

## HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN EFICAZ DE VOIP EN LAS ORGANIZACIONES BAJO SOFTWARE LIBRE

Mujica R. Manuel A<sup>1</sup>, Figueredo A. José M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Vicerrectorado Barquisimeto

<sup>2</sup>Universidad Centrocidental “Lisandro Alvarado” (UCLA)

[mmujica@unexpo.edu.ve](mailto:mmujica@unexpo.edu.ve), [figueredoalvarez@gmail.com](mailto:figueredoalvarez@gmail.com)

**RESUMEN.** En este trabajo se realizó una descripción y revisión de los parámetros, protocolos y estándares que garantizan la Calidad de Servicio (QoS) en las redes de datos utilizando Voz sobre IP (VoIP). El objetivo de esta investigación es proponer una Herramienta de Evaluación para la Implementación Eficaz de VoIP en las Organizaciones bajo Software Libre, con la finalidad de que sea utilizado por especialistas del área y la academia en general. Se hizo una caracterización de los factores que ocasionan que las aplicaciones de voz en tiempo real sufran deterioro en la QoS, se describieron los distintos componentes y procesos que integran las redes basadas en el protocolo IP y su influencia en la QoS total del sistema. Se presentó, además, la teoría MOS y Modelo E como la sustentación para calcular el nivel de QoS en las implementaciones de VoIP, estudiándose de igual forma la tecnología de Monitorización de Calidad de Voz (VQMon). Este trabajo se presentó metodológicamente como un proyecto especial, compuesto de la siguiente manera: fase I Estudio, fase II Diseño de la Herramienta y fase III Evaluación. Con el propósito de verificar la confiabilidad del estudio se comprobó mediante una evaluación de los parámetros que afectan la QoS dando como resultado la posibilidad de verificar la capacidad de implantación del servicio de una red dada. Se concluye que el usuario luego del desarrollo de la herramienta planteada puede determinar fácilmente el funcionamiento de una red VoIP colocando valores nominales conocidos tales como: jitter, delay, pérdida de paquetes y ancho de banda entre otros.

---

**Palabras claves:** VoIP, QoS, Herramienta de Evaluación, Software Libre.

## TOOL OF EVALUATION FOR THE EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF VOIP IN THE ORGANIZATIONS UNDER FREE SOFTWARE

**ABSTRACT.** In this work, a description and review of the parameters, protocols and standards that ensure quality of service (QoS) in data networks using Voice over IP (VoIP). The objective of this research is to propose an Assessment Tool for Effective Implementation of VoIP in Organizations under Free Software, in order to be used by specialists in the field and academia in general. It was a characterization of the factors that cause applications to real-time voice suffer deterioration in QoS, described the various components and processes that integrate networks based on IP protocol and its influence on the overall system QoS. It also presented the theory and MOS Model E as the lift to calculate the level of QoS in VoIP implementations, studying the same way technology Voice Quality Monitoring (VQmon). This paper was presented as a special project methodologically composed as follows: Phase I Study, Phase II Design Tool Assessment and Phase III. In order to verify the reliability of the study was verified by an evaluation of the parameters that affect the QoS resulting in the possibility of verifying the implementation of the service capacity of a given network. We conclude that the user after the development of the tool referred could easily determine the performance of a VoIP network by placing known nominal values such as jitter, delay, packet loss and bandwidth among others.

---

**Keywords:** VoIP, QoS, Assessment Tool, Free Software.

## INTRODUCCIÓN

A principios de los años setenta del pasado siglo, las infraestructuras corporativas de comunicaciones, se basaban en redes de tráfico de voz sobre líneas analógicas. Luego, al pasar de los años, proliferaron los computadores y aparecieron las redes de datos. Así, tradicionalmente los servicios de telefonía y de datos han estado soportados por redes distintas basadas en tecnologías muy diferentes. Esta diferenciación entre los tráficos de voz y datos hasta ahora ha permanecido invariable.

Dentro de las organizaciones no sólo ha existido una distinción clara en las tecnologías y equipamiento utilizado en las redes telefónicas y de datos, sino que su gestión y mantenimiento se ha llevado a cabo por personal distinto. Sin embargo, el desarrollo y maduración de las técnicas de transmisión de voz sobre redes de paquetes ha dado lugar a una fuerte tendencia hacia la integración del tráfico de voz en las redes de datos llamado Voz Sobre el Protocolo Internet (*Voice over IP*, VoIP).

