

DOI: 10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.170-179

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1103>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-0748

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 3310 Tecnología Industrial

PAGINAS: 170-179



Análisis de desempeño de una red WLAN implementando el estándar IEEE 802.11ax orientado a redes de acceso múltiple y aplicaciones sensibles a latencia

Performance analysis of a WLAN network implementing the IEEE 802.11ax standard for multiple access networks and latency-sensitive applications

Análise do desempenho de uma rede WLAN que implementa a norma IEEE 802.11ax para redes de acesso múltiplo e aplicações sensíveis à latência

Eduardo José Ocaña Rosero¹; Neiser Stalin Ortiz Mosquera²; Ximena Fabiola Trujillo Borja³

RECIBIDO: 23/02/2023 **ACEPTADO:** 12/03/2023 **PUBLICADO:** 15/05/2023

1. Ingeniero en Teleinformática; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; eduardo.ocanar@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0007-5277-3397>
2. Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones; Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; neiser.ortizm@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-1051-6102>
3. Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones; Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; ximena.trujillo@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0000-1389-4910>

CORRESPONDENCIA

Eduardo José Ocaña Rosero

eduardo.ocanar@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis de desempeño de una red WLAN bajo el estándar 802.11ax a través de la obtención de métricas relacionadas con calidad de servicio, para lo cual se ha implementado esta red como laboratorio de pruebas en la banda de los 5GHz. En el proceso se ha utilizado dos computadores, un Access Point y adaptadores Wi-Fi 5 y 6. La metodología utilizada es bibliográfica, descriptiva, experimental y cualitativa. Los resultados proyectados dan una clara ventaja en diferentes parámetros de calidad utilizando Wi-Fi 6 tanto en el equipo transmisor como en el receptor. Después de realizar el análisis se concluye que el rendimiento de los dispositivos conectados en Wi-Fi 6 con protocolo 802.11ax tiene una relación tres a uno en comparación con dispositivos conectados a Wi-Fi 5.

Palabras clave: Desempeño, Implementación, Métricas, Access Point, Adaptadores Wi-Fi, Infraestructura.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the performance of a WLAN network under the 802.11ax standard by obtaining metrics related to quality of service, for which this network has been implemented as a test laboratory in the 5GHz band. Two computers, an Access Point and Wi-Fi 5 and 6 adapters have been used in the process. The methodology used is bibliographic, descriptive, experimental and qualitative. The projected results give a clear advantage in different quality parameters using Wi-Fi 6 in both the transmitter and receiver equipment. After performing the analysis it is concluded that the performance of devices connected in Wi-Fi 6 with 802.11ax protocol has a three to one ratio compared to devices connected to Wi-Fi 5.

Keywords: Performance, Implementation, Metrics, Access Point, Wi-Fi adapters, Infrastructure.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho de uma rede WLAN sob a norma 802.11ax através da obtenção de métricas relacionadas com a qualidade de serviço, para o que esta rede foi implementada como um laboratório de testes na banda de 5GHz. No processo foram utilizados dois computadores, um ponto de acesso e adaptadores Wi-Fi 5 e 6. A metodologia utilizada é bibliográfica, descritiva, experimental e qualitativa. Os resultados projectados dão uma clara vantagem em diferentes parâmetros de qualidade utilizando o Wi-Fi 6 tanto no equipamento emissor como no receptor. Após a realização da análise, conclui-se que o desempenho dos dispositivos ligados ao Wi-Fi 6 com protocolo 802.11ax tem uma relação de três para um em comparação com os dispositivos ligados ao Wi-Fi 5.

Palavras-chave: Desempenho, Implantação, Métricas, Ponto de Acesso, Adaptadores Wi-Fi, Infra-estrutura.

