

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE QOS EN VOIP SOBRE LA RED MÓVIL, NAUTA-HOGAR Y ZONA-PÚBLICA WI-FI EN LA RED DE ETECSA

Ms.C. Ing. Yoan Larry Cecilio Núñez¹,
Ing. Gabriela Milián Teijeiro², Ing. Diana Gil Quintero³

¹ ETECSA, Cuba, yoanlarry.cecilio@etecsa.cu

² ETECSA, Cuba, gabriela.milian@etecsa.cu

³ ETECSA, Cuba, diana.gil@etecsa.cu

RESUMEN

En Cuba, ETECSA ha implementado VoIP en redes móviles y fijas (Nauta-Hogar y Zona Pública Wi-Fi). Sin embargo, aún no se han evaluado adecuadamente los niveles de calidad ofrecidos, lo cual es esencial para su mejora y comercialización. Este artículo desarrolla un procedimiento para la medición y evaluación de la QoS en VoIP, aplicable tanto en redes fijas como móviles. Se identifican parámetros clave, como el retardo, jitter, pérdida de paquetes y se establecen métodos de medición adaptados a cada tipo de red. El procedimiento se valida mediante su aplicación en escenarios reales en la red de ETECSA, demostrando su efectividad para ofrecer una evaluación precisa de la QoS y permitiendo al proveedor mejorar continuamente la calidad del servicio en ambos entornos.

PALABRAS CLAVE: Calidad de Servicio (QoS), Voz sobre IP (VoIP), Red Móvil, Nauta-Hogar, Zona-Pública Wi-Fi, Medición.

QOS MEASUREMENT AND EVALUATION PROCEDURE IN VOIP OVER THE MOBILE NETWORK, NAUTA-HOME AND PUBLIC WI-FI AREA IN THE ETECSA NETWORK

ABSTRACT

In Cuba, ETECSA has implemented VoIP in mobile and fixed networks (Nauta-Hogar and Public Wi-Fi Zones). However, the quality levels offered have not yet been evaluated adequately, a process essential for their commercialization and improvement. This article develops a procedure for measuring and evaluating VoIP QoS, applicable to fixed and mobile networks. The authors identified and established Key parameters such as delay, jitter, packet loss, and measurement methods for each type of network. Also, it validated the procedure through its application in real scenarios within ETECSA's network, demonstrating its effectiveness in providing an accurate evaluation of QoS and enabling the provider to improve service quality in both environments continuously.

INDEX TERMS: Quality of Service (QoS), Voice Over IP (VoIP), Mobile Network, Nauta-Hogar, Public Wi-Fi, Measurement, Evaluation, Parameters.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología Voz sobre IP (Voice over IP, VoIP por sus siglas en inglés) consiste en la transmisión de voz y contenido multimedia a través de redes basadas en el Protocolo de Internet (IP por sus siglas en inglés). Al operar sobre un protocolo de “Mejor Esfuerzo”, VoIP requiere garantías de Calidad de Servicio (Quality of Service, QoS por sus siglas en inglés) debido a la sensibilidad de la comunicación de voz a retardos, pérdidas y fluctuaciones temporales [1]. VoIP permite que la señal de voz viaje a través de protocolos de Internet, dividiendo el audio y video en paquetes IP, codificando la señal, convirtiendo la señal analógica en digital y reensamblando estos paquetes en el receptor final mediante protocolos de señalización. Esta arquitectura facilita su integración con sistemas informáticos y de tratamiento de datos [2]. Los proveedores de telefonía utilizan VoIP para potenciar sus servicios sin necesidad de

instalar y mantener líneas físicas para ofertar llamadas de alta calidad con funciones avanzadas que superan las capacidades de la telefonía fija convencional [3], [4].

La evaluación de QoS en VoIP ha sido ampliamente abordada en la literatura técnica, dada su sensibilidad a variaciones en la red. Parámetros como retardo, jitter, pérdida de paquetes y disponibilidad de ancho de banda determinan la experiencia percibida por el usuario [5], [6]. Para su análisis, se emplean métodos pasivos (monitoreo de tráfico real) y activos (generación de tráfico sintético), orientados a caracterizar la calidad extremo a extremo del servicio [7]. Organismos internacionales como la UIT-T y ETSI han establecido marcos normativos fundamentales —G.1028, Y.3147, EG 202 057-4— que permiten validar resultados y establecer comparaciones [8], [9], [10].

No obstante, persisten desafíos metodológicos tales como:

- Falta de adaptabilidad contextual [11], [12].
- Baja replicabilidad [13].
- Escasa integración de inteligencia artificial [14], [15].
- Limitada visualización geográfica [16].

En Cuba, el servicio de VoIP ha sido implementado por la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA) en redes móviles, Nauta-Hogar y zonas Wi-Fi públicas. Sin embargo, aún no se ha realizado una evaluación sistemática de los niveles de QoS ofrecidos [17]. Es esencial que las llamadas sean claras, sin interrupciones y con retardo imperceptible, similar a la experiencia de la telefonía tradicional. Además, la infraestructura debe ser capaz de gestionar eficientemente el tráfico VoIP. La implementación de VoIP sobre la red existente de ETECSA representa una oportunidad de eficiencia económica y sostenibilidad, al aprovechar la infraestructura instalada y reducir costos operativos [18]. Para garantizar calidad y confiabilidad, se requiere un procedimiento robusto de evaluación de QoS que permita validar el desempeño del servicio en condiciones reales.

Este artículo aborda la necesidad de definir un procedimiento replicable y adaptado al contexto cubano para medir y evaluar los parámetros de QoS de VoIP en la red móvil, Nauta-Hogar y Zona-Pública Wi-Fi de ETECSA. La propuesta busca contribuir al desarrollo de metodologías inteligentes de monitoreo, alineadas con estándares internacionales y potenciadas por tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y la visualización geográfica [19], [20].

2. PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE QOS EN VOIP SOBRE LA RED MÓVIL, NAUTA-HOGAR Y ZONA-PÚBLICA WI-FI EN LA RED DE ETECSA

Marco de trabajo

Establecer un marco de trabajo para la planificación y ejecución del diseño de pruebas de medición y evaluación de QoS en VoIP sobre red móvil, ADSL y WiFi es fundamental ya que proporciona claridad y dirección. El marco de trabajo que se propone consta de 5 fases consideradas durante la elaboración del diseño. Las fases 1, 2, 3 establecen las bases para la realización del diseño. La fase 4 agrupa un conjunto de elementos importantes a la hora de establecer las condiciones en las que se realizarán las pruebas, resulta importante tener en cuenta el orden de estos elementos y que se cumpla con las condiciones que todos indican. Por último, se encuentra la fase 5, de vital importancia pues en la misma se mostrarán los resultados del procedimiento y conclusiones acordes a estos. La Fig. 1 resume de manera general el mencionado marco de trabajo.

