



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA

TEMA:

**“Estudio Comparativo entre las Técnicas de Monitoreo para
Determinar la Calidad del Servicio en Redes VoIP por Software y su
Correlación con la Percepción de los Usuarios”**

**Trabajo de Graduación previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Electrónico.**

AUTOR:

VÍCTOR MANUEL BUSCAN GUAMÁN

DIRECTOR:

FREDDY GONZALO PESANTEZ DÍAZ

CUENCA – ECUADOR

2012

Agradecimientos

A Mis Padres; a quienes, sin escatimar esfuerzo alguno, han dedicado gran parte de su vida para mi formación social, cultural y académica. A quienes, la ilusión de toda una vida, ha sido verme convertido en un profesional y un ser humano de provecho. A quienes nunca podré pagarles todo ese sacrificio...

A quienes me han acompañado a lo largo de mi trayectoria estudiantil, y principalmente a Dios...

Con este trabajo quiero expresarles mis más sinceros agradecimientos.

Dedicatoria

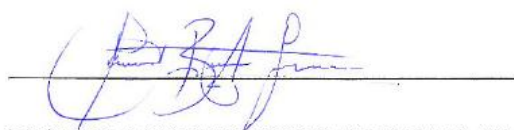
Dedico este trabajo a mis padres, pilar fundamental de mi existencia. Su tenacidad ante las adversidades, su coraje para continuar, y su inquebrantable voluntad para cuidarnos, a mis hermanos y a mí, han marcado el camino que he elegido seguir y me han inspirado en el ideal de alcanzar mis propios objetivos.



RESUMEN

Para establecer las directrices utilizadas en la determinación de los escenarios que sirvieron de base para el análisis de la calidad del servicio en redes de Voz sobre IP y la construcción de la base de datos, se procedió a instalar una red IP, conformada por terminales VoIP físicas y virtuales, comunicadas mediante cables RJ-45 y mediante radio (Wi-Fi). La red permite una variación controlada de la actividad presente en ella. Posteriormente se realizaron pruebas de calidad en cada uno de los escenarios establecidos; y se recogió la información observada en una base de datos, como resultado se observaron variaciones importantes en la percepción de calidad.

Palabras Claves: VoIP, QoS, métodos objetivos, métodos subjetivos, Ethernet, estándar de redes inalámbricas IEEE 802.11 - WiFi, Red de Area Local - LAN, WLAN.



VICTOR MANUEL BUSCAN GUAMAN
ALUMNO



FREDDY GONZALO PESANTEZ DÍAZ
DIRECTOR



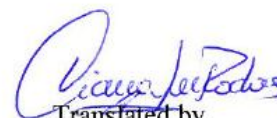
ABSTRACT

In order to establish the normative used to determinate the scenario for the analysis of service quality of IP Voice network service, an IP network was installed. This network consisted of physical and virtual VoIP terminals, which were connected RJ-45 cables and through radio (Wi-Fi). The network allows a controlled variation of the existing activity. Subsequently, quality test of each of the established scenarios were performed, and the information was gathered on a data base. As a result, important variations in the perception of quality were observed.

Key Words: Voice over IP - VoIP, Quality of Service - QoS, objective methods, subjective methods, Ethernet, IEEE 802.11 wireless network standard -WiFi, Local Area Network – LAN, WAN.



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I. ESTÁNDAR VOIP Y QOS

EL PROTOCOLO DE VOZ SOBRE IP	1
1.1. DEFINICIÓN DE VOZ SOBRE IP.....	1
1.2. COMPONENTES FUNDAMENTALES DE UNA RED VOIP	1
1.3. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UNA RED VOIP	2
1.4. COMPOSICIÓN DE LA TRAMA VOIP	3
1.5. PROTOCOLOS VOIP	4
1.6. ARQUITECTURAS VOIP	11
CALIDAD DEL SERVICIO EN REDES VOIP	12
1.7. DEFINICIÓN DE CALIDAD DEL SERVICIO VOIP	12
1.8. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE VOZ	13
1.9. RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO.....	19
1.10. MODELO OBJETIVO. E-MODEL	19
1.11. MÉTODO SUBJETIVO. OPINIÓN DEL USUARIO.....	21

CAPÍTULO II. ESCENARIO DE TRABAJO

2.1. SOFTWARE Y DISPOSITIVOS	23
2.2. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA VOIP	27
2.3. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA RED DE TRABAJO	28
2.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	31

CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO DE LA BASE DE DATOS

3.1. PREPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	32
3.2. EL SOFTWARE DE MONITOREO	32
3.3. CUESTIONARIO PARA LA ENCUESTA DE OPINIÓN.....	34
3.4. ADQUISICIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	38

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE DATOS

4.1. RESULTADOS DEL PROCESO DE MONITOREO 40

4.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA..... 47

4.3. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS 57

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES 62

RECOMENDACIONES..... 63

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 64

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS 64

ANEXOS.....66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- FIGURA 1.* COMPONENTES BÁSICOS DE UNA RED VOIP
- FIGURA 2.* COMUNICACIÓN VOIP
- FIGURA 3.* SEÑAL DE VOIP SOBRE UNA TRAMA IP.
- FIGURA 4.* ARQUITECTURA PARA VOIP/H.323
- FIGURA 5.* CÓDECS DE USO COMÚN.
- FIGURA 6.* RETARDO EN EL ALGORITMO
- FIGURA 7.* DIAGRAMA DE LA RED IP INSTALADA
- FIGURA 8.* VENTANA PRINCIPAL DEL SOFTWARE DE MONITOREO MANAGEENGINE®
- FIGURA 9.* VENTANA PRINCIPAL DEL SOFTWARE DE ANÁLISIS PASW STATISTICS®
- FIGURA 10.* INDICADOR MOS DEL ESCENARIO 1 PARA AMBOS ORÍGENES DE DATOS.
- FIGURA 11.* INDICADOR MOS DEL ESCENARIO 2 PARA AMBOS ORÍGENES DE DATOS.
- FIGURA 12.* INDICADOR MOS DEL ESCENARIO 3 PARA AMBOS ORÍGENES DE DATOS.
- FIGURA 13.* INDICADOR MOS DEL ESCENARIO 4 PARA AMBOS ORÍGENES DE DATOS.

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1.</i>	PROTOCOLO H.323 Y SIP
<i>TABLA 2.</i>	RETARDO DE PAQUETIZACIÓN
<i>TABLA 3.</i>	RETARDO DE SERIALIZACIÓN
<i>TABLA 4.</i>	LÍMITE DE RETARDO DE UNA VÍA PARA LLAMADAS DE VOZ.
<i>TABLA 5.</i>	ASIGNACIÓN DE EXTENSIONES PARA LOS TERMINALES DE PRUEBA
<i>TABLA 6.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINALES VIRTUALES EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA
<i>TABLA 7.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINAL VIRTUAL Y TELÉFONO IP EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA
<i>TABLA 8.</i>	PRUEBA ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN SMARTPHONE EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA
<i>TABLA 9.</i>	PRUEBA ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN SMARTPHONE EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA
<i>TABLA 10.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINALES VIRTUALES EN EL ESCENARIO 2
<i>TABLA 11.</i>	PRUEBA ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 2
<i>TABLA 12.</i>	PRUEBA ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 2
<i>TABLA 13.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINAL VIRTUAL Y SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 3
<i>TABLA 14.</i>	PRUEBA ENTRE SMARTPHONES EN EL ESCENARIO 3
<i>TABLA 15.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINALES VIRTUALES EN EL ESCENARIO 4
<i>TABLA 16.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINAL VIRTUAL Y TELÉFONO IP EN EL ESCENARIO 4
<i>TABLA 17.</i>	PRUEBA ENTRE TERMINAL VIRTUAL Y SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 4.
<i>TABLA 18.</i>	PRUEBA ENTRE SMARTPHONES EN EL ESCENARIO 4.
<i>TABLA 19.</i>	PERFIL GENERAL DE LOS ENCUESTADOS
<i>TABLA 20.</i>	ENSAYO ENTRE TERMINALES VIRTUALES EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA

<i>TABLA 21.</i>	ENSAYO ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN TELÉFONO IP
<i>TABLA 22.</i>	ENSAYO ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN
<i>TABLA 23.</i>	ENSAYO ENTRE DOS SMARTPHONES EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA.
<i>TABLA 24.</i>	ENSAYO ENTRE DOS TERMINALES VIRTUALES EN EL ESCENARIO 2
<i>TABLA 25.</i>	ENSAYO ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 2.
<i>TABLA 26.</i>	ENSAYO ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 2.
<i>TABLA 27.</i>	ENSAYO ENTRE DOS SMARTPHONES EN EL ESCENARIO 3.
<i>TABLA 28.</i>	ENSAYO ENTRE DOS TERMINALES VIRTUALES EN EL ESCENARIO 4.
<i>TABLA 29.</i>	ENSAYO ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y UN TELÉFONO IP EN EL ESCENARIO 4
<i>TABLA 30.</i>	ENSAYO ENTRE UN TERMINAL VIRTUAL Y SMARTPHONE EN EL ESCENARIO 4
<i>TABLA 31.</i>	ENSAYO ENTRE SMARTPHONES EN EL ESCENARIO 4

Víctor Manuel Buscán Guamán

Trabajo de Graduación

Ing. Freddy Pesantez

Marzo de 2012

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS TÉCNICAS DE MONITOREO
PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL SERVICIO EN REDES VOIP
POR SOFTWARE Y SU CORRELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN DE LOS
USUARIOS**

INTRODUCCIÓN

La convergencia de los servicios y tecnologías de telecomunicaciones es, sin duda, una revolución sin precedentes. Gracias a la masiva difusión de la Internet en el mundo, su lenguaje, el protocolo de Internet (IP), es el “idioma” más ampliamente utilizado para la transmisión de servicios multimedia. Uno de estos servicios es la transmisión de voz.

Los términos VoIP (Voz sobre el protocolo de Internet, por sus siglas en inglés) y Telefonía IP se refieren al conjunto de tecnologías, estándares y recomendaciones relacionadas con la transmisión de voz mediante una red IP. Particularidades tales como: el ahorro de costos, interoperabilidad y estándares abiertos, y la integración de la voz como una aplicación IP más; han promovido una creciente demanda de la tecnología VoIP por parte de las operadoras de telefonía, ISPs (Proveedores de Internet), y usuarios de redes IP privadas. Con estos antecedentes, es natural suponer que las garantías de calidad del servicio (QoS, por sus siglas en inglés) en las comunicaciones VoIP constituyen un tema de alta relevancia tanto para prestadores de servicios como para los usuarios.

Adicionalmente, debe considerarse el considerable crecimiento del acceso mediante radio. Las comunicaciones basadas en tecnología WiFi sugieren una atención especial en lo que se refiere a la evaluación de la calidad del servicio. La variabilidad del medio de transmisión plantea un escenario completamente diferente a las redes basadas en cableado (cobre, coaxial, fibra óptica, entre otros).

CAPÍTULO I

Estándar VoIP y QoS

EL PROTOCOLO DE VOZ SOBRE IP

1.1. DEFINICIÓN DE VOZ SOBRE IP

El estándar de Voz sobre el Protocolo de Internet es un conjunto de medios (protocolos, recomendaciones, disposiciones, dispositivos, etc.) que hacen posible las comunicaciones de voz, texto y video a través de una red de IP. Los servicios de llamadas IP se categorizan como telefonía IP.

1.2. COMPONENTES FUNDAMENTALES DE UNA RED VOIP

En la Figura 1. Se ilustran los componentes básicos de una red VoIP. Los interfaces de Voz tradicionales (POST, FAX, T1/E1, ISDN, E&M Trunks) se conectan a un Gateway que convierte sus respectivas señales en paquetes VoIP. Los teléfonos IP son terminales con soporte IP nativo que les permiten conectarse directamente con la red IP.

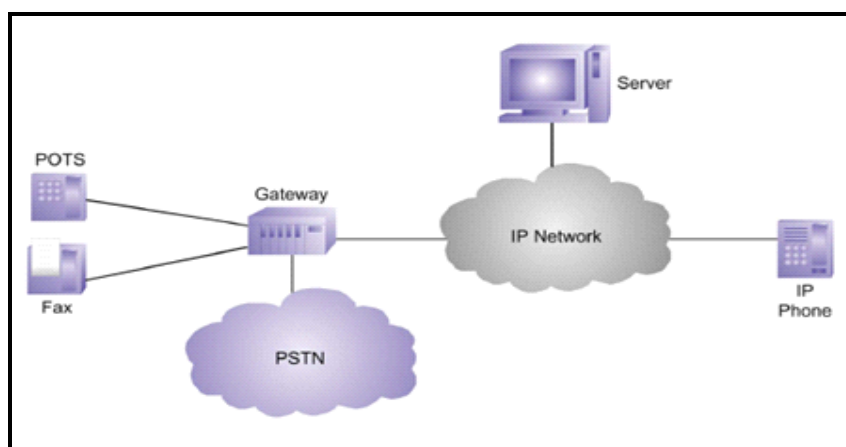


Figura 1. Componentes Básicos de una Red VoIP

Fuente: Felipe Herrera Vega, UNMSM

Como es de suponer, cualquier computador con interface para el estándar de voz sobre IP, puede emplearse para una comunicación de esta tecnología. A partir de este punto, se denominarán como terminales a los Gateway, teléfonos IP, y los computadores con interface VoIP.

La red IP permite la interconectividad entre todos los componentes de la red VoIP. El servidor provee las funciones de gestión y administración del tráfico de llamadas VoIP en la red. Como se ilustra más adelante, el servidor se denomina Gatekeeper si está basado en el estándar H.323, servidor SIP si está basado en el estándar SIP, o Call Agent si está basado en los estándares MEGACO o MGCP.

1.3. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UNA RED VOIP

El proceso da inicio con la digitalización de la señal analógica de la voz humana en señales PCM (Pulse Code Modulation) mediante un codificador/decodificador de voz (códec). En la siguiente etapa (encapsulamiento), las muestras PCM se comprimen y fraccionan en paquetes a través de un algoritmo de compresión, estos paquetes pueden transmitirse sobre una red IP, para este caso una red LAN, o WLAN. En la Figura 2. se muestra el proceso que sigue una comunicación VOIP.

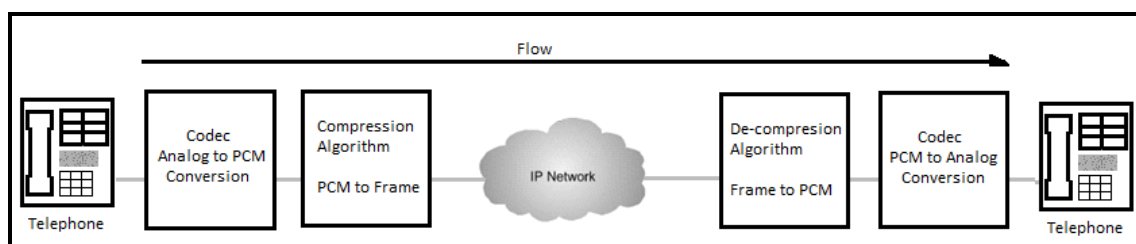


Figura 2. Comunicación VoIP

Como se puede observar, la etapa de recepción sigue un proceso opuesto al del proceso de emisión, la señal que se recibe de la red IP se reagrupa y descomprime con un algoritmo de de-compresión y posteriormente se convierte en voz analógica mediante un códec DAC (PCM a Analógico).

En una red IP pura, las etapas de codificación, decodificación y compresión pueden ser realizadas por el enrutador o el Gateway. Sin embargo, si la señal proviene de un sistema de telefonía privado que utiliza una PBX, entonces es este dispositivo el que realiza la labor de codificación y decodificación.

Los protocolos de señalización, encaminamiento y establecimiento de la llamada varían de acuerdo al estándar que se adopta (SIP; H.323, etc.). Cada una de estas características, conjuntamente con algunas consideraciones técnicas son abordadas más adelante en la sección 1.5 *Protocolos de Voz sobre IP*.

1.4. COMPOSICIÓN DE LA TRAMA VOIP

Para su transmisión mediante paquetes, la señal de voz previamente digitalizada se encapsulan dentro de paquetes RTP (Real time Transport Protocol), luego dentro de un paquete UDP (User Datagram Protocol) y finalmente dentro de una trama IP. En la ilustración de la Figura 3. se muestra una trama IP con sus respectivos tamaños en bytes. La carga útil de la trama depende del códec que se utiliza, por ejemplo: G.711 (160 bytes), G.723 (24 bytes), G.726 (80 bytes), etc.