Introducción

En la actualidad existe un crecimiento exponencial de usuarios, dispositivos y conexiones a internet, con proyecciones para el 2023 de 5300 millones de usuarios, 3.6 dispositivos en red per cápita, con 29300 millones de dispositivos en red. Las conexiones M2M, conocidas también como IoT, representan el 50% de dichos dispositivos y conexiones (Cisco, 2020). El gran tráfico que circula por las redes trae consigo problemas para las redes inalámbricas en ambientes interiores o entornos masivos, saturados por usuarios que utilizan al mismo tiempo los recursos de la red, con diversas aplicaciones que como se ha mencionado están creciendo aceleradamente. Existen además algunos flujos de trabajo, como por ejemplo las cámaras de endoscopia en medicina o los drones para búsqueda y rescate, que requieren de un operador que controle una máquina de forma remota mediante video, por tanto, las redes de latencia baja son cruciales para evitar consecuencias que pongan en peligro la vida. Otro problema que se presenta son las aplicaciones denominadas “acaparadoras de ancho de banda” ya que consumen muchos datos para ejecutarse, como por ejemplo Zoom o Microsoft Teams. A lo anteriormente expuesto se suman inconvenientes en la configuración de puntos de acceso y routers, mismos que afectan el rendimiento, seguridad y confiabilidad de la red Wi-Fi.

Las redes Wi-Fi en los últimos años vienen siendo objeto de estudio por diferentes autores, profundizando en temas relacionados con el análisis de las tecnologías, comparativas con redes de telefonía móvil, utilización en el internet de las cosas, en la industria, educación, entre otros aspectos. Existen estudios previos como (Lamiño, 2021) quien se ha enfocado en analizar el entorno inalámbrico bajo el estándar IEEE 802.11ax en escenarios reales y simulados, con pruebas encaminadas a medir parámetros específicos de calidad. En este caso los resultados obtenidos mostraron que los

valores presentados en la simulación al ser un escenario perfecto superan a las mediciones reales. Así también (Torres, 2021) evalúa mediante simulaciones en modos de transmisión OFDMA, MU-MIMO y la combinación de ambos, el funcionamiento de una red WLAN 802.11ax en escenarios con tráfico de red elevado, con 64, 128 y 255 usuarios, buscando aportar al despliegue del protocolo en escenarios reales. Los resultados muestran que ante una gran cantidad de usuario el rendimiento va decreciendo y que la integración de las tecnologías OFDMA y MU-MIMO mitigan la interferencia de las redes. De igual manera (Mosquera, 2019) realiza un estudio de las funciones del estándar 802.11ax y de la Quinta Generación de Redes Móviles y concluye que ambas tecnologías prometen revolucionar la industria y desarrollar un ecosistema apto para las IoT en el hogar, empresas, industrias, etc. Del mismo modo (González, 2020) en su estudio examina las características del estándar 802.11ax y los futuros escenarios de implementación, en especial aquellos en donde exista una alta densidad de usuarios, para lo cual realiza mediciones en base a simulaciones, concluye que el nuevo estándar resuelve problemas ocasionados en entornos densos y AP contiguos y proyecta una perspectiva mejorada en eficiencia y rendimiento de red.

A nivel mundial existe un dominio de la red inalámbrica Wi-Fi como medio para el movimiento de datos, por tanto, surge la necesidad de brindar, en base a indicadores, niveles de eficiencia mucho más altos a las redes Wi-Fi, el objetivo es cumplir con las expectativas de calidad del usuario al conectarse a dichas redes. Además, es fundamental conocer todos los factores que influyen en una buena conexión, factores relacionados con la configuración de los dispositivos, la infraestructura de red, las aplicaciones y la optimización. La conectividad, el acceso y el uso masivo de las tecnologías de la información y comunicación, resulta en la actualidad uno de los

tópicos medulares para las instituciones educativas, comerciales, de servicio, industriales, etc.

En base a lo expuesto, la presente propuesta es crear a nivel experimental una red WLAN bajo el estándar 802.11ax, en donde se puedan realizar configuraciones y pruebas de identificación de infraestructura Wi-Fi, analizar parámetros cuantificables como rendimiento, tiempos de transmisión, pérdida de paquetes, latencia, velocidad de ancho de banda, jitter, mismos que permiten evaluar una red y determinan la calidad de servicio. El objetivo es ir vinculando los entornos reales con los entornos simulados y virtuales, fomentando la creación de contenidos, aplicaciones y dispositivos inalámbricos que, aprovechando las últimas tecnologías inalámbricas ayuden a la resolución de problemas en los diferentes hábitats.