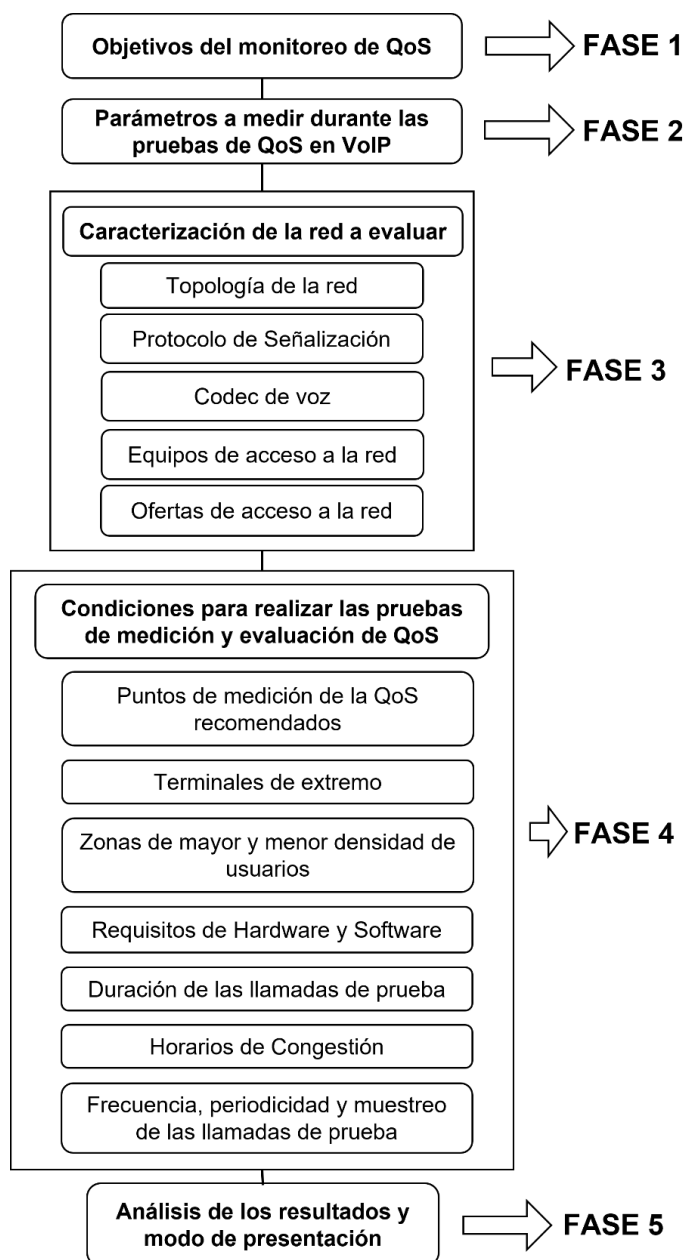


Figura 1: Descripción general de las fases.

Fase 1: Monitoreo de QoS

Esta fase se centra en la medición y evaluación de la QoS de VoIP sobre redes móviles, Nauta-Hogar y zonas Wi-Fi públicas, aspecto crucial en el momento de identificar fallos que puedan afectar el rendimiento del servicio. En consecuencia, se facilita la detección de problemas, así como la implementación de medidas correctivas que los mejoren. Esta fase del procedimiento está orientada a la recolección de datos reales y confiables, lo cual es esencial para evitar una gestión inadecuada de la red en lo que respecta a sus capacidades. Este enfoque sistemático es clave para garantizar una QoS óptima, apoyando tanto la operación eficiente de la red como su evolución futura. [7], [8].

Fase 2: Establecimiento de los parámetros a medir durante las pruebas de QoS en VoIP

Los parámetros de QoS se emplean para evaluar la calidad de diversos aspectos de un servicio. Según los objetivos de medición y evaluación, se establecen los parámetros más adecuados para medir la calidad global del servicio, tal como la percibe el usuario. Dentro del conjunto de parámetros de QoS, es fundamental seleccionar aquellos que tengan:

- Mayor relevancia para la experiencia del usuario.
- Representen indicadores establecidos por la UIT (con valores definidos por niveles de calidad) para mostrar un correcto funcionamiento de la red de telecomunicaciones.
- Posibilidad de monitoreo en escenarios prácticos.

En este caso, se proponen los siguientes parámetros clave: latencia o retardo, jitter y pérdida de paquetes. [12] [13] [14].

- Latencia: Es un parámetro crucial para la comunicación en tiempo real. Los retrasos perceptibles en la conversación afectan la interacción natural. Una latencia excesiva puede provocar dificultades en la comprensión, especialmente en llamadas interactivas o colaborativas.
- Jitter: Es un parámetro que afecta la sincronización entre los paquetes de voz. Si hay una variabilidad significativa en el tiempo de llegada de los paquetes, la calidad del audio se ve comprometida. Un alto jitter puede causar eco, interrupciones en la conversación y una experiencia deficiente para los usuarios. La inconsistencia en la llegada de paquetes afecta la fluidez de las llamadas.
- Pérdida de Paquetes: Es un parámetro relacionado directamente con la fragmentación o distorsión del audio. Incluso una pequeña tasa de pérdida afecta significativamente la calidad de la llamada. La pérdida de paquetes puede resultar en palabras o frases inaudibles, lo que afecta la experiencia del usuario.

Fase 3: Caracterización de la red VoIP a evaluar

La caracterización de la red es un componente esencial en el desarrollo de pruebas de QoS, y debe realizarse a partir de los datos proporcionados por el operador, lo que permite seleccionar los escenarios de evaluación más adecuados. A lo anterior se suma que una adecuada caracterización, facilita una correcta distribución temporal de las mediciones, basándose en un análisis del tráfico y en la identificación de los horarios pico, que representan los períodos de máxima carga en la red, donde las demandas de tráfico son más elevadas. El análisis detallado de los datos específicos de la red es clave para implementar un procedimiento de medición y evaluación de QoS robusto y relevante, garantizando una evaluación precisa y una mejora continua del servicio VoIP en la red.

Al evaluar los servicios de un Proveedor de Servicios de Internet (Internet Service Provider, ISP por sus siglas en inglés), es crucial caracterizar la red específica del ISP en cuestión, ya que cada ISP puede tener una configuración de red única, adaptada a las necesidades de su propia topología, protocolos y equipos. Entender estos detalles es fundamental para realizar pruebas de QoS efectivas. Es fundamental realizar un estudio detallado de la topología de la red VoIP del proveedor de servicios y comprender el comportamiento del tráfico a nivel de protocolos. Es necesario analizar los elementos específicos de la arquitectura de la red VoIP, como el protocolo de señalización y el codec de audio utilizados, así como conocer las rutas que toman tanto la información de señalización como los paquetes de voz a través de los componentes de la red. Conocer estos aspectos es clave para garantizar una medición precisa de la calidad del servicio. Además, una configuración óptima de los dispositivos de acceso a la red evita problemas de interoperabilidad y optimiza la gestión del ancho de banda, previniendo complicaciones adicionales en la red. Es esencial definir los equipos de acceso para las pruebas de QoS en los escenarios de Zona-Pública Wi-Fi y Nauta-Hogar, debido a las diferencias en la forma en que los usuarios se conectan. En la Zona-Pública Wi-Fi, los usuarios se conectan a puntos de acceso (Access Point, AP por sus siglas en inglés) con variaciones en la capacidad de señal,

manejo de interferencias y número de usuarios. En Nauta-Hogar, la conexión se realiza mediante módems, donde la estabilidad y velocidad varían según el uso de cable Ethernet o Wi-Fi, y la distancia a la central telefónica.