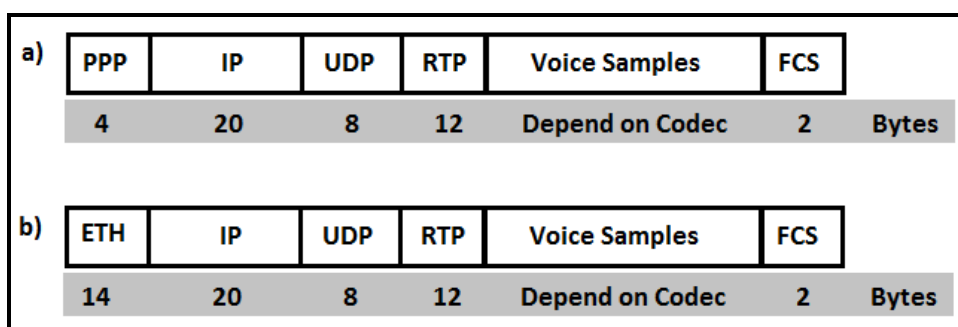


Figura 3. Señal de VoIP sobre una trama IP.

a) Para una red LAN, b) para una red WAN

1.5. PROTOCOLOS VOIP

Puesto que las comunicaciones de voz sobre IP eran inicialmente servicios privados de los diversos fabricantes, se crearon un sin número de combinaciones de protocolos para establecer las llamadas. En 1996, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) emitió la recomendación H.323, la primera para la tecnología VoIP, que se titulaba “Sistemas Telefónicos Visuales y Equipos para Redes de Área Local que proporcionan una Calidad de Servicio No Garantizada”. Este se difundió rápidamente como el estándar base para los sistemas de telefonía IP.

Aunque la recomendación H.323 es la más difundida, coexisten también otros estándares comúnmente utilizados. Así podemos mencionar:

- Recomendación H.248, define el Protocolo de Control Gateway (MEGACO), una arquitectura centralizada para el desarrollo de aplicaciones multimedia. Se conoce también como IETF RFC 2543
- MGCP, conocido también como IETF 2705 define una arquitectura centralizada para crear aplicaciones multimedia.
- SIP, Protocolo de Inicio de Sesión, conocido también como IETF RFC 2543, define una arquitectura Distribuida para el desarrollo de aplicaciones multimedia.

Los estándares más ampliamente utilizados son H.323 y SIP, estos se abordan con mayor detalle a continuación:

1.5.1. RECOMENDACIÓN H.323

La recomendación H.323 no es sino una agrupación de una gran cantidad de protocolos específicos para la codificación de voz, establecimiento de llamadas, señalización, transporte de datos, entre otras áreas, en las siguientes páginas se describe las principales características de este estándar.

Protocolos que constituyen el estándar VoIP/H.323

Direccionamiento:

- RAS (Registration, Admission and Status), Permite que una terminal H.323 localice a otro terminal a través del Gatekeeper.
- DNS (Domain Name Service): realiza la misma función que el protocolo RAS pero mediante direcciones IP, a través de un servidor DNS.

Señalización:

- H.225 (RAS): Para solicitar y regresar ancho de banda y proporcionar actualizaciones de estado.
- Q.931: Protocolo de señalización de llamadas, para establecer y liberar las conexiones con la red telefónica RTC.
- H.245: Protocolo de control de llamadas, permite a los terminales negociar ciertos parámetros como: el tipo de Codec, la tasa de bits.

Compresión de voz:

- Requeridos: G.711 y G.723.1
- Opcionales: G.728, G.729 y G.722

Transmisión de voz:

- UDP: La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.
- RTP (Real Time Protocol): Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

Control de la transmisión:

- RTCP (Real Time Control Protocol): Es un protocolo de control de los canales RTP. Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

En resumen, los protocolos utilizados en la arquitectura de la recomendación VoIP/H.323 son:

VOZ	CONTROL			
G.7XX	RTCP	H.225 (RAS)	Q.931	H.245
RTP			Señalización de llamadas	Control de llamadas
UDP			TCP	
IP				
PROTOCOLO DE ENLACE DE DATOS				
PROTOCOLO DE LA CAPA FISICA				

Figura 4. Arquitectura para VoIP/H.323

Fuente: *Felipe Herrera Vega, UNMSM*

Establecimiento de una Llamada entre terminales H.323:

Etapa 1. Descubrimiento:

Se utiliza el protocolo H.225 / RAS para localizar el Gatekeeper. El terminal emisor difunde un paquete UDP de descubrimiento de Gatekeeper. El Gatekeeper responde indicando su dirección IP. El terminal se registra en el Gatekeeper a través de un registro RAS encapsulado en un paquete UDP. Si el terminal de destino acepta la llamada, el terminal emisor solicita un ancho de banda al Gatekeeper mediante un mensaje de admisión RAS.

Etapa 2. Señalización: (Establecimiento de la conexión)

Para establecer la llamada con el Gatekeeper se recurre al protocolo Q.931. El terminal emisor envía un mensaje SETUP especificando la dirección del terminal de destino (una dirección IP y número de puerto para un terminal IP, o un número telefónico para la red PSTN).

El gatekeeper responde con un mensaje CALL PROCEEDING para confirmar que ha recibido el mensaje de solicitud. Simultáneamente, reenvía el mensaje SETUP al terminal de destino si este soporta IP, caso contrario, el mensaje se reenvía al Gateway que a su vez establecerá una señalización con la red telefónica de destino, haciendo timbrar el teléfono.

Un mensaje de confirmación de timbre, ALERT, es devuelto por la central telefónica al terminal que solicita la llamada mediante el Gateway. Un proceso similar se realiza cuando el usuario de destino levanta el teléfono, enviando el mensaje de confirmación CONNECT, para indicar que la llamada se ha establecido en la capa física.

De este punto en adelante, los paquetes con la señal de voz no pasan a través del Gatekeeper y se dirigen directamente hacia el terminal IP de destino o al Gateway si se trata de una llamada de un terminal que pertenece a una red de telefonía pública conmutada.

Etapa 3. Control de la llamada:

Los parámetros de la llamada se establecen bajo el protocolo H.245. Los parámetros usualmente negociados son, códec que soporta, tasa de bits, video, video-llamadas, etc. Posteriormente se establecen los canales que se utilizarán para enviar y recibir los paquetes VoIP, estos canales son individuales y unidireccionales.

Etapa 4. Transmisión de voz:

Una vez que se han establecido los canales unidireccionales de envío y recepción, se puede iniciar el flujo de datos, para ello se emplea el protocolo RTP. El flujo de estos datos se controla mediante el protocolo RTCP. Si se presenta flujo de video, este protocolo gestionará la sincronización audio/video.

Etapa 5. Liberación de la conexión:

Si uno de los terminales cuelga, la conexión es finalizada mediante el canal de señalización Q.931. El terminal que iniciara la llamada, envía un mensaje RAS de liberación del ancho de banda asignado al Gatekeeper. En este punto el terminal está habilitado para iniciar otra llamada.

1.5.2. PROTOCOLO SIP

A diferencia del Protocolo H.323, SIP no determina cada uno de los protocolos que se requieren en cada capa de red. SIP (Protocolo de Iniciación de Sesión) es un protocolo para la capa de aplicación y es independiente de los protocolos empleados para la transmisión de paquetes en las capas subyacentes.

El protocolo SIP fue diseñado a partir del protocolo de Transporte de Correo Simple (SMTP) y el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) y presenta los procedimientos para las llamadas de voz, videoconferencia, mensajería instantánea y otras conexiones multimedia sobre Internet.

Componentes de una Red SIP

Un sistema SIP está caracterizado básicamente por dos componentes.

1. *Los terminales o User Agents (UAs)* que solicitan o reciben llamadas. Los terminales pueden ser clientes (User Agent Client, UAC) o servidores (User Agent Server, UAS). Los terminales pueden ser clientes o servidores en cualquier momento. Sus direcciones tienen siempre el formato user@Host, similar a una dirección de correo electrónico, así pueden ser contenidas en una página web y utilizadas como vínculos cuando se desea realizar una llamada.

2. *Los servidores de Red.* Encargados de la gestión de la llamada en la Red.

Pueden ser:

- SIP Proxy Server, determina y envía la petición de llamada al siguiente servidor en el camino del UAC de destino.
- Servidor de Redirección, notifica a la parte llamante de la ubicación actual del UAC de destino
- Servidor de Registro, provee el servicio de registro para la ubicación permanente de los UACs.
- Servidor de Localización, permite la consulta de la localización actual del terminal de destino.

Establecimiento de una llamada SIP

- El UAC inicia la llamada, establece una conexión TCP con el UAS de destino:
- El dispositivo emisor envía un mensaje INVITE en un paquete TCP, indicando la dirección de destino, la capacidad, los tipos de medios y los formatos que soporta el UAC.
- El servidor Proxy SIP investiga en donde está el usuario y lo solicita en el servidor de localización.
- Si el UAS acepta la llamada, entonces responde con un código de respuesta tipo HTTP (200 para aceptación). Opcionalmente también puede proporcionar información sobre sus capacidades, tipos de medios y formatos.
- El dispositivo emisor responde con un mensaje ACK para terminar el protocolo de comunicación y confirmar la recepción del mensaje de aceptación.
- En este punto, pueden comenzar el flujo de datos utilizando el protocolo RTP.

El flujo de datos se controla mediante el protocolo RTCP, cualquiera puede solicitar la terminación de la llamada enviando un mensaje BYE. Cuando el otro lado confirma la recepción del mensaje BYE, se termina la llamada.

1.5.3. Cuadro de comparación entre los Protocolos H.323 y SIP

Característica	H.323	SIP
Diseñado por	ITU	IETF
Arquitectura	Distribuida	Distribuida
Versión ultima	H.323V4	RFC 2543

Característica	H.323	SIP
Control de llamadas	Gatekeeper	Servidor Proxy , Redirección
Endpoints	Gateway, terminal	User Agent
Compatibilidad con PSTN	Si	Ampliamente
Integridad	Pila de protocolos completa	Maneja solo el establecimiento y terminación de llamada.
Negociación de parámetros	Si	Si
Señalización de llamadas	Q.931 sobre TCP	SIP sobre TCP o UDP
Formato de mensajes	Binario	ASCII
Transporte de medios	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Llamadas de múltiples partes	Si	Si
Conferencias multimedia	Si	No
Direccionamiento	Host o número telefónico	URL's
Terminación de llamadas	Explicita o liberación de TCP	Explicita o terminación de temporizador
Mensajes instantáneos	No	Si
Encriptación	Si	Si
Estado	Distribuido ampliamente	Prometedor

Tabla 1. Protocolo H.323 y SIP
Fuente: Marco Aurelio Rosario Villarreal - UNMSM

1.6. ARQUITECTURAS VOIP

Las redes VoIP pueden ser construidas usando una arquitectura centralizada o distribuida. Que difieren una de otra por la estructura de la red. En la primera, todos los terminales IP se consideran clientes de un servidor de red. En cambio, en la arquitectura distribuida los terminales IP pueden ser también nodos de comunicación, y los dispositivos no requieren de un servidor centralizado para.

Arquitectura centralizada

Una red VoIP de arquitectura centralizada se caracteriza por la presencia de un dispositivo (Media Gateway, o Call Agent, para los protocolos MGSP Y MEGACO respectivamente) que gestiona la lógica de conmutación y control de las llamadas. Los terminales de la red VoIP están considerablemente limitados, puesto que todos los procesos que se requieren para la realización de una llamada se efectúan en el dispositivo centralizado.

La ventaja más sobresaliente de esta arquitectura es que centraliza las funciones de administración, provicionamiento y control de las llamadas. Sin embargo, no optimiza la utilización de las innovaciones en los terminales y presenta problemas cuando la llamada VoIP incluye más que solo señales de voz.

Arquitectura Distribuida

Este tipo de arquitectura distribuye la inteligencia de la red en todos los dispositivos que la componen (terminales y dispositivos de red). El término inteligencia hace referencia a todos los procesos relacionados con una comunicación VoIP, es decir, establecimiento de la llamada, características de la llamada, enrutamiento, provisionamiento, facturación u otro aspecto de manejo de llamadas.

Esta arquitectura permite la prestación del servicio de VoIP como cualquier otra aplicación IP distribuida, permite la incorporación de terminales inteligentes. Aunque la tecnología para la implementación de una red VoIP de arquitectura distribuida tiende a ser más compleja, los usuarios finales pueden disfrutar de una comunicación full multimedia relativamente sencilla en su utilización.

CALIDAD DEL SERVICIO EN REDES VOIP

1.7. DEFINICIÓN DE CALIDAD DEL SERVICIO VOIP

La calidad del servicio es una variable que ha ido ganando espacio en el mercado de las telecomunicaciones. Cada vez es más común el uso de la palabra QoS (Quality of Service). Debido a una demanda cada vez más exigente, la necesidad de cuantificar la calidad de los servicios se ha convertido en un tema de considerable importancia.

Podría definirse QoS como el valor de un conjunto de parámetros de performance que aseguran al usuario de un servicio niveles aceptables de calidad. Puesto que, distintos tipos de servicios presentan características particulares, cada servicio presenta su propia QoS. La calidad del servicio para comunicaciones VoIP suele considerarse, por una parte, dentro de los parámetros de una aplicación sobre internet y, en otros casos, se espera que cumpla las características propias de una red de voz. De aquí el problema de la determinación de la calidad de servicios para esta tecnología.

Para comprender mejor las variables involucradas en la determinación de la QoS, en la siguiente sección se presenta una breve introducción a los factores que afectan la calidad de voz en redes IP. Posteriormente, se presentan algunas de las recomendaciones más importantes a propósito de este tema.

1.8. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE VOZ

El conjunto de tecnologías VoIP que hacen posible la transmisión de llamadas de voz sobre redes IP pueden ser categorizadas en dos grupos. Aquellas que se encargan del tratamiento de la señal (digitalización, compresión, paquetizado...) y aquellos que se encargan del intercambio de información para la configuración de la llamada.

En este estudio se analizarán aquellas etapas del tratamiento de la señal que pueden ocasionar una degradación de la señal de voz.

1.8.1. Pérdida de tramas (frame loss)

En el proceso de transporte, la pérdida de paquetes puede ocurrir como una consecuencia de la congestión de la red o de una corrupción en los datos. En una comunicación de datos el problema suele resolverse mediante una retransmisión de los paquetes perdidos. Sin embargo, en una comunicación de voz, la retransmisión solo incrementaría el retardo punto a punto. Para resolver este problema se utilizan técnicas tales como, la retransmisión con muestras perdidas (Frame Erasures), o técnicas de interpolación Packet Loss Concealment (PLC).

1.8.2. Códec

Existe una relación directa entre la velocidad de datos (tasa de codificación, y velocidad de transmisión) y la calidad de la voz. El códec elegido, determina la velocidad para la etapa de digitalización. En la tabla de la Figura 5. se presentan los códecs de uso más frecuente:

Coding Standard	Algorithm	Data Rate
G.711	PCM (Pulse Code Modulation)	64 kbps
G.726	ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)	16, 24, 32, 40 kbps
G.728	LD-CELP (Low Delay Code Excited Linear Prediction)	16 kbps
G.729	CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic CELP)	8 kbps
G.723.1	MP-MLQ (Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization)	6.3 kbps 5.3 kbps
	ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction)	6.3 kbps 5.3 kbps

Figura 5. Códecs de uso común.

Fuente: Marco Aurelio Rosario, UNMSM

1.8.3. Retardo punto a punto

El tiempo en que un mensaje tarda en llegar desde el terminal emisor hasta el terminal receptor depende del tiempo en que se realizan cada uno de las etapas del proceso de transmisión, es decir que la eficiencia en las etapas de digitalización, algoritmos de codificación, paquetización, propagación (en el caso de transmisiones inalámbricas), transporte a través de la red (que suele ser despreciable en distancias cortas), espera en colas de la red (depende del nivel de tráfico presente), descompresión, etc., son las principales determinantes del retardo punto a punto.

Para garantizar una comunicación satisfactoria, el retardo punto a punto debe ser menor a cierto nivel. El estándar ITU-T G.114 determina que este retardo debe ser menor a 150 ms. Si el retardo es mayor, se pierde la ilusión de una interactividad en tiempo real, puesto que los usuarios perciben el retardo de la comunicación.

El retardo punto a punto depende básicamente de tres elementos:

- Retardo de la red
- Retardo del códec
- Retardo del buffer

Estos a su vez, establecen un tiempo de retardo fijo para cada etapa, y un tiempo de retardo variable (Jitter) que depende de las condiciones de tráfico instantáneas de la red.

1.8.4. Retardo fijo (Delay)

El retardo fijo, es la primera variable a considerarse en la planificación de una red de Voz sobre IP. Los efectos que produce el retardo a la señal de voz se discuten en la recomendación ITU G.114. Los problemas más relevantes que causa el retardo son el efecto ECO, y el efecto TALKER OVERLAP.

FUENTES DE RETARDO

Como ya se mencionó anteriormente, las principales fuentes de retardo se originan en cada una de las etapas de la transmisión. A continuación se abordan brevemente cada una de dichas etapas y se describen las fuentes de retardo que afectan a las transmisiones dentro de la red.

a) Retardo Algorítmico

El Codificador recoge y envía la señal digitalizada en bloques de tiempo hacia el algoritmo de compresión. Tanto el tamaño de los bloques, como el retardo del algoritmo dependen del códec que se esté empleando. En la tabla de la Figura 6. se observan los diferentes retardos introducidos por el algoritmo de codificación.

Coding Standards	Algorithmic Delay (ms)
G.711	0.125*
G.726	1
G.728	3-5
G.729	15†
G.723.1	37.5‡

* The algorithmic delay can be 3.75ms if PLC is implemented.
 † Includes lookahead buffer.
 ‡ Includes lookahead buffer.

