



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL TRÁFICO EN REDES IP INALÁMBRICAS
MEDIANTE HERRAMIENTAS PRTG Y MRTG

LOPEZ TELLO IVAN JOSUE
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL TRÁFICO EN REDES IP
INALÁMBRICAS MEDIANTE HERRAMIENTAS PRTG Y MRTG

LOPEZ TELLO IVAN JOSUE
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO TITULACIÓN
PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL TRÁFICO EN REDES IP INALÁMBRICAS MEDIANTE
HERRAMIENTAS PRTG Y MRTG

LOPEZ TELLO IVAN JOSUE
INGENIERO DE SISTEMAS

VALAREZO PARDO MILTON RAFAEL

MACHALA, 20 DE SEPTIEMBRE DE 2022

MACHALA
2022

ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL TRÁFICO EN REDES IP INALÁMBRICAS MEDIANTE HERRAMIENTAS PRTG Y MRTG

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	1%
2	docplayer.es Fuente de Internet	1%
3	www.es.paessler.com Fuente de Internet	1%
4	2022.jnic.es Fuente de Internet	1%
5	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	1%
6	www.solarwinds.com Fuente de Internet	1%
7	aprenderly.com Fuente de Internet	1%
8	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, LOPEZ TELLO IVAN JOSUE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL TRÁFICO EN REDES IP INALÁMBRICAS MEDIANTE HERRAMIENTAS PRTG Y MRTG, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 20 de septiembre de 2022



LOPEZ TELLO IVAN JOSUE
0705935161

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primera instancia a Dios por ser mi guía y mi sustento en todos los procesos de mi vida, a mis padres por ser esa base principal para formarme y mostrarme el mejor camino posible para lograr todos mis objetivos alcanzados y por darme siempre lo mejor, a mi hermano por ser el amigo incondicional que ha estado compartiendo momentos buenos y difíciles pero que siempre me ha apoyado y a mi familia en general por siempre mantener ese núcleo de unión nos caracteriza.

López Tello Iván Josué

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de ser una persona de bien y por permitirme tener una familia excepcional.

A mis ejemplares docentes de la carrera de Ingeniería de Sistemas por haberme formado a lo largo de este maravilloso proceso que es la vida universitaria y hoy por hoy sentirme orgulloso de haberme formado en la Universidad Técnica de Machala.

Al Ing. Jimmy Molina Ríos por haberme brindado la oportunidad de dirigir y representar a todos mis compañeros de la escuela de informática y por ser un docente excepcional con quién aprendí a siempre dar lo mejor en el ámbito académico y personal.

A mi tutor Ing. Milton Valarezo por orientarme en el proceso de desarrollo del presente trabajo de titulación con su tiempo, experiencia y conocimientos.

A mi compañera de vida, Dra. Gabriela Mora por ser y estar siempre en los momentos de prosperidad y adversidad, además de darle valor a la vida siendo el motor que me motiva a seguir adelante.

A mis queridos, honrados y admirables padres por haber formado la persona que soy hoy por hoy, enseñándome valores y respeto hacia los demás, sacrificándose siempre en darme lo mejor.

López Tello Iván Josué

RESUMEN

El tráfico de red se refiere a todos los datos o paquetes que circulan por la red en un tiempo o momento determinado, el uso de dispositivos inalámbricos como teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras portátiles, ahora es común y cada día se crean mejoras y nuevas tecnologías para hacer que la comunicación sea más rápida y conducen a mejoras en la calidad y el servicio de la red.

El análisis de tráfico de red se lo ejecuta de primera mano para poder obtener una idea de qué tipo de tráfico, paquetes o datos transitan a través de una red, a este análisis se lo realiza principalmente mediante un software o una aplicación de monitoreo las cuales nos ayudan a identificar velocidades de carga y descarga.

La Universidad Técnica de Machala (UTMACH) es una institución de educación superior que de manera paulatina busca un mejoramiento de calidad con la finalidad de tener una óptima infraestructura tecnológica. Por ese motivo se busca el mejoramiento del servicio de su red en toda la Facultad de Ingeniería Civil (FIC), de los cuales se distribuye en tres bloques, el bloque 1 cuenta con cubículos, oficinas, laboratorios de la carrera de Tecnologías de la Información, el bloque 2 cuenta con laboratorios de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental y también con cubículos, y el bloque 3, está conformado por la biblioteca de la facultad y 18 aulas que son de uso para las 3 carreras que existen dentro de la misma.

Este trabajo de titulación tiene como objetivo medir el tráfico de la red de la FIC mediante dos herramientas que son óptimas para cumplir dicho objetivo que son PRTG y MRTG, se ofrece una valoración mediante un análisis de estudio de la infraestructura de la FIC y la medición del tráfico de red inalámbrico para así poder determinar alguna mejora dentro de la misma. El trabajo en condición al análisis de los requerimientos y necesidades de la Facultad de Ingeniería Civil se presenta como una solución a los problemas que mantiene constantemente la red inalámbrica debido a la mala ubicación de los dispositivos inalámbricos a su vez se recomienda agregar otro tipo de tecnología inalámbrica para así poder configurar la red con QoS y de esa manera tenga un óptimo rendimiento para los estudiantes de la FIC.

En la FIC hay problemas con la red inalámbrica y en sector la señal es nula, por este motivo es que se requiere la implementación de una tecnología denominada IEEE 802.16d ya que actualmente se cuenta con una tecnología IEEE 802.11 b/g/n que es una de las tecnologías más comunes utilizadas por cualquier entidad e institución.

El proyecto de titulación consta de varias partes en donde se recopila toda la información importante en cuanto a las redes inalámbricas de la FIC para que a más de que llegue señal a todos los puntos también tenga un mejoramiento de ancho de banda, tráfico de red y así los estudiantes tengan una navegación de buena calidad y puedan aprovecharla al máximo, dando prioridades mediante la QoS a aplicaciones y páginas de relevancia académica.

Mediante la propuesta de cambio de tecnología en sus redes, también está incluido el mejoramiento de su cobertura de red por lo que tendrán como beneficio una red óptima y eficiente para sus diferentes áreas y usos.

Palabras clave: Tráfico de red, QoS, Redes IP, Ancho de banda, SNMP, MRTG, PRTG.

ABSTRACT

Network traffic refers to all the data or packets that circulate through the network at a given time or moment, the use of wireless devices such as smartphones, tablets, laptops, is now common and every day improvements and new technologies are created to make communication faster and lead to improvements in the quality and service of the network.

The network traffic analysis is performed first hand to get an idea of what kind of traffic, packets or data transiting through a network, this analysis is done mainly by software or a monitoring application which help us to identify upload and download speeds.

The Technical University of Machala (UTMACH) is an institution of higher education that gradually seeks quality improvement in order to have an optimal technological infrastructure. For this reason, it seeks to improve the service of its network throughout the Faculty of Civil Engineering (FIC), which is distributed in three blocks, Block 1 has cubicles, offices, laboratories of the career of Information Technology, Block 2 has laboratories of Civil Engineering and Environmental Engineering and also with cubicles, and Block 3, consists of the library of the faculty and 18 classrooms that are used for the 3 careers that exist within it.

The objective of this degree work is to measure the traffic of the FIC network using two tools that are optimal to meet this objective, which are PRTG and MRTG. An assessment is offered through a study analysis of the FIC infrastructure and the measurement of wireless network traffic in order to determine any improvement within it. The work in condition to the analysis of the requirements and needs of the Faculty of Civil Engineering is presented as a solution to the problems that constantly maintains the wireless network due to the poor location of wireless devices in turn it is recommended to add another type of wireless technology in order to configure the network with QoS and thus have an optimal performance for students of the FIC.

In the FIC there are problems with the wireless network and in some areas the signal is null, for this reason it is required the implementation of a technology called IEEE

802.16d since currently there is an IEEE 802.11 b/g/n technology which is one of the most common technologies used by any entity and institution.

The degree project consists of several parts where all the important information regarding the wireless networks of the FIC is compiled so that in addition to reaching signal to all points also has an improvement of bandwidth, network traffic and so students have a good quality navigation and can take full advantage of it, giving priorities through QoS to applications and pages of academic relevance.

Through the proposed change of technology in their networks, it is also included the improvement of their network coverage so they will have as a benefit an optimal and efficient network for their different areas and uses.

Keywords: Network traffic, QoS, IP Networks, Bandwidth, SNMP, MRTG, PRTG.

CONTENIDO

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	X
CONTENIDO	XII
LISTA DE ILUSTRACIONES	XIV
LISTA DE TABLAS	XV
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS	3
1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN: DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO Y HECHO DE INTERÉS	3
1.2. ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTO	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO A SATISFACER	4
2. CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	5
2.1. DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO TECNOLÓGICO	5
2.1.1. FUNCIONAMIENTO DE ANÁLISIS DE MRTG	5
2.1.2. FUNCIONAMIENTO DE ANÁLISIS DE NETFLOW	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.2.1. DIRECCIÓN IP	7
2.2.2. TRÁFICO DE RED	7
2.2.3. FLUJO DE RED	7
2.2.4. WI-FI	8
2.2.5. ESTÁNDARES DE REDES INALÁMBRICAS IEEE 802.11	8
2.2.6. TECNOLOGÍA WIMAX IEEE 802.16X	10
2.2.7. TECNOLOGÍA MESH IEEE 802.11s	10
2.2.8. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (WLAN)	10
2.2.9. DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS	11
2.2.10. CALIDAD DE SERVICIO (QoS)	11
2.2.11. HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN	11
2.3. OBJETIVOS	12
2.3.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2.4. DISEÑO DEL PROTOTIPO	13
2.4.1. REQUISITOS	13
2.4.2. TOPOLOGÍA Y ARQUITECTURA DE LA RED DE LA FIC	14

2.5. EJECUCIÓN Y/O ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO	21
3. CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO	26
3.1. PLAN DE EVALUACIÓN	26
3.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN	26
3.2.1. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN	26
3.2.2. ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN	36
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	39
6. BIBLIOGRAFÍA	40

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Arquitectura del prototipo	5
Ilustración 2 Relación entre MRTG y dispositivo	6
Ilustración 3 Adquisición de datos usando NetFlow	6
Ilustración 4 Funcionamiento de un analizador de red	7
Ilustración 5 Bloque 01 Planta Baja	14
Ilustración 6 Bloque 01 Primera Planta Alta	15
Ilustración 7 Bloque 01 Segunda Planta Alta	16
Ilustración 8 Bloque 01 Tercera Planta Alta	17
Ilustración 9 Bloque 02 Planta Baja	18
Ilustración 10 Bloque 02 Primera Planta Alta	19
Ilustración 11 Bloque 02 Segunda Planta Alta	20
Ilustración 12 Bloque 03 Aulas – Biblioteca	21
Ilustración 13 Servicios de Windows	21
Ilustración 14 Propiedades Servicio SNMP – Capturas	22
Ilustración 15 Propiedades Servicio SNMP – Seguridad	22
Ilustración 16 Server.cfg	22
Ilustración 17 Edición de server.cfg	23
Ilustración 18 Ejecución de comandos	23
Ilustración 19 Ejecución de comandos	24
Ilustración 20 Ejecución de comandos	24
Ilustración 21 Visualización de archivos generados por MRTG	25
Ilustración 22 Archivo html de análisis de tráfico	25
Ilustración 23 MRTG red ESTUDIANTE_UTMACH	27
Ilustración 24 MRTG red ADMINISTRATIVO_UTMACH	28
Ilustración 25 MRTG red DOCENTE_UTMACH	30
Ilustración 26 PRTG red ESTUDIANTE_UTMACH	31
Ilustración 27 PRTG red ESTUDIANTE_UTMACH	32
Ilustración 28 PRTG red DOCENTE_UTMACH	33
Ilustración 29 PRTG red DOCENTE_UTMACH	33
Ilustración 30 PRTG red ADMINISTRATIVO_UTMACH	34
Ilustración 31 PRTG red ADMINISTRATIVO_UTMACH	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estándares IEEE 802.11	8
Tabla 2 Características de herramientas	12
Tabla 3 Características de Redes Inalámbricas de la FIC	36
Tabla 4 Gestión de Autenticación de Red	37
Tabla 5 Características de WI-Fi, WIMAX Y MESH	38
Tabla 6 Valoración escala de Likert	38

ABREVIATURAS

UTMACH: Universidad Técnica de Machala

FIC: Facultad de Ingeniería Civil

PRTG: Paessler Router Traffic Grapher (Graficador de tráfico de Routers Paessler)

MRTG: Multi Router Traffic Grapher (Graficador de Tráfico de Múltiples Routers)

QoS: Quality of Service (Calidad de Servicio)

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

SNMP: Simple Network Management Protocol (Protocolo Simple de Administración de Red)

CPU: Central Process Unit

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

TE: Traffic Engineering (Ingeniería de Tráfico)

IP: Internet Protocol

IPv4: Internet Protocol version 4 (Protocolo de Internet versión 4)

IPv6: Internet Protocol version 6 (Protocolo de Internet versión 6)

OSI: Open Systems Interconnection Model (Modelo de interconexión de sistemas abiertos)

WIFI: Wireless Fidelity (Fidelidad inalámbrica)

WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas)

LTE: Long Term Evolution (Evolución a largo plazo)

GSM: Global System for Mobile Communication (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles)

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles)

WLAN: Wireless Local Area Network (Red de Área Local Inalámbrica)

INTRODUCCIÓN

El análisis del tráfico de red es un requisito clave en áreas como la seguridad de la red, la implementación de técnicas de QoS óptimas y el uso adecuado de recursos como el ancho de banda. [1]

El tráfico de red cambia para adaptarse a estas tendencias a medida que se implementan nuevos dispositivos, protocolos y aplicaciones. Por lo tanto, se debe analizar el impacto en los servicios y recursos dentro de la red de datos. Clasificar el tráfico de red es un requisito clave para optimizar la ingeniería de tráfico y brindar una calidad de servicio adecuada.[2]

El análisis y el modelado del tráfico de redes informáticas son esenciales para diseñar redes con características de rendimiento fiables.[3] Para el tráfico de red, los nodos deben determinar de acuerdo el acceso a las rutas disponibles. Estas decisiones pueden relacionarse no solo con el estado de los enlaces entre los nodos, sino también con el estado de los nodos en términos de porcentaje de CPU utilizada, memoria disponible y número de paquetes en cola para distribuir.[4]

A medida que aumenta la cantidad de dispositivos conectados, la cantidad de tráfico de datos que lo acompaña, ya sea fijo o móvil, aumenta significativamente al mismo tiempo. Por lo tanto, el Internet de las cosas (IoT) centrado en la información es una opción inteligente para mejores sistemas de comunicación futuros con mejor cobertura y rendimiento de capacidad.[5]

La supervisión del tráfico es importante para el funcionamiento de cualquier red IP por muchas razones. Ya sea que su objetivo sea monitorear, solucionar problemas o analizar amenazas de seguridad, necesita una forma confiable de ver todo su tráfico.[6]

La ingeniería de tráfico (TE) es una herramienta eficaz para equilibrar los flujos en una red, ajustando la configuración de enrutamiento de la red para controlar cómo se enruta el tráfico a través de la red.[7]

El análisis del tráfico de red se realiza para identificar paquetes sospechosos o maliciosos dentro del tráfico. De manera similar, los administradores de red usan este proceso para monitorear las velocidades de carga y descarga de datos y el rendimiento de la red.[8]

Históricamente, el modelado de tráfico tiene sus raíces en los sistemas de telefonía tradicionales y se ha basado casi exclusivamente en la suposición de independencia

entre tiempos de llegada de tramas sucesivas y períodos exponenciales de uso de recursos.[9] Al introducir aprendizaje en una red de este tipo, puede correlacionar acciones y resultados pasados, realizar ajustes inteligentes para extender la vida útil de la red y mejorar la calidad de la información entregada desde la red a los usuarios. Puede identificar dinámicamente la ruta de entrega de datos adecuada.[10]

Es por ello, que el presente trabajo analizará y medirá el tráfico en redes IP inalámbricas mediante herramientas tales como PRTG Y MRTG para proponer un estudio de mejora en su cobertura de red.

El presente documento consta de la siguiente estructura:

Capítulo 1: se describe el ámbito, la justificación y el establecimiento de los requerimientos.

Capítulo 2: se especifican los conceptos relevantes para la comprensión del trabajo como son: la fundamentación teórica, objetivos, diseño y ejecución del análisis.

Capítulo 3: dentro de esta sección se incluyen los análisis de los datos obtenidos y sus resultados.

1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS

1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN: DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO Y HECHO DE INTERÉS

Los grandes avances tecnológicos en el mundo han llevado a un gran aumento en el uso de Internet. Actualmente hay dos protocolos en uso que pertenecen a la capa 3 según las capas del modelo *Open Systems Interconnection* (OSI), estos son los protocolos IPv4 e IPv6. Forman parte de la capa de red y se utilizan para el funcionamiento del Internet. La gran diferencia entre estos protocolos es que IPv4 tiene un problema muy grande. Esto implica el agotamiento de las direcciones IP, ya que IPv4 está limitado a direcciones IP de 32 bits y ha sido un factor limitante de crecimiento de Internet.[11]

Sin embargo, a medida que el ancho de banda de la conexión de red aumenta rápidamente, la indexación del seguimiento del tráfico de la red enfrenta desafíos en cuanto a la velocidad de indexación, la sobrecarga de almacenamiento de índices y la eficiencia de búsqueda.[12]

Las redes informáticas continúan creciendo en tamaño y complejidad a medida que más dispositivos y servicios se conectan a Internet.[13] Actualmente, partes de América Latina se están quedando sin direcciones IP, lo que requiere una transición al protocolo IPv6 con direcciones IP de 128 bits, lo que resuelve los problemas asociados con el crecimiento de Internet. Controlar y analizar todo el tráfico que fluye a través de una red no siempre es fácil sin los conocimientos para hacerlo, y mucho menos las herramientas necesarias.

Desde la perspectiva del tráfico de red, administrar y medir el ancho de banda (la cantidad de datos transferidos durante un período de tiempo) es tan importante como el ancho de banda funcional es óptimo para servir. El uso del ancho de banda de la red es uno de los temas que deben discutirse para mejorar los niveles de rendimiento de la red.[14]

El análisis del tráfico de red correlaciona los patrones de uso de ancho de banda actuales e históricos para proporcionar un panel único para predecir las necesidades futuras de la red en su organización o instalación. Al medir la cantidad y el tipo de datos enviados a través de la red, los administradores de red obtienen un mejor control sobre sus redes, lo que garantiza un ancho de banda adecuado para los procesos críticos.[15]

Es por ello que este proyecto, tiene como alcance, analizar y medir el tráfico en redes IP Inalámbricas mediante herramientas PRTG Y MRTG en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala proponiendo un estudio de mejora en su cobertura de red.

