiones.
- El número de estaciones: Si hay varias estaciones transmitiendo en una misma red, el riesgo de colisiones será mayor, ya que al aumentar el número de transmisores su distribución en el tiempo es más aleatoria y hay mayor probabilidad de que dos o más colisionen. Dado un nivel de ocupación constante, el número de colisiones disminuye si se reduce el número de estaciones transmisoras.
- El tiempo de ida y vuelta: El número de colisiones disminuye si se reduce el tiempo de ida y vuelta entre las estaciones que transmiten en la red.

Estos factores planteados anteriormente influyen en gran medida en el funcionamiento de las LAN. Ahora hay que tener en cuenta que la calidad de funcionamiento de la red es una expresión de la calidad de funcionamiento del elemento de conexión, o concatenación de elementos de conexión empleados para prestar un servicio. Se define y mide en términos de parámetros significativos, que se utilizan con fines de diseño, configuración, explotación y mantenimiento del sistema.

La calidad de funcionamiento de la red se define según la Recomendación M.1230 como: “Aptitud de una red o parte de una red para proporcionar las funciones relativas a las comunicaciones entre usuarios” (6).

1.2 Calidad de servicio (QoS):

La calidad de servicio puede verse desde dos puntos de vista: la calidad de funcionamiento de la red y la calidad percibida por el usuario. En esta última gran parte de la satisfacción del usuario tendrá relación con el funcionamiento de la red, es por ello que determinados trabajos de la QoS se orientan a los aspectos técnicos de la red, como los originados por el Comité de Tareas de Ingeniería de Internet IETF RFC 2386, este define la QoS como: “Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo” (7; 8), por lo que la calidad del funcionamiento de la red se puede ver a partir de parámetros de QoS que están en consonancia con las exigencias de los usuarios.

1.3 Parámetros de calidad de servicio:

Existen parámetros de QoS que se utilizan para evaluar la calidad de ciertos aspectos de un servicio, los que permiten determinar el rendimiento de una red, la calidad en la comunicación y si el servicio que se brinda o que se recibe es el deseado. Los parámetros de calidad de servicio también se pueden seleccionar para medir la calidad global de un servicio, tal como la percibe el usuario. Por consiguiente, la gama de utilidades de los parámetros de QoS pueden ir de una evaluación pormenorizada de la calidad a una simple evaluación de la opinión general sobre un servicio.

En el contexto de las LAN que es donde está enmarcada esta investigación, los parámetros más significativos a analizar considerados por varias bibliografías son: caudal, latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad (9; 10).

1.3.1 Caudal:

El caudal se define como el tráfico total de datos que es recibido con éxito por el nodo destino en un tiempo determinado (10). Es la medida de la capacidad de canal inherente a una red, y determina la cantidad de información que se puede enviar por un canal de

comunicaciones. Se indica generalmente en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (kbps), o megabits por segundo (Mbps).

Representa las probabilidades reales de satisfacción de QoS. Refleja los dos factores de los que depende, el comportamiento general de una red y sus posibilidades de desarrollo en su desempeño que son: el ancho de banda y la velocidad de transmisión de información. Representa en sí la capacidad del canal de comunicación.

La estimación del ancho de banda disponible entre dos nodos extremos de una red puede ser usada para evaluar o mejorar el comportamiento de diferentes aplicaciones de red (11; 12).

1.3.2 Latencia:

Latencia informática es el tiempo que tarda un dato en estar disponible desde que se realiza su petición. Se puede comparar con el tiempo de reacción. Se mide en nanosegundos (ns) o en milisegundos (ms). Mientras menor es la latencia mejor es el funcionamiento de la red (13).

En redes informáticas de datos se denomina latencia a la suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red (14).

Se define también como la medida de tiempo, específicamente el tiempo que le toma a un paquete viajar de un punto en la red a otro punto. Es un atributo de todo componente de red. Es el resultado de todos los procesos de comunicaciones (buffering, switching, retardo de propagación, etc.) (14). A continuación se muestra la Figura 1 que representa elementos del retardo.

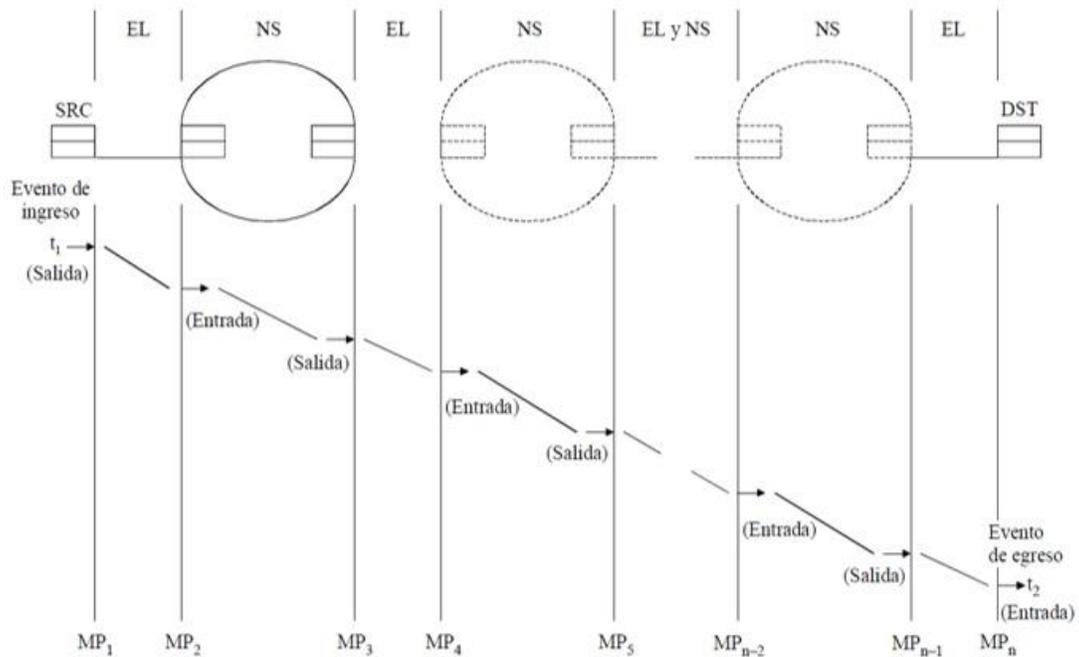


Figura 1: Eventos de retardo de transferencia de paquetes IP (ilustración de la transferencia de extremo a extremo de un solo paquete IP). Tomado de la Rec. UIT-T Y.1540 (03/2011).

Suelen distinguirse dos formas fundamentales de medir la latencia: el retardo en un sentido (OWD), y el retardo de ida y vuelta (RTT) (15).

El retardo en un sentido se puede medir sin ningún problema en el caso de utilizar entornos de laboratorio en los que toda la información sobre los eventos está disponible para el usuario. También se puede medir correctamente cuando los relojes de las máquinas origen y destino están sincronizados (15).

En el caso de medidas con máquinas reales, muchas veces ocurre que se encuentran alejadas y por tanto no es fácil sincronizarlas. Existen protocolos de sincronización como NTP (Network Time Protocol), pero con frecuencia su precisión no es suficiente para las medidas que se requieren en el caso de servicios interactivos. Se puede recurrir al uso de GPS (Global Positioning System) para sincronizarlos, pero resulta una solución cara (15).

En muchos casos se utiliza como medida el retardo de ida y vuelta y se estima el retardo en un sentido como su mitad. De esta manera, los tiempos de envío y recepción se miden con el reloj de la máquina origen (15).

1.3.3 Pérdida de Paquetes:

La pérdida de paquetes representa una de las principales causas de descenso en la calidad de las redes. Corresponde a la probabilidad promedio de que uno o más paquetes que viajan por la red sean descartados y no alcancen su destino.

Este parámetro indica el porcentaje de paquetes que no llegan a su destino respecto del total de paquetes enviados, normalmente se expresa en tanto por cien. Esta pérdida puede producirse por errores en alguno de los equipos que permiten la conectividad de la red o por sobrepasar la capacidad de algún buffer de algún equipo o aplicación en momentos de congestión (14).

Refleja el desempeño de la red en relación con el comportamiento del control de acceso al medio y el control de errores. Además tiene una influencia significativa en el comportamiento de otros parámetros de QoS como la latencia, el caudal y la disponibilidad.

1.3.4 Disponibilidad:

La disponibilidad indica la utilización de los diferentes recursos y se especifica en tanto por cien (10). En la práctica es una medida de la garantía de ejecución de la aplicación a lo largo del tiempo y depende de factores tales como:

- Disponibilidad de los equipamientos utilizados en la red propietaria (red del cliente).
- Disponibilidad de la red, para cumplir con determinados requisitos de QoS.

La disponibilidad de la red puede afectar considerablemente la calidad de servicio. Si la red no está disponible (aún por períodos cortos de tiempo), el usuario o la aplicación pueden experimentar un rendimiento no deseado e impredecible.

1.4 Gestión de Redes:

Para determinar el desempeño, rendimiento y disponibilidad de la red se emplean las herramientas de gestión de redes. El objetivo de la gestión de redes es mejorar la disponibilidad y rendimiento de las mismas e incrementar su efectividad, lográndose una mayor productividad en la entidad y un aumento de la satisfacción de los usuarios.

“La Gestión de Redes tiene como propósito la utilización y coordinación de los recursos para planificar, organizar, mantener, supervisar, evaluar, y controlar los elementos de las redes de comunicaciones para adaptarse a la calidad de servicio necesaria, a un determinado costo” (16).

“La gestión de redes incluye el despliegue, integración y coordinación del hardware, software y los elementos humanos para monitorizar, probar, sondear, configurar, analizar, evaluar y controlar los recursos de la red para conseguir los requerimientos de tiempo real, desempeño operacional y calidad de servicio a un precio razonable” (16).

Áreas Funcionales de Gestión (17):

- Gestión de Configuración: Proceso de obtención de datos de la red y utilización de los mismos.
- Gestión de Rendimiento: Facilidades dedicadas a evaluar el comportamiento de objetos gestionados y la efectividad de determinadas actividades.
- Gestión de Contabilidad: Tiene como misión la recolección de estadísticas que permitan generar informes de tarificación que reflejen la utilización de los recursos por parte de los usuarios.
- Gestión de Fallos: Conjunto de facilidades que permiten la detección, aislamiento y corrección de una operación anormal.
- Gestión de Seguridad: Aspectos que son esenciales en la gestión de red y que permiten proteger los objetos gestionados.

El método de medición se encuentra ubicado en el área de la gestión de rendimiento, que es la que permite medir datos o variables, indicadores de rendimiento (caudal de la red, los tiempos de respuesta o latencia, etc.), establecer métricas y parámetros de

calidad de servicio, monitorear todos los recursos para detectar cuellos de botella en el desempeño y traspasos de los umbrales, realizar medidas y análisis de tendencias para predecir fallas que puedan ocurrir, procesar los datos medidos y elaborar reportes de desempeño (17).

Elementos de un sistema de gestión de redes ver Figura 2:

- El gestor.
- El agente.
- El protocolo de gestión.
- La base de información de la administración (MIB).



Figura 2: Arquitectura de sistema de gestión de redes.

Existen diversos protocolos para la administración de las redes informáticas, entre los que cabe destacar: ICMP (Protocolo de Mensajes de Control de Internet), TMN (protocolo para la Administración de Redes de Telecomunicaciones, definido por la ITU-T para la gestión de sistemas abiertos en una red de comunicaciones), y SNMP (Protocolo Simple de Administración de Redes, desarrollado para el intercambio de datagramas en redes). El más difundido y utilizado en el mundo para las tareas de administración de redes es SNMP (18), se utiliza para realizar labores de monitoreo de redes y es capaz de entregar información requerida por los indicadores de desempeño. Los agentes de los equipos brindan gran cantidad de datos sobre el estado de la red y la información se actualiza en los equipos en tiempo real.

1.5 Protocolo SNMP:

SNMP es un protocolo del conjunto definido por la Fuerza de Trabajo en Ingeniería de Internet (IETF o Internet Engineering Task Force), clasificado en el nivel de aplicación del modelo TCP/IP, que está diseñado para facilitar el intercambio de información entre dispositivos de red y es ampliamente utilizado en la administración de redes para supervisar el desempeño, la salud y el bienestar de una red, equipo de cómputo y otros dispositivos. Es un protocolo de nivel de aplicación para consulta a los diferentes elementos que forma una red, (routers, switches, hubs, hosts, modems, impresoras, etc.) (19). A continuación se muestra la Figura 3 que representa elementos del protocolo SNMP.

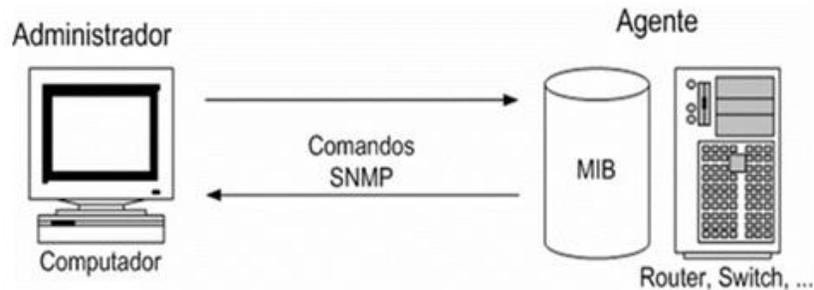


Figura 3: Elementos del protocolo SNMP.

Elementos de la arquitectura SNMP (20):

- **Nodos administrados:** Ejecutan agentes SNMP¹ y consola de administración. Los recursos administrados pueden ser enrutadores, servidores, conmutadores, entre otros.
- **Estructura e identificación de la información sobre la administración (SMI):** Una especificación que permite definir las entradas en una MIB. SMI presenta una estructura en forma de árbol global para la información de administración, convenciones, sintaxis y las reglas para la construcción de MIB.

¹ Agentes SNMP: Programas contenidos dentro de los dispositivos SNMP con el objetivo de responder las peticiones realizadas a los dispositivos o enviar notificaciones del estado de determinadas variables. Se encargan de actualizar, en tiempo real, las variables de estado de los dispositivos.

- **MIB:** Una base de datos relacional (organizada por objetos o variables y sus atributos o valores) que contiene información del estado y es actualizada por los agentes.

SNMP define cinco tipos de mensajes de intercambio entre gestor y agente que se denominan unidad de datos de protocolo (21) estos son:

- **Get-request:** Utilizado por la estación de gestión para obtener el valor de una o más variables MIB del agente SNMP de la estación remota.
- **Get-next-request:** Es similar a la anterior, con la diferencia que se obtiene el valor de una variable sin definirla explícitamente. De hecho se obtiene el valor de la variable que sigue a la especificada dentro de la ordenación de la MIB.
- **Response:** Es la respuesta del agente a una petición del gestor devolviendo el valor de una o más variables.
- **Set-request:** Constituye el mecanismo para que el gestor modifique los valores de las variables MIB de la estación remota.
- **Trap:** Cuando se produce un determinado evento o condición en la estación remota, el agente envía un mensaje para notificarlo al gestor. Dado que el mensaje se envía de forma asíncrona y en cualquier momento, la estación de gestión debe monitorizar la red en todo instante.

SNMP se puede implementar a partir de comunicaciones UDP² o TCP³, pero por norma general, se suelen usar comunicaciones UDP en la mayoría de los casos. Con UDP, el protocolo SNMP se implementa al utilizar los puertos 161 y 162, donde:

- El puerto 161 se utiliza para las transmisiones normales de comando SNMP.
- El puerto 162 se utiliza para los mensajes de tipo “trap” o interrupción.

² UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario), es un protocolo que proporciona un nivel de transporte no fiable de datagramas, ya que apenas añade la información necesaria para la comunicación extremo a extremo al paquete que envía al nivel inferior.

³ TCP (Protocolo de Control de Transmisión), es un protocolo de comunicación orientado a conexión fiable del nivel de transporte.

La MIB es una base de datos virtual que define las características de un dispositivo gestionado, que se puede supervisar mediante un software SNMP (20). Se encuentran preparadas para realizar tareas especializadas. Existen MIB básicas que se encuentran disponibles en la mayoría de los dispositivos de red. Dentro de ellas se encuentran los objetos de MIB, equivalentes a los objetos administrados, que representan el campo de la MIB donde se encuentra la característica variable del objeto administrado. Los objetos dentro de la MIB poseen un formato característico, dentro de él se da el nombre del objeto, el permiso de acceso, estado y la descripción (22).