Figura 6. Retardo en el Algoritmo

b) Retardo de Paquetización

El retardo de Paquetización es el tiempo que se requiere para la agrupación de todos los bloques que constituyen la carga útil de la trama. Este tiempo depende del tamaño de cada bloque que emite el codificador, y el número de bloques que cada trama soporta dentro de su carga útil. Además, debe recalarse, que el protocolo RTP crea tramas con varios bloques con el objeto de reducir el número de cabeceras empleadas para la señalización.

La RFC 1890, establece que el retardo mínimo de Paquetización debe ser de 20ms. El número de bloques por trama se adaptará a este tiempo, en cualquier códec que se utilice. En la tabla de la 0se ilustran las principales adaptaciones.

Codificador	TASA DE TRANSFERENCIA	CARGA UTIL (BYTES)	RETARDO DE PAQUETIZACIÓN (ms)	CARGA UTIL (BYTES)	RETARDO DE PAQUETIZACIÓN (ms)
PCM, G.711	64 Kbps	160	20	240	30
ADPCM, G.726	32 Kbps	80	20	120	30
CS-ACELP, G.726	8.0 Kbps	20	20	30	30
MP-MLQ, G.723.1	6.3 Kbps	24	24	60	48
MP-ACELP, G.723.1	5.3 Kbps	20	30	60	60

Tabla 2. Retardo de Paquetización

c) Retardo de Serialización

Es el retardo introducido en la “colocación” de una trama completa en el medio de transmisión. Depende directamente tanto del tamaño de las tramas como de la tasa del reloj de transmisión. El retardo se produce también cuando los paquetes pasan a través de dispositivos que los almacenan y retransmiten (switches, enrutadores, etc.).

En la tabla de la 0 se pueden apreciar los retardos por Serialización típicos para los diferentes tamaños de paquetes.

Tamaño de trama (bytes)	Velocidad de línea (Kbps)										
	19.2	56	64	128	256	384	512	768	1024	1544	2048
38	15.83	5.43	4.75	2.38	1.19	0.79	0.59	0.40	0.30	0.20	0.15
48	20.00	6.86	6.00	3.00	1.50	1.00	0.75	0.50	0.38	0.25	0.19
64	26.67	9.14	8.00	4.00	2.00	1.33	1.00	0.67	0.50	0.33	0.25
128	53.33	18.29	16.00	8.00	4.00	2.67	2.00	1.33	1.00	0.66	0.50
256	106.67	36.57	32.00	16.00	8.00	5.33	4.00	2.67	2.00	1.33	1.00
512	213.22	73.14	64.00	32.00	16.00	10.67	8.00	5.33	4.00	2.65	2.00
1024	426.67	149.29	128.00	64.00	32.00	21.33	16.00	10.67	8.00	5.31	4.00
1500	625.00	214.29	187.00	93.75	46.88	31.25	23.44	15.63	11.72	7.77	5.86
2048	853.33	292.57	256.00	128.00	64.00	42.67	32.00	21.33	16.00	10.61	8.00

Tabla 3. Retardo de Serialización

d) Retardo de Propagación (en transmisiones por radio frecuencia)

El retardo de propagación es el tiempo que una señal utiliza para viajar desde un extremo al otro de un enlace. Es una función de la distancia.

La velocidad de propagación en el cable es aproximadamente de 4 a 6 ms/Km. Para transmisión satelital, el retardo es 110 ms para un satélite con altitud de 14000 km y 260 ms para un satélite con altitud de 36000 km

e) Retardo de Componente

Los retardos que se generan cuando los paquetes pasan por varios componentes dentro del sistema de transmisión. Por ejemplo, una trama que está pasando a través de un Enrutador, pasa desde el puerto de entrada hacia el puerto de salida a través de un backplane. A demás del retardo (relativamente pequeño) del backplane se introducen retardos por encolamiento y procesamiento del enrutador, que son los principales causantes de la variación del retardo de transmisión.

1.8.5. Cancelación de ECO

El efecto de ECO, se denomina “eco acústico” cuando se genera por un acoplamiento deficiente entre el dispositivo de habla y el dispositivo de escucha de un teléfono. Y se denomina “eco híbrido” al que se genera por un reflejo de la señal eléctrica hacia el usuario emisor, a través de la red. Cuando el retardo de extremo a extremo en una vía es corto, el efecto eco puede pasar desapercibido.

La cancelación de eco es necesaria cuando el retardo de una vía es mayor a 25ms. En comunicaciones de Voz sobre IP se suelen emplear técnicas de cancelación de voz, puesto que casi siempre se excede este valor.

1.8.6. Talker Overlap

El efecto Overlap consiste en la superposición de la voz de un usuario sobre la del otro. Se presenta cuando el retardo de dos vías es demasiado grande y no se puede corregir ni aun con la aplicación de técnicas de cancelación de eco.

Al respecto, la recomendación G.114 menciona los límites del retardo de una vía para comunicaciones de voz. La tabla de la Tabla 4. presenta dichos límites.

Rango(ms)	Descripción
0 -150	Aceptable para muchas aplicaciones de usuarios.
150 - 400	Aceptable, con tal que el administrador de la red este atento del impacto del tiempo de transmisión en la calidad de transmisión.
Sobre 400	Inaceptable para propósitos de planeación de red en general.

Tabla 4. Límite de retardo de una vía para llamadas de voz.

1.8.7. Retardo variable (Jitter)

El retardo variable en una comunicación de Voz sobre IP depende de los procesos de encolamiento y procesamiento que se presentan cuando existe algún congestionamiento en la red.

Para enfrentar este problema, se suele usar la técnica de buffering. Las tramas son emitidas a intervalos constantes desde el Gateway-fuente, pero el Gateway-destino no las recibe de igual manera. En el destino, las tramas llegan a intervalos diferentes. La técnica consiste en almacenar las tramas recibidas en un buffer tan grande que permita la llegada de la trama más lenta, y se ubique dentro de la secuencia correcta.

Cuanto más grandes son las tramas y mayor es el Jitter, mayor debe ser el tamaño del buffer, lo que introduce un nuevo retardo en el proceso de espera. Sin embargo, en la actualidad se suelen usar buffers adaptativos, que cambian su tamaño para acoplarse al tamaño del Jitter, esto a su vez, supone una degradación de la calidad de la señal recibida en función del retardo de extremo a extremo.

1.9. RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO

La calidad del servicio en redes de Voz sobre IP puede ser determinada mediante métodos objetivos (MOS, E-Model y PESQ) y/o métodos subjetivos. A continuación se describen las técnicas más ampliamente utilizadas en este campo, a saber, el modelo E (objetivo) y la opinión de los usuarios (subjetivo).

1.10. MODELO OBJETIVO. E-MODEL

Como un método objetivo, el “E-Model”, determina el nivel de calidad presente en el servicio VoIP basándose en una expresión algebraica que involucra variables cuantificables y medibles.

El Modelo E, fue creada por la UIT en el estándar G.107 para determinar la calidad del servicio de voz sobre IP percibida por un usuario (Típico) mediante variables medibles. Como resultado de esta técnica se obtiene un valor escalar “R” que representa un determinado nivel de calidad.

El valor R, se obtiene de la fórmula:

$$R = (R_o - I_s) - I_d - I_{e-eff} + A$$

Dónde:

- R_o = efecto del ruido
- I_s = (relacionado con el volumen de la conexión y con la cuantificación) son intrínsecos a la señal de voz en la entrada de la red y no dependen de ésta. Pueden considerarse Irrelevantes al comparar VoIP a llamadas PSTN.
- I_d = modela las degradaciones producidas por los retardos y el eco, mientras que I_{e-eff} representa las degradaciones producidas por los códecs y por las pérdidas de paquetes de distribución aleatoria.
- A = representa el factor de ventaja. Que significa que el usuario aceptaría una degradación en la calidad a cambio de facilidad de acceso (por ejemplo, en telefonía móvil o satelital).
- El termino I_{e-eff} representa las degradaciones de la señal debido a los códecs y a la pérdida de paquetes. Se añadió recientemente, para considerar el “recency effect”. La calidad del servicio se divide en intervalos iguales de tiempo, con pérdidas uniformes. El cambio en el número de perdidas determina el nivel de calidad que percibe el usuario.

- El índice R del E-Model varía entre 0 y 100. La calidad medida es mejor cuanto más próxima de 100 sea. La calidad de las llamadas, que produzcan un índice R entre 90 y 100, debe considerarse excelente, y pésima si están entre 0 y 100.

El E-Model ha ido evolucionando de manera que la valoración resultante se corresponda de mejor manera a la realidad. Así:

- En el año 2000, se consideran en el modelo los efectos del ruido ambiente en el lado emisor y la distorsión del proceso de cuantificación.
- En el 2002, el modelo agrega los efectos de la degradación por la pérdida aleatoria de paquetes mediante parámetros específicos para un códec en particular.
- En 2003, permite una mejora en la calidad para niveles bajos del efecto local del hablante.
- En 2005, permite realizar predicciones eficientes sobre la calidad de los códecs en condiciones de pérdida de paquetes.

1.11. MÉTODO SUBJETIVO. OPINIÓN DEL USUARIO

La calidad de la voz, de una llamada VoIP (o de cualesquier otra tecnología), puede determinarse directamente (ACR, Absolute Category Rating) o comparativamente (DCR, Degradation Category Rating).

Las evaluaciones Directas, ACR, establecen una calificación escalar entre 1 y 5. Donde 5 representa un nivel “excelente” y 1 un nivel “Malo”. La valoración se realiza sobre un conglomerado de personas. Las múltiples observaciones ACR, constituyen la base del promedio MOS (Mean Opinion Score)

Las evaluaciones comparativas, DCR, tienen la misma escala de valoración. Los valores se obtienen de la comparación con alguna comunicación de voz que se toma como referencia. En esta escala, 5 significa que no se presentan diferencias importantes, y 1 que la degradación resulta muy molesta. El promedio de las observaciones DCR, se denomina DMOS (Degradation MOS)

El modelo más ampliamente utilizado es el MOS. Este se encuentra estandarizado en la recomendación ITU-T P.800.

CAPÍTULO II

Escenario De Trabajo

2.1. SOFTWARE Y DISPOSITIVOS

Para la realización de este estudio se ha requerido la implementación de una red LAN-Ethernet, constituida por los siguientes dispositivos:

EL ROUTER

El enrutador utilizado pertenece a la marca D'Link modelo Dir 600. Sus principales características son:

ESTÁNDARES

- IEEE 802.11n
- IEEE 802.11g/b
- IEEE 802.3
- IEEE 802.3u

PUERTAS

- 4 Puertas LAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX
- 1 Puerta WAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX
(Soporta Dirección IP estática, DHCP Client, PPPoE, PPTP, L2TP)

TÉCNICAS DE MODULACIÓN

- DQPSK
- DBPSK
- 16QAM
- 64QAM
- DSSS
- OFDM
- CCK

WIRELESS FREQUENCY RANGE

- 2.4GHz to 2.497GHz

WIRELESS SIGNAL RATES

- 802.11g: 6/9/12/18/24/36/48/54Mbps
- 802.11n

POTENCIA DE TRANSMISIÓN WIRELESS

- 14 dBm +/-2dB

SEGURIDAD

- WEP 64/128-Bit Data Encryption (Solo en 802.11B/G)
- Wi-Fi Protected Access (WPA/ WPA2)
- (TKIP, MIC, IV Expansion, Shared Key Authentication)
- 802.1x
- WPS (Wi-Fi Protected Setup)

ROUTING

- 32 rutas estáticas

FIREWALL

- Network: Address Translation (NAT)
- Stateful Packet Inspection (SPI)
- VPN pass-through
- Multi-session PPP/L2TP/IPSec
- Mac Address Filtering
- URL Filtering
- Scheduling DMZ

EL SERVIDOR VOIP

En el nivel de hardware el servidor VoIP está caracterizado por:

- Arquitectura IBM PC compatible
- Memoria Base 1024 MB
- Memoria de Video 12MB
- Disco Duro 40GB
- Adaptador de Red Intel PRO / 1000MT
- Chipset PIIX3

En el nivel de Software, el servidor de Voz sobre IP, presenta las siguientes características:

- Sistema Operativo Linux Centos 2.6
- Servidor de Comunicaciones VoIP PBX Asterisk®
- Servidor de Comunicaciones Unificado Elastix® (Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix)

Librerías para la base de datos

- mysql-client-5.0 mysql-server-5.0 libmysqlclient15-dev

Librerías para manejo de sonido

- sox-12.17.9
- lame-3.96.1

Librerías para Asterisk

- Soporte para hardware. Drivers de tarjetas dahdi-linux-current,
- Soporte para conexiones digitales libpri-1.4.12,
- Complementos y añadidos del paquete Asterisk asterisk-addons-1.6.2.

LOS TERMINALES

Los terminales de la red IP están constituidos por teléfonos IP físicos y virtuales, cableados e inalámbricos. Los terminales físicos utilizados para esta evaluación están constituidos por:

Un teléfono IP AT-610PR, cuyas especificaciones se presentan a continuación

- Pantalla LCD
- Full dúplex
- Identificador de llamadas
- Capacidad de transferencia de llamada
- Llamada en espera
- N° de líneas 2
- Captura de llamadas
- Call park

Red Protocolos de red admitidos

- TCP, DHCP, SNTP, RTP, RTCP, HTTP, FTP, TFTP
- Conexión Ethernet
- DHCP, cliente
- Conectividad
- Ethernet LAN (RJ-45) N° de puertos:1
- RJ-9 N° de puertos: 2

Un Smartphone BlackBerry 9000 para el acceso inalámbrico. Con las siguientes características:

- 128 MB memoria flash
- 1 GB memoria de almacenamiento
- Procesador 624 MHz
- Velocidad de datos 32 - 48 kbps
- WiFi: 803.11a/b/g
- Soporte para llamadas VoIP
- Soporte de Audio del Media Player: 3gp, MP3, WMA9, WMA9 Pro / 10 WMA, MIDI, AMR-NB, profesional AAC / AAC + y eAAC +

Un Smartphone Apple Iphone 3G para el acceso inalámbrico. Con las siguientes características:

- Conectividad: Banda:UMTS/850/900/1800/1900, WAP, USB, WIFI
- Sistema Operativo: iPhone OS 2.0
- Memoria: Interna:8GB

Los terminales cableados están constituidos por el teléfono AT-610PR y por computadores con softphones.

Los softphones utilizados para esta evaluación son:

- Yate (Yet Another Telephony Engine) para Linux OS
- X-lite Softphone SIP para Windows®

Para el acceso inalámbrico se dispone de dos terminal VoIP instalado sobre Smartphones

- Cliente SIP Vippie para BlackBerry OSv6 mediante WIFI
- Cliente SIP 3CX Phone for Apple

Otros Dispositivos.

Además del servidor de VoIP, el sistema está compuesto por dos computadores, operando con Windows y Linux-Ubuntu OS, respectivamente.

Especificaciones para terminal de Windows®

Procesador	Pentium 4 ® 2.4 GHz
Memoria	2 GB de RAM
Sistema Operativo *	Microsoft Windows 7
Conexión	Conexión de red IP (Ethernet)
Adaptador de Sonido	Full-duplex, 16-bit

Especificaciones para terminal de Linux - Ubuntu

Procesador	Core I3 ® 2.1 GHz
Memoria	2 GB de RAM
Sistema Operativo *	Ubuntu 12. Precise Pangolin
Conexión	Conexión de red IP (Ethernet)
Adaptador de Sonido	Full-duplex, 16-bit

Diagrama de la Red Instalada

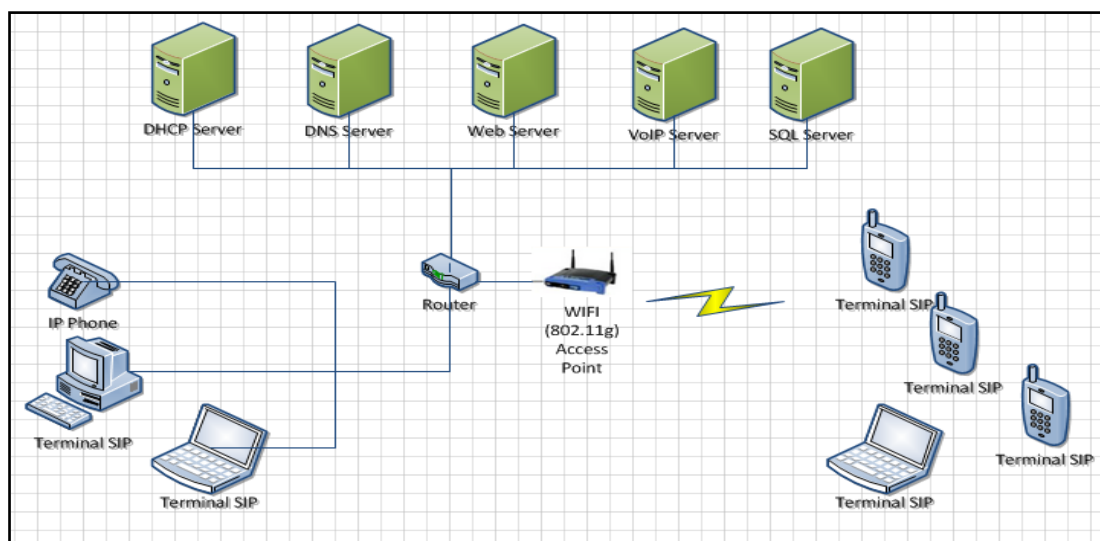


Figura 7. Diagrama de la Red IP Instalada

2.2. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA VOIP

El sistema se compone de:

1 Servidor de Red (DNS, DHCP, Gateway, WIFI).

1 Servidor de Voz sobre IP

1 Servidor de Monitoreo y Registro de Actividades

5 terminales:

- 1 Terminal para Softphone YATE sobre Linux
- 1 Terminal para Softphone X-Lite sobre Windows
- 1 terminal físico. Con acceso mediante cable Ethernet. Teléfono AT-610PR
- 2 terminales inalámbricos. Softphones sobre Smartphones.