1.2. ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTO

Para el análisis del tráfico de redes inalámbricas es necesario tener en cuenta algunas consideraciones, las cuales van a ser desarrolladas a través de pruebas obteniendo resultados eficientes.

Este proyecto está estructurado de la siguiente manera:

- Recolección de información, se considerará los campos óptimos para el estudio y así hacer el análisis comparando el nivel de tráfico de la red.
- Selección de herramientas, se realizará la detección de las redes y proceder a hacer la ejecución de las mismas obteniendo los resultados.
- Análisis, una vez que se hayan concluido las pruebas con las herramientas a utilizar, se procede a obtener las conclusiones de cada campo a valorar.
- Estudio de mejora, se realizará una propuesta de QoS de las redes en base a estándares.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO A SATISFACER

Este proyecto está enfocado en el dominio de Tecnologías de la Información y Comunicación y en la línea de investigación de Gobierno y Gestión de las Tecnologías de la Información, que están establecidas por la Universidad Técnica de Machala.

El monitoreo a lo largo de la historia tecnológica ha sido de gran ayuda en la administración de redes y el análisis de tráfico de red, los protocolos han servido de una manera significativa para la obtención de datos que permite inducir la información del estado general de la red.

Es importante saber que, frente a un problema de rendimiento de una aplicación, se debería observar y evaluar el tráfico generado. Ya que dicho análisis de tráfico ha sido útil para identificar problemas como fallos en cuanto a la configuración de la red, deterioro en el rendimiento de los servidores, problemas de latencia en componentes de la red y otras causas más.

El objetivo principal de la presente propuesta es analizar y medir el tráfico de redes IP inalámbricas usando herramientas de medición tales como PRTG y MRTG proponiendo

un estudio de mejora en su cobertura de red, de esta manera se comprobará la eficiencia, los posibles fallos que se dan en las redes IP inalámbricas.

2. CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

2.1. DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO TECNOLÓGICO

El análisis de la medición del tráfico de redes IP inalámbricas se basa en la interconectividad que tienen los dispositivos móviles, laptops y ordenadores, refiriéndose a que al momento de conectarse a la red desde un dispositivo el analizador de tráfico de red cumple su función específica de revisar la carga y descarga de paquetes que se ha producido en dicho proceso.

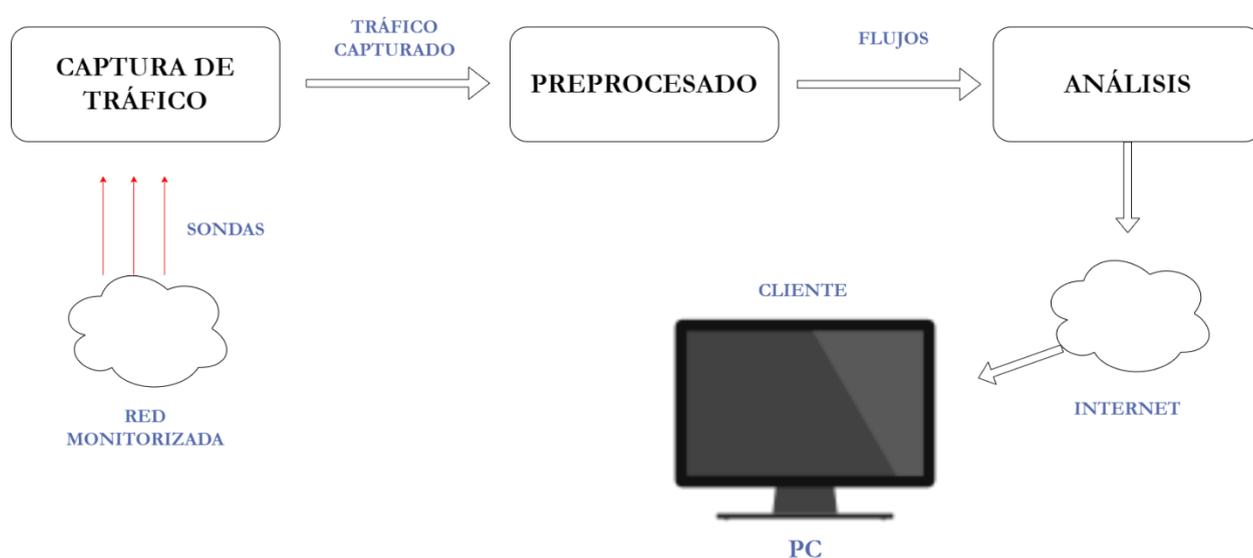


Ilustración 1 Arquitectura del prototipo

Fuente: Elaboración propia

2.1.1. FUNCIONAMIENTO DE ANÁLISIS DE MRTG

MRTG se basa en un fichero de configuración de tipo .cfg que sirve para saber que variables MIB debe representar en la gráfica. En SNMP existen dos entidades: las estaciones que gestionan, que son llamadas NMS (Network Management Station) y los dispositivos que son gestionados, llamados Agentes.

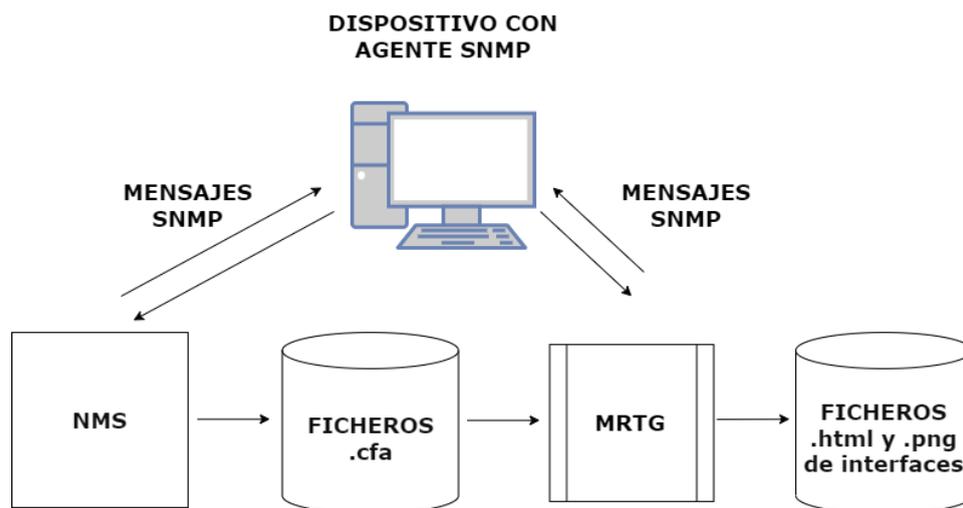


Ilustración 2 Relación entre MRTG y dispositivo

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. FUNCIONAMIENTO DE ANÁLISIS DE NETFLOW

Netflow permite analizar y monitorear el ancho de banda y así poder determinar la cantidad de tráfico causado por las direcciones IP, protocolos o programas, para llevar a cabo dicho análisis se hace una configuración de los routers de tal modo que los paquetes de flujos son enviados a un ordenador en dónde se encuentra instalado NetFlow Analyzer con una sonda PRTG. La tecnología de flujo es de poca carga para el CPU y está acoplada a las redes con tráfico de datos pesados.

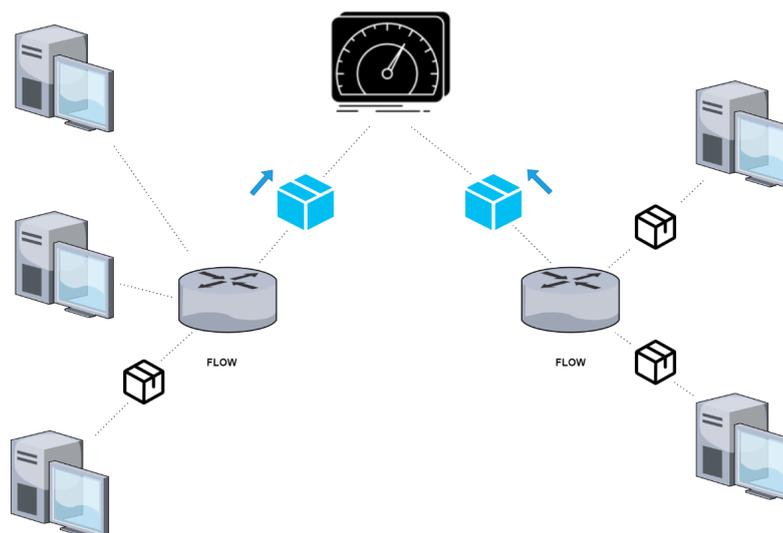


Ilustración 3 Adquisición de datos usando NetFlow

Fuente: Elaboración propia

2.2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. DIRECCIÓN IP

Se considera como la base principal para el funcionamiento de Internet. Es una dirección única para un dispositivo, por ejemplo, una computadora, servidor web o impresora. El Protocolo de Internet "regula la comunicación de objetos de programa distribuidos geográficamente".[16] Las direcciones IP también se pueden denominar grupos de dispositivos, como es el caso de Broadcasting y Multicasting.[17], [18]

2.2.2. TRÁFICO DE RED

El tráfico de red es una relación de intercambio de información entre dispositivos de redes, se considera como un tráfico de entrada y salida. Los datos se encapsulan en primera instancia en paquetes de red, que tiene como finalidad proporcionar la carga en la red. El tráfico en la red es uno de los principales componentes para la medición de tráfico de red, el control del tráfico de red y la simulación.[19]

El tráfico de red monitoreado se puede examinar o capturar directamente para un análisis detallado. Los avances en la tecnología de la comunicación han creado una gran necesidad de aplicaciones avanzadas de monitoreo que puedan usarse para analizar el tráfico de la red informática.[20]

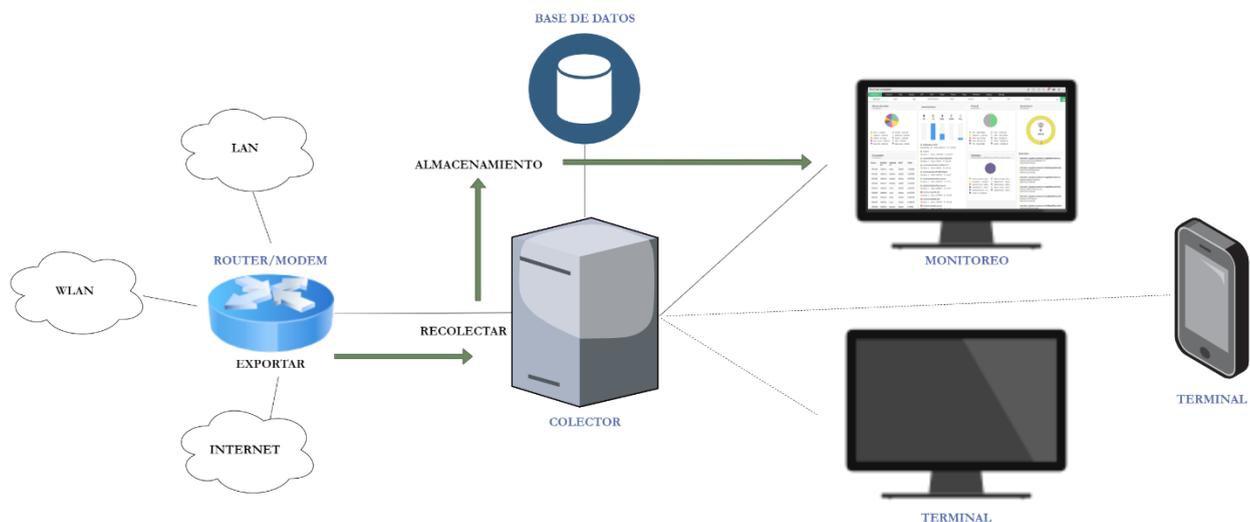


Ilustración 4 Funcionamiento de un analizador de red

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. FLUJO DE RED

Un flujo se define como una secuencia de paquetes IP que pasan a través de un punto de observación en la red durante un intervalo de tiempo específico. Todos los paquetes que pertenecen a un flujo en particular comparten algunas propiedades comunes, tales

como: direcciones IP de origen y destino y números de puerto de origen y destino.[21], [22]

2.2.4. WI-FI

Wi-Fi es una tecnología que conecta de forma inalámbrica dispositivos finales como computadoras portátiles, teléfonos inteligentes e impresoras. Ahora que Wi-Fi se ha convertido en una parte integral de nuestras vidas, es fácil encontrar una señal de Wi-Fi en su hogar, oficina o lugares públicos.[23]

Wi-Fi (Wireless Fidelity) es un estándar de comunicación internacional para redes inalámbricas. Esta tecnología inalámbrica se basa en el estándar IEEE 802.11 y utiliza tecnología de radio de espectro ensanchado para permitir que las señales se propagan a través de frecuencias de ancho de banda aprobadas oficialmente.[24]

Tabla 1 Estándares IEEE 802.11

GENERACIONES DE Wi-Fi								
ESTÁNDAR IEEE	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
AÑO DE LANZAMIENTO	1997	1999	1999	2003	2009	2014	2019	2024
MÁX VELOCIDAD (Mbps)	2	54	11	54	600	6.8 Gbps	10 Gbps	30 Gbps
FRECUENCIA (GHz)	2.4	5	2.4	2.4	2.4 / 5	5	2.4 / 5	2.4 / 5 / 6
BANDAS (MHz)	20	20	20	20	20/40	20/40/80/160	20/40/80/160	320
CANALES	23	23	11	11	11 & 23	11 & 23	-	-
MODULACIÓN	DQPSK	64-QAM	CCK	64-QAM	64-QAM	256-QAM	1024-QAM	4096-QAM
MIMO	-	-	-	-	4	8	-	16

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. ESTÁNDARES DE REDES INALÁMBRICAS IEEE 802.11

Las redes inalámbricas están divididas en tres categorías principales:[25]

1. **Redes de área extensa:** Son usadas para el servicio de telefonía móvil.
2. **Redes de áreas local sin cables:** Son usadas específicamente como una conexión entre varios ordenadores dentro de una oficina.
3. **Redes de área personal:** Son usadas como una conexión entre dos o más portátiles sin necesidad del uso de cables conectores.

2.2.5.1. IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 es un conjunto de especificaciones desarrolladas por IEEE para la tecnología de red de área local inalámbrica que define las dos capas más bajas

de la arquitectura OSI: enlace de datos y capa física.[26] La mayoría de los dispositivos y aplicaciones son compatibles con IEEE 802.11.[27]

2.2.5.2. IEEE 802.11a

Desarrollado bajo el estándar IEEE 802.11. Lanzado en 1999, operaba en la banda de 5 GHz y alcanzaba velocidades de hasta 54 Mbps.[28]

2.2.5.3. IEEE 802.11b

Este fue el primer estándar desarrollado a finales de la década de los 90. Puede transmitir datos a una velocidad de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.[29]

2.2.5.4. IEEE 802.11g

También utiliza la banda de 2.4 GHz. Este estándar aumentó la velocidad máxima de transmisión a 54 Mbps, se originó a partir del año 2003.[30]

2.2.5.5. IEEE 802.11n

El 802.11n puede lograr rangos más largos, pero también depende de la falta de interferencia. El estándar más utilizado es el 802.11n, debido a sus altas velocidades de transmisión y al uso de la tecnología Multiple-input Multiple-output (MIMO), tiene un funcionamiento tanto en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz, alcanza velocidades de hasta 600 Mbps.[31], [32]

2.2.5.6. IEEE 802.11ac

Estandarizado a finales de 2013 y principios de 2014. Opera en la banda de 5 GHz y puede alcanzar velocidades de 6.8 Gbps.[33]

2.2.5.7. IEEE 802.11ax

Es un gran salto adelante alcanzando velocidades de hasta 10 Gbps, lanzado en el año 2019 y opera en la banda de 2.4 y 5 GHz.[34]

2.2.5.8. IEEE 802.11be

Este es el próximo gran salto en la conectividad Wi-Fi. Programado para su lanzamiento en 2024, operará en las bandas de 2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz, prometiendo velocidades de hasta 30 Gbps.[35]

2.2.6. TECNOLOGÍA WIMAX IEEE 802.16X

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es una tecnología desarrollada para proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha en redes de telecomunicaciones de cuarta generación.

Tiene como objetivo brindar acceso a Internet de alta velocidad en un radio de varios kilómetros, brindando velocidades de hasta 70 Mbps en un radio de 50 kilómetros.[36]

2.2.6.1. IEEE 802.16d

También se denomina WiMAX fijo porque establece un enlace de radio entre una estación base y los dispositivos del usuario en el hogar del usuario. En redes fijas, las velocidades alcanzables son de hasta 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz, operando en las bandas de frecuencia licenciadas de 2,5 GHz y 3,5 GHz, y operando en la banda de frecuencia de 5,8 GHz con frecuencias no licenciadas.[37]

2.2.6.2. IEEE 802.16e

Conocido como WiMAX móvil, tiene muchas características que lo hacen ideal para su uso en zonas rurales y países en vías de desarrollo, y aunque actualmente compite con la tecnología LTE, conecta dispositivos móviles a Internet de la misma manera que GSM/UMTS. Esto se debe a que proporciona una alternativa para los operadores que dependen de estos servicios.[37]

2.2.7. TECNOLOGÍA MESH IEEE 802.11s

También conocidas como tecnología MESH o redes de malla inalámbrica, se consideran redes de topología de infraestructura que dan el acceso a la red para dispositivos fuera del área de cobertura.