La estructura de la MIB es de árbol. Cada nodo está compuesto por una etiqueta que lo nombra y un identificador numérico único continuo en el nivel de profundidad donde se encuentra. En caso de que el nodo sea hoja entonces también estará el valor en el formato correspondiente al tipo de dato que represente. La MIB define un conjunto de variables estándares para todos los dispositivos administrados, la definición de dichas variables se encuentra registrada en el estándar RFC1156.

1.6 Protocolo ICMP:

ICMP es uno de los protocolos de la capa de red en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (modelo OSI). Su tarea es manejar la función de control del funcionamiento correcto de la red, se utiliza para enviar todo tipo de mensajes de nivel bajo, que comprenden las irregularidades detectadas durante las conexiones de red (23).

La comunicación con el uso del protocolo ICMP consiste en transmitir las adecuadas informaciones sobre los errores descubiertos durante la conexión entre dos dispositivos. Las informaciones individuales tienen la forma de los paquetes correctamente formateados (en inglés llamados datagrams), que después se encapsula en una trama de protocolo IP.

Formato de un mensaje ICMP:

Cada mensaje ICMP contiene tres campos que definen su propósito y proporcionan una suma de comprobación. Estos campos son tipo, código y suma de verificación. El campo tipo identifica el mensaje ICMP, el campo de código proporciona más información sobre el campo de tipo asociado y la suma de verificación proporciona un método para

determinar la integridad del mensaje. Entre los tipos definidos se encuentran: Echo Reply, Destination Unreachable, Echo Request, Time Exceeded. El tipo Echo Reply es el más utilizado para probar la conectividad IP conocida comúnmente como PING de ICMP y es usado para medir los tiempos de respuesta y retardo en la conexión entre dos equipos (23).

A continuación se muestra la Figura 4, que contiene el datagrama definido para el protocolo ICMP.

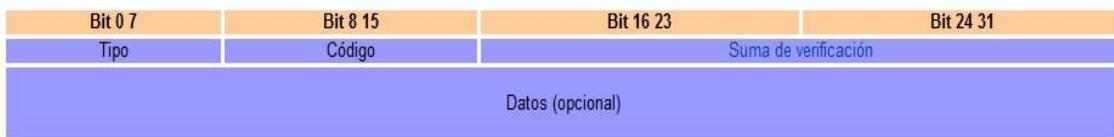


Figura 4: Datagrama del protocolo ICMP.

1.7 Evaluación de métodos que miden QoS:

Los métodos que se utilizan para medir parámetros de QoS se encuentran mayormente implementados en herramientas de gestión y monitoreo de redes, las que permiten realizar un análisis integral de la infraestructura y servicios.

A la hora de elegir un sistema de monitoreo de red se debe tener presente varios factores, tanto humanos, económicos como de infraestructura. Los aspectos principales para el desarrollo de este estudio están constituidos por los parámetros de QoS que se requieren. Es por ello que los aspectos distintivos tomados como referencia durante los análisis de las herramientas están enmarcados en:

- Los parámetros de QoS que se miden por cada herramienta estudiada.
- La precisión con la que estas herramientas miden los parámetros de QoS que se requieren.
- Licencia que presenta la herramienta analizada.

Sobre la base del análisis profundo y de la comparación, surgieron las limitaciones y virtudes de las diferentes herramientas investigadas. Lo que contribuyó a la estructuración de la solución encontrada al problema de investigación a resolver.

En los epígrafes que continúan, en este capítulo, se observan en detalle los aspectos abordados anteriormente.

1.7.1 Herramienta PING:

PING (de sus siglas en inglés Packet Internet Groper) es una utilidad para el diagnóstico de la conexión entre dos dispositivos en una red TCP/IP. Envía uno o más datagramas a un host de destino determinado solicitando una respuesta y mide el tiempo que tarda en retornarla. Utiliza los mensajes Eco y Respuesta al Eco ("Echo Request", "Echo Reply") de ICMP. El dispositivo destino debe estar configurado para responder al PING (24).

Además del diagnóstico de conexión, la utilidad PING permite obtener el RTT, es decir, es una herramienta que puede utilizarse para la medición de la métrica de latencia (24).

Esta herramienta muestra el nombre del "host" destino, la estadística de la cantidad de paquetes transmitidos, cantidad de paquetes recibidos, la pérdida porcentual de paquetes, el promedio y valor máximo y mínimo del RTT.

1.7.2 Herramienta Multi Router Traffic Grapher (MRTG):

Es la referencia para la monitorización y medición de carga en una red. Es de código abierto, escrito en Perl y utiliza SNMP para recoger los datos. Es una herramienta para monitorizar la carga de tráfico sobre determinados nodos de una red (25).

Funciona generando páginas con contenido html (Lenguaje de Marcas de hipertexto) que permiten visualizar, mediante gráficas, el tráfico cursado (entrante y saliente) por el router en cada una de sus interfaces de red (LAN, WLAN). Se basa en obtener información de los dispositivos a monitorizar bien mediante SNMP si estos dispositivos disponen de agente SNMP, o bien mediante scripts de usuario (25).

Análisis de Caudal: El demonio MRTG recolecta estadísticas periódicas de uso de los enlaces vía SNMP y construye gráficas que indican tráfico total entrante y saliente, sin discriminar por tipo de protocolo. Las gráficas se generan dinámicamente en el servidor web. En estos gráficos se pueden ver qué zonas está utilizando el servicio, cuánto ancho de banda se está consumiendo, en qué horarios se registran los picos de uso.

MRTG permite tanto la consulta y tratamiento de cualquier variable SNMP, como la ejecución de scripts externos para obtener mediciones de parámetros no directamente accesibles con SNMP. Para realizar estas mediciones es necesaria la edición manual del fichero de configuración mrtg.cfg.

La herramienta MRTG no viene configurada para medir parámetros como: latencia, pérdida de paquetes, disponibilidad. En bibliografías consultadas aparecen artículos de autores que desarrollan scripts externos en lenguaje Perl y realizan configuraciones en el archivo mrtg.cfg, que permiten el análisis de los parámetros planteados (26).

A pesar de MRTG ser una herramienta que puede medir todos los parámetros de QoS que se requieren en la investigación, tiene como desventajas que el proceso de configuración se efectúa a nivel de consola, por lo que se requiere de conocimiento del uso de la herramienta. Además como se analizó en párrafos anteriores, para medir los parámetros latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad se utilizan script externos, que se vinculan a ficheros de configuraciones de la herramienta, lo que trae como consecuencia que si el usuario no tiene buen dominio de las acciones a realizar, puede desconfigurar la herramienta o inutilizarla.

1.7.3 Herramienta Cacti:

Es una herramienta de código abierto, que se utiliza para sondear, almacenar y presentar estadísticas de red y sistemas. Se puede tener información prácticamente a tiempo real. Mide disponibilidad, carga, errores, utilización de ancho de banda de red. Muestra gráficamente el estado de cada uno de los equipos. Es compatible con arquitectura de plugins (27).

Análisis de Caudal: Monitorea el proceso de utilización de las interfaces a través de la información que proporciona el protocolo SNMP por medio del empleo de las MIB genéricas de los equipos. Ofrece información bastante exacta de la utilización de ancho de banda de la red que monitorea.

Análisis de Latencia: Se puede medir la latencia con Cacti por medio del empleo del protocolo ICMP. Muchas plataformas de software proporcionan un servicio de ping que

se puede utilizar para medir la latencia de ida y vuelta. Ping no realiza el procesamiento de paquetes, simplemente devuelve una respuesta cuando se recibe un paquete.

Análisis de Pérdida de Paquetes: No mide la pérdida de paquetes lo que muestra es la cantidad de paquetes descartados por interfaz. Los paquetes que se perdieron antes de llegar al equipo estos no los reporta.

Análisis de Disponibilidad: Realiza un cálculo por ICMP haciendo ping al equipo cada un cierto tiempo, registra si está activo o inactivo y muestra como disponibilidad una estadística en porcentaje de acuerdo al tiempo que estuvo en cada estado.

A pesar de que esta herramienta resulta ser una buena opción por el gran número de prestaciones que presenta, como su fácil instalación y uso, la estructura amigable de sus gráficas. Los parámetros de QoS que mide no muestran toda la información deseada, por ejemplo como pérdida de paquetes exponen una estadística de los paquetes descartados, no muestra los paquetes perdidos antes de llegar a la interfaz, ni los paquetes perdidos por otra causa que no sea la planteada. Para la disponibilidad al igual que la mayoría de las herramientas de monitoreo de red utiliza un umbral que define el estado del equipo en activo o inactivo.

1.7.4 Herramienta Zenoss:

Zenoss (Zenoss Core) es una aplicación de código abierto, para la gestión de red y servidores, permite administrar el estado de una infraestructura de red a través de su interfaz web administrativa. Liberado bajo la Licencia Pública General de GNU (GPL) versión 2, escrito en Python y sobre una plataforma Zope⁴. Zenoss Core provee una interfaz web que permite a los administradores de sistemas monitorear disponibilidad, inventario, configuración, desempeño y eventos. Erik Dahl comenzó el desarrollo de Zenoss en el 2002 y en agosto del 2005 fundó Zenoss, Inc. con Bill Karpovich.

⁴ Zope es un proyecto comunitario activista de un entorno de desarrollo para la creación de sitios web dinámicos y/o aplicaciones web usando un servidor de aplicaciones web orientado al objeto, escrito en el lenguaje de programación Python (con algunos componentes escritos en lenguaje C para optimizar su rendimiento) de código abierto publicado bajo la licencia Zope [Public License](#).

Zenoss, Inc. patrocina el desarrollo de Zenoss Core y vende una versión empresarial basada en la versión básica.

Permite realizar monitoreo de sistemas operativos windows y linux. Crea una base de datos llamada (CMDB) para guardar los registros de los recursos, servidores, redes, y otros dispositivos en su entorno. Es un producto que como característica principal tiene la ausencia de agente. Basa su monitorización en consultas y comprobaciones externas a los servidores monitorizados. Esto tiene como beneficio que no afecta el rendimiento en los servidores que se monitorizan, pero puede ser un aspecto negativo importante ya que sin agente el proceso de recolección de datos es más lento. Zenoss puede recoger información a través de SNMP, scripts (Zen Commands) o XML-RPC. Se compone de las siguientes características (28):

- Descubrimiento y configuración.
- Rendimiento y disponibilidad.
- Fallos y gestión de eventos.
- Alertas y soluciones.
- Generación de informes.

Análisis de Caudal: Monitorea el proceso de utilización de las interfaces a través de la información que proporciona el protocolo SNMP utilizando las MIB genéricas de los equipos.

Análisis de Perdida de Paquetes: No mide este parámetro.

Análisis de Latencia: Determina la latencia a través del demonio zenping. Zenping provee monitoreo de estado por medio de ping (protocolo ICMP). Realiza pruebas asincrónicas de estado ICMP (17).

Análisis de Disponibilidad: Supervisa la disponibilidad de dispositivos de red mediante SNMP, SSH, WMI, servicios de red (HTTP, POP3, NNTP, SNMP, FTP) y los recursos del host (procesador, uso de disco) en la mayoría de sistemas operativos de red (17).

Zenoss a pesar de ser una herramienta que SYS-CON Media premió en el 2007 por ser el mejor software de gestión de sistemas Linux (29), que brinda información en tiempo real y brinda información necesaria para la investigación como caudal, latencia y disponibilidad. La misma no mide la pérdida de paquetes.

1.7.5 Herramienta Nagios:

Nagios es un sistema de monitorización de equipos y de servicios de red, escrito en C y publicado bajo la GNU Licencia Pública General Versión 2 publicada por la Fundación de Software Libre (30).

Básicamente es un sistema que comprueba servicios y otros parámetros de una red de muy diversas formas y notifica todas las incidencias rápidamente a los administradores. Es por tanto un sistema de alerta temprana. Muestra la información en una interfaz web desde la que el propio administrador puede establecer algunos parámetros (30).

Está constituido por un núcleo que construye la interfaz de usuario y por plugins los cuales representan los ojos y oídos de Nagios. Estos plugins pueden estar programados en diversos lenguajes como C, C++, Python, Perl, PHP, Java, Bash, etc., ya que Nagios es independiente del lenguaje en el que se desarrolle el plugin y solo procesa los datos recibidos de este, para la posterior elaboración y envío de notificaciones a los encargados de la administración del sistema en cuestión (31).

Entre las principales características de Nagios se encuentran, monitorización de servicios de red (SMTP, POP3, HTTP, NNTP, ICMP, SNMP). Monitorización de los recursos de un host. Monitorización remota, a través de túneles SSL cifrados o SSH. Diseño simple de plugins, que permiten a los usuarios desarrollar sus propios chequeos de servicios dependiendo de sus necesidades. Chequeo de servicios paralizados. Posibilidad de definir la jerarquía de la red, permitiendo distinguir entre host caídos y host inaccesibles. Notificaciones a los contactos cuando ocurren problemas en servicios o hosts. Reportes y estadísticas del estado cronológico de disponibilidad de servicios y hosts (31).

A pesar de Nagios ser uno de los sistemas de monitoreo de redes, de código abierto más utilizado en el mundo y de las innumerables funcionalidades y facilidades que

presenta, solo mide de los parámetros estudiados en la investigación la disponibilidad, no mide caudal, pérdida de paquetes, ni latencia, aunque brinda la posibilidad de desarrollarle plugins con las funcionalidades que se deseen que el sistema muestre, por lo que es posible implementar en él el chequeo de estos parámetros. Además a pesar de permitir la captura de paquetes SNMP Trap para notificar sucesos, no es un sistema de monitorización y gestión basado en SNMP sino que realiza su labor basándose en una gran cantidad de pequeños módulos software que realizan chequeos de parte de la red.

1.7.6 Herramienta Pandora FMS:

Pandora FMS (Flexible Monitoring System) permite conocer el estado de cualquier elemento de los sistemas de negocio. Como funcionalidades presenta la de vigilar, Hardware, Software, aplicaciones. Ha sido especialmente diseñado para ser abierto, modular, multiplataforma y fácil de personalizar. Pandora es una herramienta de monitorización que no solo mide si un parámetro está bien o mal. Puede cuantificar el estado (bien, mal y valores intermedios). Permite medir rendimientos entre diferentes sistemas y establecer alertas sobre umbrales. Se pueden generar informes partiendo de la base de datos de Pandora para generar estadísticas, niveles de adecuación de servicio (SLA) y medir cualquier cosa que proporcione o devuelva un dato. No sólo recolecta información mediante agentes, también recolecta información mediante SNMP y pruebas de red (TCP, ICMP) y puede monitorizar cualquier sistema de hardware con conectividad (32).

Pandora FMS es un sistema modular y descentralizado. Los distintos componentes del sistema son: la consola, los servidores, la base de datos y los agentes (33). Está publicada bajo Licencia de código abierto, que es gratuita y soportada por la comunidad. Además presenta una versión con una licencia comercial, Pandora FMS Enterprise con pago anual que proporciona actualizaciones certificadas por el fabricante, soporte profesional y numerosas características y funcionalidades adicionales exclusivas para esta distribución y que facilitan la tarea del administrador de sistema. Se puede obtener por un precio proporcional al número de agentes Enterprise, es una licencia que impide la distribución, pero que permite el acceso y modificación del código. Incluye soporte

profesional, actualizaciones y mantenimiento automático a través de Open Update Manager (34).

Análisis de Caudal: Permite determinar el tráfico de red en un dispositivo. Mide este parámetro a través de la información que proporciona el protocolo SNMP a través del empleo de las MIB genéricas de los equipos. Brinda el tráfico de red de un dispositivo. Además por medio del uso de los módulos sintéticos puede calcular el caudal total de un switch sumando el tráfico de todas sus interfaces, esta última característica solo esta implementada en la versión comercial (33).