Las direcciones asignadas a cada uno de los terminales son:

Terminal SIP	Extensión en la PBX VoIP
Softphones YATE sobre Linux	001
Teléfono IP (AT-610PR)	161
Softphone X-Lite sobre Windows	162
Terminal VoIP. Vippie sobre Smartphone	163
Softphone Ekiga sobre Linux	164
Softphone X-Lite sobre Windows	165
Terminal VoIP. 3CX Phone for Apple	166

Tabla 5. Asignación de extensiones para los terminales de prueba

2.3. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA RED DE TRABAJO

Se han considerado cuatro escenarios para la evaluación óptima del servicio de voz en redes IP, que permitirán la formulación de conclusiones sólidas y fundamentadas, orientadas al objetivo de esta investigación. El criterio básico para la adopción de estos escenarios se basa en el nivel de eficiencia que presentan las llamadas de voz, cuando la red IP se encuentra saturada. En cada uno de los escenarios se realizan pruebas para los terminales virtuales, terminales IP conectados mediante cableado (Estándar Ethernet), y terminales IP conectados inalámbricamente mediante radio (Estándar WIFI). Los escenarios propuestos son:

- Escenario 1. Escenario de referencia para las comunicaciones mediante transmisiones mediante cable Ethernet.
- Escenario 2. Escenario para la saturación de la red cableada.
- Escenario 3. Escenario para la saturación de la red Inalámbrica.
- Escenario 4. Escenario para la saturación tanto de la red cableada, como de la red inalámbrica.

Los cuatro escenarios comparten características comunes inherentes a las particulares de la red implementada para este estudio.

- En primer lugar, la red IP consiste en una red LAN (ETHERNET), direccionada a través de un enrutador, que dispone además de un punto de acceso inalámbrico basado en el estándar WIFI. (IEEE 802.11b)
- Las llamadas de prueba tienen una duración de 240 segundos excepto en aquellas que involucran a un terminal IP inalámbrico en las que duran 60 segundos. La diferencia establecida se plantea únicamente debido a que los clientes de VoIP para los smartphones son versiones freeware con un límite de 60 segundos en la duración de las llamadas.
- El sistema dispone de un sistema de cancelación de eco, basada en buffer de tamaño constante.
- Los terminales están constituidos por teléfonos IP, softphones para PC, Linux y smartphones.

- Los terminales inalámbricos son smartphones que disponen de tecnología VoIP nativo, y una aplicación para llamadas VoIP.
- El servidor VoIP de la red es el software de código abierto (licencia GPL) de ASTERIK ® de Digium ® Inc. Que esta integrada dentro del servidor de comunicaciones Elastix ®
- Para la evaluación planteada en este trabajo, se ha seleccionado el protocolo SIP, debido a su amplia utilización en el nuestro medio.
- En todos los casos se realizan pruebas para la comunicación:
 - ♦ Entre dos terminales conectadas mediante cable Ethernet al Router.
 - ♦ Entre un terminal conectado mediante cable, y uno conectado inalámbricamente.
 - ♦ Entre dos terminales conectados de manera inalámbrica.

Escenario de Referencia

Considerada como la base de referencia para la realización de comparaciones fundamentadas con los resultados obtenidos en los escenarios tres escenarios de evaluación (saturación de la red LAN, WLAN, Y ambos a la vez). Este escenario está caracterizado por:

- Medio de transmisión: red Ethernet con capacidad WIFI.
- Comunicación vocal con códec:
- Modelo de comunicación de uno a uno, con supresión de silencios y buffer de reproducción.

Escenario de Saturación ETHERNET

En este escenario, la red Ethernet mantiene una congestión de tráfico constante, que limita considerablemente el tiempo de transmisión de punto a punto entre los terminales IP comunicados mediante cable. Las variaciones que se consideran en este escenario son:

- La red cableada se mantiene saturada. Se ocupa el enlace mediante la generación de tráfico adicional no VoIP
- La red Inalámbrica se mantiene despejada.
- No se realiza la prueba sobre las comunicaciones puramente inalámbricas.

Escenario de Saturación en el acceso Inalámbrico

Este escenario permite la comparación entre una llamada a través de un alcance de radio, WIFI, con el canal libre y una llamada similar en un canal congestionado. También permitirá determinar las diferencias básicas entre los enlaces cableados y los enlaces por radio.

El escenario C se caracteriza por:

- Canal de radio IEEE 802.11b de 11Mbps
- Comunicación vocal con códec AMR y modelo de llamada uno a uno con eliminación de silencios (VAD) y buffer de reproducción
- La red WIFI se mantiene saturada con tráfico adicional no VoIP.
- No se realiza la prueba para comunicaciones puramente cableadas.

Escenario de Saturación General

El escenario D, se caracteriza por mantener saturada de tráfico tanto la red LAN, como la red WLAN, es decir toda la red IP queda congestionada. Se realizan pruebas entre dispositivos cableados, e inalámbricos en todos los esquemas posibles de comunicación. Sus características más importantes son:

- Canales de comunicación: cable Ethernet, y acceso por radio IEEE 802.11b de 11Mbps
- Ocupación adicional del enlace mediante la generación de tráfico no VoIP.

2.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el escenario anteriormente descrito, se realizarán varias pruebas de las que se extraerá tanta información como sea posible, con el objeto de realizar una valoración adecuada y eficiente de la calidad del servicio en las comunicaciones de Voz sobre IP.

Se recolectan 30 muestras de cada categoría planteada, para cada escenario. Esta información considera las siguientes variables:

- Jitter
- PacketLoss
- Delay
- Eco

Las observaciones de estas variables son recopiladas y ordenadas en una base de datos para su posterior análisis. Para el registro de dichas variables se emplea el software VQManager® de la empresa “Manage Engine”.

La valoración de la calidad del servicio se determinará siguiendo los métodos E-Model (técnica de valoración objetiva), y Opinión del usuario (Técnica de valoración subjetiva). Empleando para la segunda un sistema de recolección de información basada en encuestas. Para la determinación del nivel de calidad que presenta el servicio de Voz sobre IP mediante la técnica subjetiva propuesta, se realizan encuestas de valoración sobre una muestra de 30 personas.

Finalmente, la información recogida constituirá la base del análisis comparativo entre la percepción subjetiva de los usuarios, y los registros objetivos obtenidos del monitoreo. Las dos bases de datos serán analizadas mediante el software SPSS® PASW v18.

CAPÍTULO III

Levantamiento De La Base De Datos

La base de datos considera dos partes, una que considera datos presentados por un software de monitoreo, y otra que recoja la opinión y valoración dada por una muestra de usuarios del sistema. A continuación el proceso de preparación de los instrumentos para la recolección, organización y tabulación de los datos.

3.1. PREPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Para la recolección de la información se requieren de dos herramientas cuya selección y preparación son determinantes para la obtención de una base de datos fiable. Estas herramientas son:

- Software para el monitoreo y registro de eventos en la Red
- Cuestionario para la encuesta de opinión.
- Categorías y Variables para la Base de Datos

3.2. EL SOFTWARE DE MONITOREO

Existen varias aplicaciones disponibles para realizar la tarea de monitorear y almacenar instantáneamente la información que produce la actividad de la red. Este estudio realiza el registro de eventos mediante la aplicación VQManager® V7 para Windows, de la empresa Manage Engine¹.

El software está disponible en línea tanto en su versión comercial como en sus versiones de Prueba y Gratuita. Estas últimas difieren únicamente en el número de

¹ Página Oficial para descarga: <http://www.manageengine.com/products/vqmanager/download.html>

terminales VoIP que se desea monitorear. La versión Gratuita puede monitorear hasta 10 direcciones IP, y es la versión elegida para este estudio.

Entre otros aspectos, la aplicación permite el monitoreo de las variables que afectan la calidad del servicio:

- Delay
- Jitter
- Packet Loss

Y las variables que permiten determinar el nivel de dicha calidad:

- Factor R
- MOS (Mean Opinion Score)

La aplicación crea un registro que puede exportarse en los formatos pdf y csv². El formato csv puede utilizarse en la mayoría de las aplicaciones de análisis de datos.

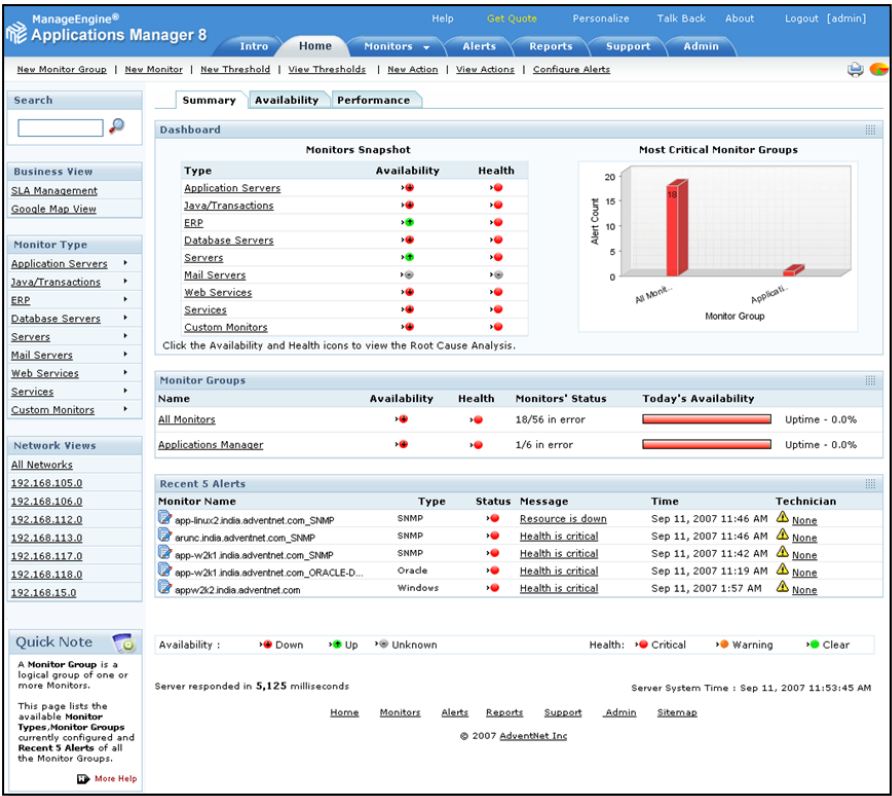


Figura 8. Ventana Principal del software de monitoreo ManageEngine®

² CSV (comma-separated values): Formato básico para la representación de datos en tablas.

Las variables creadas a partir del cuestionario de la encuesta se emplean para la creación de la base de datos. El diseño de la base de datos consta de una especificación apropiada para cada variable, en términos de la escala de valoración y otras características que el software (PASW STATISTICS 18) escogido requiere para su procesamiento.

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	f
1	Initiator	Cadena	25	0	Emisor	Ninguna	Nin
2	Participant	Cadena	20	0	Receptor	Ninguna	Nin
3	InitiatorURL	Cadena	20	0	URL del Emisor	Ninguna	Nin
4	ParticipantURL	Cadena	20	0	URL del Receptor	Ninguna	Nin
5	InitiatorIPAddress	Cadena	13	0	IP Emisor	Ninguna	Nin
6	ParticipantIPAddress	Cadena	13	0	IP Receptor	Ninguna	Nin
7	CallInitTime	Cadena	31	0	Call Init Time	Ninguna	Nin
8	CallRingingTime	Cadena	31	0	Call Ringing Time	Ninguna	Nin
9	Duration	Cadena	13	0	Duración	Ninguna	Nin
10	CallSetupTime	Cadena	3	0	Call Setup Time (ms)	Ninguna	Nin
11	CallStatus	Cadena	19	0	Call Status	Ninguna	Nin
12	StatusCode	Numérico	11	0	Status Code	Ninguna	Nin
13	Protocol	Cadena	3	0	Protocolo	Ninguna	Nin
14	CallIdentifier	Cadena	44	0	Call Identifier	Ninguna	Nin
15	MOS	Numérico	11	1	MOS	Ninguna	Nin
16	MinDelay	Numérico	11	0	Min Delay	Ninguna	Nin
17	MaxDelay	Numérico	11	0	Max Delay	Ninguna	Nin

Figura 9. Ventana Principal del software de Análisis PASW STATISTICS®

3.3. CUESTIONARIO PARA LA ENCUESTA DE OPINIÓN

Para recoger la información necesaria para la valoración, comparación y evaluación de la opinión de los usuarios de la red de Voz sobre IP se ha preparado un cuestionario relativamente sencillo y de fácil interpretación. Las preguntas de dicho cuestionario giran alrededor de las variables que afectan la calidad del servicio y de aquellas que permiten su valoración.

El cuestionario usa un lenguaje sencillo, puesto que está dirigida hacia usuarios que no requieren tener conocimientos avanzados en el tema de las redes IP o VoIP.

En el 1.ANEXO I se presenta el modelo del cuestionario.

Categorías y Variables para la base de datos.

La base de datos integra los datos de ambas fuentes (el monitoreo mediante software y la encuesta de opinión). Así, cada una de las llamadas realizadas para la prueba presenta dos calificaciones de su calidad. Aunque las variables fundamentales para la comparación entre una y otra fuente son los indicadores R y MOS, ambas fuentes permiten la introducción de variables adicionales.

Las variables para la base de datos se organizan en dos categorías según la fuente de información.

Categoría 1. Información del Software de Monitoreo

- Emisor. Terminal VoIP que inicia la llamada
- Receptor. Terminal VoIP que recibe la llamada.
- URL del Emisor.
- URL del Receptor.
- IP Emisor.
- IP Receptor.
- Call Init Time. Momento de Inicio de la llamada
- Call Ringing Time. Memento de inicio de Timbre en terminal de destino.
- Duración de la llamada
- Call Setup Time (ms)
- Call Status. Estado de la Llamada
- Status Code. Código de estado de la llamada (variable de la aplicación)
- Protocolo VoIP que se está utilizando
- Call Identifier. Identificador de la llamada (variable de la aplicación)
- MOS. Mean Opinión Score
- Min Delay.
- Max Delay.
- Delay.
- Min Jitter.