La VoIP se está extendiendo de forma amplia como alternativa de bajo costo para los usuarios en llamadas telefónicas de larga distancia e internacionales. Sin embargo, los usuarios están acostumbrados a la elevada calidad de audio que ofrece el servicio de la Red Telefónica Pública Conmutada (*Public Switched Telephone Network*, PSTN), generalmente la calidad de VoIP se encuentra en desventaja en este sentido. La calidad de voz en las redes VoIP varía mucho como resultado de varios factores tales como: jitter, delay, pérdida de paquetes y ancho de banda, entre otros. Este trabajo permitió evaluar los factores que afectan la Calidad de Servicio (*Quality of Service*, QoS) y así lograr una correcta implementación para evitar degradaciones en una red VoIP y proporcionar una calidad de voz comparable, o incluso superior, a los niveles de PSTN.

## DESARROLLO

La telefonía IP surgió alrededor de 1990 como un servicio que no ofrecía calidad, posteriormente se introdujo el servicio comercial con la enorme ventaja de abatir costos respecto a la conmutación de circuitos.

La telefonía sobre IP según definición adoptada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*International Telecommunication Union*, ITU) [1] es un “término genérico para la prestación de servicios vocales, facsímil y servicios conexos, parcial o totalmente por redes basadas en IP”, también para Huidobro y Roldán [2] lo definen como “una solución tecnológica que sirve para transmitir comunicaciones de voz sobre una red de datos basada en el estándar IP”

La VoIP permite la unión de dos mundos históricamente separados, el de la transmisión de voz y el de la transmisión de datos. Entonces, la VoIP no es un servicio sino una tecnología. La VoIP puede transformar una conexión estándar a Internet en una plataforma para realizar llamadas de bajo costo por Internet. Usando algunos de los software libres para llamadas VoIP que están disponibles en Internet se está saltando a las compañías tradicionales de telefonía, y por consiguiente, sus tarifas.

En el pasado, las conversaciones mediante VoIP solían ser de baja calidad, esto se vio superado por la tecnología actual y la proliferación de conexiones de banda ancha; hasta tal punto llegó la expansión de la telefonía IP que existe la posibilidad de que usted sin saberlo ya haya utilizado un servicio VoIP, por ejemplo, las operadoras de telefonía convencional, utilizan los servicios de la VoIP para transmitir llamadas de larga distancia y de esta forma reducir costos.

Se sabe que va a llevar algún tiempo pero es seguro que en un futuro cercano desaparecerán por completo las líneas de telefónicas convencionales que se utilizan en la vida cotidiana, el avance tecnológico indica que éstas serán muy probablemente reemplazadas por la telefonía IP.

En el ámbito nacional la Calidad de Servicio de la telefonía sobre IP es un punto clave que debe optimizarse, partiendo de nuevas tendencias, para que el servicio brindado sea más apetecido. El proceso de investigar las soluciones empleadas para mejorar la QoS por parte de las centrales telefónicas IP que ofrecen las nuevas tendencias tecnológicas en la telefonía VoIP, representa una oportunidad para conocer herramientas que la conviertan en una tecnología que ofrezca todas las facilidades deseadas en un sistema de telecomunicaciones eficiente y confiable.

Estas herramientas pueden basarse en tecnología desarrolladas bajo Software Libre entendido como aquel donde los usuarios pueden ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar el software

y distribuir lo modificado, para Stallman precursor de la filosofía de Software Libre ésta respeta la libertad del usuario.

Al observar todo este panorama surgen las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son las características y funcionamientos básicos de la tecnología VoIP?, ¿Cómo será el diseño de un programa computacional bajo Software Libre que apoye a un consultor-especialista, educador o estudiante en la evaluación de alternativas para la implementación de tecnología VoIP?.

## ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se hace referencia a varios trabajos de Investigación que guardan relación con el presente trabajo (Ver Tabla 1).