El objetivo general, es realizar el análisis de desempeño de una red WLAN bajo el estándar IEEE 802.11ax. Para realizar dicho análisis primero describiremos las funciones primordiales que presenta el estándar IEEE 802.11ax para después determinar los tipos de aplicaciones que demandan más ancho de banda y los más sensibles bajo latencia y por último realizaremos una implementación en el laboratorio de prueba. Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de desempeño.

Materiales y métodos

En el presente trabajo de investigación se ha llevado a cabo una serie de técnicas de investigación: Bibliográfica, para revisar antecedentes en trabajos relacionados con el presente proyecto y para determinar las funciones principales del estándar implementado, las aplicaciones que están demandando recursos de red y soluciones tanto en hardware como en software para la implementación y recolección de métricas. Con técnica experimental, se ha realizado el compendio de los datos obtenidos con la implementación del estándar IEEE 802.11ax. Dichos datos se han registrado

en tablas, figuras y gráficos comparativos, buscando mostrar características relacionadas al funcionamiento del dispositivo que cuentan con tecnología Wi-Fi 6, contrastando con el dispositivo con tecnología Wi-Fi 5. Y por último con la investigación cuantitativa se ha recopilado las diferentes métricas con sus respectivos números y valores, los mismos han arrojado resultados que han sido objeto del análisis respectivo.

Para realizar el experimento se ha realizado la implementación de una red WLAN en modo infraestructura, bajo el estándar IEEE 802.11ax, la misma será evaluada en rendimiento a través de la obtención de métricas relacionadas con calidad de servicio (QoS). Los elementos que conforman la red son: Router TP-Link AX53 configurado en modo Access Point y transmitiendo en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz con la tecnología Wi-Fi 6. Dos computadores de escritorio como estaciones, uno de ellos va a realizar la función de servidor, y el otro computador cliente. El equipo servidor es un equipo de gama media, el mismo garantizan una buena conexión detrás del Wi-Fi en las mediciones sin conexión a internet. La comunicación de la estación cliente con el Access Point, será vía Wi-Fi, para lo cual el Pc cliente tiene instalado adaptadores Wi-Fi 5 USB y Wi-Fi 6 PCIe.

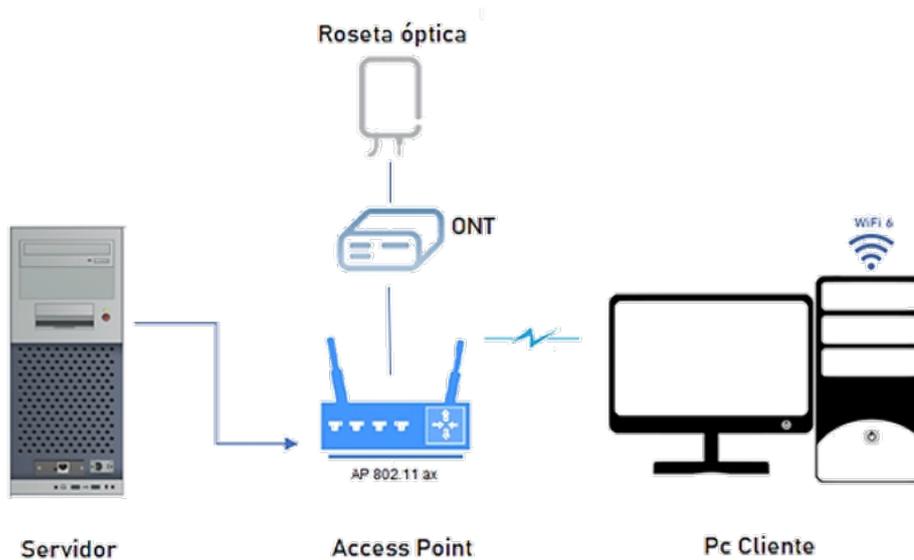


Figura 1. Diagrama de implementación de red WLAN estándar IEEE 802.11ax

Durante las pruebas los paquetes con una cierta cantidad de información van a fluir desde el servidor hacia el cliente a través del AP. El router AX53 se ha configurado en modo de operación AP, se ha establecido el SIDD, el cifrado de seguridad WPA3 y su

clave. Además, se han habilitado la banda de 2.4 y 5 GHz, las opciones OFDMA y TWT, potencia de transmisión en alto. El ancho de canal se puede configurar a 20, 40, 80 y 160MHz.