Análisis de Latencia: Permite medir el tiempo de latencia ICMP hacia un equipo, esta acción la hace a través del uso de agentes. A través del monitoreo sin el empleo de agentes se puede conocer el tiempo de latencia de un sistema. Además permite determinar el tiempo de latencia de red (33). En su distribución propietaria presenta un servidor de prueba Web que sirve para realizar pruebas de carga, pruebas de comprobación (funciona o no) y para obtener tiempos de latencia de experiencia completa de navegación (34).

Análisis de Pérdida de Paquetes: Analiza los paquetes descartados en la interfaz. En la distribución propietaria brinda estadísticas detalladas de la capa de red del sistema operativo como: las pérdidas, los paquetes marcianos y otros tipos de anomalías. Además muestra el porcentaje de paquetes erróneos en una puerta de enlace (34).

Análisis de Disponibilidad: Pandora FMS asegura rendimiento y disponibilidad mediante la monitorización de los elementos clave de su infraestructura. Determina la disponibilidad de proceso Linux/Unix (vía SNMP) y la disponibilidad de una Web (vía URL). Determina también la disponibilidad de servicio o procesos en ejecución (33).

Pandora FMS resulta ser una herramienta de monitoreo de red que posee funcionalidades de gran utilidad y a pesar de ser un producto reciente comparado con otras herramientas ha alcanzado gran prestigio a nivel mundial gracias a que posee agentes potentes, es multiplataforma, presenta numerosas funcionalidades y una gran comunidad de usuarios (34). Tiene como desventajas para esta investigación que alguna de las funcionalidades que se analizan solo las mide la distribución comercial, lo que impide su utilización a no ser comprando el producto.

1.7.7 Herramienta Manage Engine OpManager:

Es un completo software de monitorización de redes sencillo de manejar y fácil de aprender, que ofrece la monitorización combinada de WAN, servidores y aplicaciones así como análisis del tráfico WAN en una única consola. OpManager automatiza las tareas de monitorización de redes eliminando por completo la complejidad asociada con la gestión de redes Como funciones tiene (35):

- Monitorización del rendimiento de redes.
- Descubrimiento automático de dispositivos.
- Fácil instalación y manejo.
- Monitorización en tiempo real.
- Alertas instantáneas.
- Informes detallados y completos.
- Mapa intuitivo de infraestructuras.
- Herramientas de Networking.

Manage Engine OpManager tiene 4 productos disponibles con diferentes características: Free, Deluxe, Essential y Professional Edition. Solo el primero es de distribución libre, no es un software de código abierto. La versión libre del software tiene limitaciones importantes, por ejemplo solo permite monitorear hasta diez nodos, y cuenta solo con las opciones más básicas de monitoreo disponibles (35).

Análisis de Caudal: El plugin Netflow de OpManager aprovecha el flujo del análisis basado en el tráfico de red para que muestre cómo está siendo utilizado su ancho de banda a través de una interfaz de informes específicos sobre el usuario, la aplicación, el origen, destino, la conversación etc., que ocupa el ancho de banda. Con el plugin de Netflow puede (36):

- Obtener la información a fondo sobre la composición del tráfico de red.
- Solucionar problemas de picos de ancho de banda, lentitud de la red a través de LAN y WAN.

- Validar la eficacia de sus políticas de QoS de red por medio del uso de Cisco CBQoS.
- Mejorar la capacidad de tomar decisiones importantes de planificación con la ayuda de las tendencias del tráfico que se reunieron.

Análisis de Latencia: Determina la latencia a través del empleo del protocolo ICMP (36).

Análisis de Pérdida de Paquetes: Determina los errores y los paquetes descartados en la red (36).

Análisis de Disponibilidad: Realiza monitoreo de dispositivos, disponibilidad de enlaces y tiempo de respuesta de enrutadores, conmutadores, cortafuegos y otros dispositivos de red (36).

- El servicio de monitoreo de la disponibilidad de dispositivos funciona de manera continua en todas sus redes y monitorea la disponibilidad y el tiempo de actividad de las redes. OpManager envía un ping a los dispositivos monitoreados cada dos minutos. Si no hay respuesta después de dos ping consecutivos, entonces OpManager considerará el dispositivo como no disponible. El número de ping y el intervalo de tiempo puede ser asignado dependiendo de las necesidades del negocio.
- Provee un monitoreo de la disponibilidad de puertos e interfaces basado en SNMP. También provee reportes de la disponibilidad mostrando la disponibilidad de las interfaces de manera diaria, semanal, mensual o en periodos configurados por el usuario para medir el nivel de disponibilidad en sus redes.
- Brinda gráficas y reportes detallados acerca de la disponibilidad y el tiempo de respuesta de los servicios.

OpManager es una excelente herramienta que mide todos los parámetros que se analizan en la investigación pero presenta como inconveniente que no es un software libre y el único producto que distribuyen libre no presenta las prestaciones que se analizan.

Conclusiones Parciales

Luego de desarrollar el capítulo se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

- La QoS es necesaria en redes de área local lo cual está dado fundamentalmente por la necesidad de implementar los servicios con soporte de anchos de banda limitados.
- Se confirmó que los parámetros más significativos para medir QoS en una red de área local son el caudal, la latencia, la pérdida de paquetes y la disponibilidad.
- Se confirmó que la medición de estos parámetros de QoS son importantes ya que ellos contribuyen a la toma de decisiones en cuanto a la administración de la red en el contexto de la red de área local.
- Se realizó un análisis de diferentes herramientas de gestión de redes, donde surgieron las limitaciones y ventajas de las mismas en cuanto a una valoración de los parámetros de QoS más significativos en redes de área local. Se muestran cuáles de estos parámetros son capaces de medir y la forma en que lo realizan. A continuación se presenta la Tabla 1, donde se expone un resumen de las herramientas de monitoreo de red analizadas en la investigación.

Herramientas	Parámetros de QoS				Licencia
	Caudal	Latencia	Pérdida de Paquetes	Disponibilidad	
PING		X	X		Libre
MRTG¹	X				Libre
Cacti	X	X	X ²	X	Libre
Zenoss	X	X		X	Libre
Nagios				X	Libre
Pandora FMS	X	X	X ³	X	Libre / Comercial
OpManager	X	X	X	X	Comercial ⁴

Tabla 1: Herramientas de medición de redes.

Capítulo 1. Fundamentación Teórica

Nota 1: La herramienta no presenta implementada las funcionalidades para medir los parámetros latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad, lo que algunos desarrolladores han creado scripts externos para poder medirlos con la herramienta MRTG.

Nota 2: Solo muestra la cantidad de paquetes descartados por interfaz, no mide la pérdida de paquete que ocurre antes de llegar a la interfaz.

Nota 3: El parámetro pérdida de paquetes en la herramienta Pandora FMS solo lo mide la distribución comercial.

Nota 4: Cuenta con una distribución libre que no es de código abierto, la que solo cuenta con las operaciones más básicas de monitoreo disponibles.

CAPÍTULO 2

MÉTODO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE QoS

CAPÍTULO 2. MÉTODO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE QoS

En este capítulo se aborda la concepción y desarrollo del método que se propone. Se define la forma en que cada parámetro que lo conforma va a ser calculado, se establecen nuevas características que permiten una información más detallada de los parámetros analizados, además de mostrar cómo queda implementado este método en una herramienta para monitorear los parámetros de QoS en una red de área local. Al final, se arriba a conclusiones parciales que contribuyen al desarrollo de la investigación.

2.1 Descripción del método propuesto:

Según el diccionario de la real academia española método es: un modelo de decir o hacer con orden una cosa, conjunto de principios y de operaciones ordenadas con que se pretende obtener un resultado, el procedimiento utilizado para llegar a un fin.

2.1.1 Etapas del método:

El método de medición y análisis de parámetros de QoS que se propone en esta investigación está formado por cinco macrooperaciones o etapas donde se realizan un grupo de operaciones que responden al mismo propósito, estas etapas son:

- Etapa 1: Identificación.
- Etapa 2: Obtención de Variables.
- Etapa 3: Medición.
- Etapa 4: Análisis.
- Etapa 5: Modificación de Valores.

Estructura del método:

La Figura 5, que aparece a continuación muestra la estructura en la que quedó conformado el método de medición y análisis de parámetros de QoS.

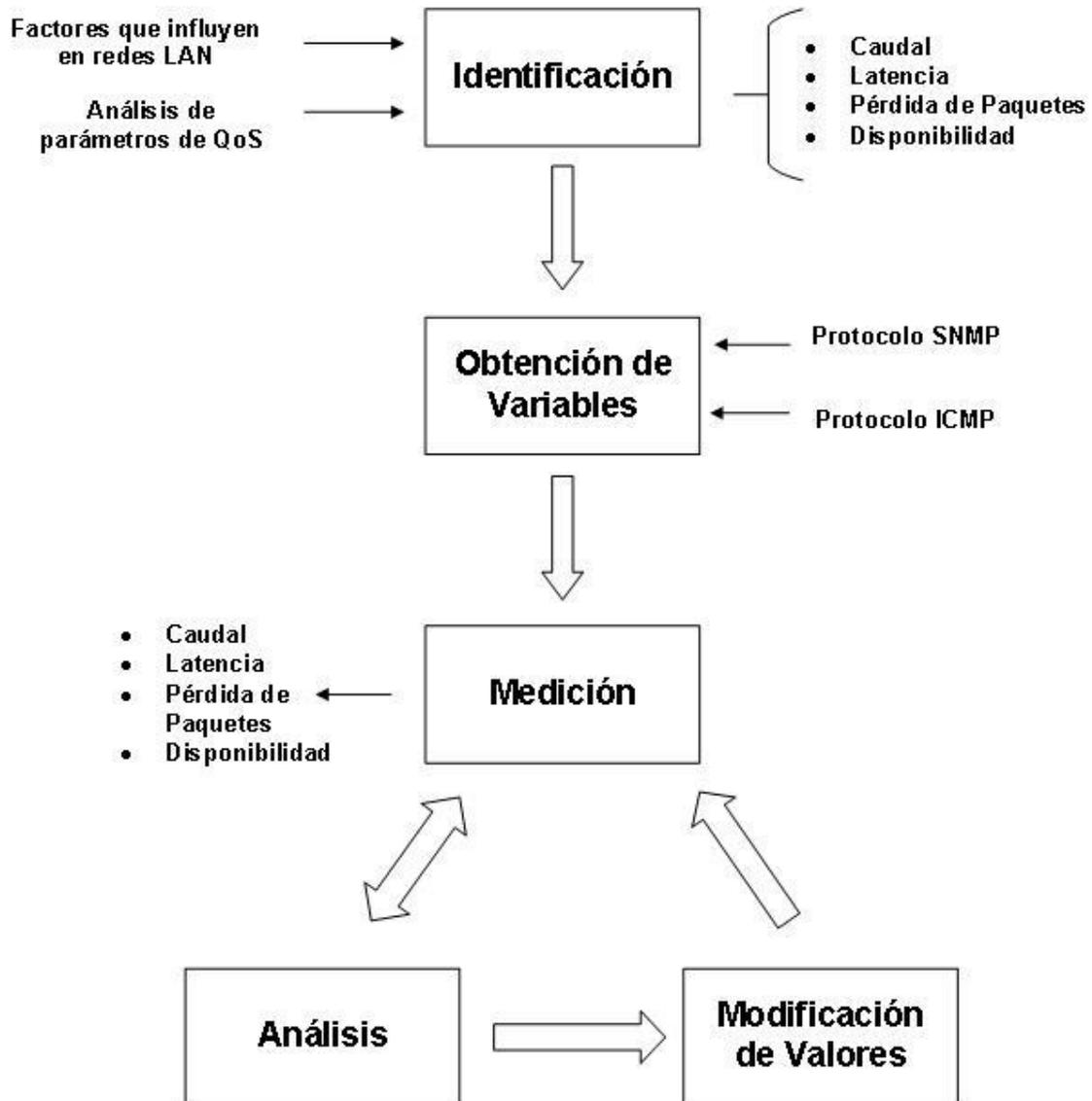


Figura 5: Estructura del método.

Descripción de las etapas del método:

Las etapas del método de medición y análisis de parámetros de QoS quedan descritas de la siguiente forma:

- Etapa 1: Es donde se identifican y definen los parámetros que se miden en el método. Para esto se realizó un análisis atendiendo a los factores que influyen

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

en el funcionamiento de las redes de área local y de los parámetros de QoS que actúan de manera significativa en redes de este tipo.

Atendiendo a esto se identifican los parámetros caudal, latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad como parámetros a ser medidos por el método desarrollado.

- Etapa 2: Se seleccionan las variables que se utilizan para formular las expresiones por las que se miden cada parámetro identificado.

Las variables se obtienen por medio del empleo del protocolo SNMP, se utiliza la información que recolecta este protocolo a través de agentes y almacena en la base de datos MIB. Además se utiliza el protocolo ICMP para medir el parámetro latencia, ya que es un protocolo de control básico, siempre se encuentra activo y no requiere configuraciones.

- Etapa 3: Es la etapa más importante y significativa del método pues es donde se define cómo van a medirse cada uno de los parámetros, conformándose expresiones en las que se utilizan las variables seleccionadas en la etapa anteriormente descrita del método.

Estas fórmulas se encuentran estructuradas en un orden lógico permitiendo con su empleo medir cada parámetro identificado.

Es además donde se obtienen los resultados de las expresiones desarrolladas, alcanzándose valores que van a representar a cada parámetro de QoS identificado.

- Etapa 4: Por medio de los valores alcanzados en la etapa anterior, es en esta etapa donde se realizan análisis del comportamiento de la red por medio del estado de los parámetros en el intervalo de tiempo que se analiza.

Es a través de esta etapa que se pueden tomar decisiones que influyan de manera positiva en el comportamiento y funcionamiento de la red.

- Etapa 5: Parte de la toma de decisiones del análisis realizado en la etapa anterior. Es la que permite que se tomen medidas y decisiones de peso que pueden traer como consecuencia que se modifiquen aspectos de la red, los que pueden variar los valores de los parámetros.

2.2 Estructuración del método por parámetro:

Como quedó reflejado en el capítulo 1 de esta investigación, los métodos utilizados para medir parámetros de QoS que se encuentran implementados en herramientas de gestión y monitoreo de redes. En su mayoría estas herramientas no integran todos los parámetros para determinar QoS, ni brindan una información detallada de los mismos. Teniendo este análisis como base para la fundamentación del capítulo, se desarrolla un método que integra a los parámetros caudal, latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad.

2.2.1 Método de medición de la Latencia:

La Recomendación UIT-T Y.1540 define al parámetro latencia como el tiempo o lapso necesario para que un paquete (mensaje) de información, se transfiera y llegue de un extremo transmisor al otro receptor, de la comunicación (10).

La misma depende de tres factores:

- Del retardo de propagación de las señales a través del medio de transmisión. Este tiempo depende de la velocidad de propagación de las señales a través del medio.
- La velocidad de transmisión es un parámetro controlado por el administrador de la red, en redes de área local, las velocidades de transmisión pueden llegar a ser bastante elevadas.
- También depende del tiempo de procesamiento realizado en los equipos.

Método de medición de latencia propuesto:

Para determinar el parámetro latencia se asume como latencia al período de tiempo compuesto por el tiempo de transmisión, el tiempo de propagación y el tiempo de procesamiento de las tramas. Tomándose la fórmula definida en (10; 37), como:

$$\text{Lat} = T_{\text{tx}} + T_{\text{prop}} + T_{\text{proc}}$$

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

Donde:

- Ttx: Es el tiempo de transmisión.
- Tprop: Es el tiempo de propagación.
- Tproc: Es el tiempo de procesamiento.

Donde el Ttx está dado por el tiempo que transcurre desde que empieza a transmitirse el primer bit del paquete hasta que sale el último bit por la línea de salida y depende de la velocidad de transmisión de información. A su vez, el Tprop depende de la relación existente entre la distancia entre estaciones y la velocidad de transmisión empleada. El Tproc está determinado por el retardo de espera en las colas y el retardo de los procesos. El retardo de espera en las colas es el tiempo de estancia en la cola del interfaz de salida. El retardo de los procesos, es el tiempo que tarda el dispositivo intermedio en recoger el paquete de la interfaz de entrada, procesarlo y colocarlo en la interfaz de salida (38).

