



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TÍTULO:

“DISEÑO DE UNA RED LIFI PARA EL ESTUDIO DE SATURACIÓN,
ANCHO DE BANDA E INTERFERENCIAS”

AUTOR:

CANTOS PLÚAS JOEL ANTONIO.

TUTOR:

ING. PABLO ECHEVERRÍA ÁVILA MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2020

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Cantos Plúas Joel Antonio** con C.I. 0929401305, certifico que los conceptos, diseños implementados, resultados obtenidos, así como las conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad del autor.

Por medio de la siguiente declaración concedo los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo titulación a la Universidad Politécnica Salesiana con Sede Guayaquil para todo tipo de desarrollo y reproducción.

Guayaquil, septiembre 2020

(f) 
Joel Antonio Cantos Plúas.

DECLARATORIA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **Cantos Plúas Joel Antonio** con C.I. 0929401305, manifiesto mi voluntad de ceder a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA la autoría completa y parcial del proyecto titulado **“DISEÑO DE UNA RED LIFI PARA EL ESTUDIO DE SATURACIÓN, ANCHO DE BANDA E INTERFERENCIAS”**. Concediendo de esta manera todos los permisos necesarios a la Universidad Politécnica Salesiana para la reproducción del mismo.

En condición de autor me hago responsable de los conceptos, análisis, y conclusiones obtenidas que formaran parte del patrimonio intelectual perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre 2020

(f) 
Joel Antonio Cantos Plúas.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.

Yo, **Echeverría Ávila Pablo Fabián** director del proyecto de titulación denominado **“DISEÑO DE UNA RED LIFI PARA EL ESTUDIO DE SATURACIÓN, ANCHO DE BANDA E INTERFERENCIAS”** realizado por el estudiante **Joel Antonio Cantos Plúas**, certificó que bajo mi tutoría se orientó y reviso el desarrollo del mismo, por lo tanto, se aprueba la presentación del trabajo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, septiembre 2020



.....
Ing. Pablo Fabián Echeverría Ávila MSC.
CI: 0916893357

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres y a mis hijos por creer siempre en mí y permitirme alcanzar este momento tan especial en mi vida.

Quiero dedicar también a todos mis seres queridos que de alguna u otra forma me han apoyado en mi carrera como estudiante, y gracias a ellos he logrado sobrellevar los inconvenientes que se me presentaron en cada momento.

Además, quiero dedicar este proyecto a todos mis amigos y docentes, que han estado conmigo a lo largo de toda a esta etapa, a aquellas personas que aportaron con un grano de arena en la realización de este proyecto.

Joel Antonio Cantos Plúas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme, darme fuerzas a lo largo de mi carrera, por saberme guiar por el camino correcto y darme fuerzas para enfrentar todas las dificultades que a lo largo de mi vida se me han presentado.

A mis padres por ser el ejemplo a seguir, que han sido toda la vida mis pilares fundamentales para mi realización como persona.

Agradecer a mis amigos, docentes y compañeros por confiar y creer en mí, y han hecho posible también este logro.

Joel Antonio Cantos Plúas.

RESUMEN

AÑO	ALUMNO	DIRECTOR DE TESIS	TEMA TESIS
2018	CANTOS PLUAS JOEL ANTONIO.	ING. PABLO ECHEVERRIA MSC.	“DISEÑO DE UNA RED LIFI PARA EL ESTUDIO DE SATURACIÓN, ANCHO DE BANDA E INTERFERENCIAS”

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo el diseño de una Red LIFI para el estudio de saturación, ancho de banda e interferencias con la finalidad de reforzar los conocimientos impartidos a los estudiantes de las materias de: Redes de Computadora I, II, III, de la carrera de Ingeniería Electrónica con mención en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

La propuesta del proyecto de titulación se basa en el diseño de una Red LIFI para un área específica pequeña cerrada del laboratorio de telecomunicaciones para poder transmitir datos a frecuencias entre 400 y 800 Thz, en espacio abierto, lo cual tiene la apertura de evaluar parámetros tales como: saturación de canales, ancho de banda e interferencias

Cabe recalcar la importancia del desarrollo de este proyecto, porque es novedoso trabajar sobre nuevas formas de diseño y manejo de redes inalámbricas tales como LIFI, y de todas las prestaciones y ventajas que nos ofrece esta red a diferencia de la red Wifi comúnmente más utilizada.