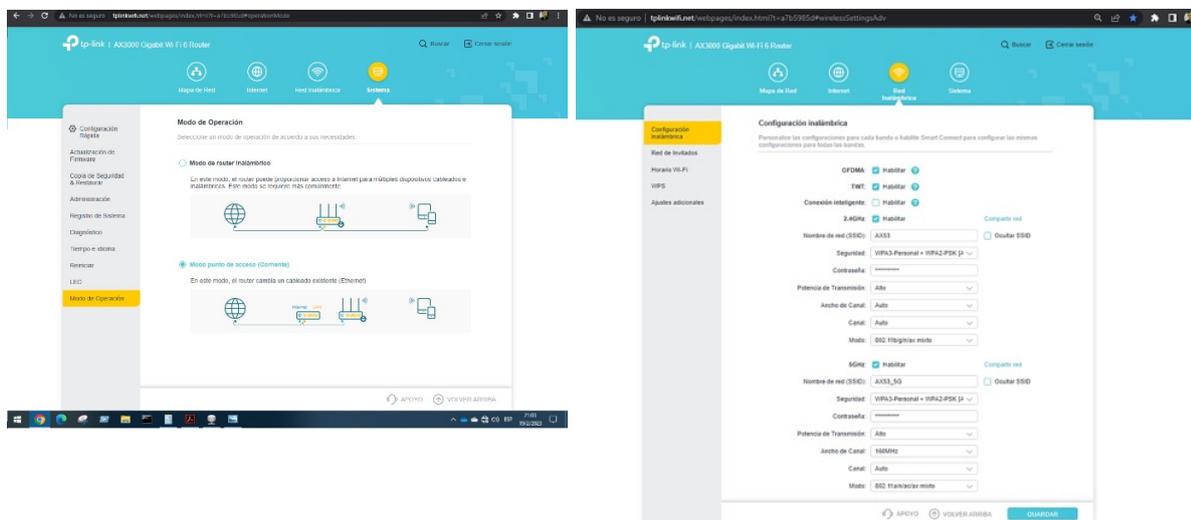


Figura 2. Configuración de router AX53 en modo Access Point y Gestión del dispositivo

En primera instancia se ha de realizar el escaneo de redes Wi-Fi en zonas de estudio definidas, para determinar la versión del estándar IEEE 802.11 que los usuarios disponen actualmente. Posteriormente el

proceso de obtención de métricas de calidad de servicio de la red se realizará en dos escenarios:

1. Escenario uno. - configuración clien-

te-servidor, sin conexión a internet, en distancias de uno y quince metros entre el AP (en ancho de canal de 20 a 160 MHz) y el equipo cliente que cuenta con dispositivos Wi-Fi 5 y Wi-Fi 6, se ha de evaluar el Throughput (rendimiento) por medio de los tipos de tráfico Best Effort, Background, AudioVideo y Voice, además, la tasa de pérdida de paquetes, y el tiempo de ida y vuelta (RTT).

- Escenario dos. – Con las mismas configuraciones de servicios y ancho de canal en el AP y con conexión a internet se ha de obtener métricas de velocidad de ancho de banda, tiempos de respuesta en latencia y jitter en configuración único dispositivo y múltiples dispositivos conectados a la red.



Figura 3. Métricas obtenidas en escenario uno con cliente Wi-Fi 6 en un ancho de canal de 160 MHz en el AP

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestra las SSID desglosadas por estándar de un total de 423 señales producto de escaneos realizados en tres sectores diferentes identificados dentro del alcance del estudio. Las métricas obtenidas muestran que el 50% de las SSID emiten señal bajo el estándar 802.11n, el 34% lo realizan bajo el estándar 802.11ac y un 15% bajo el estándar 802.11ax.

Como se puede apreciar los estándares 802.11n y 802.11ac predominan en las conexiones actuales con un 84% entre ambos. Es estándar 802.11ax está en su mayoría presente en los nuevos puntos de acceso de la red municipal y en contratos nuevos de proveedores que ha presentado inconvenientes en su servicio.