- Max Jitter.
- Jitter.
- Min Packet Loss.
- Max Packet Loss.
- Packet Loss.
- R Factor.
- Tipo de Prueba. Indica los terminales participantes y el escenario de pruebas. Sus subcategorías son:
 - 0 Escenario 1. Softphone a Softphone
 - 1 Escenario 1. Softphone a IP Phone
 - 2 Escenario 1. Softphone a Smartphone
 - 3 Escenario 1. Smartphone a Smartphone
 - 4 Escenario 2. Softphone a Softphone
 - 5 Escenario 2. Softphone a IP Phone
 - 6 Escenario 2. Softphone a Smartphone
 - 7 Escenario 3. Softphone a IP Phone
 - 8 Escenario 3. Softphone a Smartphone
 - 9 Escenario 3. Smartphone a Smartphone
 - 10 Escenario 4. Softphone a Softphone
 - 11 Escenario 4. Softphone a IP Phone
 - 12 Escenario 4. Softphone a Smartphone
 - 13 Escenario 4. Smartphone a Smartphone

Categoría 2. Información de las encuestas

- Género
- Edad
- Estado Civil
- Área de Trabajo
- Nivel de Instrucción
- Ingreso Promedio Familiar
- Número de Vehículos
- Área de entretenimiento Preferido
- Posee un Smartphone

- Conoce la Tecnología VoIP
- Escenario1. Dos softphones. Distorsión
- Escenario1. Dos softphones. Eco
- Escenario1. Dos softphones. Ruido
- Escenario1. Dos softphones. MOS
- Escenario1. Softphones a IP Phone. Distorsión
- Escenario1. Softphones a IP Phone. Eco
- Escenario1. Softphones a IP Phone. Ruido
- Escenario1. Softphones a IP Phone. MOS
- Escenario1. Softphones a Smartphone. Distorsión
- Escenario1. Softphones a Smartphone. Eco
- Escenario1. Softphones a Smartphone. Ruido
- Escenario1. Softphones a Smartphone. MOS
- Escenario1. Softphones a Softphone. Distorsión
- Escenario1. Softphones a Softphone. Eco
- Escenario1. Softphones a Softphone. Ruido
- Escenario1. Softphones a Softphone. MOS
- Escenario1. Smartphone a Smartphone. Distorsión
- Escenario1. Smartphone a Smartphone. Eco
- Escenario1. Smartphone a Smartphone. Ruido
- Escenario1. Smartphone a Smartphone. MOS
- Escenario2. Dos softphones. Distorsión
- Escenario2. Dos softphones. Eco
- Escenario2. Dos softphones. Ruido
- Escenario2. Dos softphones. MOS
- Escenario2. Softphones a Smartphone. Distorsión
- Escenario2. Softphones a Smartphone. Eco
- Escenario2. Softphones a Smartphone. Ruido
- Escenario2. Softphones a Smartphone. MOS
- Escenario3. Softphones a Smartphone. Distorsión
- Escenario3. Softphones a Smartphone. Eco
- Escenario3. Softphones a Smartphone. Ruido

- Escenario3. Softphones a Smartphone. MOS
- Escenario3. Smartphone a Smartphone. Distorsión
- Escenario3. Smartphone a Smartphone. Eco
- Escenario3. Smartphone a Smartphone. Ruido
- Escenario3. Smartphone a Smartphone. MOS
- Escenario4. Dos softphones. Distorsión
- Escenario4. Dos softphones. Eco
- Escenario4. Dos softphones. Ruido
- Escenario4. Dos softphones. MOS
- Escenario4. Softphones a Smartphone. Distorsión
- Escenario4. Softphones a Smartphone. Eco
- Escenario4. Softphones a Smartphone. Ruido
- Escenario4. Softphones a Smartphone. MOS
- Escenario4. Softphones a Softphone. Distorsión
- Escenario4. Softphones a Softphone. Eco
- Escenario4. Softphones a Softphone. Ruido
- Escenario4. Softphones a Softphone. MOS
- Escenario4. Smartphone a Smartphone. Distorsión
- Escenario4. Smartphone a Smartphone. Eco
- Escenario4. Smartphone a Smartphone. Ruido
- Escenario4. Smartphone a Smartphone. MOS

3.4. ADQUISICIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los registros (logs) que almacena la aplicación de monitoreo son exportadas a la aplicación para análisis de datos, en este caso PASW® v.18 de IBM® Corporation.

La información que proviene de las encuestas de opinión es tabulada en una base de datos diferente a la del registro de los logs del software de monitoreo.

Una vez que se ha terminado el proceso de tabulación y organización de la información, se procede al análisis que es objeto de este estudio. Puede ver los datos ya organizados en los anexos 1 y 2.

El proceso de análisis constituye tres etapas, en la primera se analizan los datos obtenidos mediante el monitoreo mediante software, en la segunda dirigimos el análisis hacia los datos de la encuesta, y en la tercera, se comparan los resultados de la primera y segunda etapa con el objeto de determinar el grado de correlación que guardan.

CAPÍTULO IV

Análisis De Los Datos

4.1. RESULTADOS DEL PROCESO DE MONITOREO

Los datos generados a partir del monitoreo por software se analizan individual y comparativamente respecto del escenario de referencia.

RESULTADOS EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA

Como se esperaba, los resultados para el escenario de referencia son bastante buenos. Los resultados para cada una de las pruebas proveyeron evaluaciones de calidad con altos índices de eficiencia.

Prueba 1. Prueba entre terminales virtuales en Computador anfitrión

La tabla de la 0 Se presenta los resultados para la prueba entre terminales virtuales:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Promedio	30,5	15,2	0,1	61,5	3,7

Tabla 6. Prueba entre terminales virtuales en el escenario de referencia

Como se observa, los resultados presentan valores altamente eficientes, sin embargo, el exceso de retraso presente en la prueba se debe a que una de llamadas no fue exitosa. Para esta misma prueba, se observa que si se aísla la mencionada llamada, el promedio de la variable Delay se reduce a 0,33.

Prueba 2. Prueba entre un terminal virtual en un computador anfitrión y teléfono IP

En la prueba 2 se observa una mayor pérdida de paquetes, sin embargo, el indicador MOS, que presenta la aplicación de monitoreo, determina que la llamada tiene una calidad mayor a la prueba anterior. En la tabla de la 00Se muestran los resultados de esta prueba:

	Delay	Jitter	PacketLoss	MOS
Promedio	4	2,3	37,1	4,4

Tabla 7. Prueba entre terminal virtual y teléfono IP en el escenario de referencia

También debe considerarse la pérdida de paquetes, que es la principal causa de una baja en la evaluación de calidad.

Prueba 3. Prueba entre un terminal virtual en un computador anfitrión y Smartphone

La evaluación de la calidad del servicio para la prueba entre un terminal virtual y un Smartphone entregó un MOS de 4,4. En la siguiente tabla se resumen los resultados:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Promedio	0,57	24,29	0,00	93	4,40

Tabla 8. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario de referencia

Se observa que el mayor de los problemas se sitúa en las pérdidas por Jitter. No hay pérdida de paquetes y el retraso es relativamente bajo.

Prueba 4. Prueba entre dos Smartphones en el escenario de referencia

La evaluación de la calidad del servicio para la prueba entre un terminal virtual y un Smartphone entregó un MOS de 4,4. Se observa que el mayor de los problemas se sitúa en las pérdidas por Jitter. No hay pérdida de paquetes y el retraso es relativamente bajo. En la siguiente tabla se resumen los resultados:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Promedio	0,57	24,29	0,00	93	4,40

Tabla 9. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario de referencia

En cada uno de los cuadros anteriores se presentan los resultados generales para las pruebas en el escenario de referencia. A continuación, se analizarán los resultados de los demás escenarios y la diferencia que presentan respecto a los resultados anteriores.

RESULTADOS EN EL ESCENARIO 2. SATURACIÓN DE LA RED ETHERNET

Prueba 1. Prueba entre terminales virtuales en Computador anfitrión

Para una mejor comprensión, se muestran los resultados de la prueba y los resultados de la referencia correspondiente:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	30,5	15,2	0,1	61,5	3,7
Escenario 2	95,83	17,5	0,4	59,50	2,92

Tabla 10. Prueba entre terminales virtuales en el escenario 2

Se puede observar un creciente retardo en la comunicación, el Jitter y la pérdida de paquetes mantienen valores similares. La calificación global de la calidad, dada por la aplicación de monitoreo, es de 2,9 (menor en 21% respecto de la prueba de referencia). Una calificación considerablemente menor a su contraparte en el escenario de referencia.

Prueba 2. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone

Las variables de Jitter y Delay han sufrido un incremento considerable en el escenario 2. A pesar de la gran cantidad de pérdidas de paquetes en el escenario de referencia, la diferencia en la evaluación de calidad es sustancia. Los resultados se presentan a continuación:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	4	2,3	37,1	93	4,4
Escenario 2	93,21	12,30	0,00	62,40	3,10

Tabla 11. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario 2

El factor R, ha descendido de un promedio de 93 en el escenario de referencia, hasta los 62 en el escenario 2. El MOS presenta una reducción del 23%.

Prueba 3. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone

Al comparar los resultados para la variable Delay, se puede observar un gran crecimiento respecto de la prueba de referencia, de 0,57 a 82,9. Prácticamente no hay pérdidas de paquetes ni Jitter. Los que permite que la califican no descienda de forma alarmante. Los resultados para esta prueba se muestran en la tabla siguiente:

0	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	0,57	24,29	0,00	93	4,40
Escenario 2	82,89	9,44	0,00	64,78	3,21

Tabla 12. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario 2

La calificación general MOS para la prueba 3, cae en 27% respecto de su contraparte de referencia.

RESULTADOS EN EL ESCENARIO 3. SATURACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

En el escenario 3 se satura la red inalámbrica con tráfico no VoIP, y se procede a evaluar las llamadas de voz utilizando un canal de radio.

Prueba 1. Prueba entre terminal virtual y Smartphone

Las variables que se emplean para la determinación de la calidad del servicio (Delay, Jitter, PacketLoss) muestran un cambio importante. La variable con un crecimiento más notable es el Delay, de 0,57 a 87,7. Por otro lado, se presenta un descenso en el Jitter medio de las llamadas. En la tabla de la 0 Se presenta un resumen de los resultados para esta prueba.

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	0,57	24,29	0,00	93	4,40
Escenario 3	87,78	11,78	3,22	31,11	3,03

Tabla 13. Prueba entre terminal virtual y Smartphone en el escenario 3

La caída del factor R es del 66%, y la evaluación final describe un MOS de 3,03.

Prueba 2. Prueba entre dos Smartphones

La variable Delay presenta un incremento considerable, crece desde 0,57 a 77,64. No hay pérdida de paquetes en esta prueba. En la siguiente tabla se establecen los resultados de la prueba 2 para el escenario 3 y el escenario de referencia:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	0,57	24,29	0,00	93	4,40
Escenario 3	77,64	9,40	0,00	65,22	3,22

Tabla 14. Prueba entre Smartphones en el escenario 3

El factor R decrece en 30%, y el MOS disminuye de 4,4 a 3,2.

RESULTADOS EN EL ESCENARIO 4. SATURACIÓN TOTAL DE LA RED

En el escenario 4 se satura tanto la red Ethernet como la red WIFI con tráfico no VoIP. Y se realizan todas las pruebas planteadas en el escenario de referencia.

Prueba 1. Prueba entre terminales virtuales

En esta prueba el principal cambio que se observa es un incremento en el nivel medio de la variable Delay, esta crece en un 300%. El Jitter disminuye y no hay pérdida de paquetes. En la tabla de la 0Se presentan los resultados inherentes a esta prueba. La calificación global varía de 3.7 a 3,07 (una disminución del 17%).

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	30,5	15,2	0,1	61,5	3,7
Escenario 4	98,78	12,00	0,00	61,78	3,07

Tabla 15. Prueba entre terminales virtuales en el escenario 4

Prueba 2. Prueba entre un terminal virtual y un teléfono IP

El Delay y el Jitter muestran un cambio importante en sus valores para esta prueba. No hay pérdida de paquetes. En la siguiente tabla se pueden observar los mencionados cambios al comparar los resultados entre el escenario 4 y el escenario 1.

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	4	2,3	37,1	61,5	4,4
Escenario 4	91,95	20,70	0,10	61,11	3,07

Tabla 16. Prueba entre terminal virtual y teléfono IP en el escenario 4

La evaluación de la calidad del servicio para esta prueba es de 3,07 (30% menor al MOS de la prueba de referencia).

Prueba 3. Prueba entre un terminal virtual y un Smartphone

El nivel de retraso aumenta considerablemente, el Jitter desciende en 52% y no hay pérdida de paquetes. La tabla de la 0 Presenta los resultados para esta prueba:

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	0,57	24,29	0,00	93	4,40
Escenario 4	92,06	11,70	0,00	61,50	3,02

Tabla 17. Prueba entre terminal virtual y Smartphone en el escenario 4.

El MOS medio para esta prueba es de 3,02 que es un 31% menor al MOS en la prueba de referencia.

Prueba 4. Prueba entre Smartphones

Como en los casos anteriores, el Delay es la variable que presenta más variaciones. Para esta prueba, el Delay crece de 0,57 al 98,43. El Jitter disminuye a la mitad y no hay pérdida de paquetes. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados de la prueba 4 tanto para el escenario 4, como para el escenario de referencia.

	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor	MOS
Escenario 1	0,57	24,29	0,00	93	4,40
Escenario 4	98,43	12,00	0,00	61,80	3,07

Tabla 18. Prueba entre Smartphones en el escenario 4.

La aplicación de monitoreo registra un MOS de 3,07, una calificación menor en 30% al MOS en la prueba de referencia correspondiente.

4.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

En esta sección se presenta un resumen de los resultados para las pruebas de la red VoIP obtenidas a partir de la encuesta. EL procedimiento es similar al utilizado sobre los datos registrados por monitoreo mediante software.

Puesto que los resultados son en su mayoría valores cualitativos la diferencia entre las observaciones cambia entre dígitos escaleras enteros, según la escala propuesta en el apartado 3.1

Debe recalcar además, que cuanto más efectiva resulta una llamada de voz VoIP, más reducidos son los valores que presentan las variables Distorsión, eco y ruido. Lo opuesto sucederá si la calidad de la llamada es relativamente mala.

Características de los observadores

Todos los individuos seleccionados para esta encuesta son adultos jóvenes, pobladores de la ciudad de Cuenca. En el siguiente cuadro se describen el perfil general de los encuestados participantes:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	30	19	29	25,73	2,149
Área de Trabajo	30	0	7	3,13	2,713
Nivel de Instrucción	30	2	3	2,97	,183
Posee Smartphone	30	0	1	,53	,507
Conoce la Tecnología VoIP	30	0	1	,30	,466
N válido (según lista)	30				

Tabla 19. Perfil General de los encuestados

Los valores de la tabla se interpretan de la siguiente manera:

- El número de encuestados fue de 30.
- La edad de los participantes varía entre 19 y 29 años de edad.

- La mayoría de ellos tienen formación superior (2,97 representa una variable cualitativa de categoría, donde 2 representa la instrucción secundaria y 3 la instrucción superior).
- Al menos la mitad de ellos posee un Smartphone y solo un 30% de ellos sabe o ha escuchado hablar de la tecnología VoIP.

ESCENARIO DE REFERENCIA

Prueba 1. Ensayo entre dos terminales virtuales

En este ensayo, se determina la calidad del servicio que ofrece la red IP, entre dos terminales virtuales. Como se observa en la tabla siguiente, las calificaciones medias dadas para la distorsión, eco y ruido son relativamente bajas. La calificación general de la llamada es de un MOS de 4,4.

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Dos softphones. Distorsión	30	1	3	1,43
Escenario1. Dos softphones. Eco	30	1	1	1,00
Escenario1. Dos softphones. Ruido	30	1	2	1,27
Escenario1. Dos softphones. MOS	30	4	5	4,43
N válido (según lista)	30			

Tabla 20. Ensayo entre terminales virtuales en el escenario de referencia

Prueba 2. Ensayo entre un terminal virtual y un teléfono IP.

Los resultados en este ensayo son similares al anterior, se presentan criterios de distorsión, eco y ruido relativamente bajos. Todos pueden ser introducidos en la categoría “poca”, que indica poca presencia de la variable correspondiente.

En la tabla de la 0Se presenta el resumen estadístico de las observaciones realizadas:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Softphone a IP Phone. Distorsión	30	1	2	1,30
Escenario1. Softphone a IP Phone. Eco	30	1	2	1,10
Escenario1. Softphone a IP Phone. Ruido	30	1	2	1,17
Escenario1. Softphone a IP Phone. MOS	30	4	5	4,83
N válido (según lista)	30			

Tabla 21. Ensayo entre un terminal virtual y un teléfono IP en el escenario de referencia

El MOS promedio que se obtiene en esta prueba es de 4,3 (muy buen servicio).

Prueba 3. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone

Las variables de eco, disposición y ruido presentan calificaciones que pueden ser categorizadas como “muy poca presencia de...”

En la tabla de la 0Se puede observar las variaciones en la calificación de cada variable:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	2	1,33
Escenario1. Softphone a Smartphone Phone. Eco	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. Ruido	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. MOS	30	3	5	4,17
N válido (según lista)	30			

Tabla 22. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario de referencia

En la tabla anterior, puede observarse que la calificación MOS promedio para este ensayo fue de 4,17 equivalentes a la categoría “muy buen servicio”

Prueba 4. Ensayo entre dos Smartphones

En este ensayo, la percepción de ruido en la llamada es mayor (un promedio de 1,6 en la escala preestablecida). Las variables de distorsión y eco permanecen en la categoría de “muy poca presencia de...”

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Smartphones. Distorsión	30	1	2	1,23
Escenario1. Smartphones. Eco	30	1	2	1,20
Escenario1. Smartphones. Ruido	30	1	3	1,60
Escenario1. Smartphones. MOS	30	3	5	4,27
N válido (según lista)	30			

Tabla 23. Ensayo entre dos smartphones en el escenario de referencia.

En la tabla de la 0 Se pueden ver los resultados para esta prueba. La tabla describe una calificación MOS promedio de 4,27 que equivale a la categoría “muy buen servicio”.

ESCENARIO 2. SATURACIÓN DE LA RED ETHERNET

Prueba 1. Ensayo entre dos terminales virtuales.

En esta prueba, la percepción de distorsión y ruido ha cambiado a la categoría 2 “poca presencia”. El eco permanece en la categoría 1 “muy poca presencia”.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Dos softphones. Distorsión	30	1	3	1,43
Escenario1. Dos softphones. Eco	30	1	1	1,00
Escenario1. Dos softphones. Ruido	30	1	2	1,27
Escenario1. Dos softphones. MOS	30	4	5	4,43
Escenario2. Dos softphones. Distorsión	30	2	4	2,50
Escenario2. Dos softphones. Eco	30	1	2	1,33
Escenario2. Dos softphones. Ruido	30	1	3	2,03
Escenario2. Dos softphones. MOS	30	3	5	4,27
N válido (según lista)	30			

Tabla 24. Ensayo entre dos terminales virtuales en el escenario 2

Se puede observar que algunas llamadas registraron calificaciones muy bajas, pero dada la calificación promedio (MOS de 4,27) se puede inferir que fueron muy pocas, y que sus deficiencias provocaron una caída general en la calificación promedio.