Tomando en cuenta una de las ventajas de los transmisores que se utilizan en la red LIFI, los cuales son diodos LED (diodo emisor de luz) los cuales contienen un circuito interno que puede variar la amplitud de la frecuencia del espectro a altas velocidades sin que el ojo humano lo perciba.

Partiendo del principio que utiliza VLC (comunicación de luz visible), el cual tiene un ancho de banda enorme en comparación al uso de ondas de radio frecuencia que se maneja en Giga Hertz para transmitir datos como lo hace el sistema Wifi.

ASBTRACT

YEAR	STUDENT	TESIS DIRECTOR	TESIS TOPIC
2018	CANTOS PLUAS JOEL ANTONIO.	ING. PABLO ECHEVERRIA MSC.	"DESIGN OF A LIFI NETWORK FOR THE STUDY OF SATURATION, BANDWIDTH AND INTERFERENCES"

The objective of this degree project is to design a LIFI Network for the study of saturation, bandwidth and interferences in order to reinforce the knowledge given to the students of the subjects: Networks of Computer I, II, III, of the career of Electronic Engineering with mention in Telecommunications of the Polytechnic University Salesiana headquarters Guayaquil.

The proposal of the titling project is based on the design of a LIFI Network for a specific small closed area of the telecommunications laboratory to be able to transmit data at frequencies between 400 and 800 THz, in open space, which has the opening to evaluate parameters such as: channel saturation, bandwidth and interferences.

It is necessary to emphasize the importance of the development of this project, because it is novel to work on new forms of design and handling of wireless networks such as LIFI, and of all the benefits and advantages that this network offers to us unlike the Wifi network commonly used.

Taking into account one of the advantages of transmitters used in the LIFI network, which are LED diodes (light emitting diode) which contain an internal circuit that can vary the frequency amplitude of the spectrum at high speeds without the human eye perceiving it.

Starting from the principle that uses VLC (visible light communication), which has a huge bandwidth compared to the use of radio frequency waves that is handled in Giga Hertz to transmit data as does the Wifi system.

ABREVIATURA

Lifi: Light Fidelity (Fidelidad de la luz).

Wifi: Wireless Fidelity (Fidelidad inalámbrica).

THz: Tera Hertz (Unidad electromagnética).

VLC: Visible Light Communication (Comunicación de luz visible).

LED: Light Emitting Diode (Diodo emisor de luz).

INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
DECLARATORIA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	III
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABREVIATURA.....	IX
INDICE GENERAL.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
1. EL PROBLEMA.....	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Temporal.....	2
1.2.2 Espacial.....	2
1.2.3 Académica.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	3
1.6 IMPORTANCIA Y ALCANCE.....	4
1.7 BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA.....	4
1.8 MÉTODOS.....	4
1.8.1 Metodología experimental.....	4
1.9 TÉCNICAS.....	4
1.9.1 Técnica Documental.....	4
1.9.2 Técnica de Campo.....	4
2. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	5
2.1 SISTEMA DE ALTA FIDELIDAD.....	5
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA RED LIFI.....	6
2.2.1 Capacidad de ancho de banda.....	6
2.2.2 Densidad de datos.....	6
2.2.3 Alta velocidad.....	6
2.2.4 Planificación.....	6
2.2.5 Eficiencia de bajo coste.....	7
2.2.6 Energía.....	7
2.2.7 Medio Ambiente.....	7