Permiten que las tarjetas de red se comuniquen entre sí independientemente del punto de acceso. En otras palabras, un dispositivo que actúa como tarjeta de red no puede enviar paquetes directamente a un punto de acceso, pero puede reenviar paquetes a otras tarjetas de red que lleguen a su destino.[38]

2.2.8. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (WLAN)

Esta red está diseñada con el propósito de dar el paso inalámbrico en zonas con un rango de hasta 100 a 450 metros, que usan por lo general en escuelas o entornos de oficina.[39], [40]

Una red de área local inalámbrica (WLAN) es un tipo importante de red inalámbrica, que representa varios nodos inalámbricos dentro de una red de área local. El tráfico de red WLAN o tráfico de datos es la cantidad de paquetes de red que viajan desde cada nodo inalámbrico a otro nodo inalámbrico a través de la red inalámbrica, lo que proporciona una carga de toma de muestras en la red inalámbrica.[41]

Es una red que se basa en el estándar IEEE 802.11 y se comercializan bajo la marca Wi-Fi, y además brinda a los usuarios la capacidad de moverse dentro de un área de cobertura local.[42]

2.2.9. DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS

La tecnología inalámbrica se ha integrado en dispositivos desde al menos la década de 1950.[43] Actualmente, han surgido una diversidad de plataformas en respuesta al rápido incremento de dispositivos inalámbricos aplicados a la medición y automatización de procesos industriales y residenciales.[44]

2.2.10. CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

QoS (Calidad de servicio) es una familia de Internet en evolución que proporciona una forma de priorizar ciertos tipos de tráfico IP. QoS es una técnica utilizada para optimizar el uso de las redes al priorizar el tráfico de acuerdo con los objetivos.

Es un conjunto de regulaciones y técnicas diseñadas para garantizar un alto rendimiento para las aplicaciones críticas en las redes. Esto significa que garantiza un alto rendimiento en la red, lo que le permite aprovecharla al máximo.[45]

IEEE 802.11 incluye QoS en el estándar IEEE 802.11e, pero solo tendrá un soporte limitado entre el punto de acceso y la estación.

IEEE 802.16 implementa QoS basándose en flujo de datos, lo cual permite que varias conexiones entre una estación base y una estación suscriptora puedan tener diferentes niveles de QoS.

2.2.11. HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN

2.2.11.1. PRTG

PRTG Network Monitor, es una herramienta para monitorear redes es esencial para asegurar el funcionamiento de los sistemas informáticos y así evadir los posibles fallos de red. Es un software que se distribuye de manera gratuita y es ideal para la gestión de redes, permite monitorizar el ancho de banda, el tráfico de red y un sin número de características más, es sencillo de instalar, configurar y utilizar.[46], [47]

2.2.11.2. MRTG

Como sus siglas lo indican MRTG (Multi Router Traffic Grapher) es una de las herramientas más utilizadas para supervisar la carga del tráfico de interfaces de red, utiliza un formato HTML con gráficas que permiten observar la evolución del tráfico a medida del tiempo.[48], [49]

Tabla 2 Características de herramientas

CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE DE MONITOREO	
MRTG (MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER)	PRTG NETWORK MONITOR
Multiplataforma compatible con UNIX y Windows	Monitoreo de banda ancha
Herramienta de software libre	Analíticas de tráfico de red
Usa SNMP para recolección de datos de tráfico de red	Soporte de protocolos comunes (SNMP, WMI, ICMP, HTTP, SOAP, SSH, FTP, SMTP, POP3)
Mantiene constante el tamaño de archivos de registro	Monitoreo de uso específico por aplicaciones
Herramienta escrita en lenguaje C y Perl	Actualizaciones automáticas
Genera informes en formato HTML con gráficas en formato PNG	Autodescubrimiento de dispositivos
Monitoreo de INPUTS y OUTPUTS de los dispositivos analizados	BBDD integrada, mail server, web server

Fuente: Elaboración propia

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

Medir el tráfico de redes IP inalámbricas mediante las herramientas PRTG y MRTG en la FIC de la UTMACH proponiendo un estudio de mejora en su cobertura de red.

2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el tráfico de la red en tiempo real del ancho de banda utilizando la herramienta PRTG.
- Supervisar la carga de tráfico de la interface de la red mediante MRTG.
- Diseñar un estudio de mejora de las redes en base a los resultados obtenidos de las herramientas de medición.

2.4. DISEÑO DEL PROTOTIPO

El diseño del prototipo está dividido en dos partes: los equipos a evaluar y las herramientas evaluadoras.

2.4.1. REQUISITOS

A continuación, se detallan los recursos a utilizar:

Hardware:

- HP Laptop 15-da0xxx
- Procesador Intel® Core™ i7-8550U CPU 1.80GHz 2.00GHz
- RAM 16 GB
- Sistema Operativo 64 bits, procesador x64 Windows 11 Home Single Language.
- Modem-Router

Software:

- Multi Router Traffic Grapher
- PRTG Network Monitor

2.4.2. TOPOLOGÍA Y ARQUITECTURA DE LA RED DE LA FIC

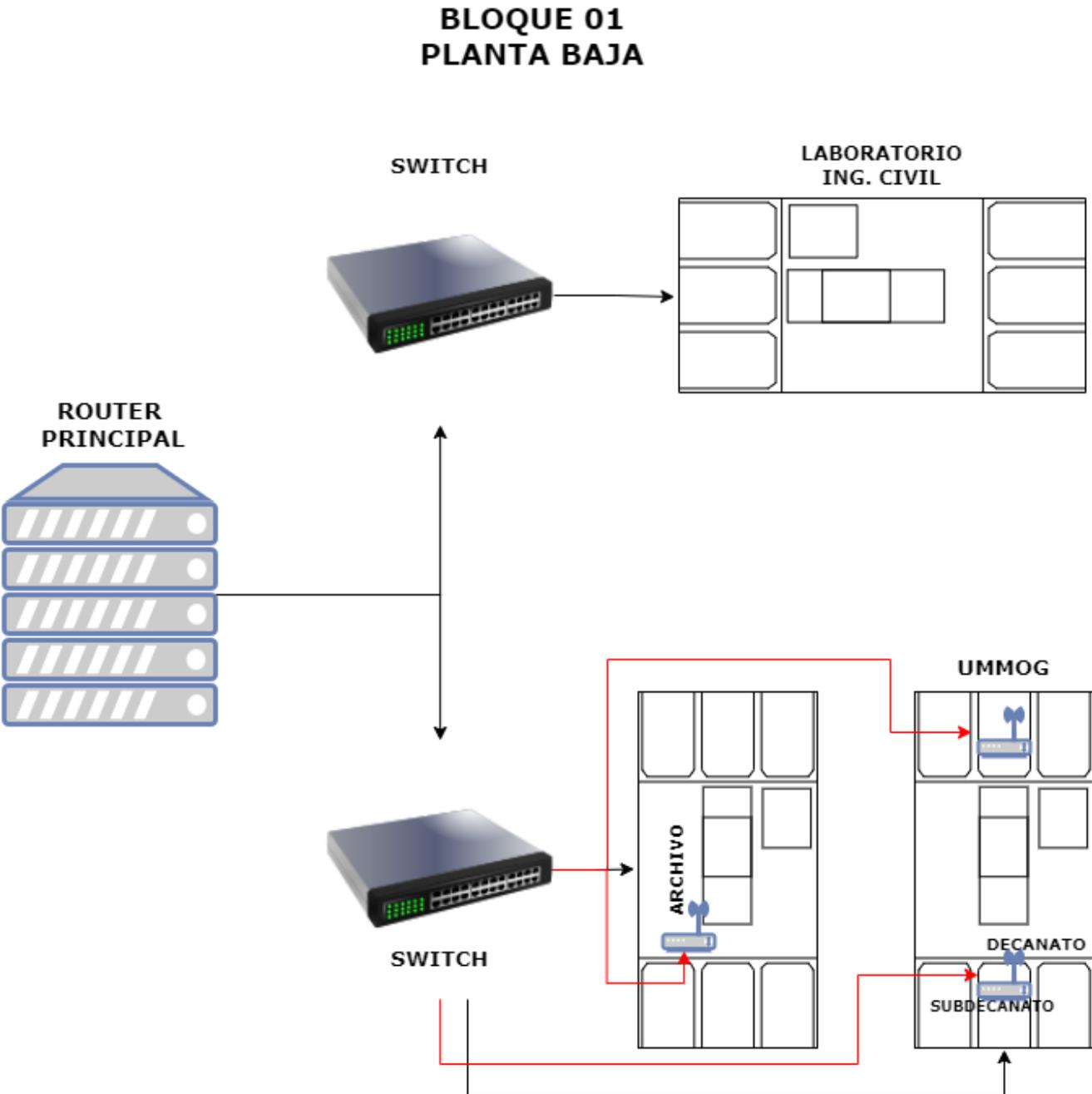


Ilustración 5 Bloque 01 Planta Baja

Fuente: Elaboración propia

BLOQUE 01 PRIMERA PLANTA ALTA

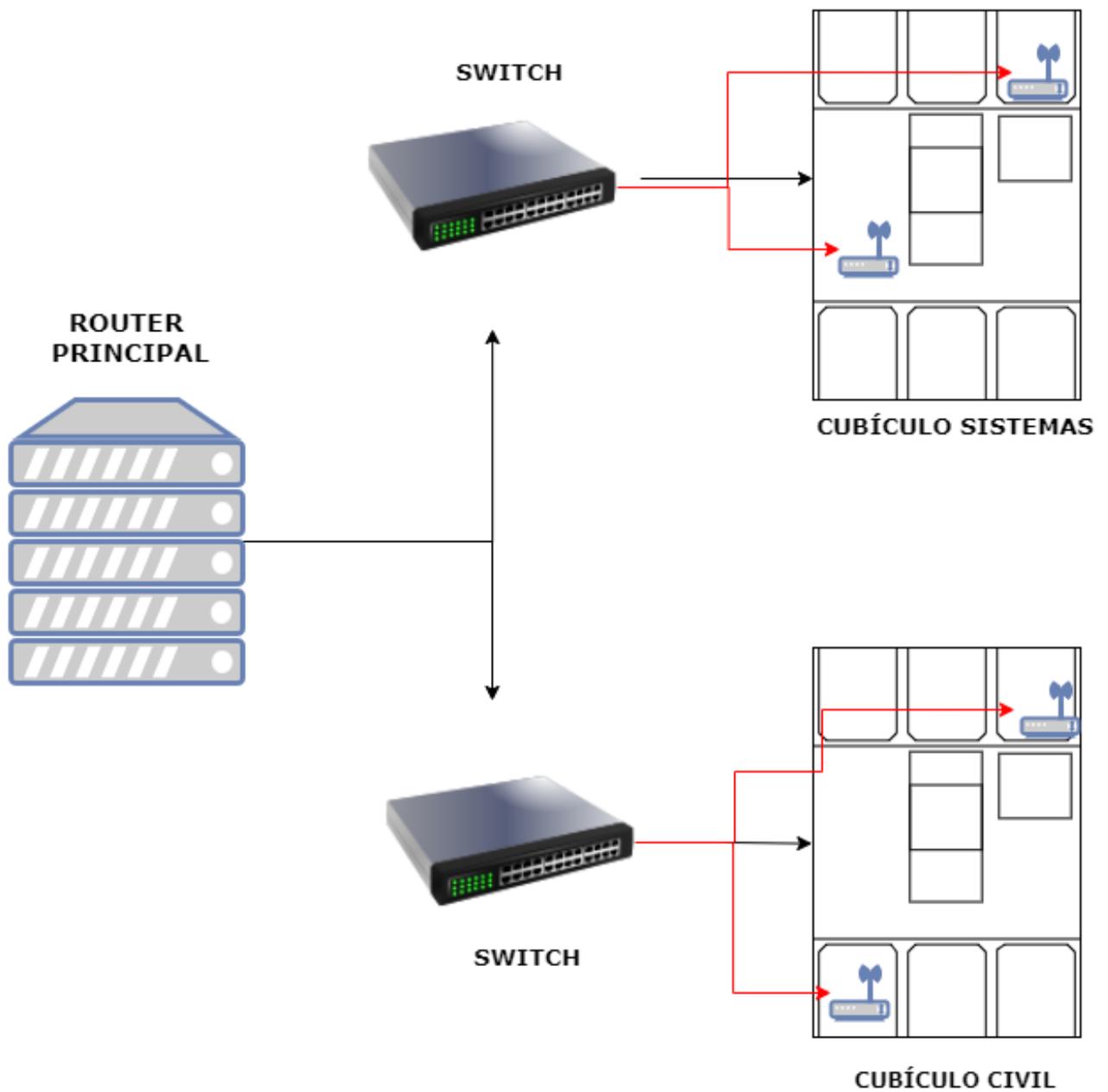


Ilustración 6 Bloque 01 Primera Planta Alta

Fuente: Elaboración propia

**BLOQUE 01
SEGUNDA PLANTA ALTA**

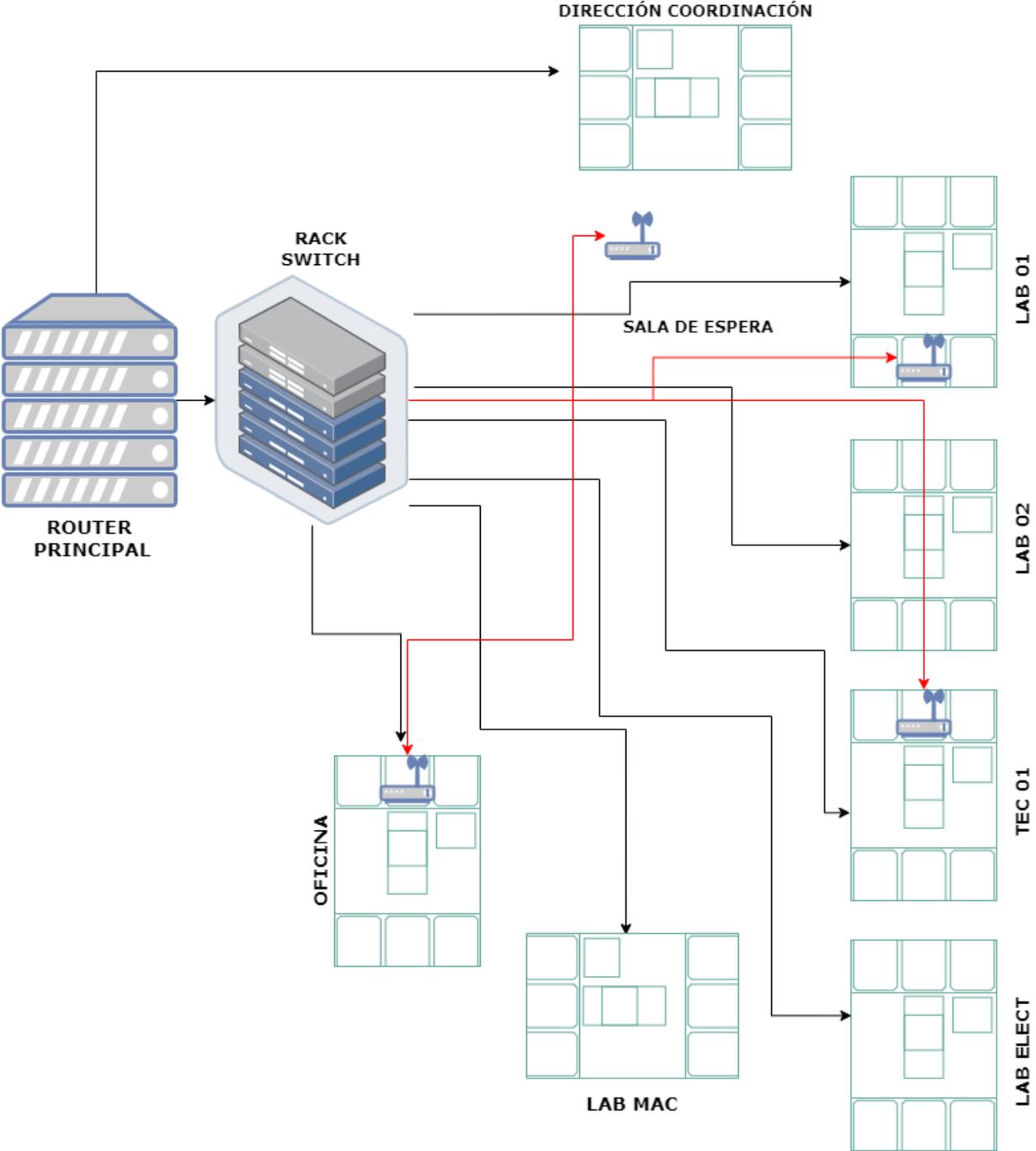


Ilustración 7 Bloque 01 Segunda Planta Alta
Fuente: Elaboración propia

**BLOQUE 01
TERCERA PLANTA ALTA**

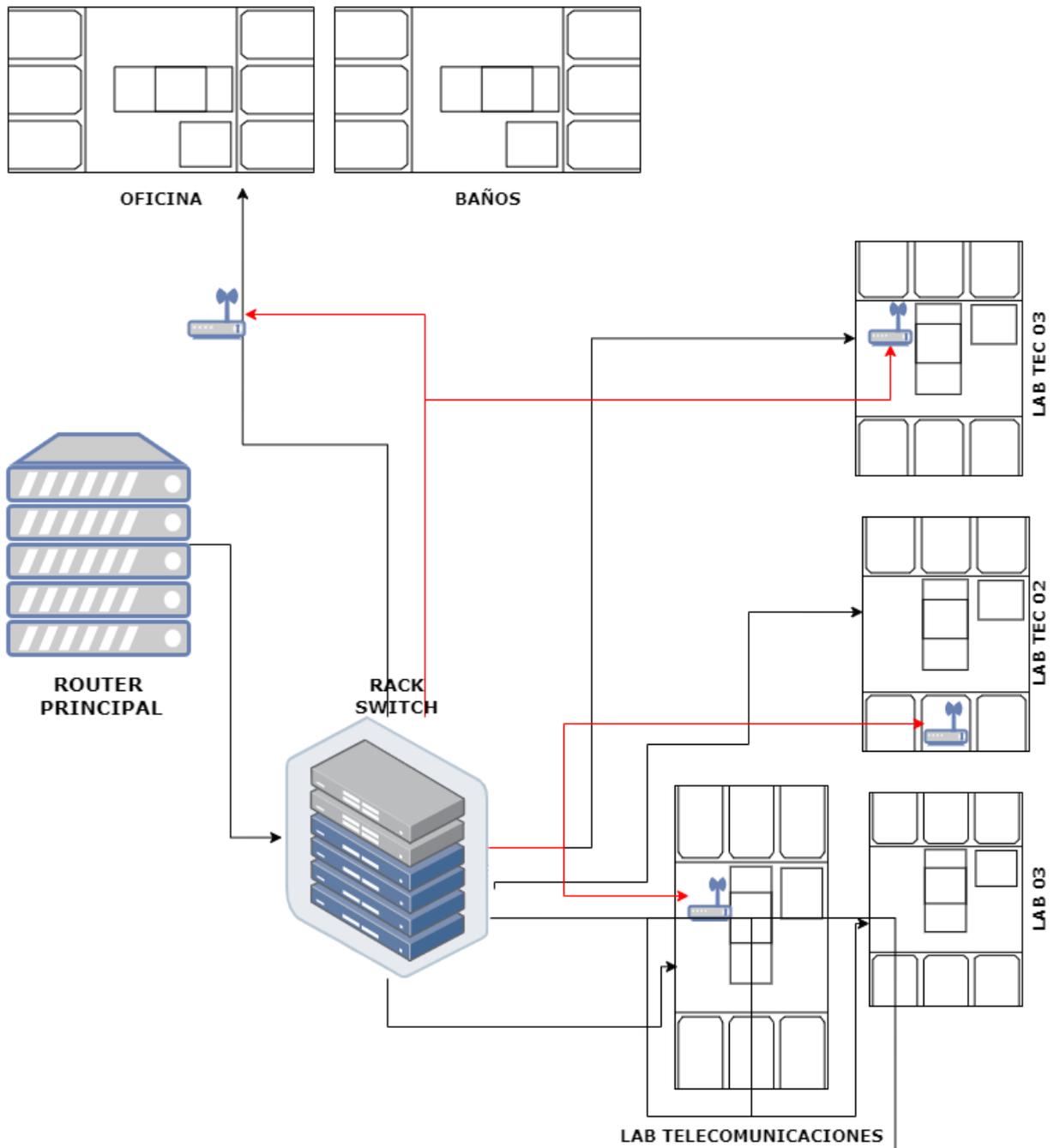


Ilustración 8 Bloque 01 Tercera Planta Alta

Fuente: Elaboración propia

BLOQUE 02 PLANTA BAJA

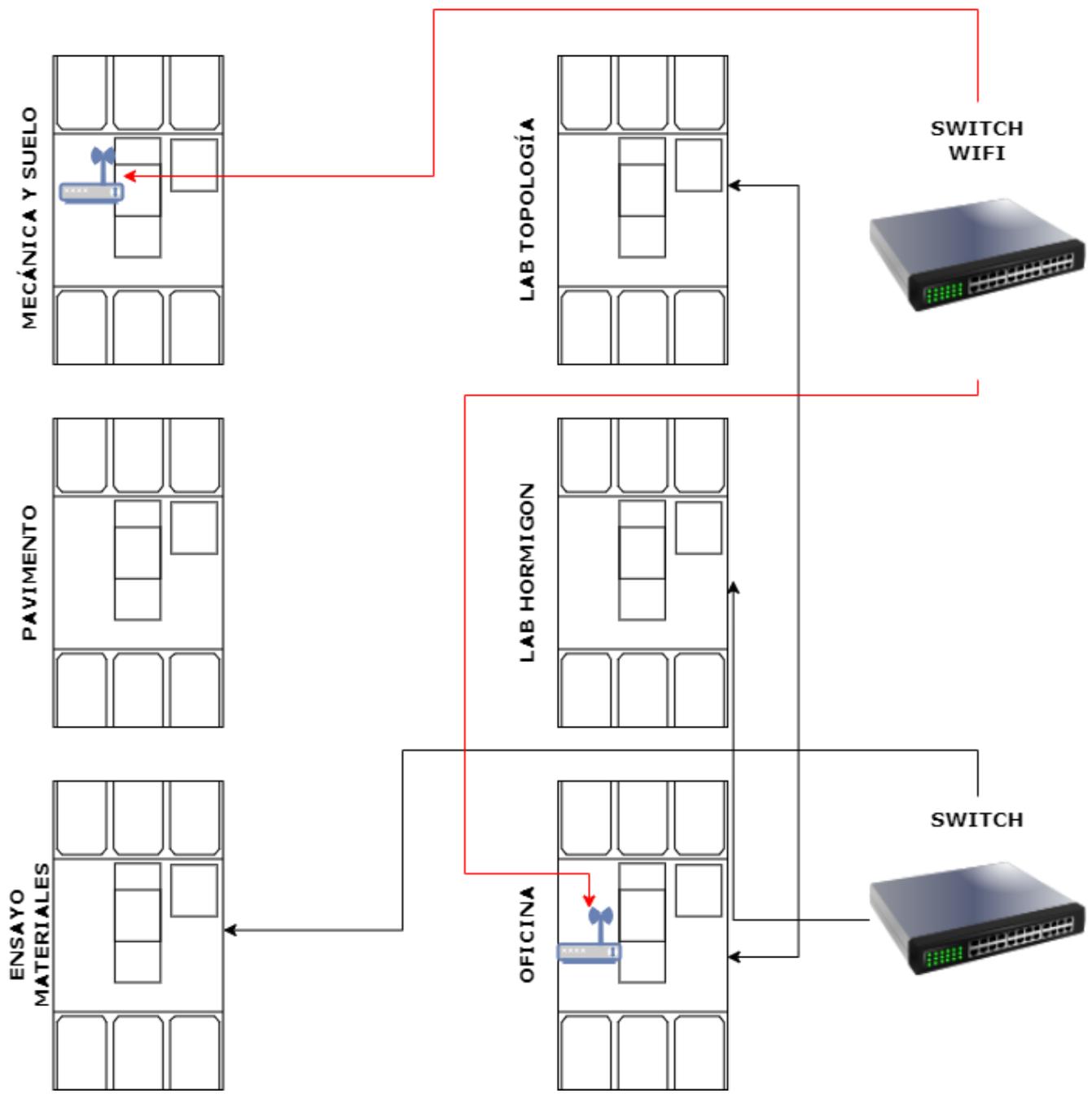


Ilustración 9 Bloque 02 Planta Baja

Fuente: Elaboración propia

BLOQUE 02 PRIMERA PLANTA ALTA

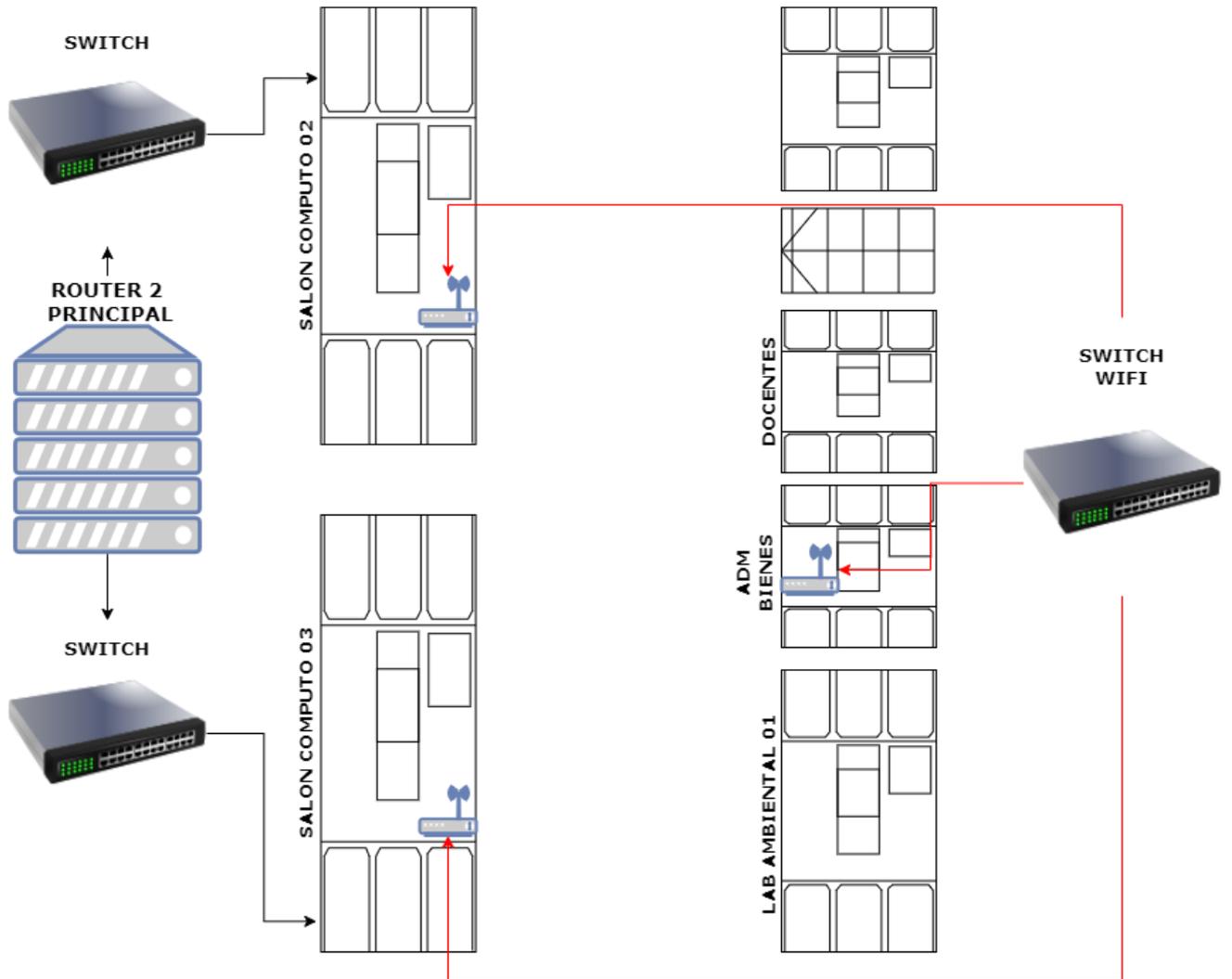


Ilustración 10 Bloque 02 Primera Planta Alta

Fuente: Elaboración propia

**BLOQUE 02
SEGUNDA PLANTA ALTA**

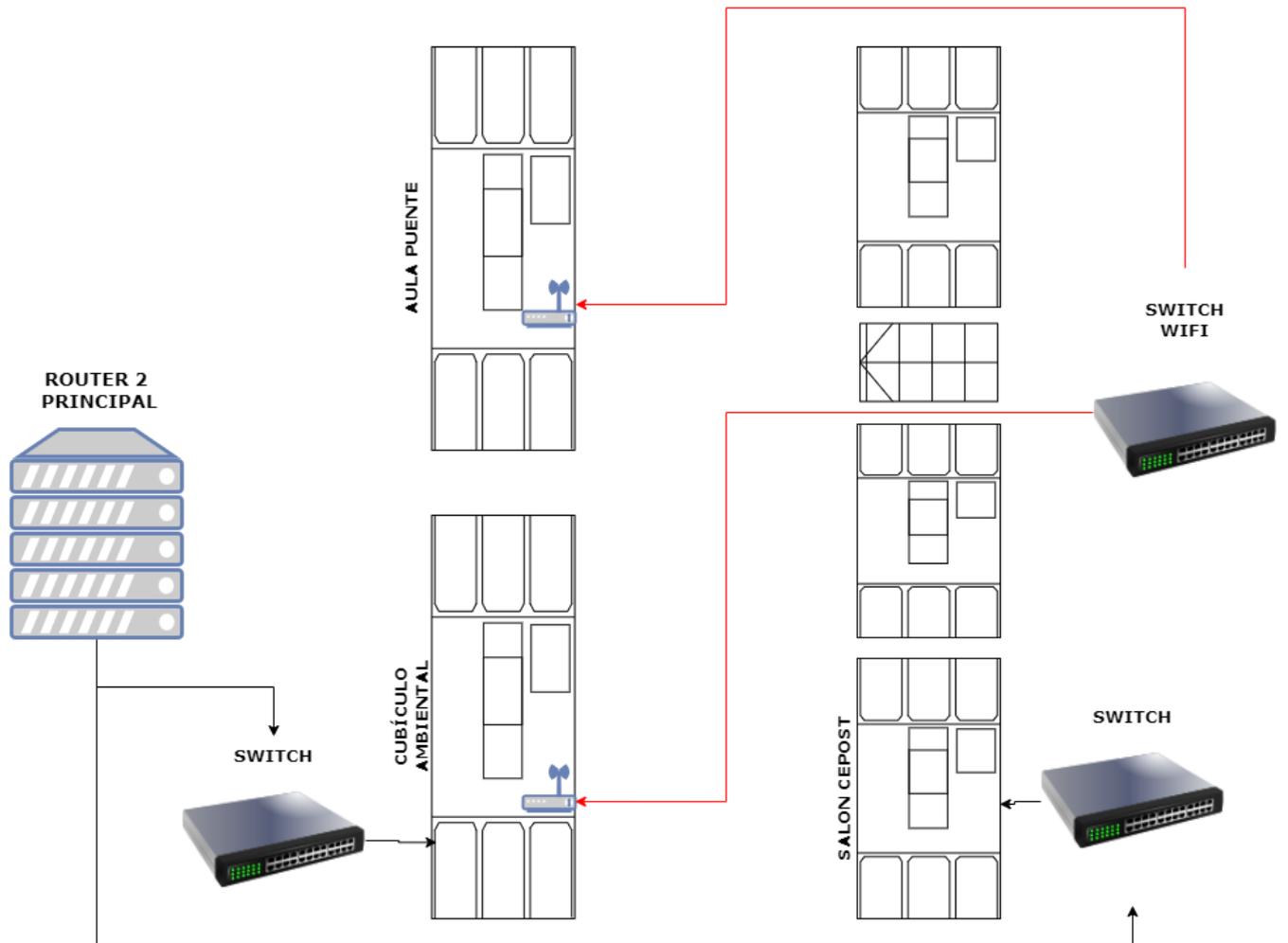


Ilustración 11 Bloque 02 Segunda Planta Alta

Fuente: Elaboración propia

BLOQUE 03

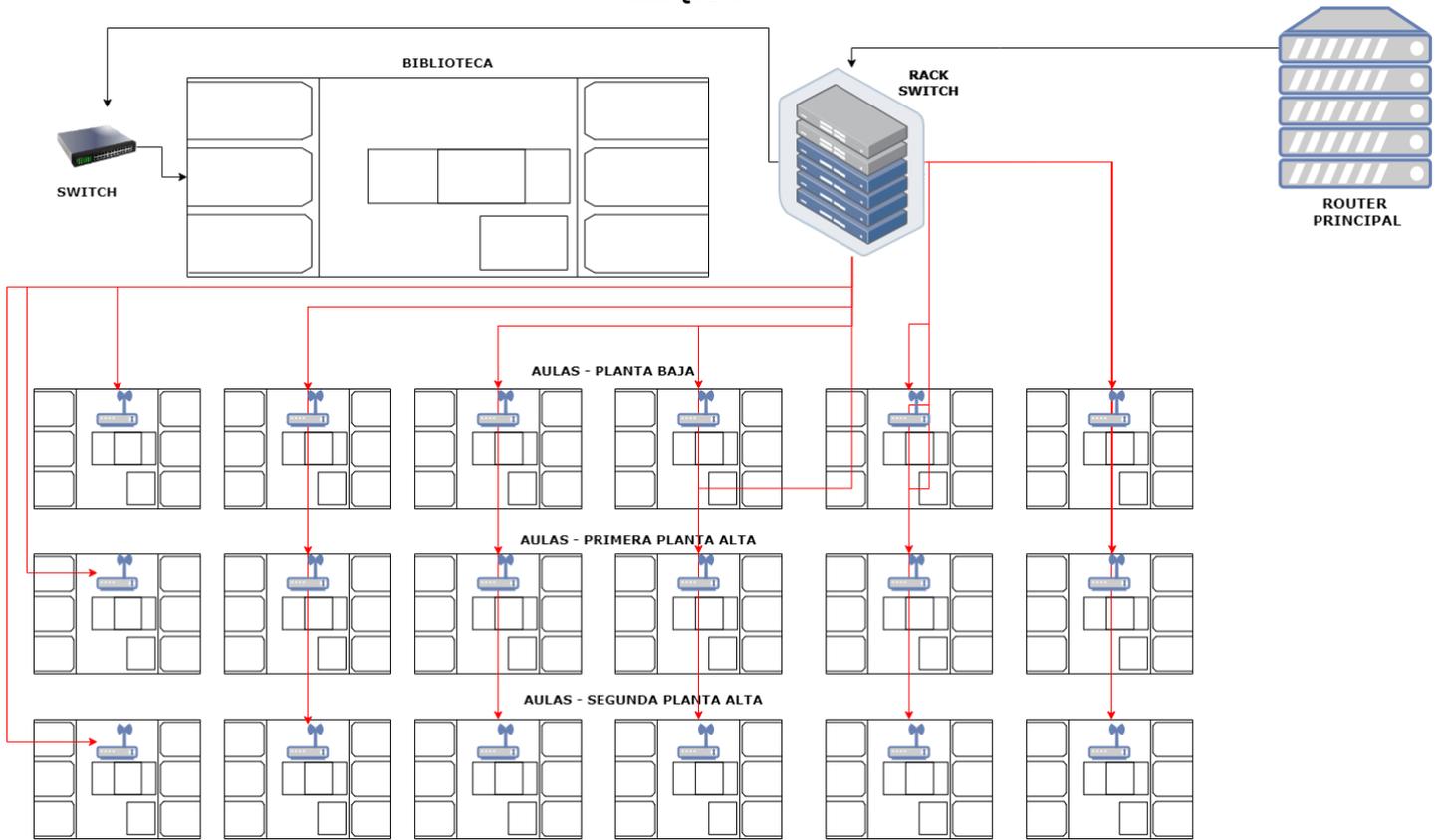


Ilustración 12 Bloque 03 Aulas – Biblioteca

Fuente: Elaboración propia

2.5. EJECUCIÓN Y/O ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO

Para poner en marcha la detección y el análisis del tráfico de red seguimos los siguientes pasos:

Ejecución del protocolo SNMP:

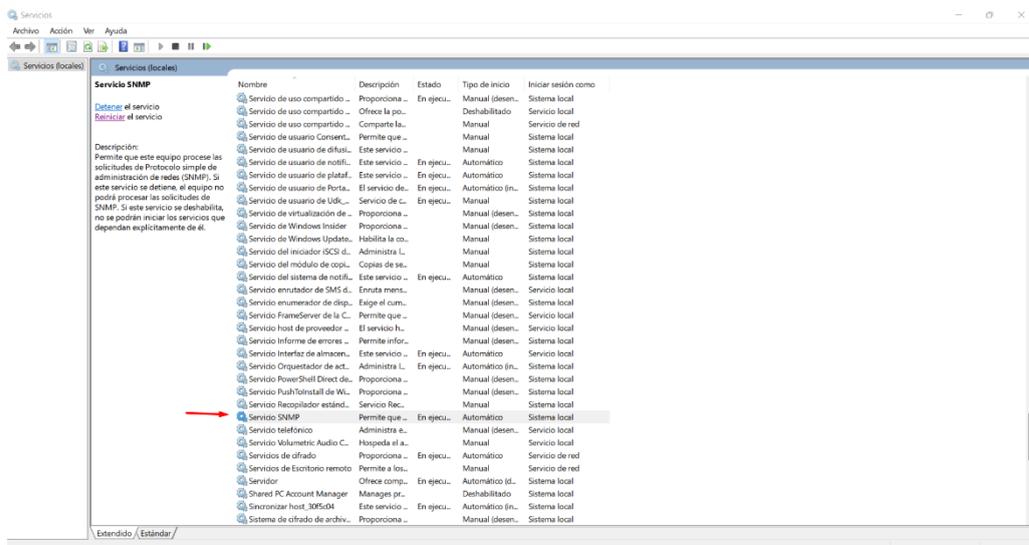


Ilustración 13 Servicios de Windows

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se agrega la dirección IP a evaluar en los servicios de SNMP:

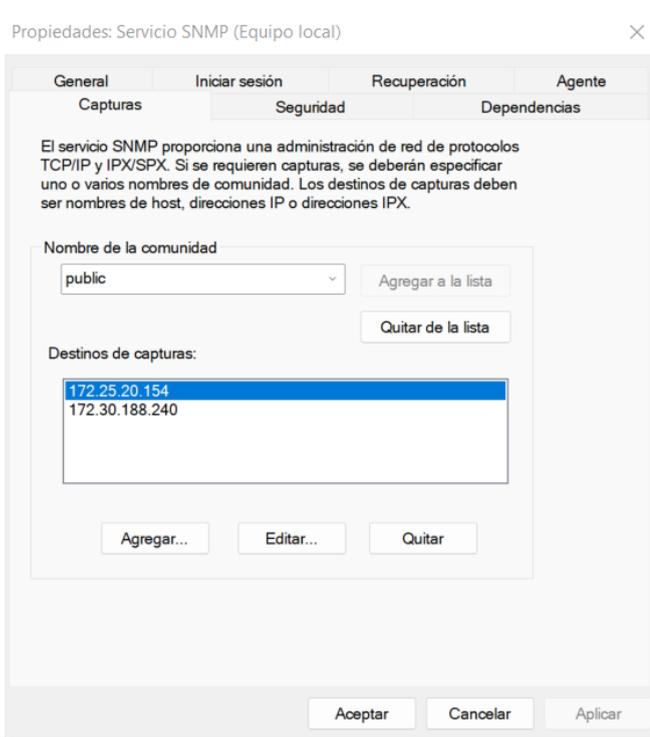


Ilustración 14 Propiedades Servicio SNMP – Capturas

Fuente: Elaboración propia

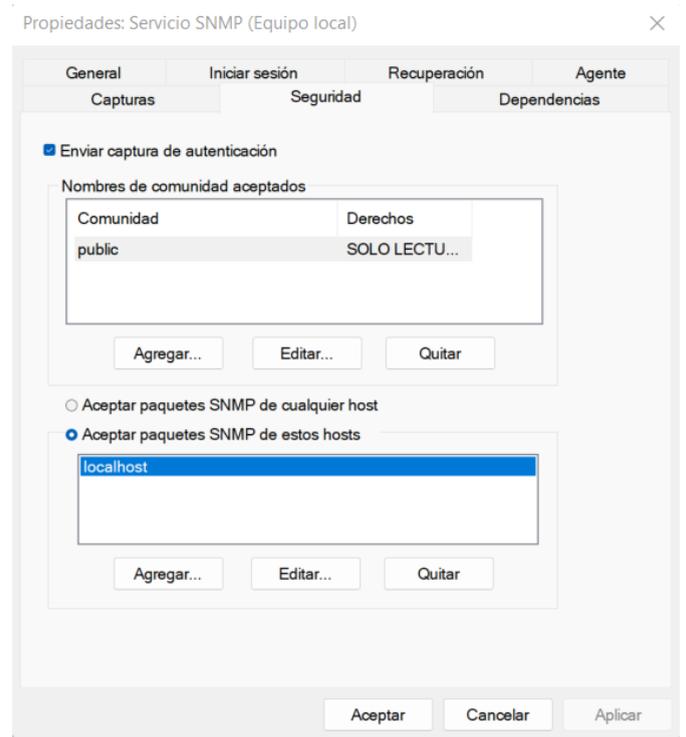


Ilustración 15 Propiedades Servicio SNMP – Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Luego se crea una carpeta llamada mrtg en el Disco Local (C:) en donde se procede a editar un archivo para que la ejecución se pueda llevar a cabo de una manera exitosa.

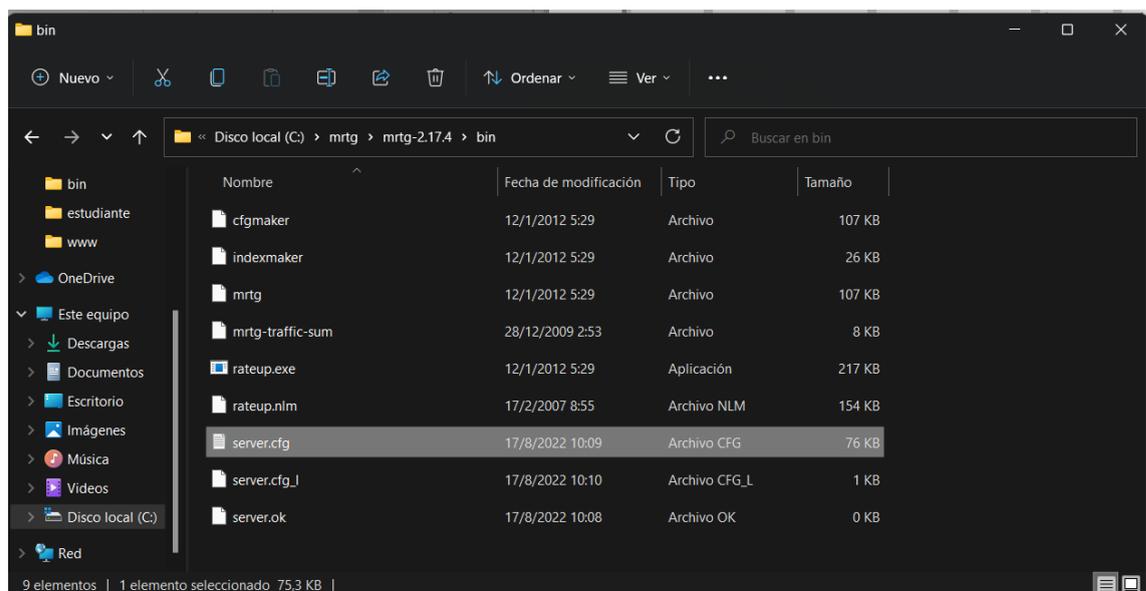
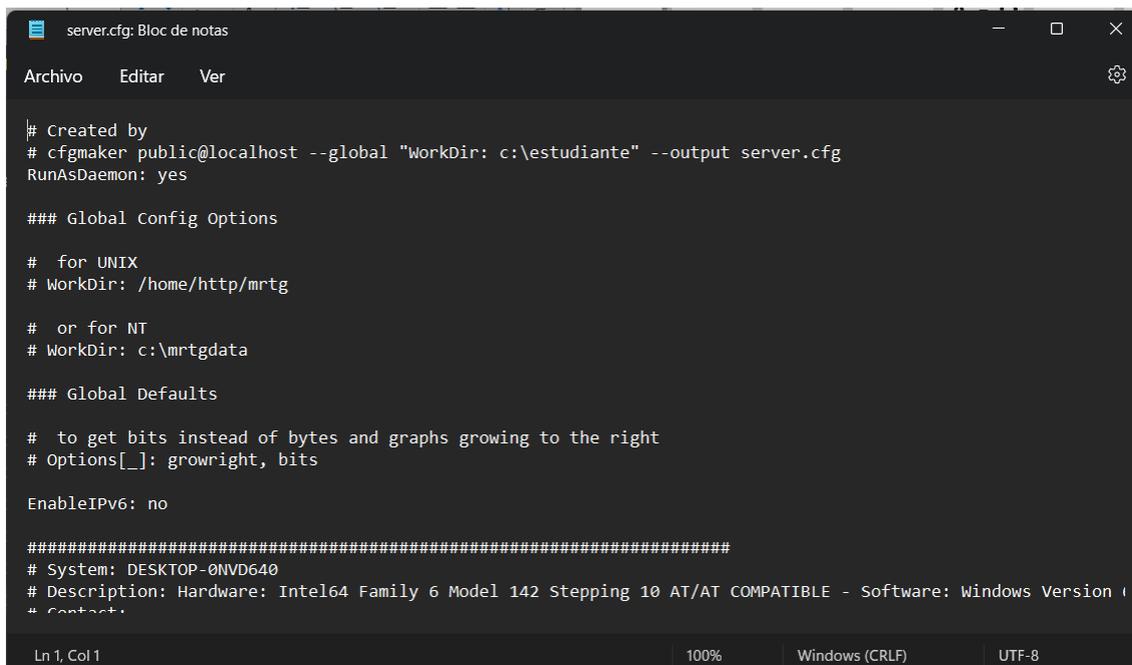


Ilustración 16 Server.cfg

Fuente: Elaboración propia



```
server.cfg: Bloc de notas
Archivo  Editar  Ver

# Created by
# cfgmaker public@localhost --global "WorkDir: c:\estudiante" --output server.cfg
RunAsDaemon: yes

### Global Config Options

# for UNIX
# WorkDir: /home/http/mrtg

# or for NT
# WorkDir: c:\mrtgdata

### Global Defaults

# to get bits instead of bytes and graphs growing to the right
# Options[_]: growright, bits

EnableIPv6: no

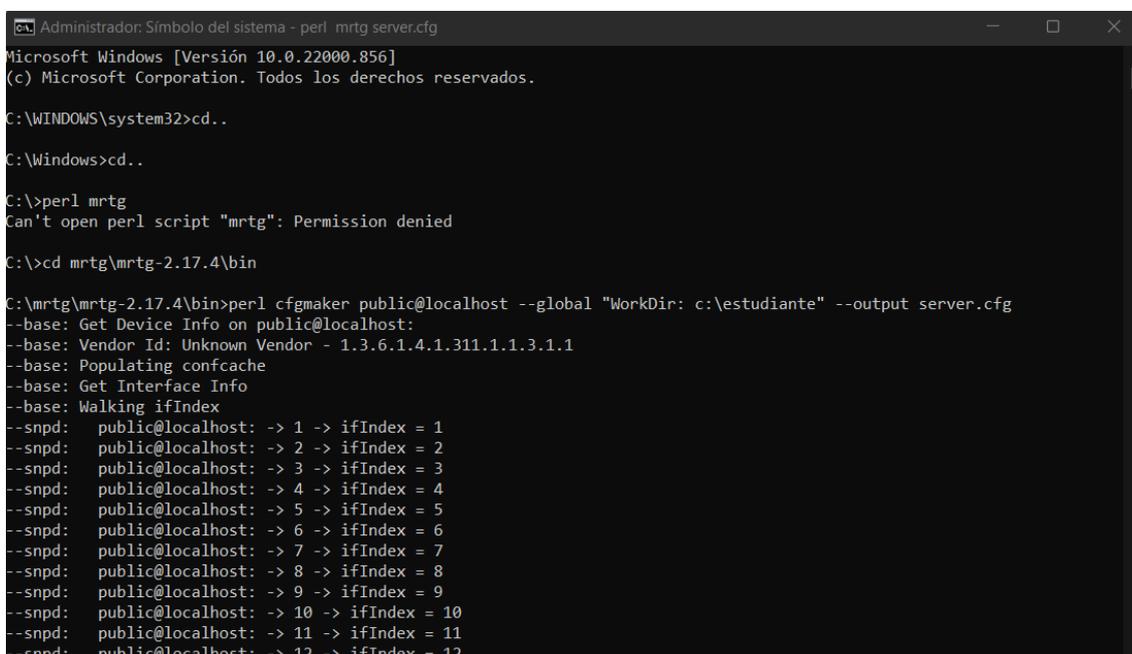
#####
# System: DESKTOP-0NVD640
# Description: Hardware: Intel64 Family 6 Model 142 Stepping 10 AT/AT COMPATIBLE - Software: Windows Version (
# Contact:

Ln 1, Col 1      100%  Windows (CRLF)  UTF-8
```

Ilustración 17 Edición de server.cfg

Fuente: Elaboración propia

Por último, en el cmd en modo administrador ejecutamos los siguientes comandos para poder hacer el análisis de tráfico en tiempo real de la red.



```
Administrador: Símbolo del sistema - perl mrtg server.cfg
Microsoft Windows [Versión 10.0.22000.856]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\WINDOWS\system32>cd..

C:\Windows>cd..

C:\>perl mrtg
Can't open perl script "mrtg": Permission denied

C:\>cd mrtg\mrtg-2.17.4\bin

C:\mrtg\mrtg-2.17.4\bin>perl cfgmaker public@localhost --global "WorkDir: c:\estudiante" --output server.cfg
--base: Get Device Info on public@localhost:
--base: Vendor Id: Unknown Vendor - 1.3.6.1.4.1.311.1.1.3.1.1
--base: Populating confcache
--base: Get Interface Info
--base: Walking ifIndex
--snpd: public@localhost: -> 1 -> ifIndex = 1
--snpd: public@localhost: -> 2 -> ifIndex = 2
--snpd: public@localhost: -> 3 -> ifIndex = 3
--snpd: public@localhost: -> 4 -> ifIndex = 4
--snpd: public@localhost: -> 5 -> ifIndex = 5
--snpd: public@localhost: -> 6 -> ifIndex = 6
--snpd: public@localhost: -> 7 -> ifIndex = 7
--snpd: public@localhost: -> 8 -> ifIndex = 8
--snpd: public@localhost: -> 9 -> ifIndex = 9
--snpd: public@localhost: -> 10 -> ifIndex = 10
--snpd: public@localhost: -> 11 -> ifIndex = 11
--snpd: public@localhost: -> 12 -> ifIndex = 12
```

Ilustración 18 Ejecución de comandos

Fuente: Elaboración propia

```
Administrador: Símbolo del sistema - perl mrtg server.cfg
--snpd: public@localhost: -> 54 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 55 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 56 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 57 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 58 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 59 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 60 -> ifSpeed = 0
--snpd: public@localhost: -> 61 -> ifSpeed = 0
--base: Writing server.cfg

C:\mrtg\mrtg-2.17.4\bin>perl mrtg server.cfg
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup could not read the primary log file for localhost_8
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup The backup log file for localhost_8 was invalid as well
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_8.old updating log file
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't rename localhost_8.log to localhost_8.old updating log file
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup could not read the primary log file for localhost_14
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup The backup log file for localhost_14 was invalid as well
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_14.old updating log file
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't rename localhost_14.log to localhost_14.old updating log file
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup could not read the primary log file for localhost_18
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup The backup log file for localhost_18 was invalid as well
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_18.old updating log file
2022-08-17 10:08:12, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't rename localhost_18.log to localhost_18.old updating log file
```

Ilustración 19 Ejecución de comandos

Fuente: Elaboración propia

```
Administrador: Símbolo del sistema - perl mrtg server.cfg
2022-08-17 10:08:13, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup The backup log file for localhost_40 was invalid as well
2022-08-17 10:08:13, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_40.old updating log file
2022-08-17 10:08:13, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't rename localhost_40.log to localhost_40.old updating log file

C:\mrtg\mrtg-2.17.4\bin>perl mrtg server.cfg
Daemonizing MRTG ...
Do Not close this window. Or MRTG will die
2022-08-17 10:10:18, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_8.old updating log file
Time::HiRes::utime(): unimplemented in this platform at (eval 12) line 1.
*** Restarting after 10 seconds in an attempt to recover from the error above
Can't exec "mrtg": No such file or directory at mrtg line 365.
Time::HiRes::utime(): unimplemented in this platform at (eval 12) line 1.
BEGIN failed--compilation aborted at (eval 12) line 1.
*** Restarting after 10 seconds in an attempt to recover from the error above
Can't exec "mrtg": No such file or directory at mrtg line 365.
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_14.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_18.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_19.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_23.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_24.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_25.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_26.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_27.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_28.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_34.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_35.old updating log file
2022-08-17 10:10:39, Rateup WARNING: C:/mrtg/mrtg-2.17.4/bin\rateup Can't remove localhost_36.old updating log file
```

Ilustración 20 Ejecución de comandos

Fuente: Elaboración propia

Luego que la ejecución esté en marcha, se podrá visualizar en una carpeta todos los archivos que se han creado a través de los comandos ingresados en cmd incluídos los archivos html que son en dónde se puede visualizar el análisis de la misma.