Fase 4: condiciones para realizar las pruebas de medición y evaluación de QoS en VoIP sobre redes Zona-Pública Wi-Fi y Nauta-Hogar

Se propone realizar mediciones activas mediante pruebas manuales en el punto final de la red, ya que son esenciales para entender cómo los usuarios perciben la QoS. Estas pruebas brindan una visión completa de extremo a extremo, crucial para los operadores por razones regulatorias. Además, permiten verificar la precisión de las métricas, así como la disponibilidad y continuidad del servicio [11], [12], [16].

En el contexto de las telecomunicaciones, el término “terminal de extremo” se refiere a los dispositivos en los extremos de una comunicación. Estos pueden ser cualquier dispositivo que envíe o reciba información a través de una red. Esto incluye no solo teléfonos móviles, sino también computadoras, tablets, y otros dispositivos conectados a la red. Por lo tanto, se proponen 3 escenarios para realizar llamadas entre terminales de extremos:

- Escenario Softphone-Softphone (escenarios red móvil, Nauta-Hogar y Zona Pública Wi-Fi): Se propone una llamada entre una laptop con una aplicación Softphone instalada, con un teléfono móvil igualmente conectado a una aplicación Softphone. Esta situación simula un entorno donde la comunicación de voz se transmite exclusivamente a través de paquetes de datos en una red IP, permitiendo evaluar la calidad del servicio en un contexto tecnológico homogéneo.
- Escenario Softphone-Red Tradicional (escenarios Nauta-Hogar y Zona Pública Wi-Fi): Se propone una llamada entre una laptop, con una aplicación Softphone instalada, y un teléfono conectado a la red fija tradicional o con un teléfono móvil conectado a la red móvil tradicional. Esto evalúa la interoperabilidad entre la red VoIP y la Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switched Telephone Network, PSTN por sus siglas en inglés) o la Red Móvil Pública Terrestre (Public Land Mobile Network, PLMN por sus siglas en inglés) a las que se conecta el dispositivo receptor.

En los escenarios de Nauta-Hogar y Zona Pública Wi-Fi, es crucial identificar zonas de alta y baja congestión de usuarios para las pruebas de QoS, debido a las diferencias en la densidad de usuarios. En áreas con alta congestión, como los parques Wi-Fi, la gran demanda simultánea puede afectar la QoS, causando velocidades más lentas o interrupciones, por lo que realizar pruebas en estas zonas es esencial para optimizar la red. En contraste, zonas con menor congestión, como las salas de navegación (Joven Club), enfrentan menos demanda debido al aumento de servicios Nauta-Hogar y datos móviles. En Nauta-Hogar, aunque hay menos usuarios, es clave evaluar la QoS durante las horas pico en el hogar.

En el escenario de la red móvil, es fundamental estudiar los entornos geográficos de medición para evaluar el rendimiento en distintas condiciones. Se deben priorizar áreas de alta demanda, como ciudades con centros sociales (hospitales, universidades, sitios turísticos), debido a su alta densidad de población y tráfico de datos y voz, lo que ofrece una visión representativa del rendimiento general de la red. Las mediciones se dividen en entornos interiores y exteriores, siendo ambos importantes. En interiores, el tráfico es alto por el uso doméstico, mientras que en exteriores se realizan pruebas estacionarias y en movimiento. Identificar áreas de mayor congestión es clave para seleccionar escenarios que reflejen las condiciones reales de la red y permitir una evaluación precisa del servicio VoIP. Para realizar pruebas de QoS en redes VoIP de manera efectiva, es crucial considerar los requisitos de hardware y software. Los dispositivos de medición, como celulares y laptops, deben ser capaces de capturar y analizar el tráfico de VoIP de manera precisa y eficiente, compatibles con los protocolos de VoIP y el volumen de tráfico esperado. Se propone el uso del Softphone Zoiper para generar y recibir llamadas VoIP, y de las herramientas PCAPdroid y Wireshark para la captura y análisis de tráfico. Además, los equipos utilizados deben contar con suficiente RAM, almacenamiento y capacidad de procesamiento para asegurar la precisión y eficiencia en las pruebas.

La inclusión de llamadas de diferentes duraciones en las pruebas de QoS de VoIP es esencial para evaluar con precisión el rendimiento de la red, ya que refleja el comportamiento real de los usuarios. Simular esta variabilidad permite una visión más completa del desempeño de la red, dado que problemas como la degradación del audio o la pérdida de paquetes afectan de manera distinta según la duración de las llamadas. Se recomienda que el operador proporcione datos sobre las duraciones más comunes de las llamadas basándose en el comportamiento de la red.

La distribución temporal de las mediciones es crucial para garantizar la validez y representatividad de los resultados de QoS. Las pruebas deben abarcar tanto momentos de alto como de bajo tráfico, especialmente en horas pico. Identificar horarios de congestión en la red móvil, Zona-Pública Wi-Fi y Nauta-Hogar es clave para detectar cuellos de botella que afectan la calidad del servicio, como retrasos, pérdida de paquetes y degradación del rendimiento. Simular momentos de alta demanda permite identificar estos puntos críticos y tomar medidas correctivas para optimizar la red. Las pruebas en horarios de mayor uso reflejan condiciones reales y anticipan problemas bajo estrés, mejorando la calidad del servicio y la experiencia del usuario. Si el servicio se comporta bien en estos periodos críticos, es probable que el rendimiento sea aceptable en momentos de menor demanda. Se propone enfocar las mediciones en los horarios de mayor congestión, incluyendo tanto días laborales como fines de semana, debido a las variaciones en la carga de la red. Las mediciones deben realizarse en intervalos de unos 20 minutos, para obtener una visión precisa y estadísticas confiables del desempeño de la red.