2.2.8	Seguridad.....	7
2.2.9	No peligrosos.....	7
2.2.10	Seguridad Contención.....	7
2.2.11	Control.....	7
2.3	VENTAJAS DE LI-FI.....	7
2.4	DESVENTAJAS DE LI-FI.....	8
2.5	FUNCIONAMIENTO DE LI-FI.....	8
2.6	VLC (COMUNICACIÓN POR LUZ VISIBLE).....	9
2.7	ESPECTRO DE LUZ VISIBLE.....	9
2.8	ESTÁNDAR DE COMUNICACIÓN IEEE 802.15.7.....	10
2.9	CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.7.....	10
2.10	TOPOLOGÍAS DE RED.....	10
2.11	PARÁMETROS DE LAS ONDAS LIFI.....	11
2.11.1	Transmisión.....	11
2.11.2	Propagación.....	11
2.11.3	Reflexión.....	12
2.11.4	Difracción.....	12
2.11.5	Refracción.....	12
2.11.6	Absorción.....	12
2.11.7	Atenuación.....	12
2.11.8	Dispersión.....	13
2.12	SISTEMAS DE SEGURIDAD DE LAS REDES LIFI.....	13
2.13	LIFI Y EL MEDIO AMBIENTE.....	14
2.14	DISEÑO DE LA RED LIFI.....	14
2.15	APLICACIONES LIFI.....	15
2.16	ESPECIFICACIONES DE COMUNICACIÓN DE DISPOSITIVOS OLEDCOMM.....	15
2.16.1	Protección.....	16
2.16.2	Condiciones de uso de Estándar.....	16
2.16.3	Normas y Regulaciones.....	16
2.16.4	Alojamiento.....	16
2.16.5	Especificaciones eléctricas de entrada y de salida.....	16
2.16.6	Diagrama de integración y consejos.....	16
2.17	ACCESORIOS DEL KIT.....	17
2.17.1	Receptor de comunicación.....	17
2.17.2	Tarjeta de Alimentación.....	17
2.17.3	Interfaz de Red.....	18
2.17.4	LiFi Net USB para su computador.....	18
2.18	FOCO EMPOTRADO LED.....	19
2.19	DRIVER PARA CONEXIÓN LIFI.....	20
2.20	EMISOR - LIFI.....	20
2.21	ARMARIO DE PRUEBAS PARA RED LIFINET.....	21
2.22	TÉCNICAS DE MODULACIÓN – DEMODULACIÓN PARA LIFI.....	22
2.23	MODULACIÓN ESPACIAL OFMD (SM-OFDM).....	22
2.24	MODULACIÓN ESPACIAL ÓPTICA–OFDM (O-SM. OFDM).....	22
2.25	MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL.....	23
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	24
3.1	DIAGRAMA DE BLOQUES PARA CONEXIÓN DE RED.....	24
3.2	PRUEBAS DE LATENCIA TEST DE VELOCIDAD DE RED LIFI.....	25
3.3	VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LA RED LIFI.....	26
3.4	ANÁLISIS INICIAL DE TRÁFICO DE DATOS RED LIFI CON -WIRESHARK.....	26
3.5	ANÁLISIS INICIAL DE TRÁFICO DE DATOS CON HERRAMIENTA CACTI.....	30
3.6	CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE CACTI.....	30
3.7	CONFIGURACIÓN DE CONSOLA DE CACTI.....	45
3.8	CONFIGURACIÓN DE SERVICIOS Y HERRAMIENTAS DE SNMP.....	46

3.9	CONFIGURACIÓN DE NUEVO DISPOSITIVO EN CONSOLA DE CACTI Y ANÁLISIS DE TRÁFICO DE RED LIFI.	48
3.10	CONFIGURACIÓN DE SERVICIOS PARA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE RED EN CACTI.	50
3.11	ESTABLECIMIENTO DE PAQUETES DE DATOS PARA ANÁLISIS DE TRÁFICO DE RED. WIFI 53	
3.12	ESTABLECIMIENTO DE PAQUETES DE DATOS PARA ANÁLISIS DE TRÁFICO DE RED. LIFI. 56	
3.13	ANÁLISIS DE PAQUETES DE DATOS EN LA RED WIFI CON WIRESHARK PARA ESTABLECER DIFERENCIAS CON RED LIFI.	58
3.14	ANÁLISIS DE PAQUETES DE DATOS EN LA RED LIFI CON WIRESHARK PARA ESTABLECER DIFERENCIAS CON RED WIFI.	61
4.	RESULTADOS	65
5.	CONCLUSIONES	66
6.	RECOMENDACIONES	67
7.	PRESUPUESTO	68
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
9.	ANEXOS	71
9.1	ESQUEMA DE CONEXIÓN DE RED LIFI.	71