**TABLA 1.** Antecedentes

<b>Autor</b>	<b>Investigación</b>	<b>Aporte</b>
Rodríguez [3]	Metodología para el Diseño de una Red VoIP de alto tráfico y QoS.	Esta investigación sugiere la simulación a manera de prevenir las fallas que pudiesen ocurrir al momento de la implantación de redes complejas y con QoS.
Gómez [4]	Implementación de módulo de QoS para VoIP en SIP.	La investigación está relacionada con los objetivos de la propuesta debido a que plantea el tratamiento con QoS del protocolo SIP en redes VoIP.
Bialko [5]	Herramienta de Simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una Red de Datos.	Este proyecto presenta una herramienta que sirvió de base para el análisis de incorporar parámetros de VoIP a una red de Datos.
Wardhany [6]	Security Analysis Over The VoIP Network.	Esta investigación sirvió de apoyo al presente proyecto, ya que sugiere la tecnología VQMon a manera de prevenir las fallas que pudiesen ocurrir al momento de la implantación de redes con QoS, tal como sería el caso de la incorporación de los servicios de VoIP en las redes de datos.
Cao [7]	E-model implementation for VoIP QoS across a hybrid UMTS network.	El objetivo de dicha investigación está relacionado con la propuesta debido al uso del Modelo E como basamento científico que asegura la QoS en redes de datos donde se quiera realizar implementaciones de VoIP.

*Fuente: Mujica y Figueredo (2011)*

Todos los antecedentes presentados mostraron ideas, experiencias, conclusiones y conceptos concebidos en dichos trabajos los cuales sirvieron de base dando a conocer las ventajas que presenta VoIP frente a la telefonía convencional, y logros en herramientas basadas en ciertos modelos para estudiar la calidad de la voz. A continuación se presenta el resultado de la revisión bibliográfica relacionada con el objetivo de la presente propuesta, con la intención de

proporcionar una base para interpretar la información recogida en el presente desarrollo (Ver Tabla 2).

TABLA 2. Bases teóricas

Autor (es)	Constructo Teórico	Aproximación
Carballar [8]	VOZ SOBRE IP (VOIP)	Tecnología de transmisión de voz sobre paquetes caracterizada por el empleo de la pila de protocolos IP.
Huidobro y Rodán [2]	ITU-T H.323	Una suite de protocolos de audio y video preparada para compartir aplicaciones.
RFC 2543 [9]	PROTOCOLO DE INICIACIÓN DE SESIÓN (SIP)	Es un protocolo de control de nivel de aplicación (Señalización) para crear, modificar y finalizar sesiones con uno o más participantes.
ITU-T [1]	TEORÍA DE MOS ITU- Recomendación P.800	(Mean Opinion Score, MOS), básicamente el MOS es una escala de cinco niveles de calidad, como se detalla a continuación: (5-Excelente, 4-Bueno, 3-Justo, 2-Pobre, 1-Malo).
Huidobro y Rodán [2]	MUESTREO Y CUANTIZACIÓN DE VOZ	El teorema de Nyquist, indica que para poder reconstruir una señal basta con que ésta sea muestreada como mínimo al doble de la frecuencia más alta contenida en la señal original.
ITU-T [1]	CODECS ITU-T-G.711, ITU-T-G.728, ITU-T-G.723.1, ITU-T-G.729, ITU-T-G.726	Básicamente se pueden separar en tres grupos: los codecs de forma de onda, los codecs fuente (conocidos también como vocoders), y los codecs híbridos.
Huidobro y Rodán [2]	CALIDAD DE SERVICIO (QoS)	Son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (throughput).
ITU-T [1]	MODELO E ITU-T-G.107	Modelo para estimar o predecir la calidad de la voz en redes IP (VoIP) percibida por un usuario típico, en base a parámetros medibles de la red.

Fuente: Mujica y Figueredo (2011)

## METODOLOGÍA

La investigación se enmarcó en un Proyecto Especial y se apoyó en la investigación documental utilizándose la revisión bibliográfica en diferentes libros, trabajos y páginas Web. El diseño de la investigación consiste en las siguientes fases:

## Fase I - Estudio

Comprendió la evaluación de la situación que caracteriza la implementación de redes VoIP como variable en estudio, para lo cual se desarrolló y apoyo en la revisión bibliográfica y documental. Los pasos realizados para lograr un estudio fiable fueron:

1. Se especificó las características y funcionamiento básico del protocolo IP para el soporte de Voz sobre IP (VoIP).
2. Se identificó las principales aplicaciones y ventajas del soporte VoIP en la telefonía.
3. Se caracterizaron las normas y estándares principales vigentes para garantizar la Calidad de Servicio (QoS) en la telefonía sobre IP.
4. Se describieron las tendencias futuras de la Voz sobre IP (VoIP).