Fase 5: Análisis de los resultados y modo de presentación

El análisis posterior a las mediciones de QoS en redes VoIP sobre infraestructuras móviles, ADSL y Wi-Fi es un proceso crítico para la evaluación del desempeño del sistema. Este procedimiento debe comenzar con la recopilación y organización meticulosa de los datos obtenidos durante las pruebas de QoS, asegurando su accesibilidad y análisis, se propone el uso del software Excel para esta tarea. Posteriormente, se realiza una comparación exhaustiva de los resultados con los estándares de QoS establecidos para servicios VoIP, identificando tanto áreas de conformidad como aquellas que requieren mejoras. Se propone utilizar gráficos y otras visualizaciones que destaquen las características clave de los parámetros de QoS evaluados, de esta manera se alcanza una comprensión de las variaciones en los mismos. Paralelamente, se debe llevar a cabo la identificación de patrones y tendencias en la calidad del servicio. Se recomienda analizar el rendimiento de la red por los diversos criterios tomados en cuenta, como la duración de las llamadas y los entornos tanto interiores y exteriores. El procedimiento propuesto se enfoca exclusivamente en la medición y evaluación de los parámetros de QoS, proporcionando una visión general del estado de la red. Los resultados obtenidos a partir de estas pruebas permitirán identificar si esta cumple con los umbrales establecidos.

3. VALIDACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE QOS EN VOIP SOBRE LA RED MÓVIL, NAUTA-HOGAR Y ZONA-PÚBLICA WI-FI EN LA RED DE ETECSA

Validación en el escenario red móvil

Esta validación se centrará en los parámetros fundamentales de rendimiento: jitter, latencia y pérdida de paquetes, los cuales proporcionarán una visión integral del comportamiento del servicio VoIP en la infraestructura móvil del operador ETECSA. La red de ETECSA se estructura en capas: acceso, transporte, control y aplicación y emplea tecnologías avanzadas como Redes de Nueva Generación (Next Generation Networks, NGN por sus siglas en inglés) y Subsistema IP Multimedia (IP Multimedia Subsystem, IMS por sus siglas en inglés). Aunque las pruebas iniciales se realizarán en la red NGN, se prevé un enfoque futuro en la red IMS por sus ventajas, debido a convergencia de servicios de datos, voz y multimedia en una única plataforma. De manera específica, las mediciones se centrarán en la red LTE, dado que representa la tecnología móvil más extendida en el país y cuenta con una vasta base de usuarios. Con tal decisión se garantiza una muestra representativa para el análisis de la calidad del servicio.

El acceso al servicio VoIP se configuró a través de la APN NAUTA, utilizando la red de Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (Multiprotocol Label Switching, MPLS por sus siglas en inglés) para el enrutamiento del tráfico. El Protocolo de Inicio de Sesión (Session Initiation Protocol, SIP por sus siglas en inglés) y el codec G.711 fueron empleados teniendo en cuenta la infraestructura de ETECSA. Decisión que repercute en una mayor facilidad para la

evaluación de la QoS mediante herramientas de medición especializadas. Las pruebas de QoS se realizarán en los puntos finales de la red, lo que permite un análisis más preciso del rendimiento real percibido por los usuarios. Para la ejecución de las pruebas se emplearán teléfonos móviles con el Softphone Zoiper (acceso al servicio VoIP), y la aplicación PCAPdroid, encargada de capturar el tráfico generado durante las llamadas. Los datos recogidos serán analizados mediante el software Wireshark en un ordenador, lo cual posibilitará un estudio detallado del comportamiento del tráfico VoIP. La Fig. 2 representa de manera general la estructura del servicio en la red móvil.

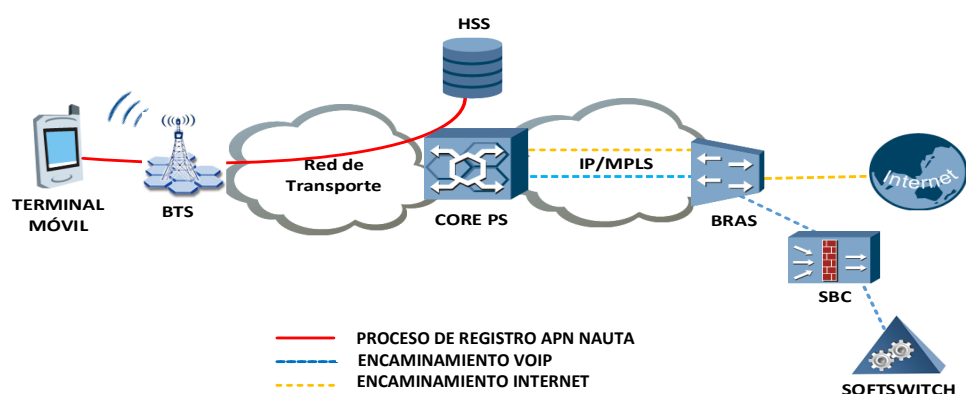


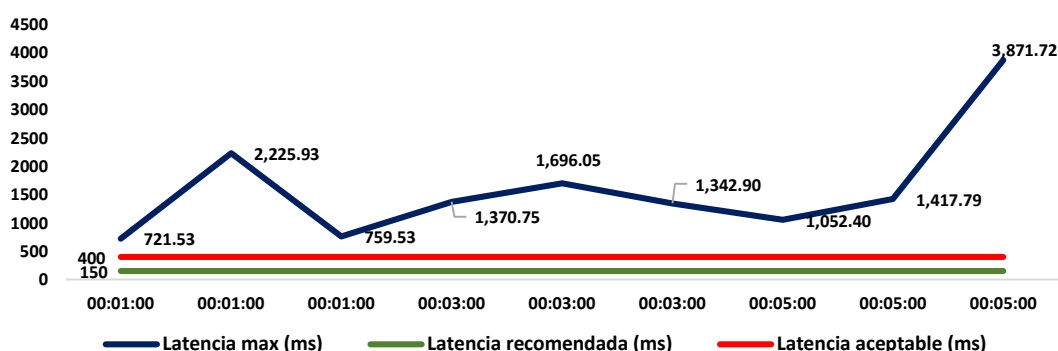
Figura 2: Diagrama general de la configuración del servicio a través de la red Móvil (APN Nauta).

Las mediciones se llevarán a cabo en áreas de alta ocupación de la red móvil, específicamente en una zona urbana de gran relevancia en La Habana, como Habana Vieja, identificada por registrar altos niveles de congestión en horarios pico. Las llamadas de prueba tendrán duraciones de 1, 3 y 5 minutos, y se realizarán durante los periodos de mayor demanda. Una vez concluidas las mediciones se continúa con el análisis de los resultados, se utilizan los términos de bueno, aceptable y malo para referirse a las llamadas. Una llamada se cataloga como buena cuando los 3 parámetros a tener en cuenta latencia, jitter y pérdida de paquete se encuentran dentro de los rangos buenos; una llamada aceptable es cuando los 3 parámetros se encuentran dentro de los rangos aceptables; y una llamada mala es cuando al menos uno de sus parámetros se encuentra dentro de rango de malo. Esto quiere decir que, aunque una llamada tenga una pérdida de paquetes menor que el 3% y un jitter menor que 30ms, se considerará mala si su latencia pasa los 400ms.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Escenario Habana Vieja

La Fig. 3 y Fig. 4 muestran los resultados obtenidos en llamadas de 1, 3 y 5 minutos evaluados en el escenario Habana Vieja, llamadas Softphone-Softphone y Softphone-Red Tradicional.