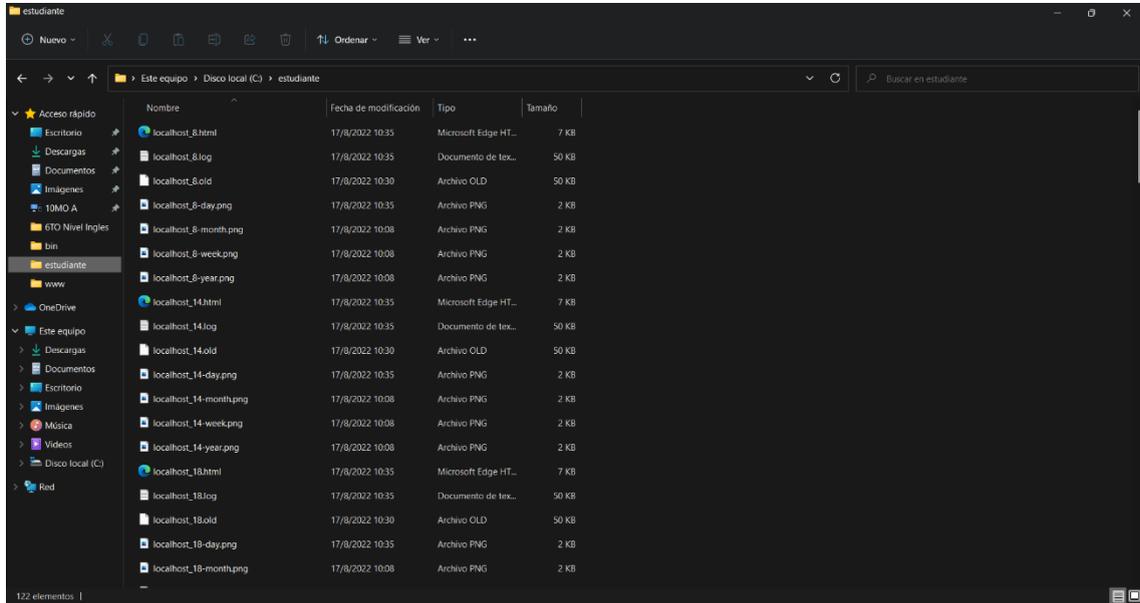


Ilustración 21 Visualización de archivos generados por MRTG

Fuente: Elaboración propia

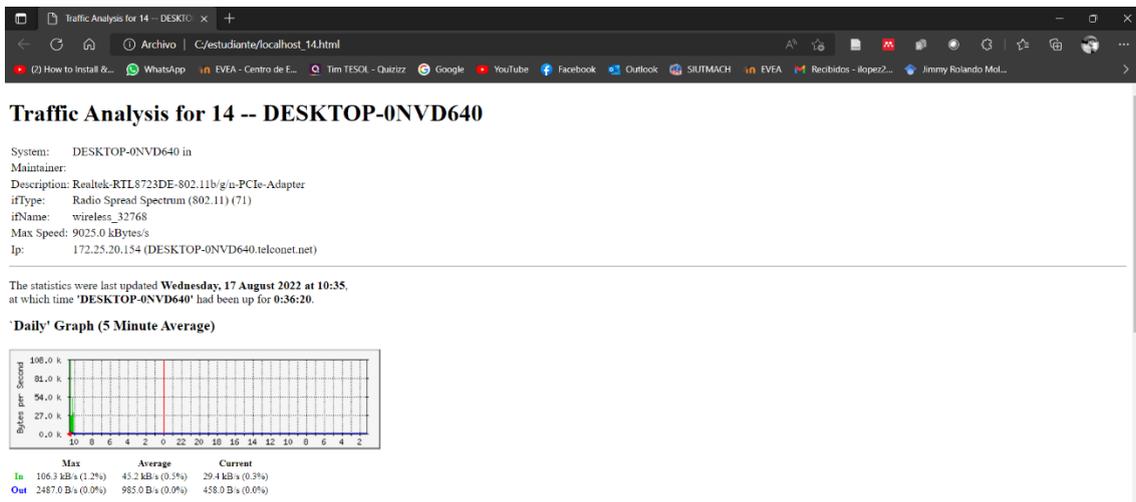


Ilustración 22 Archivo html de análisis de tráfico

Fuente: Elaboración propia

3. CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. PLAN DE EVALUACIÓN

Por medio de la evaluación del tráfico de la red podemos brindar una ayuda a los usuarios de dicha red a tener una mejor política de uso de recursos, para que de esa manera se pueda evitar los congestionamientos.

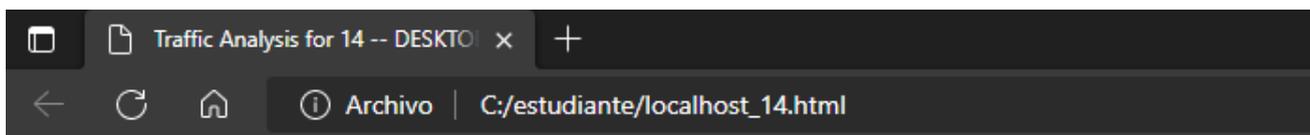
El tráfico de la red dependerá en gran parte a la topología que utiliza dicha red y también de aplicaciones que son de uso común, tales como, navegadores, correo electrónico, etc, las cuales generan tráfico en la red, y si son mal usadas pueden ocasionar una congestión en la red.

Antes de realizar una evaluación de red se debe verificar el estado de la misma para tener una línea base y mediante dicha verificación poder identificar riesgos y ofrecer mejoras.

3.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

3.2.1. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

3.2.1.1. RESULTADOS MEDIANTE MRTG

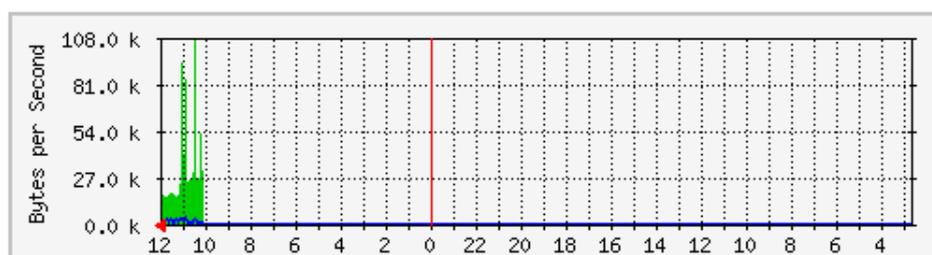


Traffic Analysis for 14 -- DESKTOP-0NVD640

System: DESKTOP-0NVD640 in
Maintainer:
Description: Realtek-RTL8723DE-802.11b/g/n-PCIe-Adapter
ifType: Radio Spread Spectrum (802.11) (71)
ifName: wireless_32768
Max Speed: 9025.0 kBytes/s
Ip: 172.25.20.154 (DESKTOP-0NVD640.telconet.net)

The statistics were last updated **Wednesday, 17 August 2022 at 12:00**, at which time 'DESKTOP-0NVD640' had been up for **2:01:20**.

'Daily' Graph (5 Minute Average)



	Max	Average	Current
In	106.3 kB/s (1.2%)	32.9 kB/s (0.4%)	18.3 kB/s (0.2%)
Out	4131.0 B/s (0.0%)	1291.0 B/s (0.0%)	541.0 B/s (0.0%)

Ilustración 23 MRTG red ESTUDIANTE_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

Una vez que hayamos hecho los análisis de medición, en la página localhost_14.html podemos ver el gráfico configurado en donde nos muestra el tráfico capturado de la red ESTUDIANTE_UTMACH.

Para este análisis se ha capturado la actividad en el tiempo de 2 horas.

Se ha monitorizado la actividad del adaptador Realtek-RTL8723DE-802.11b/g/n-PCIe-Adapter, la cual representa a la interfaz inalámbrica del ordenador el cuál sirvió de uso para las capturas del tráfico de red.

Interfaz física, IP = 172.25.20.154

Se representa el tráfico de entrada (descarga) de color verde claro y el tráfico de salida (carga) de color azul. Por lo que podemos apreciar que existe un mayor flujo de tráfico de entrada con un máximo de 106.3 kB/s, una media de 32.9 kB/s y un actual de 18.3 kB/s, y un menor flujo de tráfico de salida con un máximo de 4131.0 B/s, una media de 1291.0 B/s y un actual de 541.0 B/s, lo cual nos indica que la red tiene un tráfico bajo ya que por cuestiones de la pandemia actual COVID-19 las clases se las reciben de manera virtual y en las instalaciones hay poca afluencia de estudiantes.

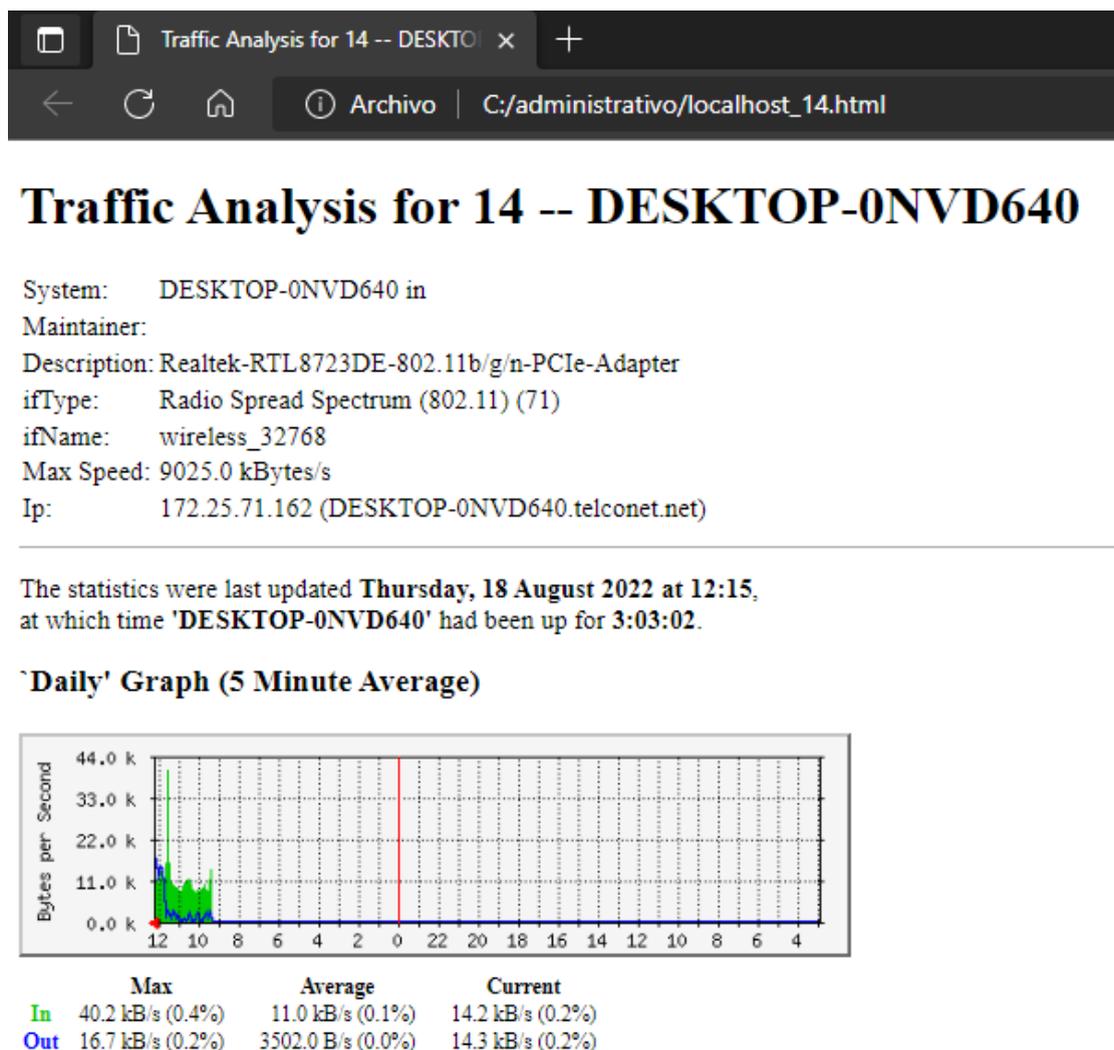


Ilustración 24 MRTG red ADMINISTRATIVO_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

En la página localhost_14.html podemos ver el gráfico configurado en donde nos muestra el tráfico capturado de la red ADMINISTRATIVO_UTMACH.

Para este análisis se ha capturado la actividad en el tiempo de 3 horas.

Se ha monitorizado la actividad del adaptador Realtek-RTL8723DE-802.11b/g/n-PCIe-Adapter, la cual representa a la interfaz inalámbrica del ordenador el cuál sirvió de uso para las capturas del tráfico de red.

Interfaz física, IP = 172.25.71.162

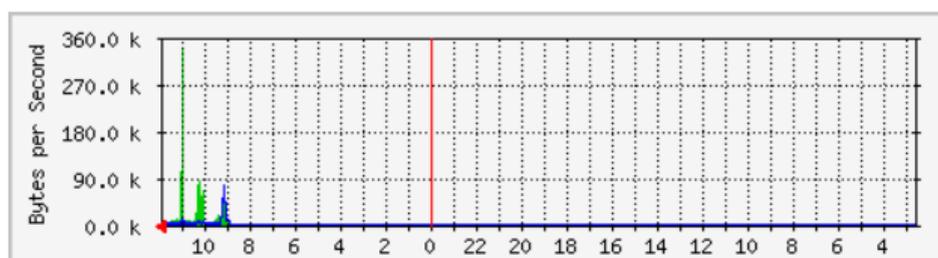
Se representa el tráfico de entrada (descarga) de color verde claro y el tráfico de salida (carga) de color azul. Por lo que podemos apreciar que en principio existe un flujo de tráfico de salida con un máximo de 16.7 kB/s, una media de 3502.0 B/s y un actual de 14.3 kB/s, y un menor flujo de tráfico de entrada con un máximo de 40.2 kB/s, una media de 11.0 kB/s y un actual de 14.2 kB/s, lo cual nos indica que al momento de iniciar la prueba de tráfico de red, existía un nivel alto de tráfico de salida y luego bajó y se mantuvo estable, esto quiere decir que si se genera un tráfico por picos en momentos determinados en la red ADMINISTRATIVO_UTMACH que es utilizada por todo el personal administrativo que labora en la institución.

Traffic Analysis for 14 -- DESKTOP-0NVD640

System: DESKTOP-0NVD640 in
 Maintainer:
 Description: Realtek-RTL8723DE-802.11b/g/n-PCIe-Adapter
 ifType: Radio Spread Spectrum (802.11) (71)
 ifName: wireless_32768
 Max Speed: 9025.0 kBytes/s
 Ip: 172.25.66.117 (DESKTOP-0NVD640.telconet.net)

The statistics were last updated **Friday, 19 August 2022 at 11:56**,
 at which time '**DESKTOP-0NVD640**' had been up for **3:04:37**.

'Daily' Graph (5 Minute Average)



	Max	Average	Current
In	335.9 kB/s (3.7%)	28.4 kB/s (0.3%)	6882.0 B/s (0.1%)
Out	75.3 kB/s (0.8%)	4538.0 B/s (0.1%)	572.0 B/s (0.0%)

Ilustración 25 MRTG red DOCENTE_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

En la página localhost_14.html podemos ver el gráfico configurado en donde nos muestra el tráfico capturado de la red DOCENTE_UTMACH.

Para este análisis se ha capturado la actividad en el tiempo de 3 horas.

Se ha monitorizado la actividad del adaptador Realtek-RTL8723DE-802.11b/g/n-PCIe-Adapter, la cual representa a la interfaz inalámbrica del ordenador el cuál sirvió de uso para las capturas del tráfico de red.

Interfaz física, IP = 172.25.66.117

Se representa el tráfico de entrada (descarga) de color verde claro y el tráfico de salida (carga) de color azul. Por lo que podemos apreciar que existe una variación de tráfico en la red durante el análisis, en principio observamos el tráfico de entrada la cual cuenta con un máximo de 335.9 kB/s, una media de 28.4 kB/s y un actual de 6882.0 B/s, y un tráfico de salida con un máximo de 75.3 kB/s, una media de 4538.0 B/s y un actual de 572.0 B/s, lo cual nos indica que la red permanecía estable hasta que llegó un punto donde hubo un congestionamiento y se observó un tráfico alto de la red, esto es debido a que el uso de dicha red DOCENTE_UTMACH es utilizada por los docentes que se encuentran en la universidad impartiendo sus clases por medio de plataformas de videoconferencias.

3.2.1.2. RESULTADOS MEDIANTE PRTG

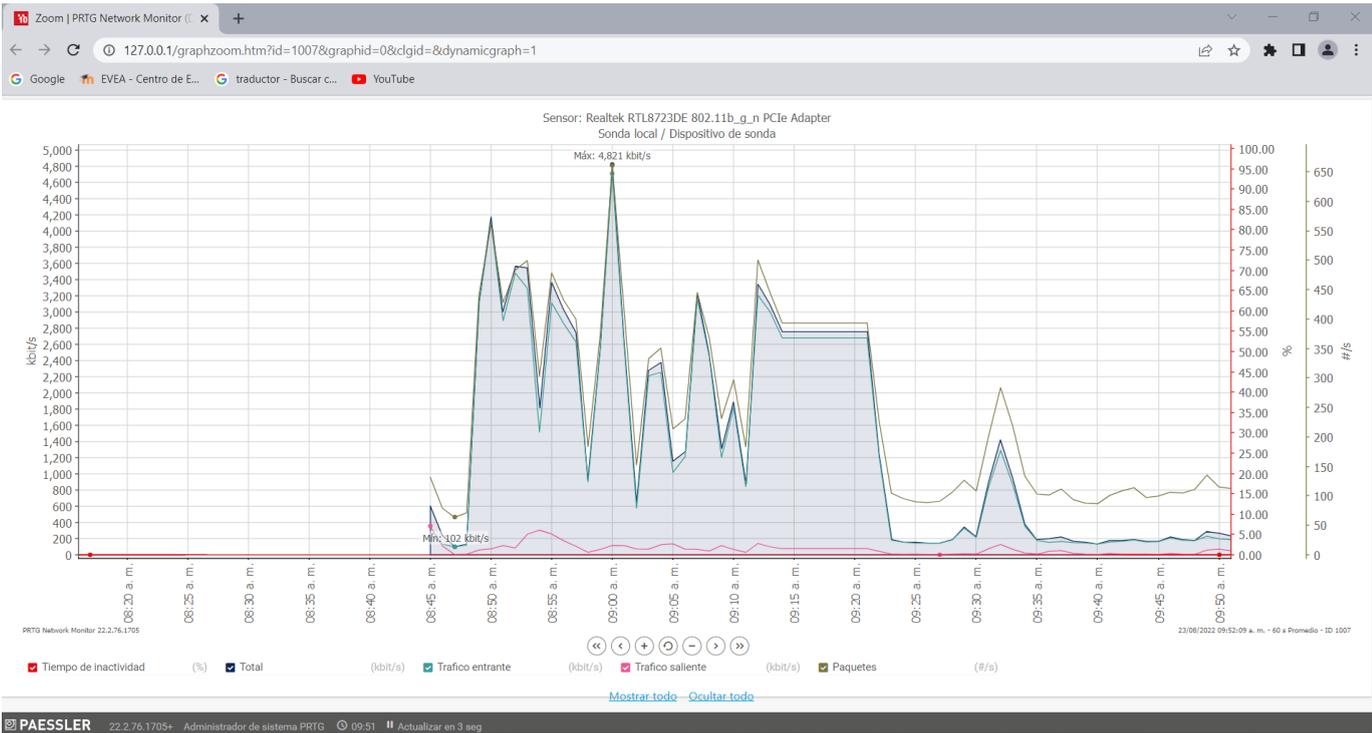


Ilustración 26 PRTG red ESTUDIANTE_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