La tabla permite además comparar los resultados entre la prueba 2 y su referencia en correspondiente en el escenario 1.

Puede observarse una caída, muy pequeña, en la calificación de la calidad del servicio. Esta disminuye de 4,43 a 4,27.

Prueba 2. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone

En esta prueba, se presenta un crecimiento en la presencia de distorsión y ruido que se enmarcan en la categoría 2. A continuación el resumen de resultados, la calificación dada por los participantes del ensayo es de 3,93. Un MOS que aún se puede categorizar como “muy buen servicio”.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	2	1,33
Escenario1. Softphone a Smartphone. Eco	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. Ruido	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. MOS	30	3	5	4,17
Escenario1. Smartphones. Distorsión	30	1	2	1,23
Escenario2. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	3	2,40
Escenario2. Softphone a Smartphone. Eco	30	1	2	1,43
Escenario2. Softphone a Smartphone. Ruido	30	1	3	2,27
Escenario2. Softphone a Smartphone. MOS	30	3	5	3,93
N válido (según lista)	30			

Tabla 25. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario 2.

ESCENARIO 3. SATURACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

Prueba 1. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone

La degradación de la señal de voz se debe principalmente a la presencia de ruido. Esta variable ha sido calificada como de categoría 3 “abundante presencia de ruido”. Pese a ello se ha mantenido una calificación global de 3,8 en la categoría de “muy buen servicio”

La caída en el indicador MOS es de un 9%. Relativamente similar al caso anterior.

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	2	1,33
Escenario1. Softphone a Smartphone. Eco	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. Ruido	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. MOS	30	3	5	4,17
Escenario1. Smartphones. Distorsión	30	1	2	1,23
Escenario3. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	4	2,53
Escenario3. Softphone a Smartphone. Eco	30	1	3	1,83
Escenario3. Softphone a Smartphone. Ruido	30	1	4	2,70
Escenario3. Softphone a Smartphone. MOS	30	3	5	3,80

Tabla 26. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone en el escenario 2.

Prueba 2. Ensayo entre dos smartphones

El deterioro de la señal en este ensayo es considerable. Todas las variables de evaluación (distorsión, eco y ruido) han pasado de la categoría “muy baja presencia de...” a la categoría “abundante presencia de...”. La calificación MOS promedio global desciende de 4,27 a 3,33 en la categoría “Servicio de calidad Regular”

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Smartphones. Distorsión	30	1	2	1,23
Escenario1. Smartphones. Eco	30	1	2	1,20
Escenario1. Smartphones. Ruido	30	1	3	1,60
Escenario1. Smartphones. MOS	30	3	5	4,27
Escenario3. Smartphones. Distorsión	30	2	4	3,03
Escenario3. Smartphones. Eco	30	2	22	3,10
Escenario3. Smartphones. Ruido	30	2	4	3,00
Escenario3. Smartphones. MOS	30	1	5	3,33

Tabla 27. Ensayo entre dos Smartphones en el escenario 3.

ESCENARIO 4. SATURACIÓN GENERAL DE LA RED

Prueba 1. Ensayo entre terminales virtuales

Para el escenario, toda la red se encuentra saturada con tráfico no VoIP. En la prueba 1. La disposición, el eco y el ruido son percibidos dentro de la categoría 3 “abundante presencia de...”. En la siguiente tabla se presentan los resultados. En el nivel de evaluación general de la calidad del servicio de en la llamada de voz, el indicador MOS ha descendido a la categoría 3 “Servicio de calidad Regular”.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Dos softphones. Distorsión	30	1	3	1,43
Escenario1. Dos softphones. Eco	30	1	1	1,00
Escenario1. Dos softphones. Ruido	30	1	2	1,27
Escenario1. Dos softphones. MOS	30	4	5	4,43
Escenario4. Dos softphones. Distorsión	30	2	4	2,57
Escenario4. Dos softphones. Eco	30	1	4	2,67
Escenario4. Dos softphones. Ruido	30	2	4	3,10
Escenario4. Dos softphones. MOS	30	1	4	3,17
N válido (según lista)	30			

Tabla 28. Ensayo entre dos terminales virtuales en el escenario 4.

Prueba 2. Ensayo entre un terminal virtual y un teléfono IP

El ruido es el problema más grave percibido en este ensayo. El ruido alcanza la categoría de “abundante presencia de...”. En la tabla de la 0Se presentan los resultados de la prueba:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Softphone a IP Phone. Distorsión	30	1	2	1,30
Escenario1. Softphone a IP Phone. Eco	30	1	2	1,10
Escenario1. Softphone a IP Phone. Ruido	30	1	2	1,17
Escenario1. Softphone a IP Phone. MOS	30	4	5	4,83
Escenario4. Softphone a IP Phone. Distorsión	30	1	3	1,87
Escenario4. Softphone a IP Phone. Eco	30	1	3	1,83
Escenario4. Softphone a IP Phone. Ruido	30	2	4	2,90
Escenario4. Softphone a IP Phone. MOS	30	1	5	3,07

Tabla 29. Ensayo entre un terminal virtual y un teléfono IP en el escenario 4

La calidad del servicio apreciada por los participantes de la encuesta desciende de la categoría 5 “Servicio de Excelente calidad” al 3 “Servicio de calidad Regular”.

Prueba 3. Ensayo entre un terminal virtual y un Smartphone

La distorsión y el ruido son un problema grave en la llamada de voz. Especialmente el ruido que presenta una valoración de 3,1 que se considera molesta durante una comunicación VoIP.

El eco por otro lado, mantiene niveles casi constantes, con variaciones de 1,23 a 1,57. En cuanto al indicador MOS, esta prueba mantiene un promedio de 2,63 que le permite categorizarse como un “servicio de calidad regular”. El descenso con respecto al MOS de la prueba de referencia es del 37%.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	2	1,33
Escenario1. Softphone a Smartphone Phone. Eco	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. Ruido	30	1	2	1,23
Escenario1. Softphone a Smartphone. MOS	30	3	5	4,17
Escenario4. Softphone a Smartphone. Distorsión	30	1	3	2,37
Escenario4. Softphone a Smartphone Phone. Eco	30	1	3	1,57
Escenario4. Softphone a Smartphone. Ruido	30	2	5	3,10
Escenario4. Softphone a Smartphone. MOS	30	1	4	2,63
N válido (según lista)	30			

Tabla 30. Ensayo entre un terminal virtual y Smartphone en el escenario 4

Prueba 4. Ensayo entre Smartphones

En este ensayo, y con respecto a la prueba de referencia, la distorsión crece en un 50%, el eco en 56% y el ruido en 48%. La percepción de calidad decrece hasta un MOS de 2,37. Es decir que esta prueba obtuvo una calificación de “servicio de mala calidad”.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media
Escenario1. Smartphones. Distorsión	30	1	2	1,23
Escenario1. Smartphones. Eco	30	1	2	1,20
Escenario1. Smartphones. Ruido	30	1	3	1,60
Escenario1. Smartphones. MOS	30	3	5	4,27
Escenario4. Smartphones. Distorsión	30	1	3	1,87
Escenario4. Smartphones. Eco	30	1	2	1,40
Escenario4. Smartphones. Ruido	30	2	5	3,27
Escenario4. Smartphones. MOS	30	1	4	2,37
N válido (según lista)	30			

Tabla 31. Ensayo entre Smartphones en el escenario 4

4.3. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

El análisis comparativo se realiza a nivel del indicador MOS, y entre escenarios correspondientes.

Percepción en el escenario de referencia

En los ensayos del escenario de referencia, los resultados fueron ampliamente superiores a los ensayos posteriores. Así, se esperaba una calificación positiva por parte de los participantes.

En el gráfico de la Figura 10. Se presenta una comparación entre el MOS determinado cualitativamente a través de una encuesta y el MOS calculado mediante un algoritmo propio de la aplicación de monitoreo:

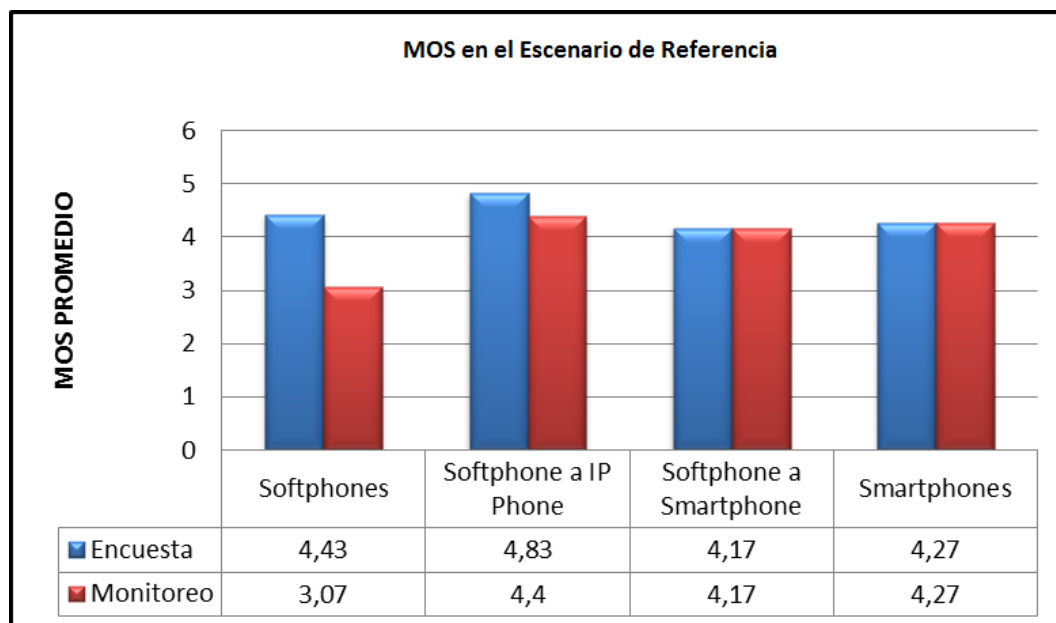


Figura 10. Indicador MOS del escenario 1 para ambos orígenes de datos.

En síntesis se puede afirmar que:

- En las llamadas entre dos terminales virtuales (softphones instalados sobre un computador) los usuarios consideran que la calidad del servicio es muy buena, aunque el software de monitoreo considera que el MOS es de apenas 3, es decir que el servicio es de una calidad regular.
- En las llamadas entre un terminal virtual y uno real a través de un enlace mediante cable Ethernet (IP Phone) los participantes de la encuesta consideraron que la calidad del servicio era excelente, esta valoración es secundada por el MOS dado en el proceso de monitoreo.
- Las llamadas entre un terminal virtual (cliente SIP para computador) y un terminal inalámbrico (cliente SIP para Smartphone) o entre dos terminales inalámbricos muestran un empate entre sus respectivas valoraciones de QoS. El MOS observado, y el MOS calculado presentan los mismos valores.

Percepción en el escenario 2. Saturación de la red cableada

En el escenario 2, la red cableada es deliberadamente saturada con tráfico de datos, en base a los resultados obtenidos anteriormente, el principal efecto que esta saturación tiene sobre la llamada de VoIP es un incremento de la variable Delay.

En el siguiente gráfico se ilustran los resultados de las evaluaciones por observación y mediante algoritmos de cómputo. Se consideran fundamentalmente las pruebas que involucran enlaces mediante cable Ethernet:

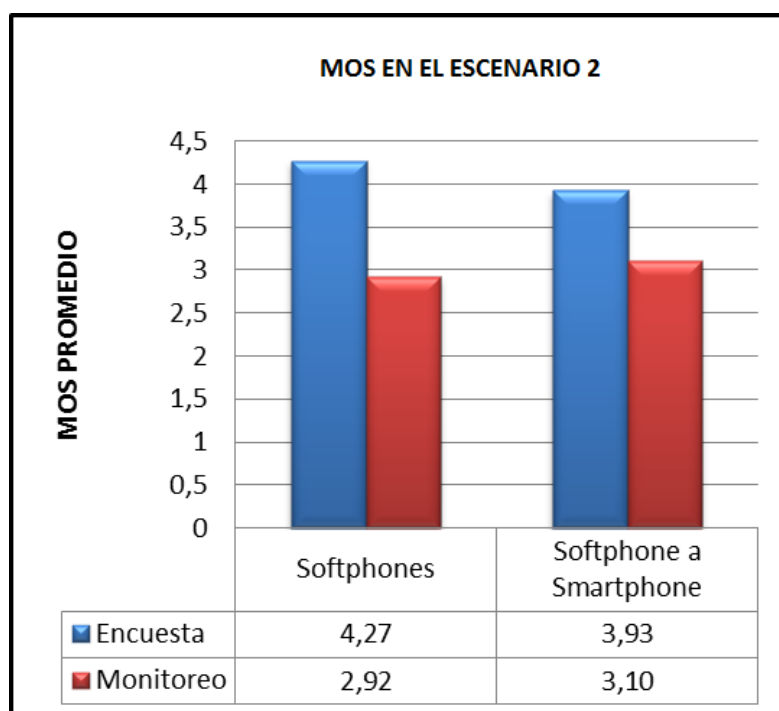


Figura 11. Indicador MOS del escenario 2 para ambos orígenes de datos.

De los resultados expuestos en el gráfico anterior se puede concluir que las expectativas del usuario (con las características mencionadas en el apartado 4.2) son relativamente bajas, así el indicador MOS obtenido mediante software es relativamente menor a su contraparte obtenida mediante observación.

Es preciso aclarar que en el ensayo entre dos softphones la diferencia es mayor que en el ensayo entre un Softphone y un Smartphone. Esto se justifica en la escasa eficiencia que presentan los clientes VoIP para teléfonos inteligentes.

Percepción en el escenario 3. Saturación de la red Inalámbrica

En este escenario se observan resultados extraordinarios, en ambos casos existe una diferencia relativa entre la evaluación por observación y la evaluación por cálculo.

En el caso de la llamada desde un Softphone (en un computador de la red) hacia un terminal inalámbrico, se puede distinguir una calificación mayor en el MOS obtenida de las encuestas. Los usuarios califican la calidad del servicio de voz como muy buena. A pesar de ello, la aplicación de registro automático calcula un MOS de 3, que ubica al servicio en la categoría de calidad regular.

Las expectativas de los usuarios son ampliamente satisfechas en este ensayo.

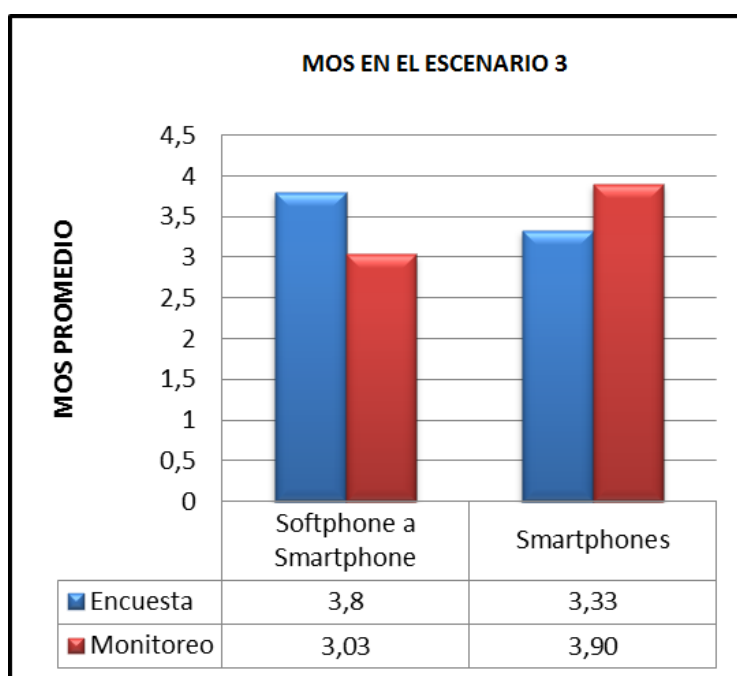


Figura 12. Indicador MOS del escenario 3 para ambos orígenes de datos.

Por otra parte, en el segundo ensayo se observa una diferencia inversa en el indicador MOS de ambas fuentes de datos. La aplicación de monitoreo determina un MOS de 3,9 (la calidad del servicio es muy buena), pero la calificación de los observadores es de tan solo 3,3 (servicio de calidad regular). En este contexto las expectativas de los usuarios son mayores a la que provee la red.

Percepción en el escenario 4. Saturación General de la Red

Como se puede observar en el gráfico de Figura 13. En los ensayos entre dos softphones, y entre un Softphone y un IP Phone, las lecturas de calidad del servicio son muy similares, sino iguales, para ambos orígenes de datos.

En el ensayo 2, en la prueba entre un Softphone y un teléfono inteligente la diferencia es mayor, aunque mantiene la categoría de valoración QoS VoIP (MOS de 2,6 y 3,02 equivalentes a la categoría de servicio regular).