Con la información analizada hasta el momento se obtiene la latencia en un sentido. El cálculo del retardo en un sentido presenta problemas a la hora de realizar medidas a máquinas reales, con respecto a la precisión de los valores debido a la sincronización entre los diferentes equipos, por esta razón se utiliza para esta investigación el cálculo de la latencia de ida y vuelta.

Para determinar la latencia de ida y vuelta se analizan los procesos de confirmación, donde la expresión tomaría en cuenta otros tiempos además de los planteados anteriormente, ver Figura 6, quedando la fórmula estructurada como se muestra a continuación.

$$\text{Lat} = \text{Ttx} + \text{Tprop} + \text{Tproc} + \text{Trp} + \text{Ttc} + \text{Tpropc} + \text{Trc} + \text{Tprocc}$$

Donde:

- Ttx: Es el tiempo de transmisión del paquete.
- Tprop: Es el tiempo de propagación del paquete.
- Tproc: Es el tiempo de procesamiento del paquete.
- Trp: Es el tiempo de recepción del paquete.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

- Ttc: Es el tiempo de transmisión de la confirmación.
- Tpropc: Es el tiempo de propagación de la confirmación.
- Trc: Es el tiempo de recepción de la confirmación.
- Tprocc: Es tiempo de procesamiento de la confirmación.

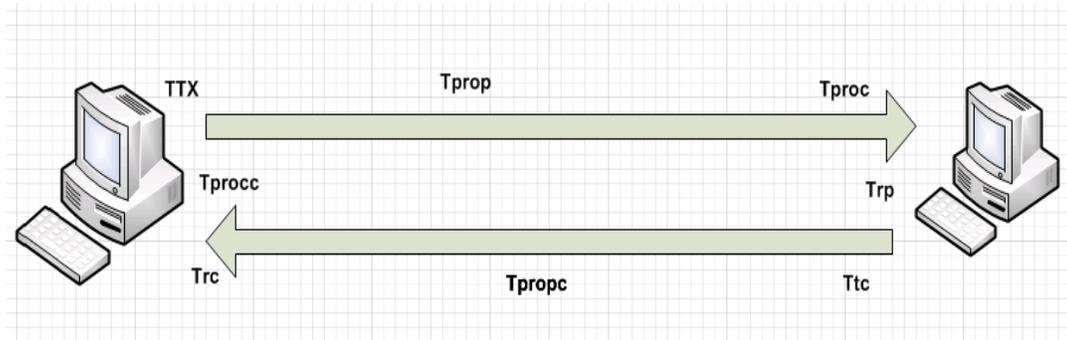


Figura 6: Proceso de envío de paquetes de un equipo a otro.

La expresión antes expuesta se materializa en el método de monitoreo de red desarrollado, de la siguiente forma: Primeramente se tiene en cuenta el instante de tiempo en que se envía un paquete. Este paquete contiene un mensaje de solicitud de ICMP, el sistema se mantiene escuchando al equipo al que se realizó el envío, esperando la respuesta del mismo. El protocolo ICMP envía un mensaje de confirmación de eco para informar al transmisor que han llegado datos al destino deseado, se almacena el instante de tiempo en que llega el mensaje. Seguidamente se toman estos dos instantes de tiempo almacenados, se resta el tiempo de llegada del mensaje de respuesta del equipo menos el tiempo en que se envió el paquete. Por este medio se obtiene el tiempo que transcurrió entre los dos instantes, es decir el tiempo que demoró la transferencia. Quedando estructurada la fórmula de la siguiente forma:

$$\text{Lat} = \text{Tllegada} - \text{Tenv}$$

Donde:

- Tllegada: Es el tiempo de llegada del mensaje de respuesta del equipo. Este tiempo está compuesto por todos los tiempos expresados en la fórmula anterior además del tiempo en que se envió el paquete (Tenv).

- Tenp: Es el tiempo en que se envió el paquete.

2.2.2 Método de medición del Caudal:

Para el análisis del parámetro caudal es importante entender los conceptos Ancho de Banda (Bandwidth) y Caudal (Throughput), con el fin de identificar a cada término.

El Ancho de Banda es la capacidad teórica disponible de un enlace, habitualmente suele medirse en bits/segundo (Mbps, Gbps, etc.). Establece un límite absoluto para la transmisión, no se puede transmitir mayor cantidad de datos que la definida en él (39).

El Caudal en cambio, es la capacidad efectiva de transferencia de datos sobre el enlace, el nivel de utilización real del enlace. Es la capacidad de información que un elemento de red puede mover en un período de tiempo, esta capacidad siempre es menor que el ancho de banda (39).

Método de medición del caudal propuesto:

Su estimación se basa en medir el tiempo necesario para transmitir una cantidad de bytes conocida a través de una conexión. Así, dividiendo los bytes transmitidos entre el tiempo invertido en su descarga, se calcula la tasa media de recepción/transmisión que tuvo esa conexión y este valor se emplea como estimación del caudal. De esta forma queda definido el caudal como propone (40):

$$C = \frac{A - B}{T}$$

Donde:

- C: Es el caudal.
- A: Es la primera medida de Bytes.
- B: Es la segunda medida de Bytes.
- T: Es el tiempo transcurrido en segundos, entre ambas medidas.

Para monitorizar el caudal de un interfaz de red a través de SNMP, se tienen que consultar los siguientes contadores estándar:

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

- IfInOctets (1.3.6.1.2.1.2.2.1.10): Representa el número de octetos (bytes) recibidos en la interfaz.
- IfOutOctets (1.3.6.1.2.1.2.2.1.16): Representa el número de octetos (bytes) transmitidos fuera de la interfaz.

Dado que las variables MIB utilizadas se almacenan como contadores incrementales en el tiempo, es decir no son variables con un valor fijo. Se necesitan hacer dos medidas separadas por un intervalo de tiempo, calcular la diferencia y dividirla por el intervalo de tiempo transcurrido entre las dos mediciones. Se deben tomar dos ciclos encuestados y determinar la diferencia entre los dos, es por esta razón que se utiliza el delta (Δ) en las variables de entrada y de salida. En la expresión se multiplica por ocho para llevar los valores de bytes a bits. Este análisis queda ilustrado por medio de las fórmulas siguientes que propone Cisco en (41):

$$C_{entrada} = \frac{(\Delta IfInOctets) * 8}{Intervalo de tiempo en \Delta}$$

$$C_{salida} = \frac{(\Delta IfOutOctets) * 8}{Intervalo de tiempo en \Delta}$$

Donde:

- $C_{entrada}$: Es el caudal de entrada.
- C_{salida} : Es el caudal de salida.
- $\Delta IfInOctets$: Es la diferencia entre dos ciclos de encuestas de obtención del objeto SNMP que representa la cantidad de octetos de entradas del tráfico.
- $\Delta IfOutOctets$: Es la diferencia entre dos ciclos de encuestas de obtención del objeto SNMP que representa la cantidad de octetos de salidas del tráfico.

2.2.3 Método de medición de Pérdida de Paquetes:

La pérdida de paquetes se distingue como uno de los tres tipos de errores principales encontrados en comunicaciones digitales. Ocurre cuando uno o más paquetes de los datos que viajan a través de la red de ordenadores fallan para alcanzar su destino.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

Hay dos maneras de perder paquetes. Pueden perderse en nodos de la red a causa de un desbordamiento en la memoria intermedia, o porque un router congestionado lo descarta deliberadamente para reducir la congestión.

En las redes Ethernet se encuentran diversas causas que ocasionan pérdidas de paquetes como son las colisiones, la congestión de los canales de comunicación, la saturación de la red, además de producirse por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

Método de medición de Pérdida de Paquetes propuesto:

Para determinar la pérdida de paquetes se utiliza la expresión definida por (10):

$$P_p = P_E - P_R$$

Donde:

- P_p : Es la pérdida de paquetes.
- P_E : Es la cantidad de paquetes enviados.
- P_R : Es la cantidad de paquetes recibidos.

Comprender las causas de una pérdida de paquetes es un factor importante para mejorar el rendimiento de las redes, lo que con la expresión expuesta no se alcanza ya que solo permite obtener la cantidad total de paquetes que se pierden en la red.

En la investigación para alcanzar un mayor nivel de detalle se tienen en cuenta criterios como: dónde se perdió el paquete (en la interfaz saliente, en el intermedio de la interfaz saliente y la interfaz entrante o en la interfaz entrante), qué causó la pérdida. Al realizar este análisis se llega a definir la siguiente expresión:

$$P_p = P_{psalientes} + P_{ptransito} + P_{pentrantes}$$

Donde:

- $P_{psalientes}$: Es la cantidad de paquetes perdidos antes de salir de la interfaz.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

- PpTransito: Es la cantidad de paquetes perdidos en el tránsito de la interfaz saliente a la interfaz entrante.
- Ppentranes: Es la cantidad de paquetes perdidos en la interfaz entrante.

Para materializar esta expresión, en el método se emplea la información que brindan las variables MIB siguientes:

- IfInDiscards (1.3.6.1.2.1.2.2.1.13): Número de paquetes entrantes que fueron escogidos para ser descartados para prevenir errores en las capas más altas del modelo OSI.
- IfInErrors (1.3.6.1.2.1.2.2.1.14): Número de paquetes entrantes que contienen errores.
- IfInUnknownProtos (1.3.6.1.2.1.2.2.1.15): Número de paquetes recibidos a través de la interfaz, pero que son descartados por ser desconocidos o porque no son soportados por el protocolo.
- IfOutDiscards (1.3.6.1.2.1.2.2.1.19): Número de paquetes salientes que fueron escogidos para ser descartados para prevenir errores en la transmisión de los paquetes.
- IfOutErrors (1.3.6.1.2.1.2.2.1.20): Número de paquetes que no pueden ser transmitidos por causa de errores.
- IfInUcastPkts (1.3.6.1.2.1.2.2.1.11): Número de paquetes unicast enviados desde la capa de red hasta la capa de aplicación.
- IfInNUcastPkts (1.3.6.1.2.1.2.2.1.12): Número de paquetes no unicast (broadcast y multicast) enviados desde la capa de red hasta la capa de aplicación.
- IfOutUcastPkts (1.3.6.1.2.1.2.2.1.17): Número de paquetes unicast solicitados por las capas más altas del modelo OSI para ser transmitidos hacia direcciones unicasts.
- IfOutNUcastPkts (1.3.6.1.2.1.2.2.1.18): Número de paquetes solicitados por las capas más altas del modelo OSI para ser transmitidos hacia direcciones no unicast (broadcast y multicast).

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

El empleo de estas variables MIB permiten determinar qué causó que un paquete se perdiera, adquiriéndose información de gran importancia como son las causas que provocaron pérdidas antes de llegar los paquetes enviados a la interfaz, así como las causas que permitieron que ocurrieran pérdidas en la interfaz.

Con esta información se determina la pérdida en cada intervalo descrito en la expresión anterior, con el propósito de poder adquirir las pérdidas que ocurrieron desde que se enviaron los paquetes de una interfaz a otra, quedando las siguientes expresiones:

Expresión 1 Paquetes perdidos antes de salir de la interfaz.

$$Ppsalientes = IfOutDiscarts + IfOutErrors$$

Expresión 2 Paquetes perdidos en el tránsito de una interfaz a la otra.

$$Pptransito = (IfOutNUcastPkts + IfOutUcastPkts) - (IfInNUcastPkts + IfInUcastPkts)$$

Expresión 3 Paquetes perdidos en la interfaz entrante.

$$Ppentrantes = IfInDiscarts + IfInErrors + IfInUnknownProtos$$

Con esta información se muestra no solo la cantidad total de paquetes perdidos, sino que además se informa en que intervalo es decir en la salida, en el intermedio o en la entrada y por qué causa ocurrió una pérdida de paquetes. Alcanzando con este análisis una información más detallada del parámetro pérdida de paquetes en la red.

2.2.4 Método de medición de la Disponibilidad:

Se tiene que disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un sistema o servicio (red, componente de red o una aplicación) se encuentra disponible para un usuario.

Las diferentes herramientas muestran como disponibilidad el resultado de encuestas realizadas al equipo deseado, donde se almacena cuando el equipo está activo o inactivo, tomándose estos estados para decir si el equipo está o no disponible.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

En la investigación se tiene en cuenta la influencia que tienen en el análisis de la disponibilidad los parámetros pérdida de paquetes y latencia los que están considerado como parámetros claves que afectan al usuario.

La latencia o retardo tiene un impacto muy directo en la satisfacción del usuario según la aplicación, y se puede producir en el terminal, la red o cualquier servidor.

La pérdida de paquetes tiene un efecto muy directo en la calidad de la información que se presenta al usuario, se trate de voz, imagen, vídeo o datos. En este contexto, la pérdida de información no se limita a los errores de bit o a la pérdida de paquetes durante la transmisión, sino también a los efectos de cualquier degradación introducida por la codificación del medio para conseguir una transmisión más eficaz.

Requerimientos de los servicios de datos, voz y video:

La transmisión de cada servicio a través de una red tiene sus particularidades (42):

La transmisión de datos como pueden ser: navegación web, comercio electrónico, imagen fija, juegos interactivos, correo electrónico, mensajería instantánea, etc. Desde el punto de vista del usuario, el requisito principal para cualquier transferencia de datos es garantizar, en la medida de lo posible, una pérdida de información nula. El retardo es considerado un criterio para distinguir entre las aplicaciones, todo depende del retardo que puede tolerar el usuario extremo desde el momento en que el contenido fuente se solicita hasta el momento en que se le presenta al usuario.

En la transmisión de audio se encuentra: la voz en conversación, la mensajería vocal y el audio en tiempo real. Se tiene que el retardo afecta enormemente a la voz creando ecos en las conversaciones. Las necesidades relativas a la pérdida de información dependen del hecho de que el oído humano tolera hasta cierto grado la distorsión de la señal vocal.

Las necesidades del tráfico de video son similares a las de audio, donde el retardo afecta la transmisión, mientras que el ojo humano tolera alguna pérdida de información, de manera que la pérdida de paquetes es aceptable hasta cierto grado según el codificador

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

de vídeo y la cantidad de protección contra errores usados. Dentro de estos se encuentran el video en tiempo real y el videoteléfono.

Definición de umbrales por servicios:

La Tabla 2 que se muestra a continuación contiene umbrales definidos por la Recomendación UIT-T G.1010, donde se indican objetivos adecuados de calidad de funcionamiento para aplicaciones de dato, audio y vídeo (42).

Medio	Aplicación	Latencia	Pérdida de Paquetes
Audio	Voz en conversación	Preferido < 150 ms Límite < 400 ms	< 3%
Audio	Mensajería vocal	< 1 s para reproducción < 2 s para grabación	< 3%
Audio	Audio en tiempo real	< 10 s	< 1%
Video	Videoteléfono	Preferido < 150 ms Límite < 400 ms	< 1%
Video	Un sentido	< 10 s	< 1%
Datos	Navegación en la web HTML	Preferido < 2 s/página Aceptable < 4 s/página	Nula

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

Datos	Transferencia/ recuperación de gran volumen de datos	Preferido < 15 s Aceptable < 60 s	Nula
Datos	Servicios de transacciones de alta prioridad, como Comercio electrónico, ATM	Preferido < 2 s Aceptable < 4 s	Nula
Datos	Medio dirigido/control	< 250 ms	Nula
Datos	Imagen fija	Preferido < 15 s Aceptable < 60 s	Nula
Datos	Juegos interactivos	< 200 ms	Nula
Datos	Telnet	< 200 ms	Nula
Datos	Correo electrónico	Preferido < 2 s Aceptable < 4 s	Nula
Datos	Usenet	Pueden ser varios minutos	Nula

Tabla 2: Resumen de umbrales para la disponibilidad.

Este análisis que se muestra en la tabla, se puede resumir en la Figura 7, donde se engloban la gama de aplicaciones identificadas en ocho grupos. Los que se dividen según toleren o no la pérdida de información y se agrupan en cuatro áreas de tolerancia al retardo.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

Tolera errores	Voz en conversación y vídeo	Mensajería vocal/vídeo	Audio/vídeo en tiempo real	Fax
No tolera errores	Modo dirigido/control (p. ej. Telnet, juegos interactivos)	Transacciones (p. ej. comercio electrónico, navegación en la Web, acceso a correo electrónico)	Mensajería, descarga (p. ej. FTP, imagen fija)	Servicio de soporte (p. ej. Usenet)
	Interactivo (retardo <<1 s)	Pronta respuesta (retardo ~2 s)	Oportuno (retardo ~10 s)	No crítico (retardo >>10 s)

Figura 7: Correspondencia entre requisitos QoS de usuario y servicios.