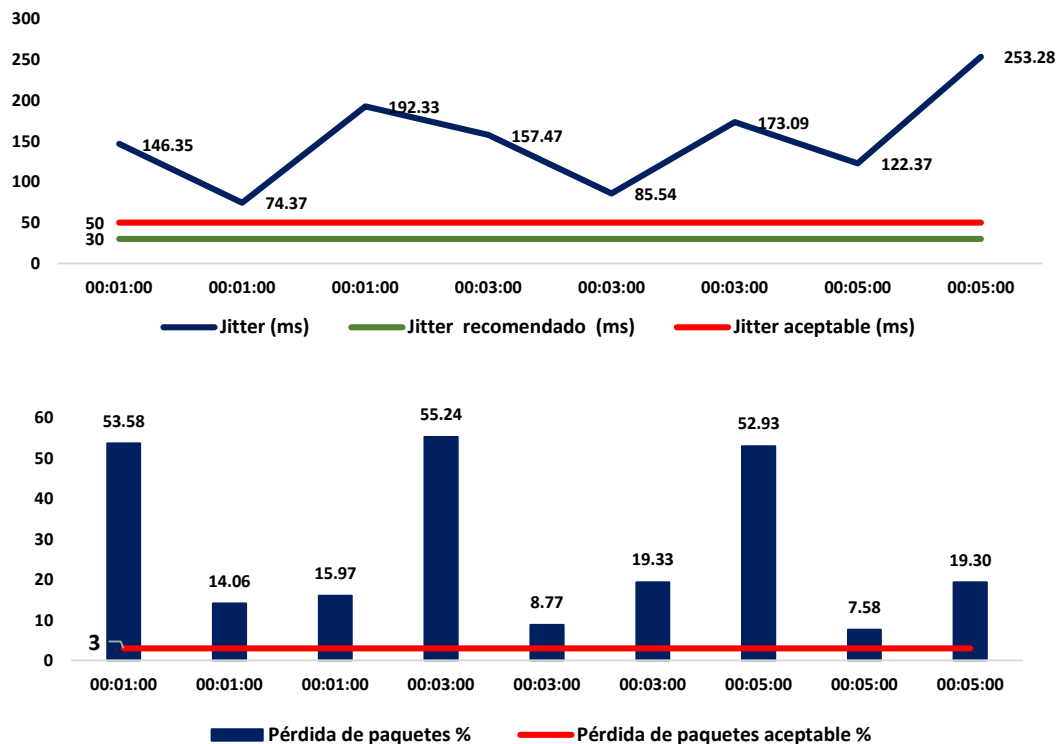
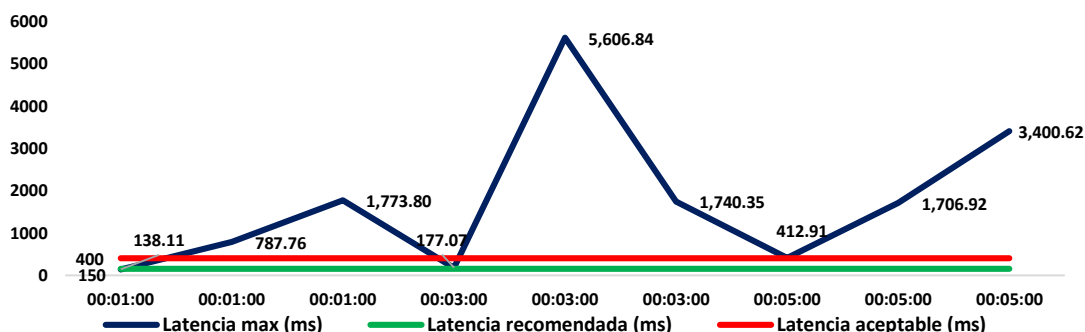


Figura 3: Resultados en el escenario Habana Vieja en el escenario 1 (Softphone-Softphone).

La congestión es consistente durante los picos de tráfico, tanto en entornos interiores como exteriores, debido a la cantidad de usuarios conectados a la red. Afectando además la accesibilidad y estabilidad del servicio VoIP. De manera general, se evidencia un mal estado en cuanto a congestión en la red, reflejado en el hecho de que todas las llamadas presentan parámetros de QoS fuera de los rangos aceptables. Estos resultados subrayan la urgente necesidad de implementar mecanismos avanzados de priorización de tráfico y gestión de colas para asegurar el despliegue eficiente de servicios sensibles y en tiempo real, como es el caso de la VoIP.



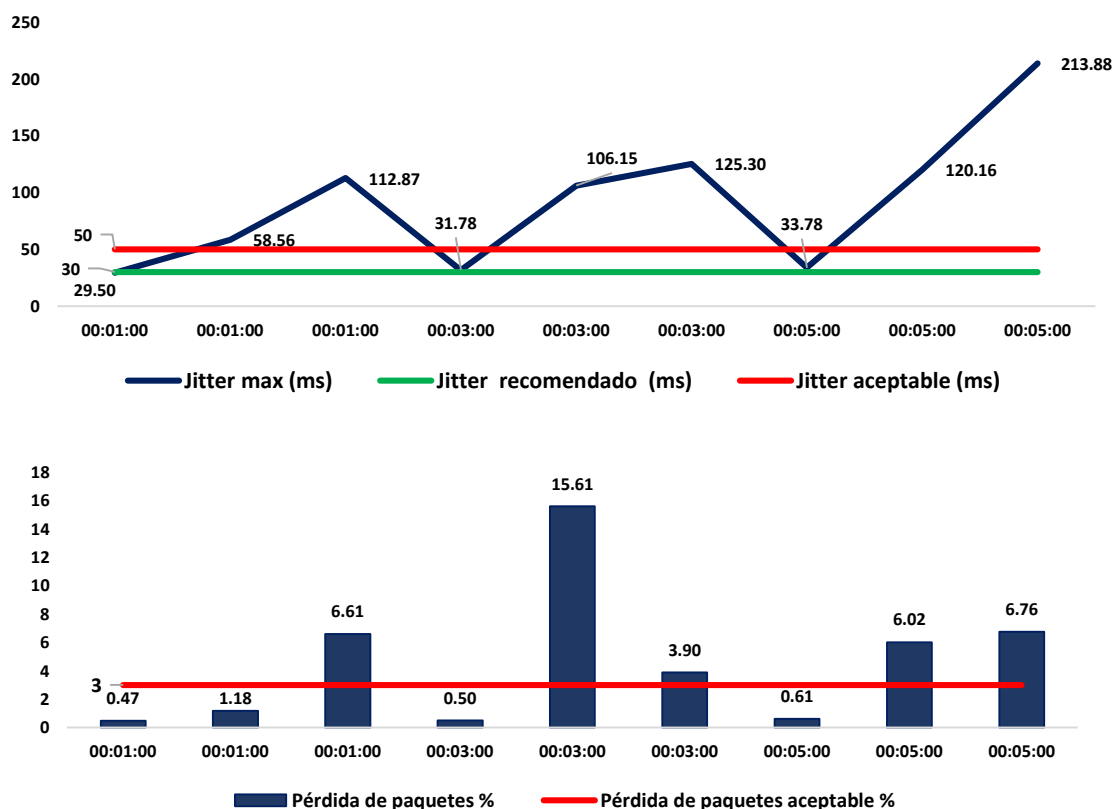


Figura 4: Resultados en el escenario Habana Vieja en el escenario 2 (Softphone-Red Tradicional).