Tabla 1. Resumen de fuentes de información

Modo	SSID	%
802.11a	1	0.23
802.11g	2	0.47
802.11n	215	50.84
802.11ac	142	33.57
802.11ax	63	14.89



Dentro del escenario uno, en lo relacionado al rendimiento (Fig. 4), se puede apreciar que a corta distancia en ambos estándares se va produciendo un incremento de velocidad a medida que va cambiando el ancho de canal. A 15 metros con el dispo-

sitivo Wi-Fi 6 se ha producido en términos generales una disminución de un 40% en el rendimiento en comparación al rendimiento a corta distancia, aunque a 160MHz la reducción fue únicamente del 20%.

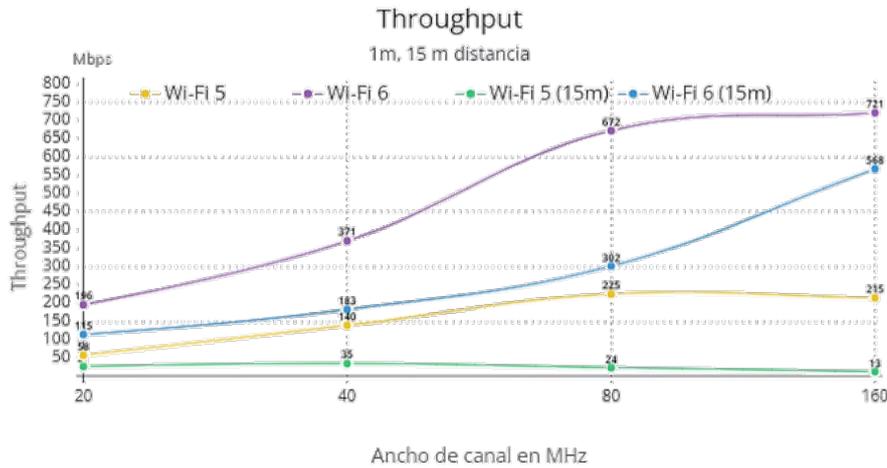


Figura 4. Comparativa de rendimiento entre Wi-Fi 6 y Wi-Fi 5 en distancias de 1 y 15m.

Se muestra una clara ventaja de rendimiento en la transmisión entre el AP 802.11ax y el dispositivo con el mismo estándar, especialmente con una configuración de ancho de canal a 80 y 160 MHz en donde la velocidad es tres veces más que la obtenida con el dispositivo con el estándar 802.11ac.

En lo referente a la tasa de pérdida de paquetes (Fig. 5), a corta distancia, tiende a mantenerse alrededor del 60% en ambos estándares. A quince metros con Wi-Fi 6 y ancho de canal de 80MHz prácticamente se mantiene el promedio de pérdida.

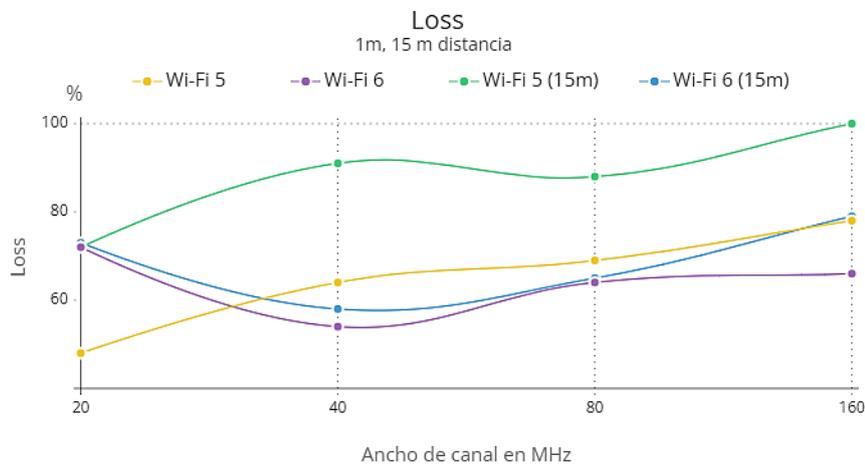


Figura 5. Comparativa Wi-Fi 5 y Wi-Fi 6 en pérdida de paquetes

En las mediciones generales realizadas se ha podido observar que los paquetes se han desplazado a mayor velocidad en el protocolo TCP, con 0% de pérdida de paquetes en especial a corta distancia. En el protocolo UDP se producen pérdidas porque es un protocolo de gran rapidez no orientado a la conexión como el protocolo TCP.