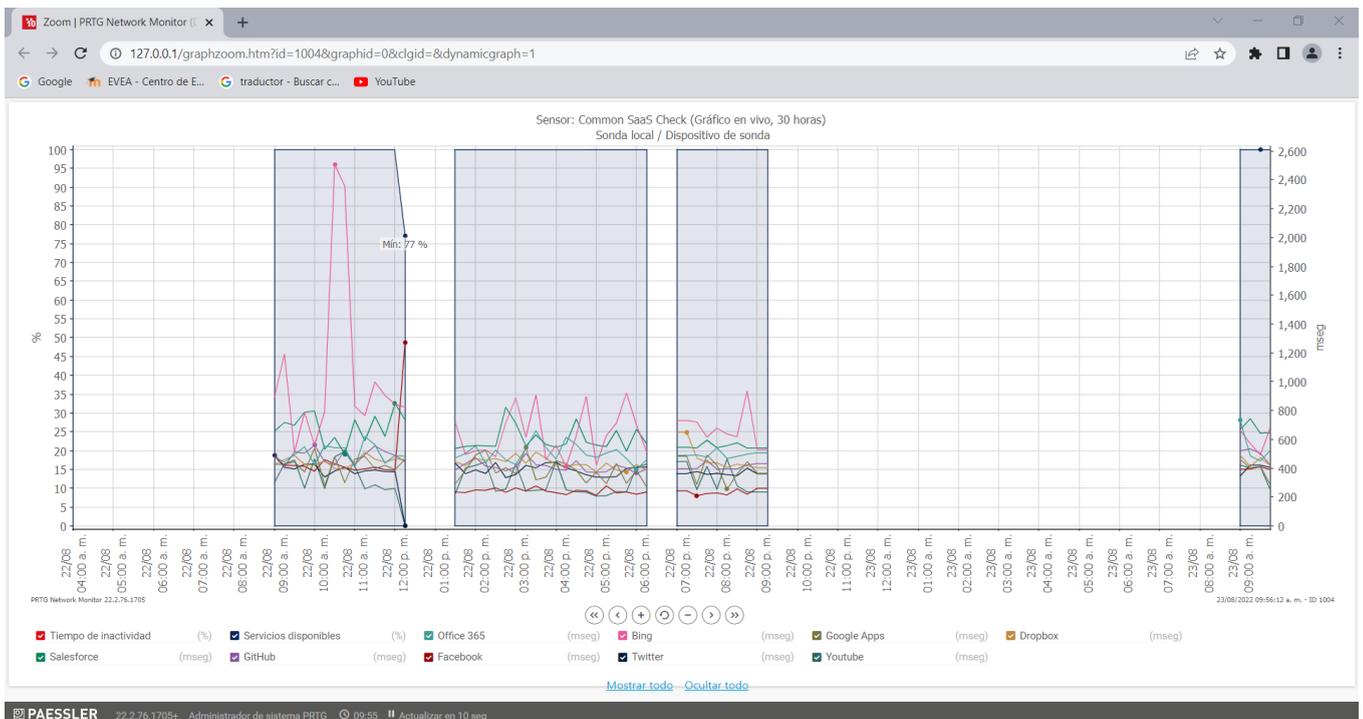


Ilustración 27 PRTG red ESTUDIANTE_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

Para este análisis se ha capturado la actividad en el tiempo de 1 hora.

Interfaz física, IP = 172.25.20.154

Mediante la herramienta PRTG se elaboró el tráfico de la red ESTUDIANTE_UTMACH, la cual obtuvimos los siguientes resultados: máximo que se representa con un color verde claro (descarga) con un total de 4821 kB/s y un mínimo que se representa con un color rosado (carga) con un total de 102 kB/s, lo que significa que la red no cuenta con un tráfico elevado por el motivo que los estudiantes no están asistiendo a las instalaciones de la universidad.

De la misma manera se observa en la ilustración 16 las aplicaciones que son utilizadas con frecuencia por los usuarios las cuales generan un tráfico en la red.

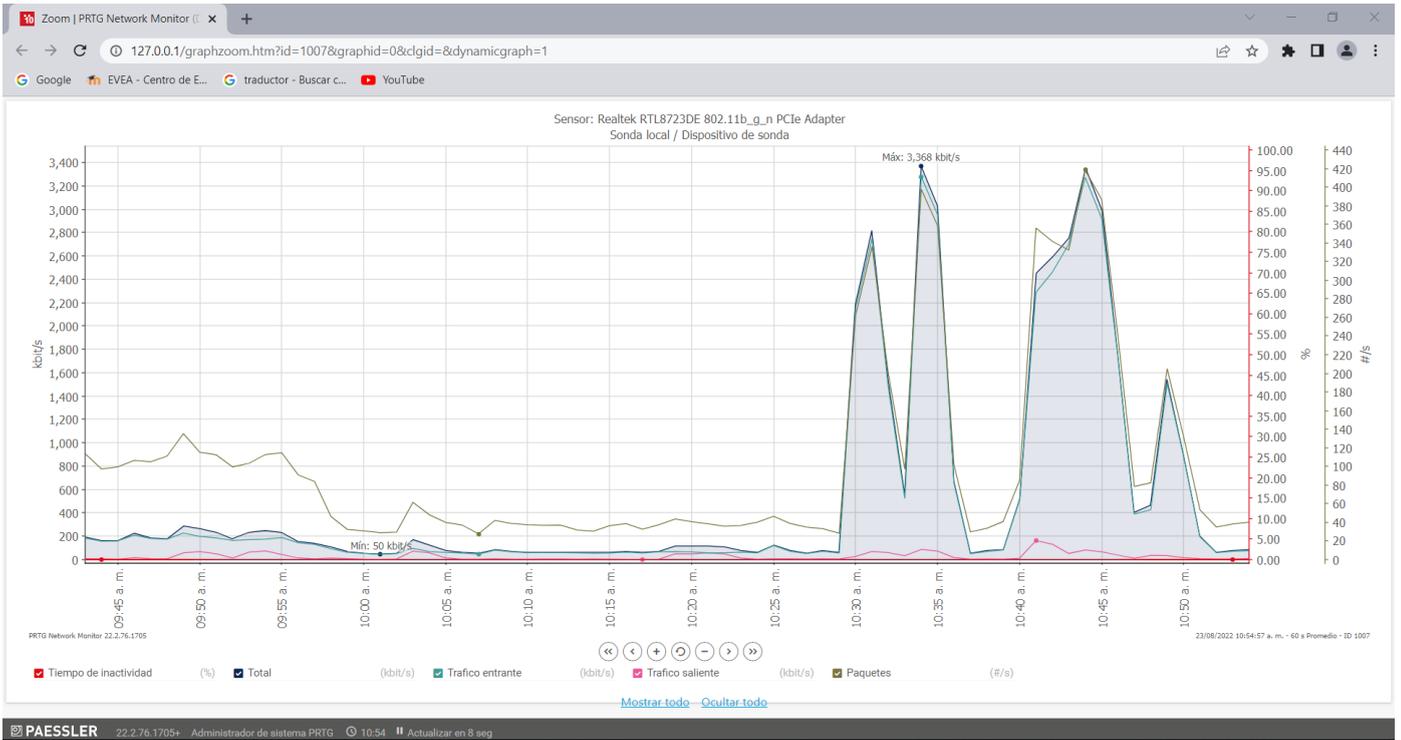


Ilustración 28 PRTG red ESTUDIANTE_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

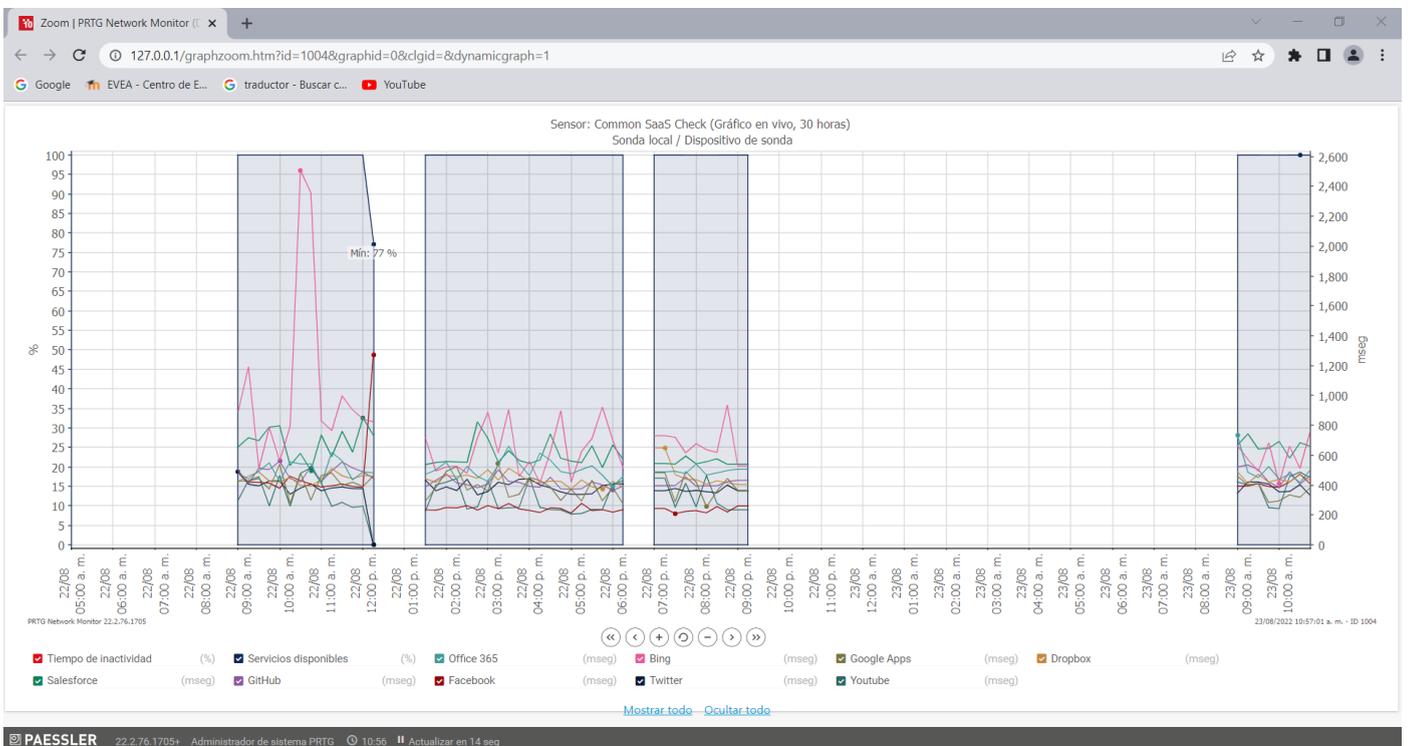


Ilustración 29 PRTG red ESTUDIANTE_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

Para este análisis se ha capturado la actividad en el tiempo de 1 hora.

Interfaz física, IP = 172.25.66.117

Mediante la herramienta PRTG se elaboró el tráfico de la red DOCENTE_UTMACH, la cual obtuvimos los siguientes resultados: máximo que se representa con un color verde claro (descarga) con un total de 3368 kB/s y un mínimo que se representa con un color rosado (carga) con un total de 50 kB/s, lo que significa que la red se encuentra estable con un porcentaje aceptable de descarga y carga.

De la misma manera se observa en la ilustración 18 las aplicaciones que son utilizadas con frecuencia por los usuarios las cuales generan un tráfico en la red.

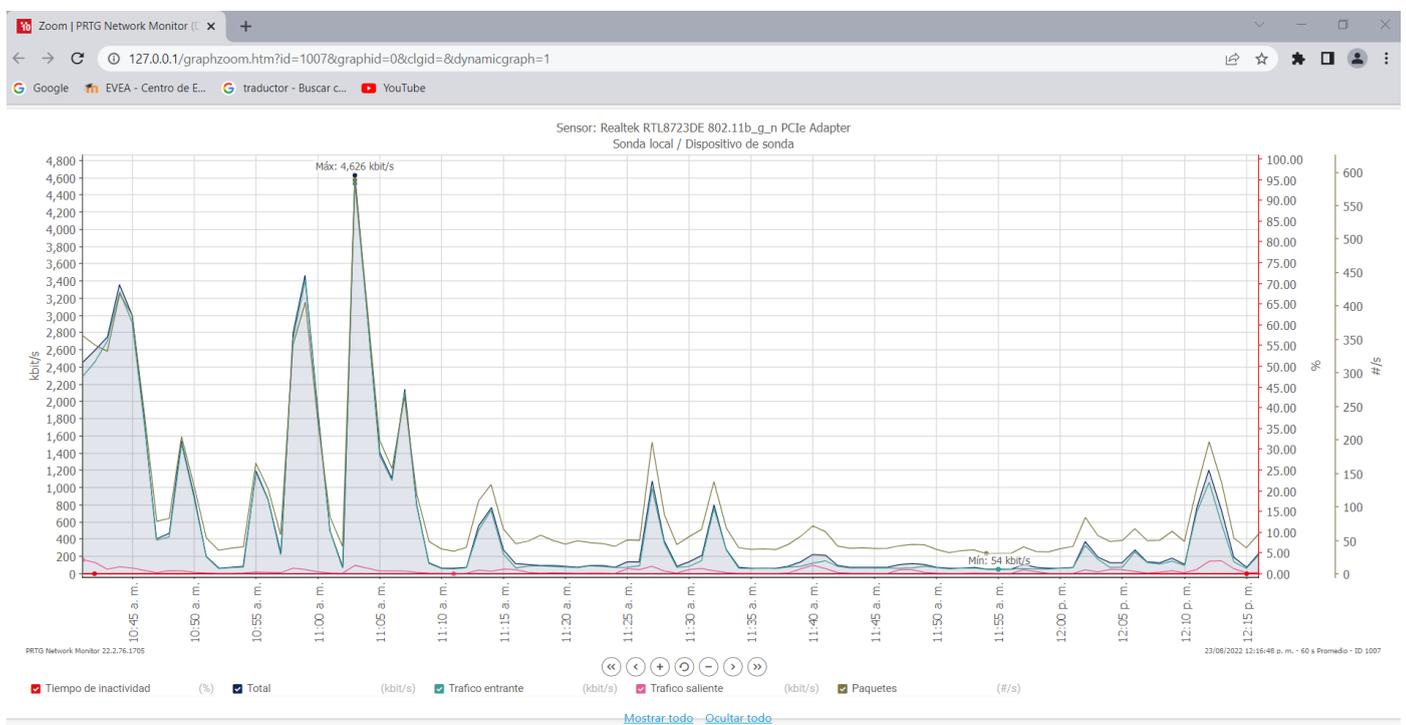


Ilustración 30 PRTG red ADMINISTRATIVO_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

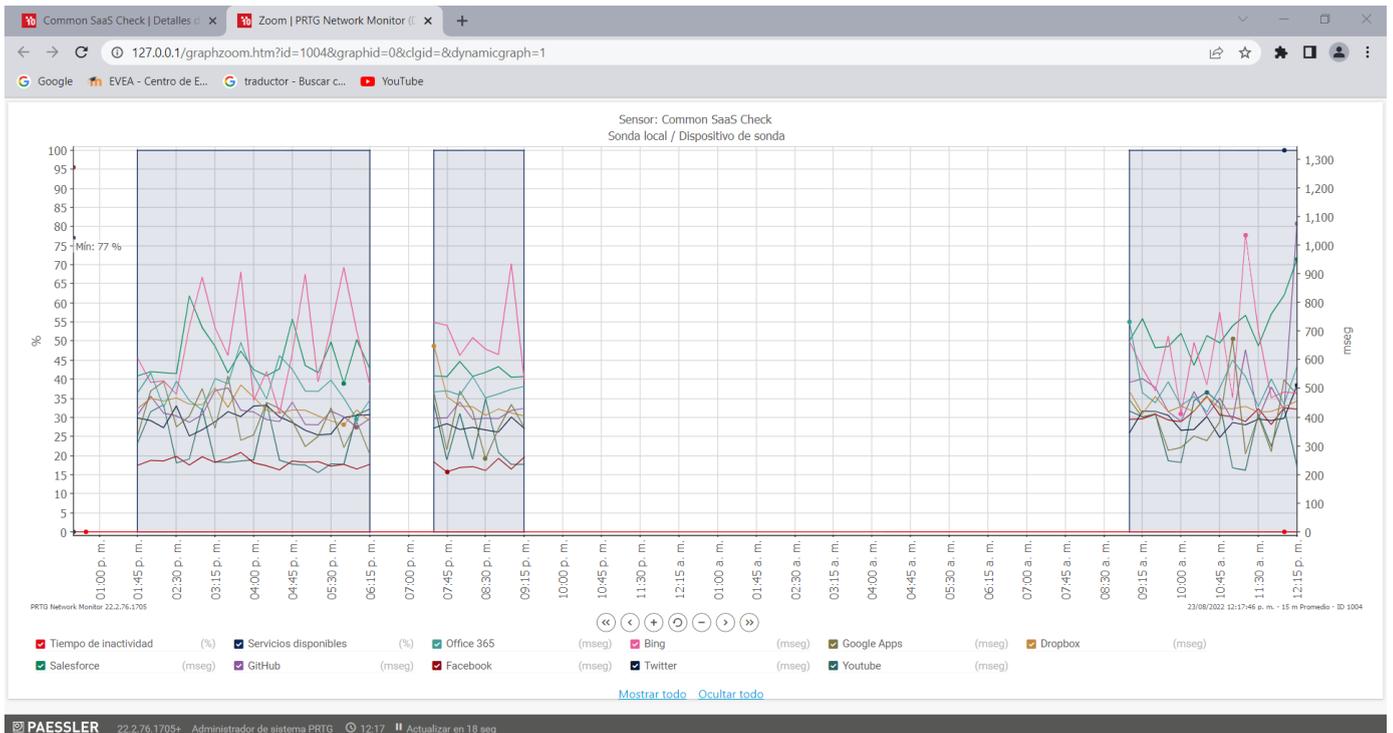


Ilustración 31 PRTG red ADMINISTRATIVO_UTMACH

Fuente: Elaboración propia

Para este análisis se ha capturado la actividad en el tiempo de 1 hora.