Los resultados revelan una mejora general en los parámetros de calidad de servicio gracias a la integración con la red PLMN. Sin embargo, persisten desafíos como fluctuaciones en los parámetros durante diferentes horarios y dificultades en mantener un rendimiento estable durante llamadas largas. La congestión de la red sigue siendo un problema significativo, afectando la accesibilidad y estabilidad del servicio VoIP, tanto en entornos interiores como exteriores. El 52% de las llamadas presentan parámetros fuera de los rangos aceptables, lo que representa una disminución del 40% en con respecto a las llamadas Softphone-Softphone. Esto indica que hay una mayor probabilidad de mantener la calidad del servicio una vez se implementen mecanismos de QoS en la red.

Después de analizar los distintos casos dentro de esta zona de interés, se identificó una comparación clara entre los criterios que impactaron significativamente en la calidad del servicio durante las pruebas. En particular, las llamadas Softphone-Red Tradicional, que integra la comunicación de la red IP con la red PLMN, mostraron una mejora notable en los parámetros de QoS, lo que resultó en una experiencia de llamadas más satisfactoria. La red PLMN, al ofrecer recursos dedicados durante las llamadas de voz, proporcionó una mayor estabilidad y calidad en comparación con las llamadas que dependían exclusivamente de la comunicación sobre IP.

Validación en los escenarios zona pública Wi-Fi y Nauta-Hogar

El objetivo principal del monitoreo es medir y evaluar los parámetros: latencia, jitter y pérdida de paquetes que determinan la calidad del servicio VoIP de los servicios de Zona-Pública Wi-Fi y Nauta-Hogar. Para obtener el servicio VoIP en este escenario se accede desde el Softphone Zoiper instalado en una laptop, en la casa u oficina del cliente que tiene contratado el servicio de Nauta-Hogar, o que ese encuentre conectado a una Zona-Pública Wi-Fi.

Este diagrama ilustra la arquitectura de red para VoIP en un entorno de acceso móvil y fijo. Los componentes y sus conexiones son los siguientes:

- Terminal Móvil:** Representado por un teléfono móvil, se conecta a un **AP (Access Point)**.
- Terminal Fijo:** Representado por un ordenador, se conecta a un **DSLAM IP**.
- Redes de Acceso:** El **AP** y el **DSLAM IP** están conectados a una nube centralizada etiquetada como **IP/MPLS**.
- Portal Cautivo:** Se conecta a la nube **IP/MPLS** y a un **BRAS (Broadband Remote Access Server)**.
- Redes de Transporte:** El **BRAS** está conectado a una segunda nube **IP/MPLS**.
- Servicios y Gestión:**
 - Un **AAA (Authentication, Authorization, and Accounting)** está conectado a la segunda nube **IP/MPLS** y a un **OSS/BSS (Operations Support System/Business Support System)**.
 - Un **SBC (Session Border Controller)** está conectado a la segunda nube **IP/MPLS** y a un **Softswitch**.
- Conexiones de Red:**
 - Las líneas rojas representan el **PROCESO DE REGISTRO CUENTA NAUTA** (Proceso de registro de cuenta Nauta).
 - Las líneas azules representan el **ENCAMINAMIENTO VOIP** (Encaminamiento VoIP).
 - Las líneas amarillas representan el **ENCAMINAMIENTO INTERNET** (Encaminamiento Internet).
- Internet:** Representado por un globo terráqueo, se conecta a la segunda nube **IP/MPLS** y al **Softswitch**.

164

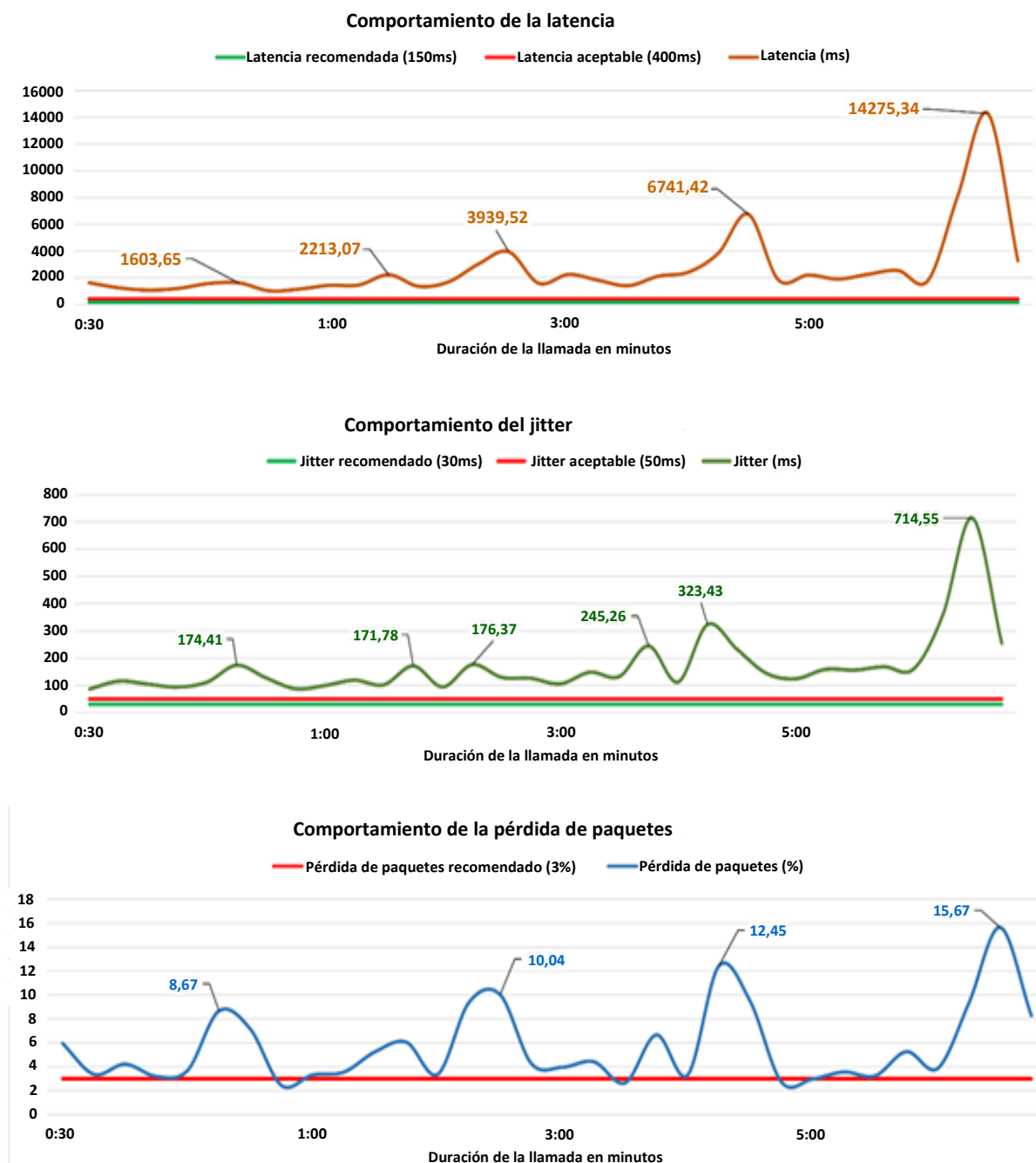


Figura 6: Resultados en el escenario Güines en el escenario 1.