## Fase II - Diseño de la herramienta

Una vez revisada la bibliografía documental, se procedió a la fase de diseño basada en la metodología XP (Programación Extrema), siendo ésta un enfoque de la ingeniería de software formulado por Kent Beck [10], autor del primer libro sobre la materia, *Extreme Programming Explained: Embrace Change*, siendo el más destacado de los procesos ágiles de desarrollo de software.

## HERRAMIENTA

La herramienta en cuestión deberá realizar los siguientes cálculos:

Cálculo del parámetro R el cual permite una aproximación matemática a la calidad de la voz como se explica en la teoría del Modelo E. Su cálculo es de la siguiente manera:

Donde:

$$R = 94,2 - I_d - I_e$$

Ie: para el cálculo del Factor de degradación efectiva del equipo Ie:

$$Ie - eff = Ie + (95 - Ie) * \frac{Ppl}{Ppl + Bpl}$$

Id: representa la degradación producida por retardos absolutos:

$$I_{dd} = 25 \left\{ \left( 1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left( 1 + \left[ \frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\}$$

$$X = \frac{\log \left( \frac{Ta}{100} \right)}{\log 2}$$

Luego de ser calculado el parámetro R este permitirá establecer la relación entre el Modelo R y la escala MOS, donde el valor de MOS viene dado por:

$$MOS = \left( 1 + \frac{0,035 * R + 7 * R * (R - 60) * (100 - R) * 10^{-6}}{4,5} \right)^{\frac{1}{4,5}}, \text{ donde } \begin{matrix} R < 0 \\ 0 < R < 100 \\ R > 100 \end{matrix}$$

Pudiéndose apreciar la relación más claramente entre Modelo R y la escala MOS en la tabla a continuación (Ver Tabla 3).

**TABLA 3.** Rango de Modelo E Clasificación R

Rango de modelo E Clasificación R	la transmisión de voz de calidad categoría	La satisfacción del usuario
90 ≤ R < 100	Mejor	Muy satisfecho
80 ≤ R < 90	Alto	Satisfecho
70 ≤ R < 80	Medio	Algunos usuarios insatisfechos
60 ≤ R < 70	Baja	Muchos usuarios insatisfechos
50 ≤ R < 60	Pobres	Casi todos los usuarios insatisfechos

Fuente: ITU (2.008)

Según R: La calidad de la voz transmitida es subjetiva y depende del oyente. Sin embargo, según los resultados comparados a MOS implica que:

- Si R ≤ 50 (MOS ≤ 2,6): Ud obtendrá una calidad de voz inaceptable
- Si R > 50 y R < 70 (MOS > 2,6 y < 3,6): Su conexión sufrirá una combinación entre distorsión y alto retardo. Abarcará la categoría de Muchos usuarios insatisfechos, y la de casi todos los usuarios insatisfechos.

- Si  $R = 70$  (MOS = 3,6): Su conexión obtendrá una calidad aceptable.
- Si  $R > 70$  y  $R < 80$  (MOS  $>3,6$  y  $<4,0$ ): Su conexión obtendrá una calidad aceptable. Pero podría haber algunos usuarios insatisfechos.
- Si  $R \geq 80$  y  $R < 90$  (MOS = 4 y  $<4,4$ ): Su conexión obtendrá una calidad satisfactoria.
- Si  $R \geq 90$  (MOS  $\geq 4,4$ ): Su conexión obtendrá una calidad muy satisfactoria “la mejor”.

## DISEÑO DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL SOFTWARE

Acerca del Software: EVoIP es una aplicación web desarrollada en Java por lo tanto es desplegable en Apache-Tomcat. Sus interfaces gráficas están enriquecidas con el framework RIA ZK, a fin de garantizar la implementación de AJAX en la visualización de los forms, como si se tratase de una aplicación de Escritorio en su navegador Web (Ver Figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Página de Inicio  
*Fuente: Mujica y Figueredo (2011)*





**Figura 2.** Nuevo estudio  
*Fuente: Mujica y Figueredo (2011)*

**Parámetros a Introducir:**

- Ancho de Banda Disponible.
- Cantidad de Usuarios a usar el servicio VoIP.