Método de medición de la disponibilidad propuesto:

Para el cálculo de la disponibilidad se toma la fórmula propuesta por (26):

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{No. Totaldemuestrasválidas}}{\text{No. Totaldemuestrasrealizadas}} * 100$$

Donde:

- Muestra válida es aquella que cumple la expresión siguiente: ((Pkloss <= Pkmax) AND (latencia <= Latmax) AND (StatusEquip = 1)) = 1
- Pkloss: Es el valor de la tasa de pérdida.
- Pkmax: Es 3 (3% de paquetes perdidos).
- Latencia: Es el valor de la latencia obtenida.
- Latmax: Es 10 (10 segundos).
- StatusEquip: Es el estado de la interfaz, 1 equivale a una condición operativa.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

El valor de las variables tasa de pérdida y latencia, se toma de los valores que brinda el cálculo de los parámetros latencia y pérdida de paquetes descritos en epígrafes anteriores.

Los valores máximos definidos para la latencia y la pérdida de paquetes se toman de la tabla de umbrales establecidos por la Recomendación UIT-T G.1010, de la que se seleccionan los valores máximos que puede tomar cada parámetro. Se utilizan estos valores para definir cuando una muestra es válida para determinar disponibilidad.

El valor de la variable StatusEquip se determina a través de encuestas realizadas al equipo para obtener el estado de servicio de la interfaz de red, para esto se considera el valor que proporciona la variable MIB IfOperStatus.

IfOperStatus (1.3.6.1.2.1.2.2.1.8): Indica el estado de servicio actual de la interface. Estado operacional actual de la interfaz donde:

- up: Estado disponible o activo.
- down: Estado no disponible o inactivo.
- testing: Muestra que no transporta ningún dato útil y muestra un estado inactivo o no disponible.

Queda a tener presente para determinar la disponibilidad el siguiente análisis:

- Si la pérdida de paquetes es menor al 3%, la latencia calculada es inferior a 10s y el estado de la interfaz es igual a 1. Se considerará que el enlace está disponible.
- Si la pérdida de paquetes es mayor al 3% y la latencia calculada es inferior a 10s. Se considerará que el enlace no está disponible.
- Si la pérdida de paquetes es menor al 3% y la latencia calculada es superior a 10s. Se considerará que el enlace no está disponible.
- Si la pérdida de paquetes es mayor al 3% y la latencia calculada es mayor a 10s. Se considerará que el enlace no está disponible.

Capítulo 2. Método de medición y análisis de parámetros de QoS

- Si el estado de la interfaz es igual a 2 o a 3. Se considerará que el enlace no está disponible.

El uso de las clasificaciones definidas para los umbrales dados en esta investigación se utilizan para dar un grado de exactitud del nivel de disponibilidad que presenta el equipo. No solo se determina si está disponible o no, sino que a la hora de decir que el equipo está disponible se puede consultar qué grado de disponibilidad se tiene, si es aceptable para cualquier tipo de servicio o si solo van a estar disponibles algunos servicios a pesar de que se muestre al equipo activo.

Para lograr este nivel de detalle además de mostrarse en la aplicación el porcentaje de disponibilidad del equipo se mostrará la Tabla 3 que aparece a continuación, es una tabla resumen que se elabora a través del estudio de la Recomendación G1010. Donde se puede observar que servicios pueden usarse con efectividad en el equipo.

Servicio	Latencia	Pérdida de Paquete	Estado
Voz en conversación y video	< 1s	< 1%	Disponible
Modo dirigido/control (telnet, juegos interactivo)	< 1s	Nula (0)	Disponible
Mensajería vocal y video	< 2s	< 3%	Disponible
Transacciones (correo electrónico, navegación Web)	< 2s	Nula (0)	Disponible
Audio y video en tiempo real	< 10s	< 1%	Disponible
Mensajería y descarga	< 10s	Nula (0)	Disponible
Fax	> 10 s	< 1%	Disponible
Servicio soporte	> 10 s	Nula (0)	Disponible

Tabla 3: Resumen de disponibilidad por servicio de acuerdo a tolerancia de latencia y pérdida de paquetes.

2.3 Integración del método de medición de los parámetros de QoS en una herramienta de medición:

Para alcanzar que el cálculo de los parámetros quede integrado y lograr disminuir el tiempo de respuesta, se hace necesario la implementación del método de medición y análisis de los parámetros de QoS propuesto en una herramienta de software. La herramienta evita que tengan que tenerse instaladas varias aplicaciones, que provocan la utilización innecesaria de recursos y de tiempo para obtener resultados similares.

Algunos de los análisis propuestos para el método no se pueden realizar con las herramientas actuales que se analizaron en el capítulo anterior, debido a esto la herramienta desarrollada debe ser capaz de monitorear los parámetros de QoS caudal, latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad, además de mostrar una información más detallada de estos parámetros, lo que permitirá tener criterios para la toma de decisión. En el capítulo 3 se abordará con mayor profundidad el proceso de confección de la herramienta.

Conclusiones Parciales

Luego de desarrollar el capítulo se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

- Quedaron definidas todas las etapas en la que está estructurado el método de medición y análisis de parámetros de QoS.
- Mediante el desarrollo e implementación del método para determinar parámetros de QoS, se pudieron integrar los parámetros latencia, caudal, pérdida de paquetes y disponibilidad para ser calculados.
- Se pudo arribar a una solución integral y con un mayor nivel de detalle en la información obtenida de cada parámetro.

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el capítulo se describe la estrategia de evaluación empleada en la investigación y los resultados alcanzados. En el proceso se realizaron diversas pruebas para determinar el grado de confianza de la información que proporciona el método elaborado. Además del nivel de detalle que es capaz de mostrar de lo que está sucediendo en la red. Sus cualidades fueron confirmadas mediante la implementación de una herramienta para medir parámetros de red la que fue desarrollada con el método propuesto en la investigación.

3.1 Herramienta de monitoreo de red desarrollada:

El método que se obtuvo no tendría valor si no pudiera ser implementado en una herramienta que permita comprobar el buen funcionamiento del mismo y nos ofreciera valores en tiempo real para la toma de decisiones. La herramienta va a contener implementadas las etapas Obtención de Valores, Medición y Análisis. La primera etapa, Identificación, solo se vuelve a realizar en caso que se necesiten medir otros parámetros además de los planteados, por características específicas que presente la red. La etapa de Modificación de Valores no se implementa porque esta etapa se lleva a cabo por el personal que administra la red.

La herramienta podrá ser desplegada en cualquier estación y será capaz de monitorear cualquier equipo en la red que posea un agente SNMP con soporte para la versión v2c. Brinda un entorno simple e intuitivo para el análisis de parámetros de calidad de servicio, puede ser usada por usuarios sin mucha experiencia y sin necesidad de configuraciones complejas. En la Figura 8 que se muestra a continuación se puede observar la arquitectura de despliegue de la herramienta.

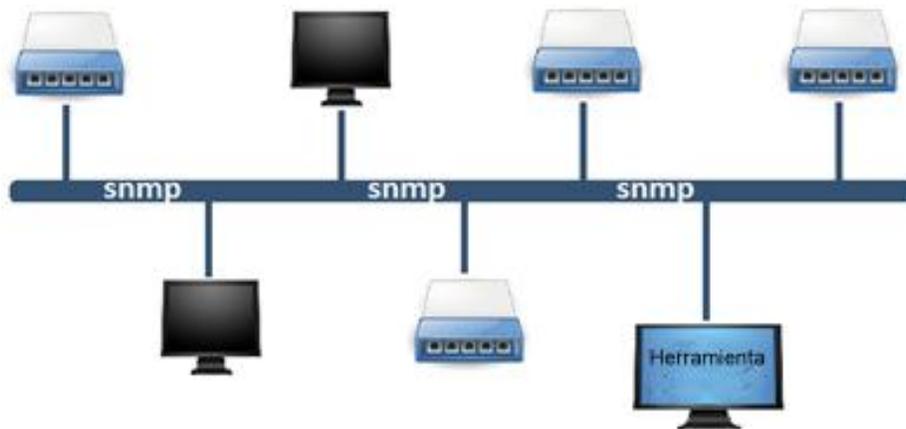


Figura 8: Arquitectura de despliegue.

3.1.1 Herramientas y tecnologías:

Para el desarrollo de la aplicación se utilizaron diferentes herramientas y tecnologías, estas son:

1. Qt Creator es un entorno completo de desarrollo integrado (IDE) para la creación de aplicaciones con el frameworks Qt, está diseñado para desarrollar aplicaciones e interfaces de usuario una sola vez y desplegarlas a múltiples sistemas operativos tanto móviles como de escritorio. Una de las mayores ventajas de Qt Creator es que permite que un equipo de desarrolladores comparta un proyecto a través de diferentes plataformas con una herramienta común para desarrollo y depurado (43).

Se selecciona esta herramienta por su amplia gama de componentes visuales en su biblioteca gráfica, lo que ayuda a la hora del desarrollo de las interfaces de la aplicación.

2. Biblioteca Net-SNMP: Net-SNMP es una colección de herramientas relacionadas al protocolo SNMP incluyendo (44):
 - Un agente extensible.
 - Una biblioteca de desarrollo para aplicaciones.
 - Herramientas para encuestar información desde los agentes SNMP.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

- Herramientas para generar y manejar las alarmas SNMP.

Net-SNMP provee una implementación robusta y con una CLI (Interfaz de Línea de Comandos) sencilla de usar para el desarrollador (45).

Esta biblioteca es un elemento clave para el desarrollo de esta aplicación, ya que es la encargada de establecer la comunicación con los dispositivos a nivel de la capa de transporte. La misma tiene gran prestigio en el mundo de SNMP y posee una interfaz de programación para C++, que es el lenguaje usado para el desarrollo.

3. Bibliotecas Boost: El uso de bibliotecas de alta calidad como las de boost aceleran el desarrollo de aplicaciones y ocasionan menor cantidad de errores y menor tiempo de mantenimiento del código. La biblioteca boost posee una tendencia hacia el estándar, por lo que muchos programadores están familiarizados con ella. Actualmente existen muchas aplicaciones que incluyen boost, como es Adobe Acrobat Reader.

Esta biblioteca constituye otro elemento importante para el desarrollo de la aplicación, ya que se usa en conjunto con la NET-SNMP para asegurar la comunicación con los dispositivos. Además se usa para el manejo y sincronización de los hilos de ejecución usados, así como el uso de peticiones asíncronas.

5. RRD Tools: RRDtool (acrónimo de Round Robin Database Tool) es una herramienta con licencia GNU desarrollada por Tobias Oetiker, del Swiss Federal Institute of Technology (46; 47).

Esta biblioteca brinda una base de datos para almacenar los valores históricos del proceso de monitoreo, así como la posibilidad de generar gráficas y reportes de valores.

3.1.2 Patrones de diseño:

Para el desarrollo de la aplicación se tuvo en cuenta el empleo de patrones GRASP (Patrones Generales de Software para Asignación de Responsabilidades), los cuales brindan mayor robustez al sistema a la hora de su desarrollo.

Patrones GRASP utilizados (48):

- **Controlador:** Un controlador es un objeto que no pertenece a la interfaz de usuario, responsable de recibir o manejar un evento del sistema. Un controlador define el método para la operación del sistema.

El patrón controlador sirve como intermediario entre una determinada interfaz y el algoritmo que la implementa, de tal forma que es la que recibe los datos del usuario y la que los envía a las distintas clases según el método llamado. Este patrón sugiere que la lógica de negocios debe estar separada de la capa de presentación, esto es para aumentar la reutilización de código y a la vez tener un mayor control.

Este patrón se observa en la clase SimpleNetworkMonitor que es la encargada de recibir los datos de las consultas realizadas a los dispositivos, así como todos los eventos relacionados a los mismos, y luego enviarlos a la clase encargada de mostrarlos en la interfaz al usuario, ver Figura 9.

- **Creador:** La creación de instancias es una de las actividades más comunes en un sistema orientado a objetos. En consecuencia, es útil contar con un principio general para la asignación de las responsabilidades de creación. Si se asignan bien, el diseño puede soportar un bajo acoplamiento, mayor claridad, encapsulación y reutilización.

El patrón creador guía la asignación de responsabilidades relacionadas con la creación de objetos. La intención básica del patrón creador es encontrar un creador que necesite conectarse al objeto creado en alguna situación. Trae como beneficio el soporte de bajo acoplamiento, lo que implica menos dependencias de mantenimiento y mayores oportunidades para reutilizar.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

Se evidencia en la clase Collector que es la encargada de crear, modificar y eliminar los objetos Device, los cuales representan a los dispositivos en el sistema, ver Figura 9.

- **Bajo Acoplamiento:** El acoplamiento es una medida de la fuerza con que un elemento está conectado a, tiene conocimiento de, confía en, otros elementos. Un elemento con bajo (o débil) acoplamiento no depende de demasiados elementos. Estos elementos pueden ser clases, subsistemas, sistemas, etc.

El patrón bajo acoplamiento impulsa la asignación de responsabilidades de manera que su localización no incremente el acoplamiento hasta un nivel que lleve a los resultados negativos a producir un acoplamiento alto. Soporta el diseño de clases que son más independientes, lo que reduce el impacto del cambio. No se puede considerar de manera aislada a otros patrones como el de alta cohesión, sino que necesita incluirse como uno de los diferentes principios de diseño que influyen en una elección al asignar una responsabilidad.

- **Alta Cohesión:** La cohesión funcional es una medida de la fuerza con la que se relacionan y del grado de focalización de las responsabilidades de un elemento. Un elemento con responsabilidades altamente relacionadas, y que no hace una gran cantidad de trabajo, tiene alta cohesión. Estos elementos pueden ser clases, subsistemas, etc.

Existe alta cohesión funcional cuando los elementos de un componente (como una clase) trabajan todos juntos para proporcionar algún comportamiento bien delimitado. Una clase con alta cohesión es ventajosa porque es relativamente fácil de mantener, entender y reutilizar. Soporta a menudo bajo acoplamiento. El alto grado de funcionalidad relacionada, combinada con un número pequeño de operaciones, también simplifica el mantenimiento y las mejoras.