Los resultados indican que el terminal hacia donde se realizaron llamadas no es representativo en los parámetros de QoS en este escenario. Existe un aumento de los parámetros a medida que aumenta la duración de las llamadas, por lo tanto, mientras más se prolongue la llamada más críticos serán los valores de los parámetros. Además, resalta un mal estado en la red, enfocado en llamadas en parques Wi-Fi; esto se debe a la gran cantidad de usuarios conectados en estas zonas y que pueden existir una mayor cantidad de interferencias entre el usuario y el AP de exterior. Es

fundamental trabajar en el mal estado que existe en los parques Wi-Fi a partir de la aplicación de mecanismos de QoS, y enfocarse en un futuro despliegue de servicios VoIP en las salas de navegación.

Escenario Güines Nauta-Hogar

La Fig. 7 muestra los resultados obtenidos en los subescenarios del escenario Nauta-Hogar: conectado por Wi-Fi. En este escenario las llamadas se sumaron al no ser significativa a diferencia entre los casos de diferentes terminales.

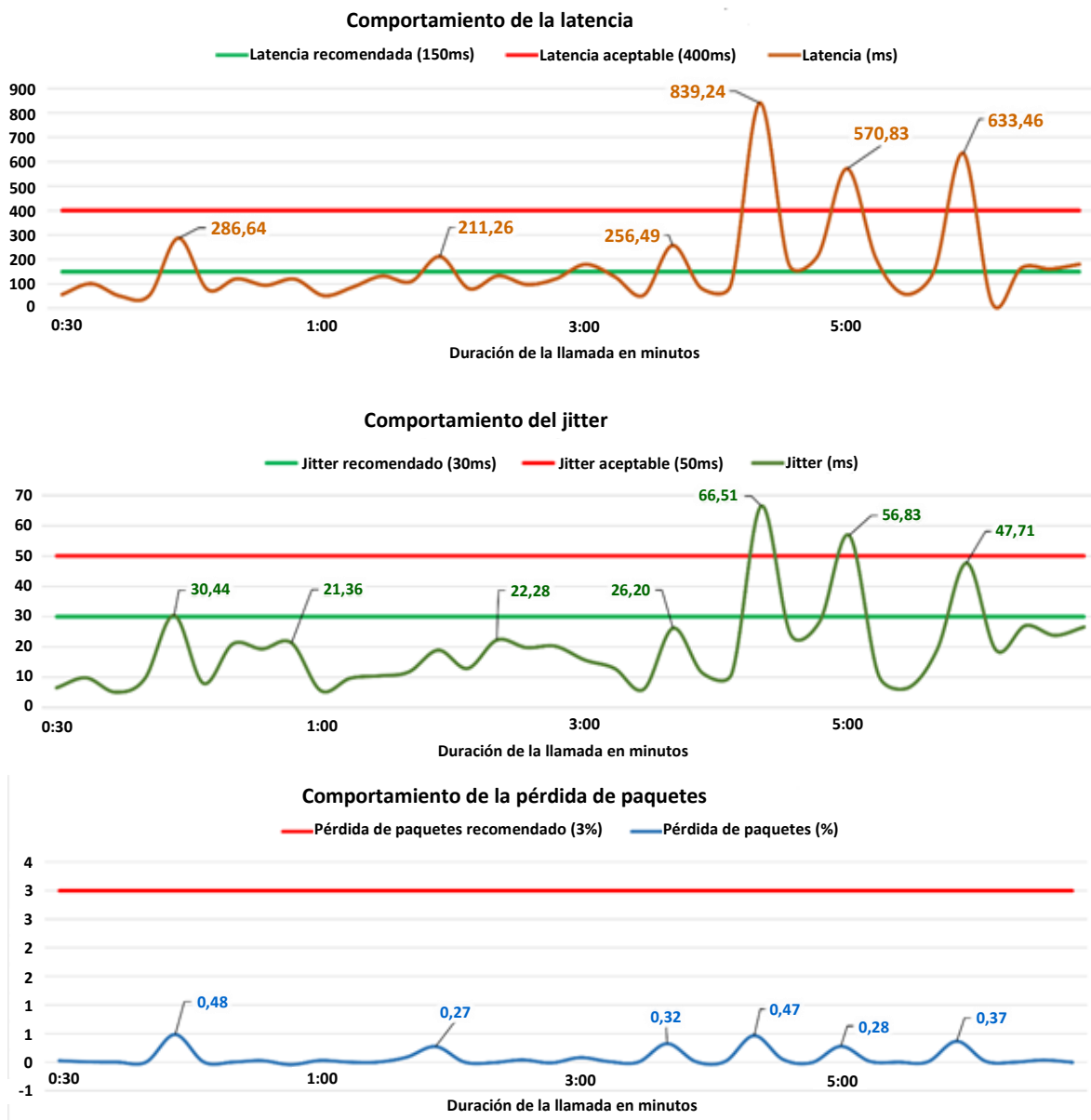


Figura 7: Resultados Generales de las pruebas realizadas en el escenario Nauta-Hogar.

Se observó homogeneidad de los parámetros tanto para el horario de congestión de la tarde como el de la noche, hacia los terminales de red fija tradicional. Esto indica que el terminal hacia donde se realizaron llamadas si es representativo en los parámetros de QoS. Por lo tanto, se observa un pequeño aumento de los parámetros hacia los terminales de red móvil tradicional y Softphone.

Se evidencia un aumento en la congestión de la red los días laborales. Esto puede estar dado al aumento del teletrabajo después del paso de la pandemia de COVID-19. Existe un aumento de los parámetros a medida que aumenta la duración de las llamadas, por lo tanto, mientras más se prolongue la llamada más críticos serán los valores de los parámetros. Existe un buen estado en la red, aunque no se encuentra en óptimas condiciones. Es fundamental trabajar en el mejoramiento de la red existente a partir de la aplicación de mecanismos de QoS, y enfocarse en un futuro despliegue de servicios VoIP en los subescenarios.