El round-trip time (Fig. 6) presenta la comparativa en función del tiempo concerniente al traslado de una solicitud del punto de partida al destino y retorno al inicio.

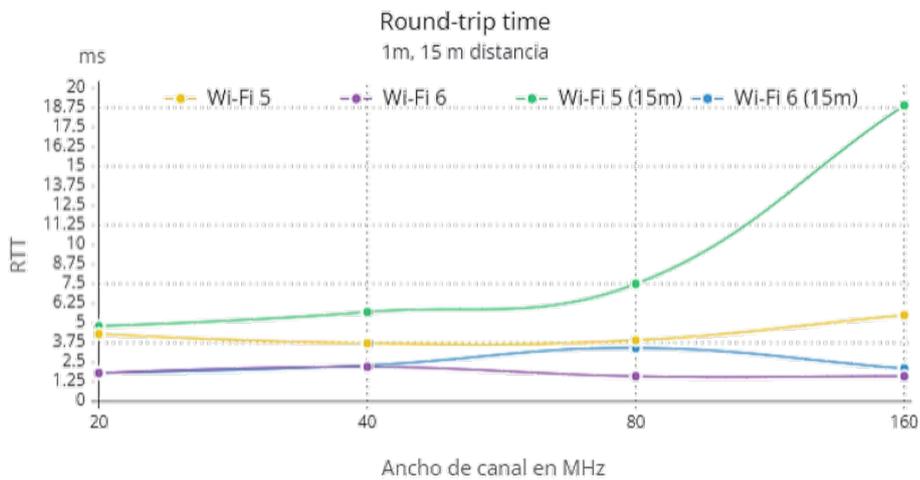


Figura 6. Comparativa del tiempo de ida y retorno de solicitud

Se puede apreciar gráficamente que la conexión Wi-Fi 6 es más fiable en términos de conexión, presenta un tiempo menor de respuesta, incluso en la distancia programada, pero configurando el ancho de canal en el AP a 160 MHz.

dad supera los 50 Mb/s que es el plan contratado con el ISP. Ya con múltiples usuarios realizando actividades que demandan recursos, el ancho de banda se redujo en 40% con Wi-Fi 5 y 24% con Wi-Fi 6, tomando como referencia los mismos 50 Mb/s del plan contratado.

Dentro del escenario dos, el ancho de banda (Fig. 7) con el dispositivo Wi-Fi 5 o Wi-Fi 6 como único usuario conectado la veloci-

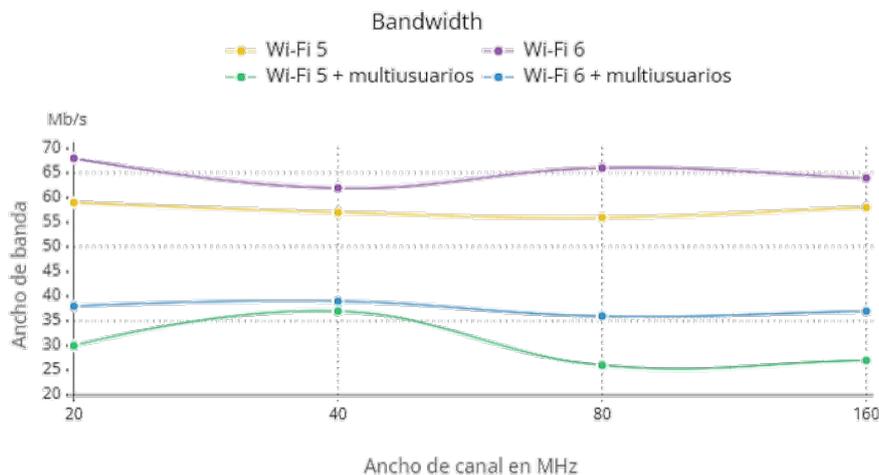


Figura 7. Comparativa de ancho de banda y multiusuario

La latencia (Fig. 8), con un solo dispositivo conectado a internet los promedios de ambos estándares se ubican en 16 ms para todos los anchos de canal. Con múltiples usua-