La alta cohesión y el bajo acoplamiento se evidencian en todo el diseño de la aplicación, ver Figura 9.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

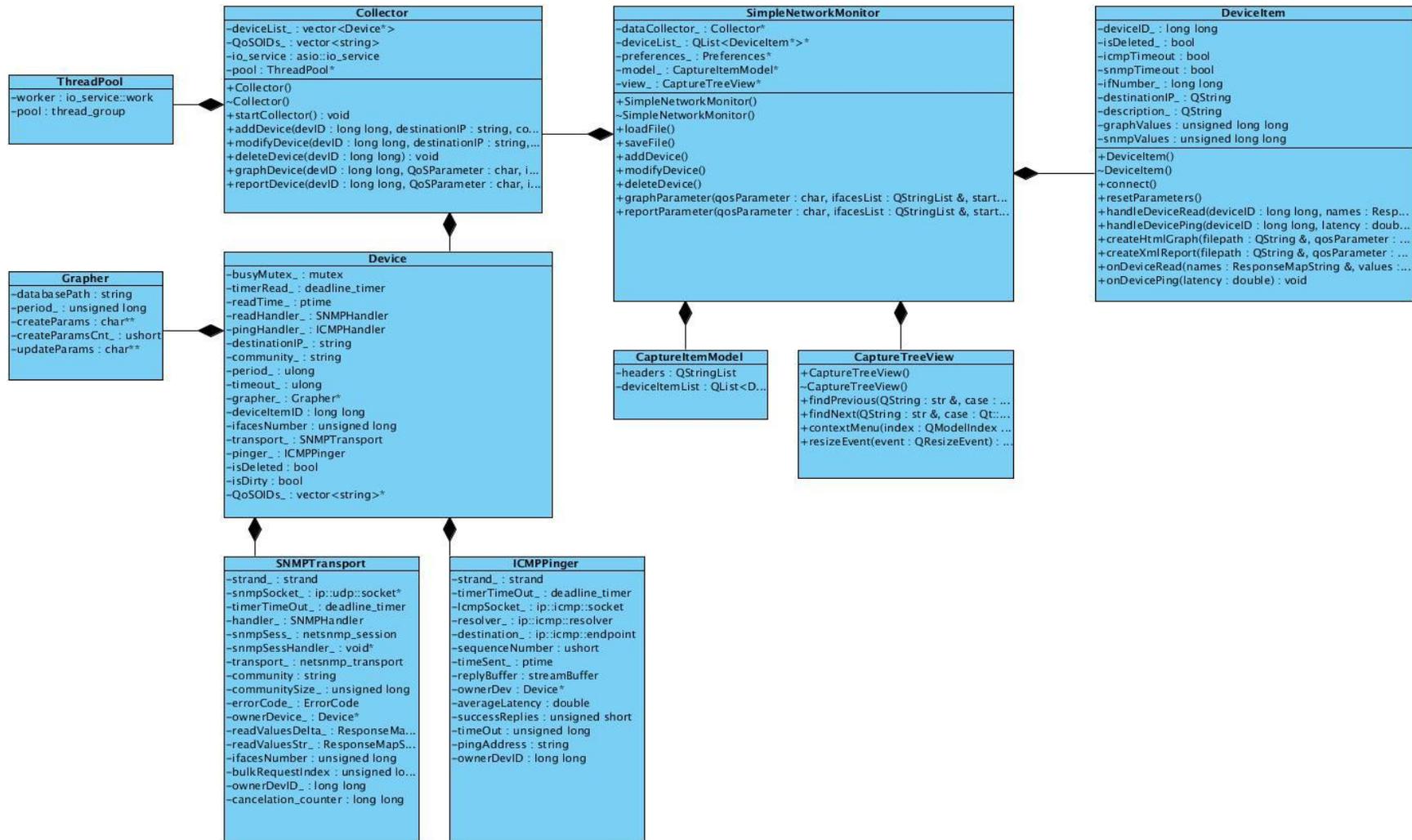


Figura 9: Diagrama de clases del diseño.

3.1.3 Patrón de arquitectura:

Se utilizó el patrón de arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC) que permite realizar la programación multicapa, separando en tres componentes distintos los datos de una aplicación, la interfaz del usuario y la lógica de control.

Este patrón de diseño se basa en las ideas de reutilización de código y la separación de conceptos, características que buscan facilitar la tarea de desarrollo de aplicaciones y su posterior mantenimiento.

En MVC, el modelo representa los datos que se envían y reciben para su visualización. La vista presenta la información a los usuarios. El controlador actúa de mediador entre la vista y el usuario, convirtiendo las acciones del usuario en peticiones para navegar por la aplicación, las cuales la vista transmite al modelo según sea necesario.

Qt provee una arquitectura Modelo/Vista inspirada en el MVC. En Qt, en lugar de un controlador, se usa una abstracción ligeramente diferente: los delegados. Estos son los encargados de mostrar y manejar los componentes visuales de Qt necesarios para la interacción de los usuarios con la aplicación (43), ver Figura 10.

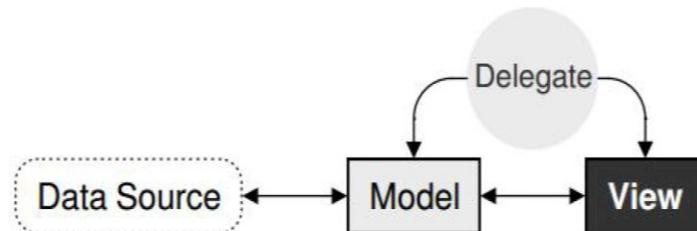


Figura 10: Arquitectura modelo/vista de Qt.

3.2 Procedimiento seleccionado para la evaluación del Método de medición de parámetros de QoS:

Con el fin de evaluar la veracidad, precisión y el nivel de detalle que es capaz de brindar el método integral para la medición y análisis de parámetros de QoS desarrollado en la investigación, se realizan una serie de pruebas a la herramienta desarrollada en la investigación.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

Para esto se realizan dos pruebas:

- Para la primera prueba se utiliza un entorno completamente controlado. Estas pruebas tienen como objetivo observar el funcionamiento, la precisión y el nivel de detalle que presenta el método.
- Para la segunda prueba se utiliza un entorno real. Se realizaron pruebas de comparación con herramientas profesionales como la herramienta Cacti y el comando PING. Las comparaciones realizadas tienen como objetivo además de observar su funcionamiento en este entorno, comparar la similitud que presenta con respecto a las herramientas con la que se compara.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizan los programas Excel y Statistica en su versión 7.0.61.0 (49). Se realizó un análisis de varianza y la prueba de los rangos múltiples de Duncan para comparar las diferencias entre las muestras evaluadas. En todos los casos se trabajó con un 95 % de confiabilidad.

3.3 Entorno desarrollado para el primer tipo de prueba:

La evaluación se realiza a través de un entorno controlado, que se muestra en la Figura 11. Este entorno de prueba está compuesto por cuatro equipos con sistema operativo Linux de diferentes distribuciones, en una de estas máquinas se encuentra la herramienta que contiene el método de medición, la que va a tener un papel de receptor, ya que la aplicación estará midiendo los parámetros del comportamiento de la red hacia ella misma. Los tres equipos restantes tendrán el papel de transmitir información hacia la máquina que contiene la herramienta.

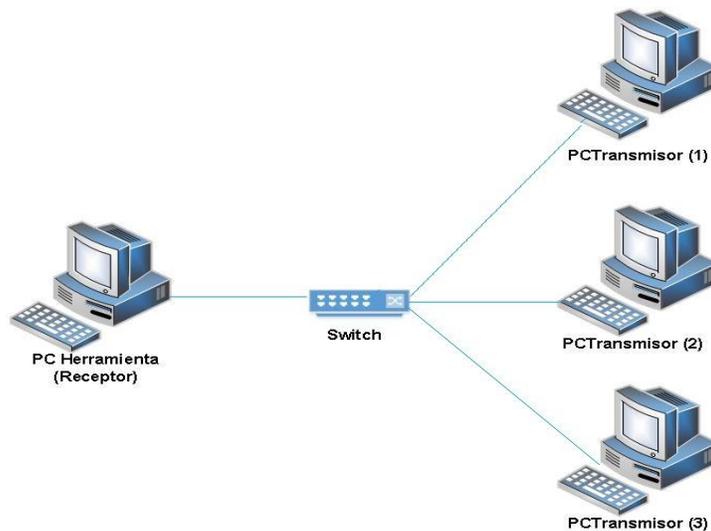


Figura 11: Entorno controlado de prueba.

3.3.1 Análisis del parámetro Caudal en entorno controlado de prueba:

Para el análisis del parámetro caudal en uno de los equipos transmisor es generado tráfico utilizando una herramienta de código abierto que realiza esta tarea denominada Multi_Generator (MGEN). Fue desarrollado por el departamento “Naval Research Laboratory” de Washington DC en Estados Unidos, está compuesto por un conjunto de herramientas que permiten tomar medidas de rendimiento de una red por medio de flujos de paquetes UDP. La aplicación MGEN, como “método activo”, genera patrones de tráfico en tiempo real para cargar a la red en distintas formas. El tráfico generado puede utilizarse para calcular estadísticas de como se está comportando la red ante una determinada carga analizando distintos parámetros de calidad de servicio, como el caudal, la cantidad de paquetes perdidos, el retardo experimentado por los paquetes. (50; 51).

El tráfico generado utilizando MGEN es enviado al equipo receptor, para evaluar el desempeño y el margen de error que presenta el método en la medición del parámetro caudal.

Se llevan a cabo cinco experimentos (repeticiones), donde cada uno va a ser ejecutado por un intervalo de un minuto. Seguidamente se calcula el error de estimación de acuerdo con la ecuación definida en (52).

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

$$\text{error} = \left| \frac{m_{AB} - n_{AB}}{n_{AB}} \right| * 100$$

Donde:

- m_{AB} : Corresponde a la estimación dada por la herramienta que implementa el método.
- n_{AB} : Es el valor promedio esperado del ancho de banda disponible (de acuerdo con la cantidad de tráfico insertado).

La Tabla 4 muestra los valores promedios de entrada y salida del caudal que generan la herramienta MGEN y la herramienta desarrollada en la investigación al realizarse los cinco experimentos llevados a cabo. Donde queda mostrado que el análisis del parámetro caudal realizado con el método propuesto presenta un porcentaje de error promedio de 0.6% lo que equivale a un 99.4% de exactitud del mismo, de acuerdo con la ecuación utilizada para el cálculo de error. En las Figuras 12 y 13 se muestran gráficas del caudal reportado por la herramienta y el generado con la herramienta MGEN.

No	Herramienta MGEN (bits/s)		Herramienta Desarrollada (bits/s)		% Error	% Exactitud
	Entrada	Salida	Entrada	Salida		
1	845887.1	978090.3	856161.0	989969.9	1.2	98.8
2	336476.6	469116.1	337150.9	470056.2	0.2	99.8
3	971052.5	942728.2	975932.2	947465.5	0.5	99.5
4	474360.2	546590.7	477704.1	550443.8	0.7	99.3
5	742656	714316	744144.3	715747.5	0.2	99.8
Promedio del % de Error y del % de Exactitud					0.6	99.4

Tabla 4: Análisis de parámetro caudal.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

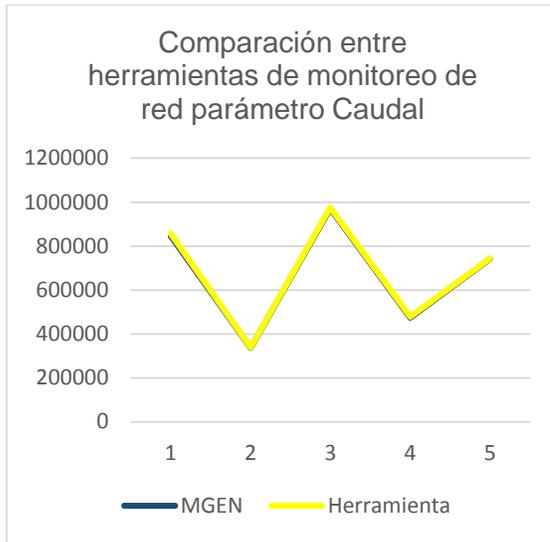


Figura 12: Análisis de parámetro caudal de entrada.

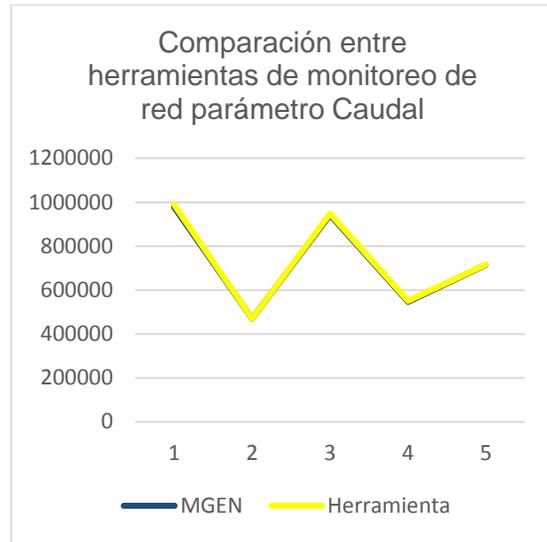


Figura 13: Análisis de parámetro caudal de salida.

3.3.2 Análisis del parámetro Latencia en entorno controlado de prueba:

Se efectuó una prueba utilizando el comando PING hacia la máquina receptor, se toman los valores de tiempo registrados por diez pruebas realizadas, valores que se comparan con los registrados por la herramienta desarrollada, ver las Figuras 14 y 15.

```
tesis@tesisNova:~$ ping 10.59.5.115
PING 10.59.5.115 (10.59.5.115) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=1 ttl=64 time=0.267 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=2 ttl=64 time=0.165 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=3 ttl=64 time=0.173 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=4 ttl=64 time=0.101 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=5 ttl=64 time=0.178 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=6 ttl=64 time=0.191 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=3 ttl=64 time=0.228 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=4 ttl=64 time=0.254 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=5 ttl=64 time=0.301 ms
64 bytes from 10.59.5.115: icmp_req=6 ttl=64 time=0.219 ms
```

Figura 14: Prueba utilizando comando PING.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

Dirección IP	Descripción	Latencia (ms)
127.0.0.1		0.253
127.0.0.1		0.185
127.0.0.1		0.173
127.0.0.1		0.111
127.0.0.1		0.165
127.0.0.1		0.191
127.0.0.1		0.235
127.0.0.1		0.260
127.0.0.1		0.301
127.0.0.1		0.211

Figura 15: Prueba utilizando Herramienta.

Con esta prueba se pudo observar el nivel de semejanza que presenta la latencia alcanzada por el comando PING y la calculada por la herramienta, mostrando en algunas pruebas diferencias de pocos milisegundos y en otras la semejanza total, ver Figura 16. Este análisis se ve ilustrado en la Tabla 5 que se muestra a continuación. Las pruebas estadísticas realizadas demuestran que no hay diferencias significativas estadísticamente. Además en la tabla se muestra el promedio de diferencia entre ambas herramientas, que es de 0.008 ms, lo que confirma que no es una diferencia significativa.

Comando PING	Herramienta Desarrollada	Diferencia
0.267	0.253	0.014
0.165	0.185	0.020
0.173	0.173	0.000
0.101	0.111	0.010
0.178	0.165	0.013
0.191	0.191	0.000
0.228	0.235	0.007

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

0.254	0.260	0.006
0.301	0.301	0.000
0.219	0.211	0.008
Promedio de la diferencia entre las herramientas		0.008

Tabla 5: Análisis de parámetro latencia.

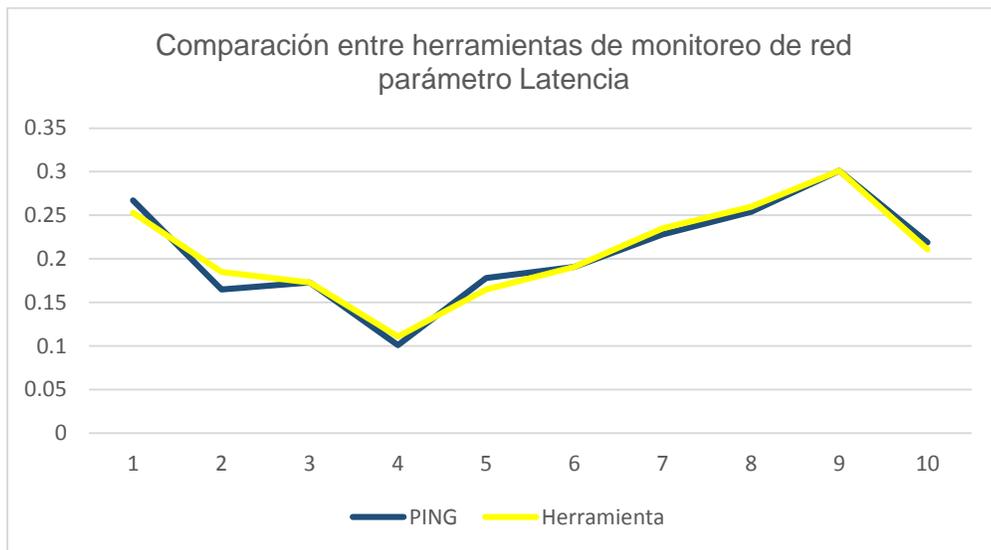
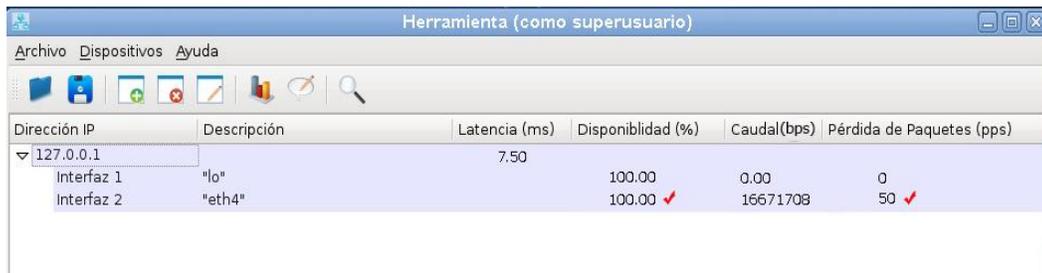


Figura 16: Análisis del comportamiento del parámetro latencia.