Interfaz física, IP = 172.25.71.162

Mediante la herramienta PRTG se elaboró el tráfico de la red ADMINISTRATIVO_UTMACH, la cual obtuvimos los siguientes resultados: máximo que se representa con un color verde claro (descarga) con un total de 4626 kB/s y un mínimo que se representa con un color rosado (carga) con un total de 54 kB/s, lo que significa que la red se encuentra estable con un porcentaje aceptable de descarga y carga.

De la misma manera se observa en la ilustración 20 las aplicaciones que son utilizadas con frecuencia por los usuarios las cuales generan un tráfico en la red.

3.2.2. ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN

A continuación, se mostrará una tabla con las características actuales de las redes evaluadas.

Tabla 3 Características de Redes Inalámbricas de la FIC

REDES INALÁMBRICAS DE LA FIC			
CARACTERÍSTICAS	ESTUDIANTE_UTMACH	DOCENTE_UTMACH	ADMINISTRATIVO_UTMACH
FRECUENCIA	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
ANCHO DE BANDA	16 MHz	19 MHz	19 MHz
TIPO DE SEGURIDAD	WPA2 - ENTERPRISE	WPA2 - ENTERPRISE	WPA2 - ENTERPRISE
ENCRIPCIÓN	AES	AES	AES
MÉTODO DE AUTENTICACIÓN	EAP PROTEGIDO (PEAP)	EAP PROTEGIDO (PEAP)	EAP PROTEGIDO (PEAP)
CALIDAD DE SERVICIO QoS	NO	NO	NO
VELOCIDAD DE DESCARGA	25 Mbps	28.15 Mbps	30.11 Mbps
VELOCIDAD DE CARGA	13 Mbps	20 Mbps	16.85 Mbps

Fuente: Elaboración propia

Mediante la autenticación de red se pueden tomar en consideración diferentes parámetros para poder evaluar las redes, mediante este cuadro comparativo, se determina qué nivel de eficiencia tienen las redes inalámbricas de la FIC, la cual cuenta con una autenticación de red mediante usuario y contraseña.

Tabla 4 Gestión de Autenticación de Red

GESTIÓN DE AUTENTICACIÓN DE RED		
CARACTERÍSTICAS	PORTAL CAUTIVO	AUTENTICACIÓN DE RED
SEGURIDAD	MEDIA - BAJA	ALTA
PÉRDIDA DE PAQUETES (%)	12.19	10.15
AMENAZAS	SI	NO
JITTER (ms)	6.02	3.48
RETARDO (ms)	46.9	25.6

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra una descripción general de las características clave de las tecnologías inalámbricas cubiertas en esta comparación.

3.2.2.1. ESCALA DE LIKERT

Las escalas Likert tienen niveles ordinales y se caracterizan por colocar un conjunto de frases seleccionadas en una escala de niveles de acuerdo/desacuerdo.

Para realizar el análisis mediante la escala de Likert, se construye una calificación numérica del 1 al 5, entendiendo que 1 es la peor calificación y 5 la máxima calificación, a partir de las diversas características técnicas consideradas en la siguiente tabla.

Tabla 5 Características de WI-Fi, WIMAX Y MESH

TECNOLOGÍAS IEEE			
CARACTERÍSTICAS	WI-FI	WIMAX	MESH
		802.11 b/g/n	802.16 d
FRECUENCIA	2.4 GHz – 5 GHz	2.3 GHz – 3.5 GHz	2.4 GHz – 5 GHz
RADIO ENLACE	0.01 – 0.1 km	1 – 15 km	-
ANCHO DE BANDA	20 MHz	1.25 – 20 MHz	20 MHz
RENDIMIENTO	36 Mbps	75 Mbps	36 Mbps
ENCRIPCIÓN	WPA - WEP	x.509 con DES - CBC	AES
MODULACIÓN	PSK – QPSK - OFDM	OFDM	PSK
PROTOCOLO DE ACCESO	CSMA / CA	DAMA / TDMA	QDMA
CALIDAD DE SERVICIO QoS	NO	SI	SI
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	54 Mbps	100 Mbps	54 Mbps

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Valoración escala de Likert

TECNOLOGÍAS IEEE			
CARACTERÍSTICAS	WI-FI	WIMAX	MESH
		802.11 b/g/n	802.16 d
FRECUENCIA	5	4	5
RADIO ENLACE	3	5	1
ANCHO DE BANDA	5	5	5
RENDIMIENTO	3	5	3
ENCRIPCIÓN	4	5	5
MODULACIÓN	5	3	3
PROTOCOLO DE ACCESO	5	4	4
CALIDAD DE SERVICIO QoS	2	5	5
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	3	5	3
TOTAL	35	41	34

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la valoración con la escala de Likert podemos mencionar que la tecnología IEEE con mayor valoración con respecto a características es la WIMAX 802.16 d.

4. CONCLUSIONES

- Debido al gran incremento del tráfico de red, las herramientas utilizadas han sido de gran provecho para determinar el uso de la misma.
- Se logró realizar el análisis del tráfico de red en tiempo real mediante la herramienta PRTG obteniendo como resultado el tráfico entrante y saliente de las redes disponibles dentro de la FIC.
- Se supervisó la carga de tráfico de la interfaz de red mediante la herramienta MRTG la cual nos permitió observar la carga actual, media y máxima de cada una de las redes inalámbricas.
- Se considera la implementación de una nueva tecnología IEEE 802.16d para el uso óptimo de las redes inalámbricas de la FIC.

5. RECOMENDACIONES

- Al realizar las pruebas de las redes es importante tener en consideración la cantidad de dispositivos que se estén utilizando en ese momento para así poder ver la carga máxima del tráfico de red.
- Al implementar las nuevas tecnologías es necesario hacer un estudio de QoS preciso y óptimo para el grado de utilización de la red, priorizando aplicaciones y páginas web académicas.
- Mejorar el funcionamiento de seguridad en su red inalámbrica apropiadas para impedir la interceptación del tráfico a través de la red.
- La nueva red debe estar protegida por un firewall la cual le permita tener todas las seguridades necesarias.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. M. M. Jesús, A. O. C. Alcides, V. R. W. Enoc, and P. M. L. Enrique, "Network traffic management in the quality of service 'QoS' WAN in Tambopata-Peru 2021," *Rev. Ciencias Soc.*, vol. 28, no. 2, pp. 300–318, 2022, doi: 10.31876/rcs.v28i2.37940.
- [2] O. J. Adeyemi, S. I. Popoola, A. A. Atayero, D. G. Afolayan, M. Ariyo, and E. Adetiba, "Exploration of daily Internet data traffic generated in a smart university campus," *Data Br.*, vol. 20, pp. 30–52, 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.07.039.
- [3] O. Markelov, V. Nguyen Duc, and M. Bogachev, "Statistical modeling of the Internet traffic dynamics: To which extent do we need long-term correlations?," *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 485, pp. 48–60, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.physa.2017.05.023.
- [4] R. Domingo Alberto, "Nuevo modelo de decisión para gestión de tráfico en redes," 2019, doi: .1037//0033-2909.126.1.78.
- [5] F. Al-Turjman, "Information-centric framework for the Internet of Things (IoT): Traffic modeling & optimization," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 80, pp. 63–75, 2018, doi: 10.1016/j.future.2017.08.018.
- [6] F. Chavarría Jiménez, "Caracterización del tráfico de dispositivos de IoT usados en residencias," *Univ. Costa Rica*, 2018.
- [7] Y. Guo, Z. Wang, X. Yin, X. Shi, and J. Wu, "Traffic engineering in hybrid SDN networks with multiple traffic matrices," *Comput. Networks*, vol. 126, pp. 187–199, 2017, doi: 10.1016/j.comnet.2017.07.008.
- [8] A. R. Reinoso Cordova, "Análisis y evaluación de riesgos de seguridad informática a través del análisis de tráfico en redes de área local. Aplicación a un caso de estudio," *Esc. Politécnica Nac.*, p. 165, 2017, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17542>
- [9] G. Millán Naveas, "Análisis de Autosimilaridad de tráfico telemático restringido al nivel de red," no. March, 2021, doi: 10.31237/osf.io/an89e.
- [10] F. M. Al-Turjman, "Information-centric sensor networks for cognitive IoT: an overview," *Ann. des Telecommun. Telecommun.*, vol. 72, no. 1–2, pp. 3–18, 2017, doi: 10.1007/s12243-016-0533-8.
- [11] M. Mönnich, N. S. Bülbül, D. Ergenç, and M. Fischer, "Mitigation of IPv6 Router Spoofing Attacks with P4," in *ANCS 2021 - Proceedings of the 2021 Symposium on Architectures for Networking and Communications Systems*, 2021, pp. 144–150. doi: 10.1145/3493425.3502765.
- [12] Y. Wang, G. Zhang, H. Jiang, and G. Xie, "Compact-index: An efficient index algorithm for network traffic," in *CoNEXT 2021 - Proceedings of the 17th International Conference on emerging Networking EXperiments and Technologies*, 2021, pp. 90–103. doi: 10.1145/3485983.3494858.

- [13] R. Beckett and R. Mahajan, "A General Framework for Compositional Network Modeling," in *HotNets 2020 - Proceedings of the 19th ACM Workshop on Hot Topics in Networks*, 2020, pp. 8–15. doi: 10.1145/3422604.3425930.
- [14] M. M. Abualhaj, S. N. Al-Khatib, Q. Y. Shambour, and A. A. Abu-Shareha, "An Efficient Method to Enhance IP Telephony Performance in IPV6 Networks," *Cybern. Inf. Technol.*, vol. 21, no. 4, pp. 145–157, 2021, doi: 10.2478/cait-2021-0048.
- [15] M. M. Abualhaj, "CA-ITTP: An efficient method to aggregate VoIP packets over ITTP protocol," *Int. J. Innov. Comput. Inf. Control*, vol. 15, no. 3, pp. 1067–1077, 2019, doi: 10.24507/ijicic.15.03.1067.
- [16] G. Beuster, O. Leistert, and T. Röhle, "Protocol," *Internet Policy Rev.*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.14763/2022.1.1651.
- [17] Ionos, "Direcciones IP," 2020, 2022. <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/direccion-ip/>
- [18] R. C. Berrevoets *et al.*, "Deployed measurement-device independent quantum key distribution and Bell-state measurements coexisting with standard internet data and networking equipment," *Commun. Phys.*, vol. 5, no. 1, p. 186, Dec. 2022, doi: 10.1038/s42005-022-00964-6.
- [19] M. Espinosa, Patricio; Yanez, "Analizador de tráfico de red," 2007, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/601/1/CD-1516%282008-06-04-12-28-31%29.pdf>
- [20] L. K. B. Melhim, M. Jemmali, B. AsSadhan, and H. Alquhayz, "Network traffic reduction and representation," *Int. J. Sens. Networks*, vol. 33, no. 4, pp. 239–249, 2020, doi: 10.1504/IJSNET.2020.109193.
- [21] A. Campazas-Vega, I. S. Crespo-Martínez, Á. M. Guerrero-Higuera, and C. Fernández-Llamas, "Flow-data gathering using netflow sensors for fitting malicious-traffic detection models," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 24, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/s20247294.
- [22] A. M. Deaconu and D. Spridon, "Adaptation of random binomial graphs for testing network flow problems algorithms," *Mathematics*, vol. 9, no. 15, Aug. 2021, doi: 10.3390/math9151716.
- [23] T. Xiaoqing, X. Guihui, S. Yajun, and L. Xin, "Ultra-low power micro Wi-Fi scattering communication device," *IET Commun.*, vol. 13, no. 18, pp. 3030–3038, Nov. 2019, doi: 10.1049/IET-COM.2018.6125.
- [24] Y. Gusqui Bejarano, "Diseño de un prototipo de red WSN para el monitoreo del nivel de contaminación de CO2 existente en el centro de la ciudad de Riobamba," 2017, [Online]. Available: <http://dSPACE.espace.edu.ec/handle/123456789/8001>
- [25] E. Garcia, Alexander; Pina, Joaquin; Leyva, "Estado del arte de las redes

inalámbricas,” 2017.

- [26] Pablo Corral González, “Mejora De Recepción De Señal En Redes Inalámbricas Aplicando Técnicas De Filtrado Y Diversidad Tesis Doctoral,” 2015.
- [27] A. K. S. Kasture, R. Vatti, S. Divekar, S. Nikam, *Análisis de la dependencia del hardware de las herramientas de medición de la intensidad de la señal WiFi*. 2018.
- [28] J. Kulkarni, N. Kulkarni, and A. Desai, “Development of ‘H-Shaped’ monopole antenna for IEEE 802.11a and HIPERLAN 2 applications in the laptop computer,” *Int. J. RF Microw. Comput. Eng.*, vol. 30, no. 7, Jul. 2020, doi: 10.1002/mmce.22233.
- [29] F. Engmann, K. S. Adu-Manu, J. D. Abdulai, and F. A. Katsriku, “Network Performance Metrics for Energy Efficient Scheduling in Wireless Sensor Networks (WSNs),” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/9635958.
- [30] D. C. G. Valadares, J. M. F. Régis de Araújo, M. A. Spohn, A. Perkusich, K. C. Gorgônio, and E. U. K. Melcher, “802.11g Signal Strength Evaluation in an Industrial Environment,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 9, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.IOT.2020.100163.
- [31] I. E. Rivera Suarez, “Implementación del Software de control de tráfico de red NM Traffic para que detecte los posibles problemas de comunicación alámbrica o inalámbrica aplicable al área de Tecnología en la empresa AGUAPEN EP,” pp. 1–95, 2017, [Online]. Available: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3781>
- [32] M. M. Abualhaj, A. H. Hussein, M. Kolhar, and M. A. AlHija, “Survey and analysis of VoIP frame aggregation methods over A-MSDU IEEE 802.11n wireless networks,” *Comput. Mater. Contin.*, vol. 66, no. 2, pp. 1283–1300, 2020, doi: 10.32604/cmc.2020.012991.
- [33] A. Zeshan and T. Baykas, “Performance Analysis of VLC Based on 802.11ac Frame Structure,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 23, no. 9, pp. 1560–1563, Sep. 2019, doi: 10.1109/LCOMM.2019.2926076.
- [34] M. Natkaniec, Ł. Prasnal, and M. Szymakowski, “A performance analysis of IEEE 802.11ax networks,” *Int. J. Electron. Telecommun.*, vol. 66, no. 1, pp. 225–230, 2020, doi: 10.24425/IJET.2020.131867.
- [35] L. Fanari, E. Iradier, I. Bilbao, R. Cabrera, J. Montalban, and P. Angueira, “Comparison between different channel coding techniques for IEEE 802.11be within factory automation scenarios,” *Sensors*, vol. 21, no. 21, Nov. 2021, doi: 10.3390/S21217209.
- [36] W. Feng, “Spectral Analysis of the Queueing Model for IEEE 802.16 Wireless Networks,” *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 121, no. 3, pp. 2073–2110, 2021, doi: 10.1007/s11277-021-08810-8.

- [37] D. Kandar, V. Dhillip Kumar, and S. Nandi, "Smart inter-operable vehicular communication using hybrid IEEE 802.11p, IEEE 802.16d/e technology," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 34, no. 11, 2021, doi: 10.1002/dac.4847.
- [38] A. Majumder and S. Roy, *Performance Comparison of Adaptive Mobility Management Scheme with IEEE 802.11s to Handle Internet Traffic*, vol. 244. 2022. doi: 10.1007/978-981-16-2919-8_8.
- [39] D. E. Cuji and D. X. Pazmiño Moreno, "Diseño E Implementación De Una Red WSN (Wireless Sensor Network) Basado En Los Protocolos Zigbee, Wifi Y Zigbee Mesh, Para El Monitoreo De Variables Climáticas En El Invernadero Ubicado En El Barrio Rumipamba Del Navas, Cantón Salcedo, Provincia De Cotopa," p. 190, 2015.
- [40] R. G. Garroppo, M. G. Scutellà, and F. D'Andreagiovanni, "Robust green Wireless Local Area Networks: A matheuristic approach," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 163, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.JNCA.2020.102657.
- [41] M. Balouchestani-Asli, "Robust wireless local area networks based on compressed sensing," *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.3390/JSAN7010015.
- [42] M. Vera Briones, *Implementación de una red de sensores inalámbricos WSN para monitorización de condiciones ambientales en sitios Indoor*. 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/55972>
- [43] B. D. Nelson, S. S. Karipott, Y. Wang, and K. G. Ong, "Wireless Technologies for Implantable Devices," *Sensors*, vol. 20, no. 16, p. 4604, Aug. 2020, doi: 10.3390/s20164604.
- [44] M. Quiñones Cuenca, Manuel; González Jaramillo, Rommel; Torres, Rommel; Jumbo, "Monitoring System of Environmental Variables Using a Wireless Sensor Network and Platforms of Internet of Things," 2017, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.139>
- [45] H. Afzal, M. Rafiq Mufti, A. Raza, and A. Hassan, "Performance analysis of QoS in IoT based cognitive radio Ad Hoc network," in *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 2021, vol. 33, no. 23. doi: 10.1002/cpe.5853.
- [46] Á. R. Párraga-Palmar, M. del R. Cruz-Felipe, and J. Párraga-Valle, "Anomaly Detection Method for a Local Area Network," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, vol. 405 LNNS, pp. 163–177. doi: 10.1007/978-3-030-96043-8_13.
- [47] Paessler, "PRTG Network Monitor," 2022. <https://www.paessler.com/prtg>
- [48] M. Taruk, E. Budiman, R. Wardhana, H. J. Setyadi, G. M. Putra, and E. Maria, "Network Traffic WLAN Monitoring based SNMP using MRTG with Erlang Theory," in *3rd 2021 East Indonesia Conference on Computer and Information Technology, EIconCIT 2021*, 2021, pp. 391–394. doi: 10.1109/EIconCIT50028.2021.9431898.

- [49] M. H. Macgregor, "Project Report MRTG Installation , Implementation and Configuration," 2021, [Online]. Available: <https://era.library.ualberta.ca/items/8f57f94f-6a1f-4757-80e5-f851bbccb187/view/20fbec17-cfa7-478f-ba6a-750efbd473cc/Parvez.pdf>