rios conectados, los valores de latencia han comenzado a fluctuar, el pico más alto de latencia con Wi-Fi 6 en 19 ms en los 80 MHz y con Wi-Fi 5 es de 18 ms en el mismo canal.

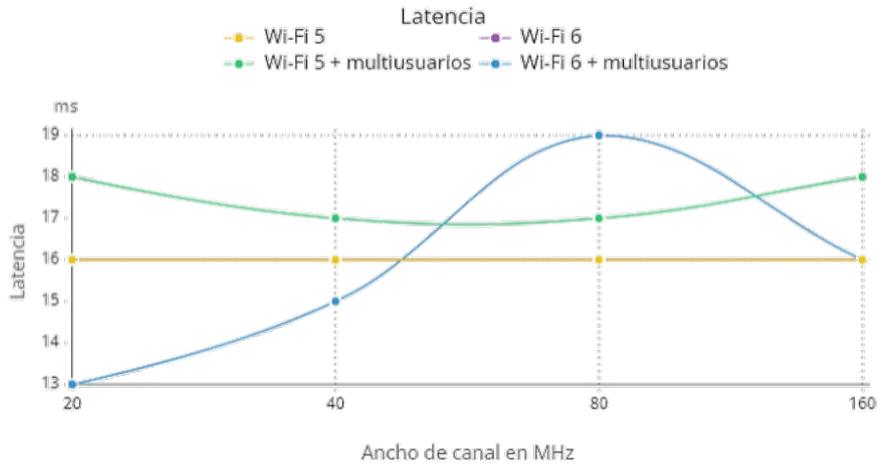


Figura 8. Comparativa de Latencia bajo conexión único y múltiples usuarios

En la gráfica se puede observar que con Wi-Fi 6 a 160 MHz, la latencia se ha ubicado al mismo nivel que en los valores obtenidos con un solo dispositivo. Lo que se busca siempre es que la latencia sea lo más bajo posible para garantizar una mejor experiencia a los usuarios de la red. Expertos en el área consideran un valor por debajo de los 100 ms como deseable, con menos de 65

ms la conexión es muy aceptable, para los gamers una latencia aceptable sería menor a 20 ms. (Muñoz, 2018)

En lo que respecta al Jitter, si nos centramos en el ancho de canal de 160MHz vemos que los valores se encuentran dentro del rango de los 16 ms en Wi-Fi 5 trabajando un solo usuario y los mismos 16ms en Wi-Fi 6 incluso con múltiples usuarios trabajando.