3.3.3 Análisis del parámetro Pérdida de Paquetes en entorno controlado de prueba:

Para analizar el parámetro pérdida de paquetes se generó tráfico con la herramienta MGEN desde cada una de las máquinas transmisoras. Se realizaron cinco experimentos ejecutados al mismo tiempo desde cada una de estas máquinas. Esto generó un mayor tráfico en la red, lo que provocó pérdidas de paquetes debido a la congestión que comenzó a formarse. Esta prueba se realiza en un intervalo de un minuto, donde en este minuto se transmiten 450000 paquetes de 8192 byte cada uno, este tráfico proyectó por la herramienta una pérdida de 50 paquetes, lo que representa un 0.01% de paquetes perdidos, ver Figura 17.

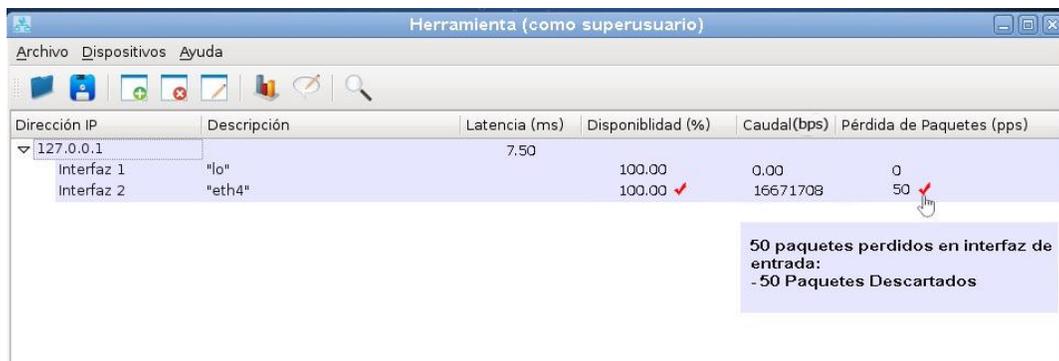
Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación



Dirección IP	Descripción	Latencia (ms)	Disponibilidad (%)	Caudal(bps)	Pérdida de Paquetes (pps)
127.0.0.1		7.50			
Interfaz 1	"lo"		100.00	0.00	0
Interfaz 2	"eth4"		100.00 ✓	16671708	50 ✓

Figura 17: Prueba utilizando herramienta para análisis de pérdida de paquetes.

Con esta prueba se pudo comprobar cómo funciona el método desarrollado en la investigación a la hora de realizar el análisis del parámetro pérdida de paquetes, además de analizar el nivel de detalle que brinda el mismo a la hora de mostrar la causa de las pérdidas registradas. Esto se puede ver en la Figura 18 que se muestra a continuación.



Dirección IP	Descripción	Latencia (ms)	Disponibilidad (%)	Caudal(bps)	Pérdida de Paquetes (pps)
127.0.0.1		7.50			
Interfaz 1	"lo"		100.00	0.00	0
Interfaz 2	"eth4"		100.00 ✓	16671708	50 ✓

50 paquetes perdidos en interfaz de entrada:
- 50 Paquetes Descartados

Figura 18: Nivel de detalle de la pérdida de paquetes.

3.3.4 Análisis del parámetro Disponibilidad en entorno controlado de prueba:

Para el análisis del parámetro disponibilidad se valora la disponibilidad alcanzada con la prueba realizada para el parámetro pérdida de paquetes, donde en esta prueba se obtiene una disponibilidad de 100% pero con señalizaciones, ver Figura 19. Muestra la información de que la disponibilidad es buena para los servicios de voz, comunicación y video, mensajería vocal y video, audio y video en tiempo real y fax. Además muestra que no hay disponibilidad para los servicios modo dirigido/control, transacciones de correo electrónico y navegación web, mensajería y descarga y para servicio soporte. Esto es provocado por la pérdida de paquetes generada, aunque representa un porcentaje bien bajo la herramienta refleja que para algunos servicios puede existir problemas, ya que ellos requieren para su buen desempeño y calidad de una pérdida de paquetes nula.

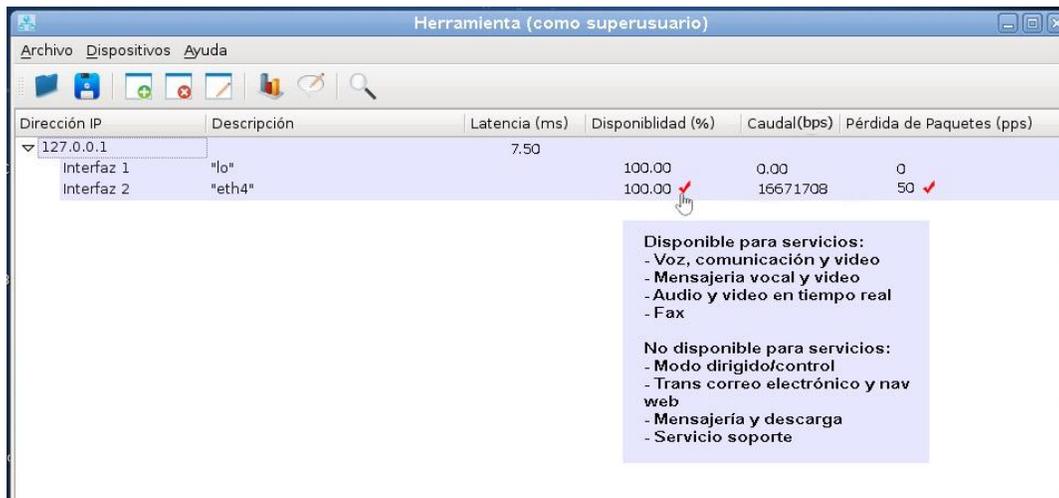


Figura 19: Prueba utilizando herramienta para análisis de disponibilidad.

3.4 Entorno desarrollado para el segundo tipo de prueba:

Para estas pruebas se contó con el acceso hacia el dispositivo NN2-Produccion (S9300) (Quidway S9303 Huawei Versatile Routing Platform Software), el cual es un dispositivo de enrutamiento de la Universidad de las Ciencias Informáticas y sobre el cual se tiene un monitoreo constante por parte del Nodo Central. Al tener acceso a este dispositivo y a las herramientas que monitorean al mismo, se procedió a monitorear el equipo con la herramienta desarrollada por un período de 24 horas, y luego a la comparación de los datos obtenidos.

La herramienta con la que se realizó la comparación fue Cacti, que es utilizada para la medición del tráfico que circula por las interfaces de los dispositivos. Luego de 24 horas se obtuvieron las gráficas, de Cacti y de la herramienta desarrollada.

3.4.1 Análisis del parámetro Caudal en entorno real:

Para este parámetro a continuación se muestran dos gráficas hechas con cada una de estas herramientas en las que se puede observar la semejanza en las mediciones del parámetro caudal, ver las Figuras 20 y 21.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

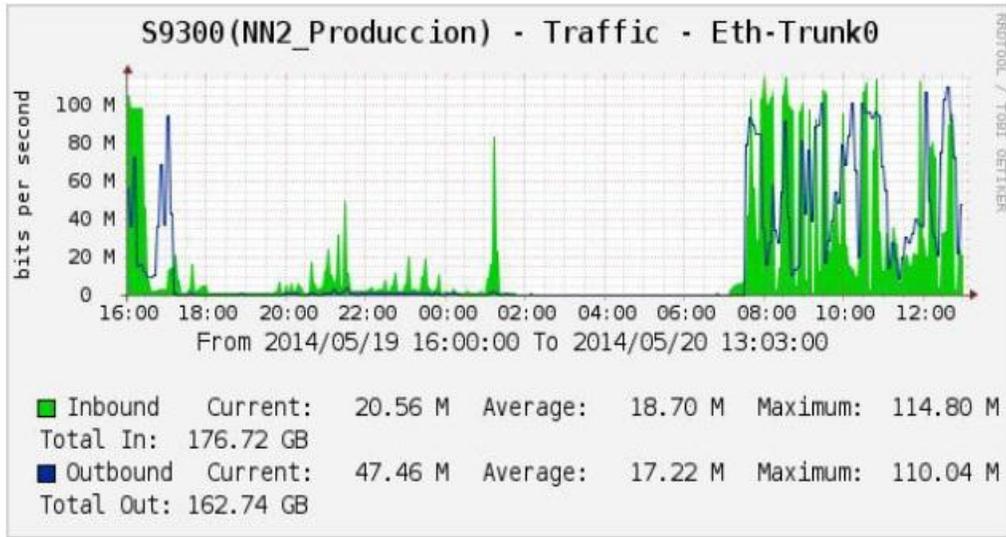


Figura 20: Gráfica de Cacti medición de parámetro Caudal.

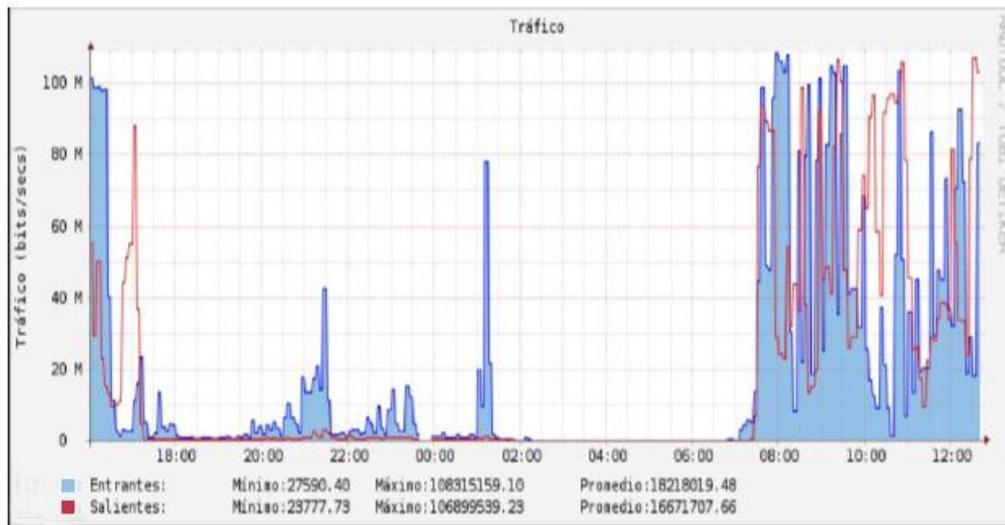


Figura 21: Gráfica herramienta desarrollada midiendo parámetro Caudal.

Después del análisis realizado, se pudo observar las semejanzas de las mediciones por ambas herramientas en los mismos intervalos de tiempo, verificándose la validez para el parámetro caudal. Esto queda reflejado en la Tabla 6. Donde al analizarse el promedio de entrada y salida alcanzado con cada aplicación, existe una diferencia de 1.33

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

megabits en la entrada y en la salida. Las pruebas estadísticas realizadas manifiestan que no hay diferencias significativas.

	Herramienta Cacti (megabits/s)	Herramienta desarrollada (megabits/s)	Diferencias (megabits/s)
Entradas	18.70	17.37	1.33
Salidas	17.22	15.89	1.33

Tabla 6: Comparación de herramientas para análisis del parámetro caudal.

3.4.2 Análisis del parámetro Latencia en entorno real:

Otra de las pruebas realizadas fue para validar el parámetro latencia, para lo cual se realizaron varias encuestas al dispositivo anterior, usando la herramienta ping del sistema GNU-Linux Debian 6.0 Squeeze y la herramienta desarrollada. A continuación se muestran los resultados obtenidos en las Figuras 22 y 23:

```
adrian@adrianPc:~$ ping 172.30.0.8
PING 172.30.0.8 (172.30.0.8) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=1 ttl=252 time=4.16 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=2 ttl=252 time=12.2 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=3 ttl=252 time=4.28 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=4 ttl=252 time=6.10 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=5 ttl=252 time=8.96 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=6 ttl=252 time=12.2 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=7 ttl=252 time=4.50 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=8 ttl=252 time=4.01 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=9 ttl=252 time=6.53 ms
64 bytes from 172.30.0.8: icmp_req=10 ttl=252 time=9.96 ms
```

Figura 22: Análisis de latencia con comando PING.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	5.00
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	12.25
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	4.50
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	6.50
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	8.25
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	11.50
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	4.50
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	4.00
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	6.33
▷ 172.30.0.8	Huawei Router Fac5	10.75

Figura 23: Análisis de latencia con herramienta.

Al término de esta prueba, se pudo observar que no hay diferencias significativas estadísticamente. Se puede ver además en la Tabla 7 que se muestra a continuación, que el promedio de diferencia entre ambas herramientas es de 0.39 ms, lo que confirma que no es una diferencia significativa, ver Figura 24.

Comando PING	Herramienta Desarrollada	Diferencia
4.16	5.00	0.84
12.20	12.25	0.05
4.28	4.50	0.22
6.10	6.50	0.40
8.96	8.25	0.71
12.20	11.50	0.70
4.50	4.50	0.00
4.01	4.00	0.01
6.53	6.33	0.20
9.96	10.75	0.79

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

Promedio de la diferencia entre las herramientas	0.39
--	------

Tabla 7: Análisis de parámetro latencia en entorno real.

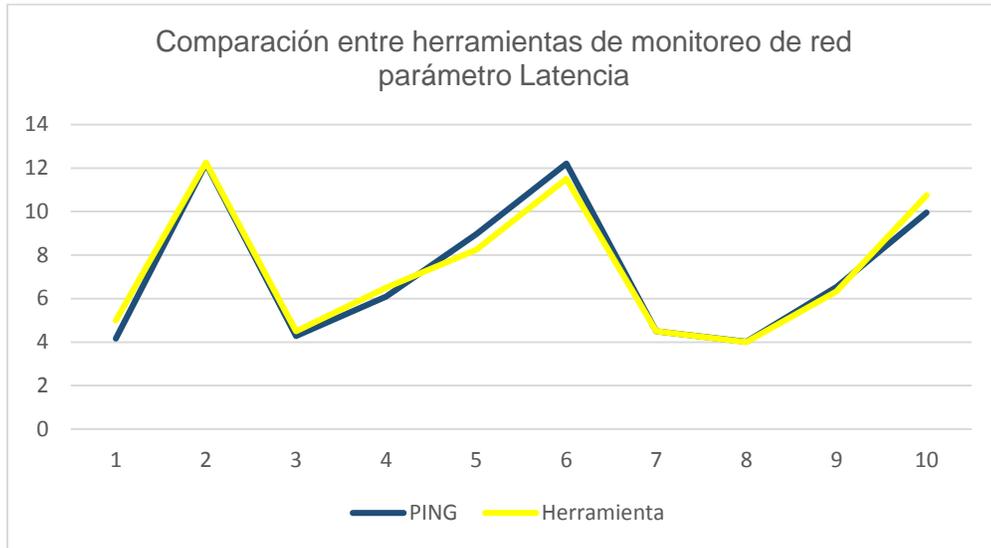


Figura 24: Análisis del comportamiento del parámetro latencia.

3.4.3 Análisis del parámetro pérdida de paquetes en entorno real:

Durante este período ninguna de las dos herramientas reflejó la pérdida de paquetes en la red, esto es debido a que el ancho de banda de la red de área local interna de la universidad es de 10 GB para cada enlace, que en la actualidad tiene un porcentaje de utilización bajo. Lo que muestra que es casi imposible que llegue a congestionarse la red. La herramienta Cacti no mostró paquetes descartados durante este período y la herramienta desarrollada tampoco reportó ningún paquete perdido en ninguna interfaz.