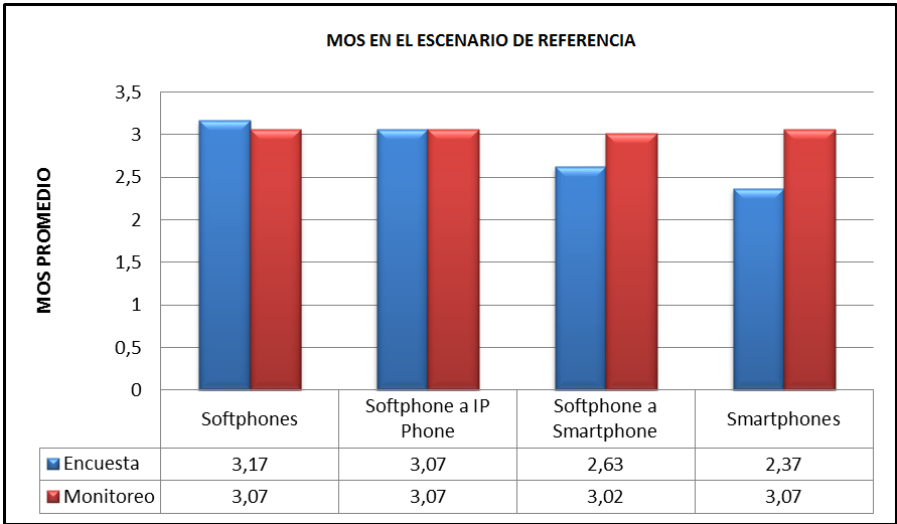


Figura 13. Indicador MOS del escenario 4 para ambos orígenes de datos.

Finalmente, en el ensayo 4 se observa una valoración de calidad menor en los resultados de las encuestas. Esta diferencia es suficiente para cambiar la categoría en la que se enmarca la prueba. Según la aplicación de monitoreo y registro, la llamada de prueba pertenece a la categoría de servicios de calidad regular, mientras que el MOS determinado mediante encuestas de opinión establecen que la calidad del servicio es baja.

Como se puede observar, en la mayoría de los casos la categorización de las llamadas VoIP en la escala MOS, ofrecen resultados muy similares indistintamente de la fuente de la que se haya tomado la información.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el capítulo I se revisaron los distintos estándares para la comunicación VoIP, los fundamentos de calidad del servicio para comunicaciones de voz en redes de datos y las técnicas más generalizada para su valoración. Se destaca la preferencia que muestran los proveedores y administradores de telefonía IP hacia el protocolo SIP, y la importancia de la percepción de calidad en el servicio por parte de los usuarios finales.

En el capítulo 2 se establecieron las condiciones generales para la realización del estudio de percepción de calidad. Se plantean los escenarios de trabajo en función del tipo de enlace que se utiliza y la saturación total o parcial de dicho enlace. También se especifican las características particulares de los componentes de la red establecida para la prueba de rendimiento y evaluación de calidad.

En el capítulo 3 se describen los instrumentos utilizados para la recolección, organización y análisis de la información que proveen los distintos escenarios. La base de datos establecida permitió una visión general de los valores típicos presentes en cada escenario de prueba.

En el capítulo 4 se presentan los resultados del proceso de evaluación de calidad en función del análisis correspondiente sobre la información contenida en la base de datos anteriormente establecida. Se destacan las siguientes conclusiones:

- A pesar de los esfuerzos para la evaluación de la calidad del servicio en redes VoIP basadas en métodos cuantitativos, la percepción del usuario final puede variar significativamente en función de variables como la edad, la profesión, el medio en el que se desenvuelve, gustos y preferencias, etc.
- Las redes IP constituyen una tecnología que contempla una comunicación eficiente en términos de enrutamiento y garantías de entrega de información.

Sin embargo, no contemplan garantías de QoS para las aplicaciones en tiempo real. Esta limitación resulta difícil de manejar en las comunicaciones de voz a través de internet. No obstante, en las redes de área local se pueden emplear tecnologías que permiten el control del ancho de banda que utilizan los canales de voz.

- El desarrollo de softphones o clientes VoIP resulta muy limitado, especialmente aquellos destinados a terminales con sistemas basados en Linux y a terminales inalámbricos como smartphones, tabletas, entre otros. La evaluación de calidad del servicio VoIP en dichos terminales muestra valores relativamente menores respecto de los terminales Ethernet dedicados (teléfonos IP) y los softphones en sistemas operativos comerciales.

Recomendaciones

La selección de los terminales en términos de marcas y modelos es fundamental en el proceso de implementación de la red VoIP puesto que permite establecer los alcances en la garantía de un nivel mínimo de calidad en el servicio. La selección de los terminales físicos, sean cableados o inalámbricos, debe considerar los protocolos que soporta. En la actualidad el protocolo SIP es el de más amplia utilización, sin embargo, el desarrollo del protocolo IAX, para una mejor administración del ancho de banda de los canales de voz en redes IP, representa una alternativa de considerable importancia en el proceso de planeamiento de la red.

Respecto de la selección de los terminales inalámbricos, es recomendable utilizar teléfonos con sistemas operativos libres, así la gama de clientes VoIP será mayor, y se podría realizar una selección más rigurosa en materia de garantías de calidad.

El software de monitoreo empleado en este estudio permite la valoración de la calidad del servicio desde el cliente de la red. La utilización de este tipo de aplicaciones por parte de los usuarios finales de la red VoIP permite un registro continuo de las variables involucradas en la valoración de la calidad del servicio, se convierte así en un instrumento que permite verificar los niveles de calidad garantizados por el proveedor.

BIBLIOGRAFIA

Referencias Bibliograficas

1. HUIDOBRO José. Tecnología VoIP y Telefonía IP. Ed. Creaciones. 2006. 314 p. ISBN: 9788496300224
2. HUIDOBRO JOSE. Redes de Datos y Convergencia IP. Ed. Creaciones. 2007
3. CONESA PASTOR RAFAEL. Sistemas de telefonía. Editado por Thomson Paraninfo, S.A.. Madrid, España. 1999. 216p. ISBN: 9788428325653
4. CABEZAS POZO JOSE DAMIAN. Sistemas de telefonía. . Editado por Thomson Paraninfo, S.A.. Madrid, España. 2006. ISBN: 9788497324946

Referencias Electrónicas

5. Fundación Escuela Latinoamericana de redes. ESTÁNDARES DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA [en línea]. Actualizada: Octubre de 2007. [Fecha de Consulta: 03 de agosto de 2011]. Disponible de World Wide Web: http://www.eslared.org.ve/tricalcar/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02%5B1%5D.pdf
6. Fundación Escuela Latinoamericana de redes. GESTIÓN DE RECURSOS PARA SERVICIOS DE TIEMPO REAL [en línea]. Actualizada: Julio de 2009. [Fecha de Consulta: 03 de agosto de 2011]. Disponible de World Wide Web: http://dtstc.ugr.es/it/pfc/proyectos_realizados/downloads/Memoria2009_JoseAntonioRodriguez.pdf
7. National Science Foundation . VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) - Proceedings of the IEEE [en línea]. Actualizada: Septiembre de 2002. [Fecha de Consulta: 16 de agosto de 2011]. Disponible de World Wide Web: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.120.9785&rep=rep1&type=pdf>
8. The Pacific Network Operators Group. VOIP QUALITY OF SERVICE - BASIC THEORY [en línea]. Actualizada: Agosto de 2004. [Fecha de Consulta: 17 de agosto de 2011]. Disponible de World Wide Web: http://www.pacnog.org/pacnog5/track4/presos/PacNOG5_voip_qos.pdf
9. Real Time Communications Lab. VOIP QOS OVER WIRED AND WIRELESS NETWORKS (VoWi). Actualizada: 27 de abril de 2011. [Fecha de Consulta: 20 de agosto de 2011]. Disponible de World Wide Web: http://voip.itm.iit.edu/PROJECT-DOCUMENTS/PROJECTS-SPRING-2011/presentation-slides-20110427/8-Final_presentation_VoWi_no_video.pdf

- 10.** Les Jornades de Programari Lliure. DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE VOIP BASADA EN SOFTWARE LIBRE [en línea]. Actualizada: 21 de junio de 2006. [Fecha de Consulta: 7 de noviembre de 2011]. Disponible de World Wide Web: http://voip.itm.iit.edu/PROJECT-DOCUMENTS/PROJECTS-SPRING-2011/presentation-slides-20110427/8-Final_presentation_VoWi_no_video.pdf

- 11.** National Science Foundation. VOIP PERFORMANCE MEASUREMENT USING QoS PARAMETERS [en línea]. Actualizada: Septiembre de 2005. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2011]. Disponible de World Wide Web: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.118.6117&rep=rep1&type=pdf>

- 12.** Universidad del Valle. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS RECOMENDACIONES ITU-T G.107, P.862 Y P.563 PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA VOZ EN REDES IP [en línea]. Actualizada: 18 de enero de 2007. [Fecha de Consulta: 13 de octubre de 2011]. Disponible de World Wide Web: http://www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/trabajos_de_grado/anteproyectos/anteproyecto_TG-0420.pdf

- 13.** IEEE Xplore. Voice over Internet protocol (VoIP) [en línea]. Consultado: 03 de agosto de 2011. URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1041060

- 14.** Computer Engineering and Intelligent Systems. Voice over Internet Protocol (VoIP) Performance Analysis, QoS measures to minimize Packet Loss, and identifying link failures during Transmission [en línea]. Consultado: 11 de octubre de 2011. URL: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CEIS/article/view/508>

- 15.** VOIP Wiki. VOIP QoS Requirements [en línea]. Consultado: 11 de octubre de 2011. URL: <http://www.voip-info.org/wiki/view/QoS>

- 16.** Monitor tools. VoIP Monitoring [en línea]. Consultado: 12 de octubre de 2011. URL: <http://www.monitortools.com/voip/>

- 17.** Manage Engine." What is VQManager? [en línea]. Consultado: 12 de octubre de 2011. URL: <http://www.manageengine.com/products/vqmanager/>

- 18.** VoIP Mechanic. Setting QoS for VoIP connections [en línea]. Consultado: 15 de octubre de 2011. URL: <http://www.voipmechanic.com/qos-for-voip.htm>

ANEXOS

ANEXO I. Cuestionario de la Encuesta

UNIVERSIDAD DEL AZUAY



Ud. ha sido seleccionado para formar parte de un estudio acerca de la calidad del Servicio de la telefonía IP. Toda la información que nos facilite será confidencial y se utilizará únicamente con fines estadísticos. EL tiempo máximo de duración de la encuesta es de cinco minutos.

Agradecemos se sirva contestar las siguientes preguntas:

Fecha: _____ N° de Encuesta: _____

Ubicación: _____

Referencia adicional (opcional): _____

SECCIÓN I

1. **Género**

☐ Femenino
☐ Masculino
2. **Edad actual**.....
3. **Estado Civil actual**

☐ Soltero/a
☐ Casado/a

☐ Divorciado/a
☐ Viudo/a

☐ Unión Libre
☐ Otros.

Especifique.....
4. **¿Cuál es su área de trabajo?**

☐ Administrativo
☐ Ama de Casa

☐ Comerciante
☐ Desempleado

☐ Educativo
☐ Función Pública

☐ Tecnología
☐ Negocio Propio

☐ Otros.

Especifique.....
5. **¿Cuál es su nivel actual de Instrucción?**

☐ Ninguna
☐ Primaria

☐ Secundaria
☐ Superior

☐ Postgrado
6. **¿Cuál es el Ingreso promedio familiar (mensual en dólares)? Seleccione una.**

☐ Menos de 200

☐ Entre 200 y 500

☐ Entre 500 y 1000

☐ Más de 1000
7. **¿Cuántos vehículos propios posee su familia?**.....
8. **Cuál es su Área de Entretenimiento Preferido**

☐ Música Cine y Televisión

☐ Informática e Internet

☐ Juegos de Video

☐ Deportes

☐ Religión

☐ Amigos y Familia

☐ Otros.

Especifique:.....
9. **Su teléfono móvil permite el acceso a internet mediante WiFi?**

☐ SI
☐ NO
NO SE
10. **Sabía Ud. que se pueden realizar llamadas de voz por internet?**

☐ SI
☐ NO

SECCIÓN II

A continuación Ud. Realizará 12 llamadas de voz en nuestra red. Después de realizar cada llamada sírvase realizar una calificación de la misma en las siguientes tablas:

Califique el nivel de cada categoría marcando con una x en el nivel que corresponda

11. **Llamada 1. Entre dos teléfonos virtuales (escenario1)**

Distorsión (Frases incompletas)

Nada | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)

Nada | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)

Nada | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio

Pésima | | | | | Excelente
12. **Llamada 2. Entre un teléfono virtual y un teléfono IP (escenario1)**

Distorsión (Frases incompletas)

Nada | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)

Nada | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)

Nada | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio

Pésima | | | | | Excelente
13. **Llamada 3. Entre un teléfono virtual y un teléfono móvil (escenario1)**

Distorsión (Frases incompletas)

Nada | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)

Nada | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)

Nada | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio

Pésima | | | | | Excelente

14. Llamada 4. Entre teléfonos móviles. (escenario1)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

15. Llamada 5. Entre dos teléfonos virtuales (escenario2)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

16. Llamada 6. Entre un teléfono virtual y un teléfono móvil (escenario2)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

17. Llamada 7. Entre un teléfono virtual y un teléfono móvil (escenario3)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

18. Llamada 8. Entre teléfonos móviles. (escenario3)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

19. Llamada 9. Entre dos teléfonos virtuales (escenario4)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

20. Llamada 10. Entre un teléfono virtual y un teléfono móvil (escenario4)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

21. Llamada 11. Entre teléfonos móviles (escenario4)

Distorsión (Frases incompletas)
 Nada | | | | | | Demasiada

Eco (Escucha su propia voz)
 Nada | | | | | | Demasiada

Ruido (escucha sonidos molestos)
 Nada | | | | | | Demasiada

Calificación General del Servicio
 Pésima | | | | | | Excelente

ANEXO II. Datos obtenidos de software de monitoreo

Se han considerado para este anexo únicamente las variables más relevantes:

Participant	InitiatorURL	MOS	Delay	Jitter	PacketLoss	RFactor
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	0	12	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	0	12	0	63
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	0	10	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	0	15	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	1	13	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	0	14	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	0	15	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,9	1	15	1	58
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	1	14	0	60
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	302	32	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	6	62	20
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	0	41	23
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	0	37	21
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	7	22	12
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	0	45	26
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	5	37	16
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	0	29	18
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	0	35	20
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	5	30	12
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	4	0	33	20
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	28	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	25	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	2	15	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	23	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	28	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	36	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	2	15	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	25	0	93
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	4,4	0	18	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	28	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	25	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	2	15	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	23	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	28	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	36	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	2	15	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	25	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	4,4	0	18	0	93
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	192	8	0	64
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,9	95	15	1	58
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	92	27	0	61

sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,7	95	15	1	58
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	92	26	0	61
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	94	27	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	94	10	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	123	13	0	59
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,8	83	16	1	57
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,8	95	14	1	59
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,7	91	12	0	58
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	91	13	0	63
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	94	9	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	91	14	0	63
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	94	14	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	94	13	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	91	11	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	95	12	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	91	12	0	63
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	95	11	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	91	14	0	63
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	192	8	0	64
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	95	11	0	62
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	94	11	0	62
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	91	12	0	63
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,3	67	8	0	67
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	90	9	0	63
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,4	64	9	0	67
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,6	41	6	0	72
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,1	90	11	0	63
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,3	49	9	0	67
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	2,8	192	8	0	25
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	2,9	95	13	0	23
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	2,8	94	12	1	36
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	2,9	91	14	1	32
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,3	67	11	0	39
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	2,9	90	12	26	20
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,4	64	12	0	28
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3	41	7	1	36
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	2,8	90	11	0	33
sip:163@192.168.0.50	sip:165@192.168.0.50	3,3	49	14	0	33
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	4,1	2	17	0	85
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	4,1	1	30	1	84
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	2,9	1	31	0	91
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	3,8	2	29	0	93
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	3,9	3	26	0	87
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	4,1	2	29	0	92
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	4,1	2	18	0	83

sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	4	2	22	0	81
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	4,1	2	14	0	86
sip:165@192.168.0.10	sip:161@192.168.0.50	3,7	1	24	0	75
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	95	11	0	62
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	94	11	0	62
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	91	12	0	63
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,3	67	8	0	67
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	90	9	0	63
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,4	64	9	0	67
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,6	41	6	0	72
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	90	11	0	63
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,3	49	8	0	67
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	90	9	0	63
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	95	11	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	94	13	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	94	13	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,8	148	15	0	56
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	94	12	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	12	0	63
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	95	12	0	62
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	10	0	63
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	12	0	63
sip:001@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	10	0	63
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	13	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	14	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	15	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,9	95	15	1	58
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	91	14	0	60
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	32	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	92	27	0	61
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	92	27	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	90	24	0	62
sip:161@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	92	26	0	61
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	83	0	0	64
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	95	14	0	59
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,9	91	12	0	63
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	2,9	91	14	0	59
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	91	11	0	63
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	94	12	0	62
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	14	0	61
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	94	14	0	62
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3	94	15	0	61
sip:163@192.168.0.50	sip:162@192.168.0.50	3,1	91	11	0	61
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	94	13	0	62
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	94	13	0	62

sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	2,8	148	15	0	56
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	94	12	0	62
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	91	11	0	63
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	91	10	0	63
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	90	11	0	63
sip:165@192.168.0.50	sip:166@192.168.0.50	3,1	91	11	0	62