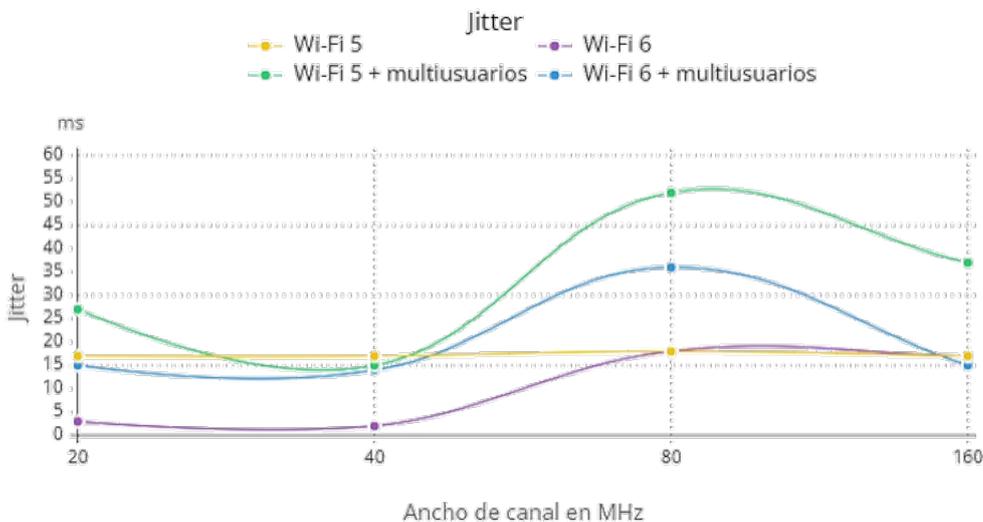


Figura 9. Comparativa Jitter bajo conexión único y múltiples usuarios

Los expertos, dan como valor tope 20 milisegundos para un Jitter aceptable. Otros marcan el límite en 30 ms. Por encima de esos valores la estabilidad de la conexión a internet puede verse afectada. (López, 2022)

Conclusión

Por medio del estudio se ha determinado que las aplicaciones que más ancho de banda acaparan son las utilizadas para reproducir videos o música en streaming como por ejemplo YouTube o cualquier programa similar, también las aplicaciones OTT como Netflix o cualquier otra utilizada para transmisión de video libre. Así también, los juegos de Battle Royal en tiempo real y a nivel de competencias. En lo que a latencia se refiere, la aplicación más sensible a la misma es la Telemedicina.

Con el escaneo de redes Wi-Fi se determinó con las métricas obtenidas que el 50% de las SSID emiten señal bajo el estándar 802.11n, el 34% lo realizan bajo el estándar 802.11ac y un 15% bajo el estándar 802.11ax.

El rendimiento del dispositivo Wi-Fi 6 conectado a una red WLAN con la misma tecnología, presenta una mejora en rendimiento en una relación tres a uno en comparación con dispositivos Wi-Fi 5 conectado a la misma red.

Con las mediciones realizadas en el escenario dos se puede establecer que un mayor ancho de banda necesariamente no mejora el rendimiento de latencia, en cambio optimizando el ancho de banda se mejora el rendimiento del Jitter. En ambos casos se ha presentado con Wi-Fi 6 un mejor aprovechamiento de las funciones del AP configurado el mismo con un ancho de canal a 160 MHz, presentando valores promedio de latencia y Jitter de 16 ms, se encuentra por tanto dentro del rango recomendado para dichos parámetros.

CITAR ESTE ARTICULO:

Ocaña Rosero, E. J., Ortiz Mosquera, N. S., & Trujillo Borja, X. F. (2023). Análisis de desempeño de una red WLAN implementando el estándar IEEE 802.11ax orientado a redes de acceso múltiple y aplicaciones sensibles a latencia. *RECIAMUC*, 7(2), 170-179. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.170-179](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.170-179)

Bibliografía

- Cisco. (2020). Cisco Annual Internet Report (2018–2023). Cisco Solutions:Informe 9 de marzo de 2020 <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- González, J. (2020). Comparación entre el Estándar IEEE 802.11ax y el estándar IEEE 802.11ac para determinar la evolución del rendimiento de las Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN). Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional Biblioteca UDFJC. <http://hdl.handle.net/11349/25098>.
- Lamiño, A. (2021). Análisis, implementación y evaluación del desempeño del estándar IEEE 802.11 ax en escenarios reales y simulados. Repositorio Institucional de la ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25710>.
- López, J. (2022). Qué es el jitter y cómo afecta a tu conexión. Madrid: Telefónica Movistar. <https://www.movistar.es/blog/gaming/jitter-velocidad-conexion-internet/>
- Mosquera, Á. (2019). Estudio Y Análisis de las nuevas tecnologías 802.11ax Y 5G para el desarrollo del Internet de las Cosas. Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13364>.
- Muñoz, R. (2018). Qué es ping y latencia, cómo medirlos y por qué son tan importantes. Madrid: Revista Digital Computer Hoy No. 517. <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/que-es-ping-latencia-como-medirlos-que-son-tan-importantes-288329>
- Torres, I. (2021). Análisis y simulación del estándar 802.11ax para evaluar el rendimiento de despliegues WLAN en escenarios con tráfico de red elevado. Repositorio Digital Universidad Nacional de Chimborazo UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8185>.



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.