3.4.4 Análisis del parámetro disponibilidad en entorno real:

Debido a que durante este período la latencia se mantuvo baja y no se reportaron pérdidas de paquetes, además de que todas sus interfaces se encontraron activas durante este período la disponibilidad reportada por ambas herramientas fue de 100%, donde la herramienta implementada no muestra señalizaciones pues tiene una disponibilidad ideal para cualquiera de los servicios declarados en el capítulo anterior en el epígrafe de análisis de la disponibilidad, ver las Figuras 25 y 26.

console graphs

Console -> Devices Logged in as admin

Create
New Graphs
Management
Graph Management
Graph Trees
Data Sources
Devices
Collection Methods
Data Queries
Data Input Methods
Templates
Graph Templates
Host Templates
Data Templates
Import/Export
Import Templates
Export Templates
Configuration
Settings
Utilities
System Utilities
User Management
Logout User

Devices

Type: Any Status: Any Search: Rows per Page: 40 go

<< Previous Showing Rows 1 to 14 of 14 [1] Ne

Description**	ID	Graphs	Data Sources	Status	Event Count	Hostname	Current (ms)	Average (ms)	Availability
AP_Lab103	32	8	8	Down	12829	172.18.34.204	13.97	5.03	11.52
AP_Loby_01	29	4	4	Down	10782	172.18.34.201	1.59	1.65	25.81
AP_Loby_02	30	4	4	Down	10782	172.18.34.202	1.65	1.7	25.82
AP_Loby_03	31	4	4	Down	10782	172.18.34.203	1.65	1.67	25.82
AP_Loby_CEntro	28	5	5	Up	0	172.18.34.100	1.64	1.72	88.01
Localhost	1	0	0	Up	0	127.0.0.1	0.14	1.34	100
PortaWifi	20	2	2	Up	0	10.0.0.205	1.24	1.29	99.86
Router-RAS	7	4	5	Up	0	10.0.0.200	4.86	8.3	99.98
Router-UCI	18	19	19	Up	0	200.55.140.241	7.21	11.19	99.65
S5300-Docente5	12	1	1	Up	0	172.29.35.2	6.07	7.75	99.44
S7800-LAN	8	9	9	Up	0	172.30.1.1	3.03	4	100
S9300(NN2_Produccion)	21	3	3	Up	0	172.30.0.8	4.28	7.23	100
S9300-Core	3	2	2	Up	0	172.30.0.1	3.12	4.33	100
S9300-Doc5	13	2	2	Up	0	172.29.35.1	7.83	14.28	99.99

<< Previous Showing Rows 1 to 14 of 14 [1] Ne

Figura 25: Análisis de la disponibilidad con herramienta Cacti.

Archivo Dispositivos Ayuda

Dirección IP Descripción Latencia (ms) Disponibilidad (%)

172.30.0.8	Huawei Ruter Fac5	7.18	100.00
------------	-------------------	------	--------

Figura 26: Análisis de la disponibilidad con herramienta desarrollada.

Conclusiones Parciales

Luego de desarrollar el capítulo se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

- A través del desarrollo del método de medición de parámetros de QoS se implementó una herramienta para poder monitorear el estado de estos parámetros en la red.
- Se pudo validar el correcto funcionamiento del método integral para la medición de parámetros de QoS.
- Se pudo evaluar la exactitud y eficiencia del método propuesto a través del análisis del mismo en una herramienta desarrollada para monitorear la red.

Capítulo 3. Evaluación de los resultados de la investigación

- Se confirmó que la información adquirida por medio de la herramienta desarrollada y la información alcanzada por las herramientas de monitoreo de red utilizadas para realizar pruebas tanto en el entorno controlado como en el entorno real, no presentan diferencias significativas estadísticamente.
- Se pudo confirmar que la solución implementada en la investigación mide de forma integral todos los parámetros definidos y muestra un mayor nivel de detalle que las herramientas con las que se realizó la comparación.

CONCLUSIONES

1. Durante el desarrollo de esta investigación se evidenció la necesidad del análisis de los parámetros definidos para determinar la QoS debido a la influencia que presentan para mostrar criterios en el contexto de las redes de área local.
2. En la gestión de redes las herramientas que se utilizan en la actualidad no agrupan en su totalidad los parámetros de QoS requeridos, son difíciles de manejar y en ocasiones de licencia privativa. Este análisis confirmó la necesidad de un método que integre la medición y análisis de los parámetros de QoS.
3. El método de medición y análisis desarrollado e implementado en una herramienta informática permitió medir de forma integral todos los parámetros definidos en la investigación para adquirir argumentos para evaluar el desempeño de la red y así poder tomar criterios para brindar QoS en una LAN.
4. Las pruebas realizadas para la validación del método integral permitieron comprobar que:
 - a) Presenta un 99.4% de exactitud en el cálculo del parámetro caudal con respecto al generado por la herramienta MGEN.
 - b) No muestran diferencias significativas los valores alcanzados al compararlos con los adquiridos por herramientas profesionales de monitoreo como son la herramienta Cacti y el comando PING.
 - c) Muestra un mayor nivel de detalle en los parámetros pérdida de paquetes y disponibilidad al brindar una información más explicativa frente a los valores alcanzados.

RECOMENDACIONES

Para darle continuidad a la presente investigación la autora recomienda:

- Que se generalice el uso de la herramienta que implementa al método de medición integral de los parámetros de QoS en la Universidad de las Ciencias Informáticas y en otras redes de área local.
- Ampliar esta investigación para analizar parámetros que influyen en otros tipos de redes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOREANO, R. *Metodología para evaluar la Calidad de Servicio de las Telecomunicaciones*. Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (FIEE), 2010. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3730>.
2. *Recomendación UIT-T E.800. Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio*. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008. Disponible en: www.itu.int/rec/T-REC-E.800-198811-S/es.
3. PRADO, C. *Implantación de Calidad de Servicio (QoS) en Redes Inalámbricas WI-Fi*. Tesis de Maestría, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Culhuacan México, D.F, 2009. 259 p.
4. HERNÁNDEZ LEÓN, R. A. y COELLO GONZÁLEZ, S. *El proceso de investigación científica*. Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior, 2011. 110 p. ISBN 978-959-16-1307-3.
5. *Ethernet: de 2.94 a 1000 Mb/s en 25 años Tercera Parte: El funcionamiento* Red Académica y de Investigación Española. REDIRIS. [Consultado el: 22 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www.rediris.es/rediris/boletin/49/enfoque3.html>.
6. *CCITT-I.350. Aspectos Generales de Calidad de Servicio y de Calidad de Funcionamiento en las Redes Digitales Incluidas las Redes Digitales de Servicios Integrados*. Unión Internacional de Telecomunicaciones, 1988. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/CCITT-I350-198811-I/es>.
7. CRAWLEY, E.; NAIR, R., et al. *IETF RFC 2386: Framework for QoS-based Routing in the Internet*. 1998. Disponible en: <http://www.rfc-base.org/rfc-2386.html>.
8. ÁLVAREZ MORAGA, S. A. y GONZÁLEZ VALENZUELA, A. J. Estudio y configuración de calidad de servicio para protocolos IPv4 e IPv6 en una red de fibra óptica WDM. *Universidad de Tarapacá*, 2005, vol. 13, nº 3, p. 104-113.
9. CRUZ FELIPE, M. D. R.; MARTÍNEZ GÓMEZ, R., et al. Análisis de tráfico en la red UCI mediante la simulación *Revista Digital de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Telem@tica*, 2013, vol. 12, nº 1, p. 76 - 89. Disponible en: <http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/94/93>. ISSN 1729-3804.
10. *Recommendation ITU-T Y.1540. Internet protocol aspects – Quality of service and network performance*. Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union, 2011. Disponible en: www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540.

11. GUERRERO, C. D. y LABRADOR, M. A. Experimental and analytical evaluation of available bandwidth estimation tools. *Proceedings of the IEEE Local Computer Networks*, 2006, p. 710–717. Disponible en: www.computer.org/csdl/proceedings/lcn/2006/0418/00/04116642.pdf. ISSN 1-4244-0419-3.
12. GUERRERO, C. D. y LABRADOR, M. A. On the applicability of available bandwidth estimation techniques and tools *Computer Communications*, 2009, vol. 33, nº 1, p. 11–22.
13. CRUZ FELIPE, M. D. R. Modelo para la evaluación de la calidad de servicio en una red simple. *Resúmenes del II Taller Internacional sobre Ciencias de la Matemática y la computación. FIMAT XXI*, 2011.
14. LAURENCIO, E. D.; GÓMEZ, R. M., et al. QoS en redes de área local. *Revista Digital Sociedad de la Información*, 2013, nº 43, p. 1- 10. Disponible en: <http://www.sociedadelainformacion.com>. ISSN 1578-326x.
15. MEDINA, J. M. S. *Técnicas de optimización de parámetros de red para la mejora de la comunicación en servicios de tiempo real*. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza. 2011. 246 p.
16. SAYDAM, T. y MAGEDANZ, T. From Networks and Network Management into Service and Service Management *Journal of Networks and Systems Management*, 1996, vol. 4, nº 4.
17. MONTOYA, Y. y DUARTE, G. E. *Sistema de Gestión de Redes y Servicios de Telecomunicaciones*. Mérida. [Consultado el: 20 de enero de 2015]. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/SupervisionRedes.ppt>.
18. AGÉ, M.; BAUDRU, S., et al. Seguridad informática - Ethical Hacking: Conocer el ataque para una mejor defensa. 2011, ISSN 9782746068117.
19. NARAYANAN, H.; ILANGOVAN, G., et al. Original article: Feasibility of SNMP OID compression. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 2013, vol. 25, nº 1, p. 35-42.
20. CASE, J. D.; FEDOR, M., et al. *Rfc 1157. Simple Network Management Protocol (SNMP)*. 1990. Disponible en: <http://www.hjp.at/doc/rfc/rfc1157.html>.
21. RODRÍGUEZ, E. H. Utilización del protocolo SNMP como integrador de recursos para la administración de redes. *Serie Científica Universidad de las Ciencias Informáticas*, 2009, vol. 2, nº 10, Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/248/0>. ISSN 2306-2495.
22. MANRÍQUEZ, H. E. P. *Análisis de variables críticas en plataformas de telecomunicaciones de nueva generación, captura de indicadores y entrega de resultados*. Tesis de Maestría, Departamento de Ingeniería Electrónica. Universidad de Concepción. 2006.

23. ROSE, R. Internet Control Message Protocol (ICMP). *Linux Kernel Networking*. 2014, p. 37-61. ISBN 978-1-4302-6196-4.
24. NIÑO, L. F.; ARDILA, E., *et al.* Arquitectura para el manejo de congestión en una red de datos corporativa con participación del usuario, basado en inteligencia computacional. *Revista Vínculo*, 2013, vol. 10, nº 1, p. 109 - 120.
25. ROJAS, F. M. *Sistemas de clientes livianos con licenciamiento libre para entornos universitarios*. En *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Panama City, Panama. July 23-27, 2012.
26. MUÑOZ, M. J. L. *Desarrollo de métodos de medición para evaluar la calidad de servicio en el acceso a Internet*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú, 2003. 155 p.
27. VICENTE, A. C. A. *Monitoreo de Recursos de Red*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México, DF, 2005. Disponible en: <http://labs.lacnic.net/site/midiendo-rtt-ipv4-ipv6.MonitoreodeRecursosdeRedjulioestrepo.files.wordpress.com/2011/04/monitoreo.pdf>.
28. AUCANCELA, J. K. A. *Análisis de herramientas opensource de administración y monitoreo basado en SNMP, aplicado a la red de datos del ilustre municipio de Ambato*. Tesis Maestría, Facultad de Informática y Electrónica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba - Ecuador, 2011. 272 p.
29. *Linux and Enterprise Open Source Reader's Choice Awards*. SYS-CON Linux News Desk. [Consultado el: 11 de junio de 2013]. Disponible en: <http://linux.sys-con.com/read/404017.html>.
30. GHULYAN, K. *Sistema de monitorización adaptativo para sistemas distribuidos*. Tesis Maestría, Universidad Carlos III de Madrid. Leganés - Madrid, 2009.
31. CAYUQUEO, S. *Monitoreo y análisis de Red con Nagios*. 2009. Disponible en: <http://cayu.com.ar/files/manual-nagios-2009.pdf>.
32. PROAÑO, S. *Análisis e implementación de la herramienta de código libre Pandora FMS para el monitoreo de nodos de telecomunicaciones y servidores en ambientes Windows y Linux, usando el protocolo SNMP y la tecnología instrumental de administración de Windows WMI*. Tesis Maestría, Quito, 2013. 142 p.
33. *Funcionalidades Pandora FMS. Funcionalidades*. [Consultado el: 27 de junio de 2014]. Disponible en: <http://pandorafms.com/Soluciones/Features/es>.
34. *Pandora FMS. Pandora FMS Enterprise*. 2012. Disponible en: http://pandorafms.com/downloads/Pandora_Tecnica_ES_Abril2012.pdf.

35. *Sondeo de SNMP*. [Consultado el: 10 de junio de 2014]. Disponible en: http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SSGSG7_6.4.1/com.ibm.itsm.perf.doc/t_est_Sondeo.html?lang=es.
36. *Manage Engine OpManager. Herramienta de monitorización de redes*. [Consultado el: 17 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.overti.es/Manage-Engine-Op-Manager/monitorizacion.html>.
37. TANENBAUM, A. S. *Computer Networks*. Fourth Edition ed. Prentice Hall, 2003. 384 p. ISBN 0-13-066102-3.
38. YÁGÜEZ, F. J. G. *Arquitectura y servicios de Internet*. 2005. Disponible en: <http://halley.ls.fi.upm.es/~yaguez/pdfs/transniveles2005.pdf>.
39. FELIPE, M. D. R. C.; GÓMEZ, R. M., et al. Modelo analítico del protocolo 802.3 para la evaluación de la QoS. *Memorias del VI simposio Internacional de Telecomunicaciones en la XV Convención y Feria Internacional, Informática 2013*, 2013.
40. NOGALES, O. *Monitorizar interfaces Gigabit con SNMP Monitorizacion / Networking*. [Consultado el: 22 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.elblogtic.com/category/monitorizacion-2/>.
41. *How To Calculate Bandwidth Utilization Using SNMP*. Cisco Support Community, 2005. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/simple-network-management-protocol-snmp/8141-calculate-bandwidth-snmp.html>.
42. *Recomendación UIT-T G.1010. Categorías de calidad de servicio para los usuarios de extremo de servicios multimedios*. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2001. Disponible en: www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/es.
43. ALBÁN, O. A. V. *Introducción al Qt y al Qt Creator*. Universidad de Cauca, Colombia, 2008. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/125360702/INTRODUCCION-AL-QT-CREATOR#scribd>.
44. GUAMÁN, D. S. y CHAMORRO, M. P. A. Interfaz gráfica de usuario para la administración de dispositivos de red por medio de NETSNMP en el sistema operativo Linux. *QUITO/EPN*, 2010.
45. ROCKWOOD, B. *The Cuddletech Guide to SNMP Programming*. [Consultado el: 15 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://cuddletech.com/articles/snmp/index.html>.
46. OETIKER, T. *rrdtool*. RRDtool logging & graphing, 2015. Disponible en: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool/doc/rrdtool.en.html>.

47. KLUGEA, M.; HACKENBERGA, D., *et al.* Collecting Distributed Performance Data with Dataheap: Generating and Exploiting a Holistic System View. *Procedia Computer Science*, 2012, p. 1969 – 1978.
48. LARMAN, C. *UML y Patrones. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. Segunda Edición ed. Madrid, 2003. 624 p. ISBN 978-84-832-2927-9.
49. STATISTICA. *StatSoftware Incorporation*. Versión 7 ed. Tulsa United States of America: 2004, Programa de estadística.
50. ADAMSON, B. y GALLAVAN, S. *Multi-Generator (MGEN)*. Networks and Communication Systems Branch. [Consultado el: 10 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://cs.itd.nrl.navy.mil/work/mgen/index.php>.
51. VALDERRAMA, D. y VALDERRAMA, J. Estimación del consumo de ancho de banda en un enlace para servicios en tiempo real por medio de métodos de clustering difuso. *Revista CINTEX*, 2014, p. 74 - 81.
52. GUERRERO C. D.; SALCEDO D., *et al.* A Clustering Approach to Reduce the Available Bandwidth Estimation Error. *Revista IEEE America Latina*, 2013, vol. 11, n° 3, p. 927 - 932 Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6568835>. ISSN 1548-0992.