ANEXO III. Datos obtenidos de la encuesta

OBS	Escenario 1. Prueba 1. Distorsión	Escenario 1. Prueba 1. Eco	Escenario 1. Prueba 1. Ruido	Escenario 1. Prueba 1. MOS	Escenario 1. Prueba 2. Distorsión
1	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
2	muy poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
3	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
4	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
5	poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
6	muy poca	muy poca	poca	Excelente	muy poca
7	poca	muy poca	poca	muy buena	poca
8	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	poca
9	poca	muy poca	muy poca	muy buena	poca
10	poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
11	muy poca	muy poca	poca	muy buena	muy poca
12	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
13	poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
14	muy poca	muy poca	poca	Excelente	poca
15	poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
16	muy poca	muy poca	muy poca	muy buena	poca
17	poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
18	Regular	muy poca	muy poca	muy buena	poca
19	poca	muy poca	poca	muy buena	muy poca
20	muy poca	muy poca	poca	Excelente	poca
21	poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
22	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca
23	muy poca	muy poca	poca	Excelente	muy poca
24	poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
25	poca	muy poca	poca	muy buena	poca
26	muy poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
27	muy poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
28	muy poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca
29	muy poca	muy poca	muy poca	Excelente	poca
30	muy poca	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca

OBS	Escenario 1. Prueba 2. Eco	Escenario 1. Prueba 2. Ruido	Escenario 1. Prueba 2. MOS	Escenario 1. Prueba 3. Distorsión	Escenario 1. Prueba 3. Eco
1	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
2	muy poca	poca	Excelente	muy poca	muy poca
3	muy poca	muy poca	muy buena	poca	poca
4	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
5	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
6	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
7	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	poca
8	muy poca	poca	Excelente	muy poca	muy poca
9	muy poca	muy poca	Excelente	poca	muy poca
10	muy poca	muy poca	Excelente	poca	muy poca
11	muy poca	poca	muy buena	muy poca	muy poca
12	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
13	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
14	poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
15	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
16	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	poca
17	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
18	muy poca	poca	Excelente	poca	muy poca
19	muy poca	muy poca	Excelente	poca	muy poca
20	muy poca	poca	muy buena	muy poca	muy poca
21	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	poca
22	muy poca	muy poca	Excelente	poca	muy poca
23	muy poca	muy poca	Excelente	poca	muy poca
24	muy poca	muy poca	Excelente	poca	poca
25	poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
26	muy poca	muy poca	Excelente	poca	poca
27	muy poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
28	muy poca	muy poca	muy buena	poca	muy poca
29	poca	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca
30	muy poca	muy poca	muy buena	muy poca	poca

OBS	Escenario 1. Prueba 3. Ruido	Escenario 1. Prueba 3. MOS	Escenario 1. Prueba 4. Distorsión	Escenario 1. Prueba 4. Eco	Escenario 1. Prueba 4. Ruido
1	muy poca	muy buena	muy poca	muy poca	poca
2	muy poca	muy buena	poca	muy poca	muy poca
3	poca	muy buena	poca	muy poca	muy poca
4	poca	muy buena	muy poca	muy poca	muy poca
5	muy poca	muy buena	muy poca	muy poca	poca
6	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca	poca
7	poca	Excelente	muy poca	muy poca	poca

8	poca	muy buena	muy poca	poca	poca
9	muy poca	Regular	muy poca	poca	muy poca
10	muy poca	Regular	muy poca	muy poca	muy poca
11	muy poca	muy buena	muy poca	muy poca	muy poca
12	muy poca	muy buena	poca	muy poca	poca
13	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca	poca
14	muy poca	muy buena	poca	muy poca	muy poca
15	poca	Excelente	muy poca	muy poca	poca
16	muy poca	Regular	muy poca	muy poca	poca
17	poca	muy buena	muy poca	muy poca	poca
18	muy poca	Excelente	poca	poca	poca
19	muy poca	muy buena	muy poca	muy poca	muy poca
20	muy poca	Excelente	muy poca	poca	poca
21	muy poca	muy buena	muy poca	poca	poca
22	muy poca	Regular	muy poca	muy poca	poca
23	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca	poca
24	muy poca	muy buena	poca	muy poca	poca
25	muy poca	Regular	muy poca	muy poca	Regular
26	muy poca	Excelente	muy poca	poca	muy poca
27	muy poca	muy buena	poca	muy poca	muy poca
28	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca	muy poca
29	poca	muy buena	muy poca	muy poca	muy poca
30	muy poca	Excelente	muy poca	muy poca	muy poca

OBS	Escenario 1. Prueba 4. MOS	Escenario 2. Prueba 1. Distorsión	Escenario 2. Prueba 1. Eco	Escenario 2. Prueba 1. Ruido	Escenario 2. Prueba 1. MOS
1	muy buena	poca	muy poca	poca	muy buena
2	muy buena	Regular	muy poca	muy poca	Excelente
3	muy buena	poca	poca	muy poca	muy buena
4	muy buena	Regular	muy poca	Regular	muy buena
5	muy buena	Regular	poca	poca	muy buena
6	muy buena	Regular	poca	poca	Regular
7	Excelente	poca	muy poca	Regular	muy buena
8	Excelente	poca	poca	poca	Excelente
9	Excelente	poca	muy poca	poca	Excelente
10	muy buena	Regular	poca	muy poca	Excelente
11	muy buena	poca	muy poca	poca	Excelente
12	muy buena	Regular	muy poca	muy poca	muy buena
13	muy buena	poca	muy poca	Regular	muy buena
14	Regular	Regular	poca	muy poca	Excelente
15	muy buena	Abundante	muy poca	Regular	muy buena
16	muy buena	poca	poca	Regular	muy buena
17	muy buena	poca	muy poca	poca	muy buena

18	Excelente	poca	poca	poca	muy buena
19	muy buena	poca	muy poca	poca	Regular
20	Excelente	Regular	muy poca	poca	Excelente
21	muy buena	poca	muy poca	poca	Excelente
22	Excelente	Regular	muy poca	Regular	Regular
23	muy buena	Regular	poca	poca	Excelente
24	Excelente	poca	poca	muy poca	Excelente
25	muy buena	Regular	muy poca	poca	Excelente
26	muy buena	poca	muy poca	poca	muy buena
27	Excelente	Regular	muy poca	poca	muy buena
28	muy buena	Regular	muy poca	poca	muy buena
29	Excelente	poca	muy poca	poca	muy buena
30	muy buena	poca	muy poca	Regular	muy buena

OBS	Escenario 2. Prueba 2. Distorsión	Escenario 2. Prueba 2. Eco	Escenario 2. Prueba 2. Ruido	Escenario 2. Prueba 2. MOS	Escenario 3. Prueba 1. Distorsión
1	poca	muy poca	muy poca	muy buena	poca
2	muy poca	poca	poca	muy buena	muy poca
3	poca	poca	muy poca	muy buena	poca
4	poca	muy poca	poca	muy buena	Regular
5	Regular	muy poca	Regular	Excelente	Regular
6	poca	muy poca	poca	Excelente	poca
7	Regular	muy poca	muy poca	muy buena	Regular
8	muy poca	poca	poca	Regular	poca
9	Regular	muy poca	Regular	Regular	poca
10	Regular	poca	poca	muy buena	Regular
11	Regular	muy poca	Regular	Excelente	poca
12	poca	muy poca	poca	muy buena	Regular
13	poca	poca	Regular	muy buena	poca
14	Regular	muy poca	Regular	muy buena	poca
15	poca	poca	Regular	Regular	poca
16	Regular	muy poca	poca	muy buena	poca
17	muy poca	poca	poca	Regular	Regular
18	Regular	poca	Regular	muy buena	Regular
19	poca	muy poca	poca	Regular	Regular
20	Regular	muy poca	poca	muy buena	Regular
21	Regular	poca	Regular	muy buena	Regular
22	Regular	muy poca	muy poca	muy buena	Regular
23	poca	poca	poca	Excelente	poca
24	poca	muy poca	Regular	Excelente	Regular
25	Regular	poca	poca	Excelente	Abundante
26	poca	muy poca	Regular	muy buena	Regular
27	Regular	poca	poca	muy buena	poca

28	Regular	muy poca	Regular	Regular	Regular
29	Regular	poca	poca	Regular	Regular
30	poca	muy poca	Regular	Regular	poca

OBS	Escenario 3. Prueba 1. Eco	Escenario 3. Prueba 1. Ruido	Escenario 3. Prueba 1. MOS	Escenario 3. Prueba 2. Distorsión	Escenario 3. Prueba 2. Eco
1	poca	poca	Regular	poca	poca
2	muy poca	Regular	Regular	Regular	Regular
3	poca	Abundante	muy buena	Abundante	poca
4	poca	Regular	muy buena	Regular	poca
5	muy poca	Regular	Excelente	Abundante	poca
6	muy poca	Regular	Excelente	poca	poca
7	muy poca	poca	muy buena	poca	Regular
8	poca	Regular	muy buena	Regular	poca
9	poca	poca	Excelente	poca	Regular
10	poca	Regular	muy buena	Regular	Regular
11	muy poca	poca	muy buena	Abundante	poca
12	poca	poca	Regular	Regular	Regular
13	muy poca	Regular	muy buena	Regular	poca
14	Regular	Abundante	Regular	poca	Regular
15	poca	Regular	Regular	Abundante	poca
16	muy poca	Abundante	Regular	poca	poca
17	poca	Regular	muy buena	Regular	poca
18	Regular	Regular	Excelente	Abundante	Regular
19	poca	Regular	muy buena	Regular	Regular
20	poca	poca	Regular	poca	poca
21	Regular	Regular	muy buena	Abundante	Regular
22	poca	Abundante	Regular	Regular	poca
23	Regular	Regular	muy buena	Regular	22
24	poca	Regular	Regular	poca	poca
25	Regular	poca	Excelente	Regular	Regular
26	Regular	muy poca	Excelente	Regular	Regular
27	muy poca	Regular	muy buena	Regular	poca
28	muy poca	poca	Regular	Abundante	poca
29	muy poca	muy poca	Regular	Abundante	Regular
30	muy poca	poca	Regular	Abundante	Regular

OBS	Escenario 3. Prueba 2. Ruido	Escenario 3. Prueba 2. MOS	Escenario 4. Prueba 1. Distorsión	Escenario 4. Prueba 1. Eco	Escenario 4. Prueba 1. Ruido
1	Regular	muy buena	poca	Regular	poca
2	poca	Regular	Regular	poca	Regular
3	poca	muy buena	poca	Regular	Abundante

4	poca	Excelente	Regular	poca	Regular
5	Regular	muy buena	poca	poca	poca
6	poca	muy mala	Regular	poca	Regular
7	poca	muy buena	Regular	Regular	Abundante
8	Regular	Regular	Regular	Abundante	Regular
9	Abundante	muy buena	Regular	Regular	Regular
10	Regular	Regular	poca	Regular	Abundante
11	Abundante	Regular	poca	Regular	Regular
12	Regular	Regular	Regular	Regular	poca
13	Abundante	Regular	poca	poca	Regular
14	Regular	muy buena	Regular	Regular	Abundante
15	poca	muy buena	Regular	poca	Regular
16	Regular	Regular	poca	Regular	Regular
17	Abundante	muy buena	poca	poca	Abundante
18	Regular	muy buena	Abundante	Regular	Regular
19	poca	Regular	Regular	muy poca	poca
20	Regular	Regular	Abundante	Regular	Regular
21	Abundante	muy buena	Regular	Regular	Regular
22	Regular	Excelente	Regular	poca	Abundante
23	poca	mala	poca	Regular	Regular
24	Regular	muy mala	poca	poca	poca
25	Abundante	muy buena	poca	Regular	Regular
26	Regular	Regular	poca	poca	Abundante
27	Abundante	muy buena	Regular	Abundante	Regular
28	Regular	mala	poca	Regular	Regular
29	Abundante	Regular	poca	Regular	Abundante
30	Regular	Regular	poca	Regular	Regular

OBS	Escenario 4. Prueba 1. MOS	Escenario 4. Prueba 2. Distorsión	Escenario 4. Prueba 2. Eco	Escenario 4. Prueba 2. Ruido	Escenario 4. Prueba 2. MOS
1	muy buena	poca	muy poca	poca	muy buena
2	Regular	Regular	poca	Regular	mala
3	muy buena	poca	muy poca	Abundante	mala
4	Regular	poca	poca	Regular	muy buena
5	muy buena	muy poca	Regular	Regular	Regular
6	muy buena	poca	muy poca	poca	muy buena
7	muy buena	poca	muy poca	poca	Excelente
8	muy buena	poca	muy poca	poca	muy buena
9	Regular	muy poca	poca	Regular	Regular
10	Regular	muy poca	muy poca	poca	muy buena
11	Regular	poca	poca	Regular	Regular
12	Regular	Regular	poca	Regular	muy buena
13	Regular	poca	muy poca	Abundante	mala

14	muy buena	Regular	poca	Regular	Regular
15	muy buena	poca	muy poca	Regular	muy buena
16	Regular	poca	muy poca	Regular	Regular
17	mala	muy poca	muy poca	poca	mala
18	muy mala	poca	poca	Regular	muy buena
19	mala	Regular	Regular	Abundante	mala
20	muy buena	poca	Regular	Regular	Regular
21	Regular	muy poca	poca	Regular	muy buena
22	mala	poca	poca	poca	Regular
23	Regular	muy poca	poca	Abundante	mala
24	mala	muy poca	Regular	Abundante	mala
25	Regular	muy poca	poca	Regular	Regular
26	Regular	poca	Regular	Regular	mala
27	muy buena	muy poca	poca	poca	muy buena
28	Regular	poca	poca	Regular	Regular
29	muy buena	Regular	poca	Abundante	muy mala
30	Regular	poca	poca	poca	Regular

OBS	Escenario 4. Prueba 3. Distorsión	Escenario 4. Prueba 3. Eco	Escenario 4. Prueba 3. Ruido	Escenario 4. Prueba 3. MOS	Escenario 4. Prueba 4. Distorsión
1	poca	muy poca	poca	Regular	poca
2	poca	poca	Regular	Regular	Regular
3	Regular	muy poca	poca	Regular	poca
4	poca	poca	Regular	Regular	Regular
5	poca	muy poca	poca	muy buena	muy poca
6	Regular	poca	Regular	muy buena	poca
7	muy poca	muy poca	Demasiada	mala	Regular
8	poca	muy poca	Abundante	mala	poca
9	poca	muy poca	Abundante	mala	muy poca
10	Regular	muy poca	Abundante	Regular	poca
11	poca	muy poca	Abundante	muy buena	Regular
12	Regular	poca	Regular	mala	poca
13	poca	poca	Abundante	mala	muy poca
14	poca	muy poca	Abundante	muy mala	poca
15	Regular	muy poca	Regular	muy mala	poca
16	poca	muy poca	Regular	mala	muy poca
17	Regular	muy poca	Abundante	Regular	muy poca
18	poca	poca	Abundante	Regular	poca
19	poca	Regular	Abundante	Regular	muy poca
20	Regular	poca	poca	muy mala	poca
21	poca	poca	poca	Regular	Regular
22	Regular	muy poca	Regular	mala	muy poca
23	Regular	poca	poca	muy buena	muy poca

24	poca	poca	poca	Regular	muy poca
25	poca	muy poca	Regular	mala	poca
26	Regular	poca	poca	Regular	poca
27	Regular	poca	poca	Regular	Regular
28	poca	poca	poca	Regular	poca
29	Regular	poca	Demasiada	mala	poca
30	poca	poca	Regular	Regular	muy poca

OBS	Escenario 4. Prueba 4. Eco	Escenario 4. Prueba 4. Ruido	Escenario 4. Prueba 4. MOS
1	muy poca	poca	Regular
2	poca	Regular	mala
3	muy poca	Abundante	Regular
4	muy poca	Regular	Regular
5	muy poca	Abundante	mala
6	muy poca	Regular	mala
7	muy poca	Regular	muy mala
8	muy poca	Regular	muy mala
9	poca	Regular	mala
10	poca	Regular	muy mala
11	muy poca	Abundante	mala
12	poca	Regular	Regular
13	muy poca	poca	muy buena
14	poca	Regular	Regular
15	muy poca	Demasiada	mala
16	poca	Regular	Regular
17	muy poca	Demasiada	mala
18	poca	Demasiada	mala
19	poca	Abundante	mala
20	poca	Regular	Regular
21	muy poca	poca	muy buena
22	muy poca	Regular	Regular
23	muy poca	Regular	mala
24	muy poca	Regular	Regular
25	muy poca	poca	muy buena
26	muy poca	poca	mala
27	poca	Abundante	Regular
28	muy poca	poca	muy mala
29	poca	Abundante	mala
30	poca	Demasiada	muy mala