CONCLUSIONES

El diseño de un procedimiento de pruebas para la medición y evaluación de la QoS es fundamental para la supervisión y mejora de la tecnología VoIP. Un procedimiento bien estructurado proporciona una visión detallada del rendimiento de la red, permite identificar y resolver problemas de manera eficaz, y contribuye a la optimización general del sistema. El procedimiento propuesto e implementado consta de 5 fases todas con requisitos específicos que deben ser estudiados y puestos en práctica con determinado orden. Cada fase resulta de vital importancia y siembran las pautas para lograr resultados objetivos sobre el estado actual de la red.

El despliegue del procedimiento de medición y evaluación de QoS del servicio de VoIP sobre la red móvil, Nauta-Hogar y Zona Pública Wi-Fi de ETECSA fue exitoso, arrojando resultados fieles a las características y comportamiento de la red. El procedimiento diseñado para la medición y evaluación de la QoS tiene un alcance significativo debido a su aplicabilidad en diversas zonas y áreas del país. Esta amplia aplicabilidad se debe a que ha sido diseñado teniendo en cuenta una variedad de escenarios y condiciones de red, lo que permite su implementación en diferentes contextos geográficos y tecnológicos. La posibilidad de generalización del procedimiento es una de sus fortalezas clave. Esto significa que, aunque se haya desarrollado y validado en contextos específicos, los principios y métodos que utiliza son lo suficientemente universales como para ser aplicados en una variedad de situaciones y entornos. La aplicación del procedimiento ha arrojado resultados tanto positivos como negativos, lo cual se muestra en la validación de cada escenario. Es imperativo trabajar con mecanismos de QoS en la red, aunque se hayan obtenido mediciones dentro de los rangos recomendables estas fluctúan y no son constantes. Dada la validez de los resultados obtenidos, se propone desarrollar el procedimiento en otras provincias del país y así disponer de una mayor base de datos de información. Se recomienda implementar mecanismos de QoS en la red móvil y las redes de parque Wi-Fi y Nauta Hogar para mejorar la calidad del servicio obtenida.

REFERENCIAS

- [1] M. K. Kishore, S. R. Patel, y A. B. Rao, «A Comprehensive Review of VoIP Technologies and Performance Metrics», *J. Electr. Syst.*, vol. 20, n.o 3, 2024.
- [2] D. J. Sánchez Espinoza, «Diseño e implementación de una central VoIP de bajo costo con Asterisk y Raspberry Pi para pequeñas o medianas empresas», Tesis de licenciatura, Univ. Nac. de Ingeniería, Perú, 2021.
- [3] C. Johnson, «What Is VoIP? The Definitive Guide to VoIP in 2023», *Nextiva Blog*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.nextiva.com/blog/what-is-voip.html> [Accedido: sep. 2025].
- [4] AVOXI, «The 2025 Guide to VoIP QoS: Upgrade Enterprise Call Quality», Informe técnico, AVOXI, 2025.
- [5] M. Taruk, E. Budiman, M. R. Rustam, et al., «Quality of Service Voice over Internet Protocol in Mobile Instant Messaging», en *Proc. 2nd East Indonesia Conf. Comput. Inf. Technol. (EIConCIT)*, Indonesia, 2018, pp. 1–5.
- [6] UIT-T, «Recomendación G.1028: Calidad de servicio de extremo a extremo para servicios vocales en redes móviles 4G», Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2020.
- [7] M. A. Vargas Rodríguez, «Lineamiento técnico para la provisión de Calidad de Servicio (QoS) extremo a extremo en interconexión bajo IP Multimedia Subsystem (IMS)», Tesis de maestría, Univ. Nac. de Colombia, 2021.

- [8] UIT-T, «Recomendación Y.3147: Quality of Service Requirements and Framework of Deterministic Communications», Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2025.
- [9] ETSI, «EG 202 057-4 V1.2.1: User Related QoS Parameter Definitions and Measurements», European Telecommunications Standards Institute, 2021.
- [10] ETSI, «ES 202 740 V1.8.2: Transmission Requirements for Wideband VoIP Terminals», European Telecommunications Standards Institute, 2022.
- [11] IEEE IWQoS, «IEEE/ACM International Symposium on Quality of Service», Congreso Internacional, IEEE, 2025.
- [12] IFIP NTMS, «12th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security», Congreso internacional, IFIP, 2025.
- [13] B. F. Simbaña Pineida, «Desarrollo de un prototipo de aplicación web interactiva para la simulación de las principales disciplinas de planificación de paquetes para la gestión de QoS», Tesis de licenciatura, Univ. de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, 2022.
- [14] E. E. Rojas Muñoz, «Análisis de desempeño de una red 802.11 para la transmisión de VoIP», Tesis de ingeniería, Univ. de los Andes, Colombia, 2019.
- [15] N. Mojarrieta Rodríguez, «Monitoreo de la QoS de banda ancha en redes de acceso fijas», Tesis de ingeniería, Univ. Tecnológica de La Habana CUJAE, Cuba, 2019.
- [16] J. W. Cando Mera, «Sistema de gestión de servicios de internet de la red de acceso fijo de CNT EP del cantón Ambato», Tesis de maestría, Univ. Técnica de Ambato, Ecuador, 2021.
- [17] UIT-D, «Quality of Service Regulation Manual», Informe técnico, Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023.
- [18] Ecasys, «Top 5 VoIP Trends in 2025: Revolutionizing Communication», Informe técnico, Ecasys, 2024.
- [19] J. Ortega, L. Fernández, y M. Ruiz, «Assessment of Voice Quality and QoS in Real VoIP Calls Using Multiple Codecs», en *Proc. IIS Spring Congress*, 2024, pp. 45–50.
- [20] UIT-T, «Y.1545.1: Framework for Monitoring the Quality of Service of IP Network Services», Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017.

SOBRE LOS AUTORES

Yoan Larry Cecilio Nuñez. Ingeniero en Telecomunicaciones. En la actualidad es Experto en Telemática. Departamento de Control y Servicios en la Vicepresidencia de Operaciones de la Red (VPOR) en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA). Es profesor Asistente de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE). ORCID 0000-0002-2850-0379

Diana Gil Quintero Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. En la actualidad es Especialista B. Departamento de Supervisión en la Vicepresidencia de Operaciones de la Red (VPOR) en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA). ORCID 0009-0005-7887-7333

Gabriela Milián Teijeiro Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. En la actualidad es Especialista B. Departamento de Supervisión en la Vicepresidencia de Operaciones de la Red (VPOR) en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA). ORCID 0009-0003-9832-3405

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores en relación al contenido del artículo aquí reflejado. Tampoco existe conflicto de intereses entre los autores y la institución a la que están afiliados, ni con ninguna otra institución.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

- **Autor 1:** Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo y aprobación de la versión final a publicar.
- **Autor 2:** Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

- **Autor 3:** Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente investigación al público. Los contenidos de la revista se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License. Se permite la copia y distribución de sus manuscritos por cualquier medio, siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores y no se haga uso comercial de las obras.