**Parámetros a Seleccionar:**

- Codec a usar: (G.711, G.726, G.728, G.721, G.729, G.723, GSM).
- Protocolo de señalización a usar: (SIP, H.323, IAX).
- Calificación del Jitter (Excelente, Bueno, Aceptable, Pobre).
- Calificación del Delay (Excelente, Bueno, Aceptable, Pobre).
- Calificación de la Pérdida de Paquetes: (Excelente, Bueno, Aceptable, Pobre).

Luego de introducir y seleccionar los valores correspondiente, procedemos a hacer clic en el botón calcular donde nos arrojará el reporte de la evaluación realizada (Ver Figura 3) de si es o no factible la implementación de VoIP bajo esos parámetros tomando en cuenta el Modelo E, Escala de MOS. (Ver Figura 3).



**Figura 3.** Reporte  
Fuente: Mujica y Figueredo (2011)

## CONCLUSIONES

Se logró dar solución a la problemática planteada a través del diseño y desarrollo de una herramienta de evaluación que permitiera el análisis, estudio e incorporación de VoIP en una red de datos. La herramienta muestra a los usuarios los parámetros establecidos por la ITU- T, y en forma flexible le permite configurar los parámetros de suma importancia como son: jitter, delay y pérdida de paquetes típico según la función de los elementos de red para generar los cuales permiten realizar los cálculos que influyen en la obtención del resultado.

La herramienta emite de manera informativa, observaciones y recomendaciones que el usuario necesita conocer para el logro satisfactorio de su análisis. Se logró el desarrollo de una herramienta que permite a un consultor - especialista, educador o estudiante obtener resultados debidamente soportados para la implementación o el estudio de la VoIP.

En resumen se logró una aplicación basada totalmente en herramientas libres cumpliendo con el licenciamiento GPL, que cubre el ambiente educativo y técnico-profesional, teniendo como resultado un software capaz de dar respuesta con basamentos robustos al momento de una implementación de VoIP en ambientes laborales pero de igual forma puede ser usada como herramienta didáctica a distintos niveles de enseñanza del área relacionada a VoIP.

## REFERENCIAS

- [1] ITU-T. Committed to connecting the world. [Consulta el 08/01/2011]. 2.008. Disponible en <http://www.itu.int/en/pages/default.aspx>.
- [2] Huidobro, J. y Roldán D. Tecnología VoIP y Telefonía IP. México DF, México. Editorial Alfaomega. 2.006. Pp. 5-.
- [3] Rodríguez, R. Metodología para el diseño de una red “VoIP” de alto tráfico y “QoS”. Instituto Politécnico Nacional. Tijuana. México. 2006. [Consulta el 20/01/2011]. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3768/1/54630-1.pdf>
- [4] Gómez, A. Implementar módulo de QoS para VoIP en SIP. 2006 [Consulta el 02/02/2011]. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3768/1/54630-1.pdf>
- [5] Bialko J. Herramienta de Simulación que Permita el Análisis de la Incorporación de VoIP en una Red de Datos. Trabajo de Magíster Scientiarum en Ciencias de la Computación. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela. 2008.
- [6] Wardhany, A. Security Analysis Over The VoIP Network. The University of Texas at Austin. [Consulta el 19/03/2011]. 2.009. Disponible en [www.cs.utexas.edu/~shmat/shmat\\_csf07.pdf](http://www.cs.utexas.edu/~shmat/shmat_csf07.pdf)
- [7] Cao, J. E-model implementation for VoIP QoS across a hybrid UMTS network, Masters Thesis, School of Electrical and Computer Engineering, RMIT University. [Artículo en línea] RMIT Research Repository 2009 [Consulta el 01/03/2011] Disponible en <http://researchbank.rmit.edu.au/view/rmit:6626>.
- [8] Carballar, J. VoIP la telefonía de Internet. Madrid, España. Editorial Paraninfo Thomson. 2007.
- [9] RFC 2543. SIP: Session Initiation Protocol. [Consulta el 20/03/2011] Disponible en <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>
- [10] Beck, K. Extreme Programming Explained: Embrace Change. Addison-Wesley. 2001