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Ilustración de una red wifi. (Rodriguez, 2015).....	5
Figura 2 Comunicación mediante la Red Li-Fi (WORDPRESS, INTERNET LI-FI, 2019).....	6
Figura 3. Funcionamiento de LiFi. (HIPERTEXTUAL, 2016).....	9
Figura 4. Espectro de luz visible. (HIPERTEXTUAL, 2016).....	10
Figura 5. Modulador de transmisión LiFi. (Nuñez Meléndez, 2017).....	11
Figura 6. Dispersión de la luz. (Nuñez Meléndez, 2017).....	13
Figura 7. Diseño de red LiFi. (Nuñez Meléndez, 2017).....	14
Figura 8. Diagrama de integración. (OLEDCOMM, 2018).....	17
Figura 9. Tablero de sensor de luz. (OLEDCOMM, 2018).....	17
Figura 10. Tarjeta de alimentación. (OLEDCOMM, 2018).....	18
Figura 11. Tablero de red. (OLEDCOMM, 2018).....	18
Figura 12. USB LiFINET para PC. (OLEDCOMM, 2018).....	19
Figura 13. Foco empotrado LED. (OLEDCOMM, 2018).....	19
Figura 14. Led driver. (OLEDCOMM, 2018).....	20
Figura 15. Sensor de luz. (OLEDCOMM, 2018).....	20
Figura 16. Armario de pruebas. (El Autor).....	21
Figura 17. Diagrama de bloque de funcionamiento de la Red. (El Autor).....	24
Figura 18. Alineamiento Vertical para recepción de señal LiFi. (El Autor).....	24
Figura 19. Test de Velocidad de Red Lifi. (El Autor).....	25
Figura 20 Escaneo de equipos con Advanced IP Scanner. (El Autor).....	26
Figura 21 Escaneo de equipos con Advanced IP Scanner. (El Autor).....	26
Figura 22 Escaneo inicial de tráfico de datos en la Red Lifi Ethernet 3. (El Autor).....	27
Figura 23. Resultado de captura de tráfico del Ping hacia el Router (El Autor).....	28
Figura 24. Comparativa de capas de Modelo OSI y TCP/IP. (El Autor).....	29
Figura 25. Servidor de Aplicaciones Web XAMPP. (El Autor).....	31
Figura 26. Fichero de Cacti-1.2.9. (El Autor).....	32
Figura 27 Ruta para descomprimir fichero de Cacti 1.2.9 (El Autor).....	32
Figura 28 Ruta para descomprimir fichero de Cacti 1.2.9 (El Autor).....	33
Figura 29 Ruta para descomprimir fichero de Cacti 1.2.9. (El Autor).....	33
Figura 30 Herramienta Rrdtool v1.2.15 para Windows. (El Autor).....	33
Figura 31 Carpeta Rrdtool v1.2.15 creada en directorio. (El Autor).....	34
Figura 32 Carpeta Rrdtool v1.2.15 creada en directorio. (El Autor).....	35
Figura 33 Consola de Cacti principal para configurar base de datos. (El Autor).....	36
Figura 34 Creación de base de datos Cacti (El Autor).....	37
Figura 35 Importación de datos para base Cacti. (El Autor).....	38
Figura 36 Importación de datos para base Cacti. (El Autor).....	39
Figura 37 Edición de cambio de contraseña base de datos. (El Autor).....	40
Figura 38 Edición de cambio de contraseña base de datos. (El Autor).....	41
Figura 39 Edición de cambio de contraseña base de datos. (El Autor).....	41
Figura 40 Cambio de contraseña en script de configuración inicial. (El Autor).....	42
Figura 41 Configuración inicial de Cacti. (El Autor).....	43
Figura 42 Cambio de contraseña en script de configuración inicial. (El Autor).....	43
Figura 43 Configuración inicial en Cacti (El Autor).....	44
Figura 44 Configuración inicial en Cacti (El Autor).....	45
Figura 45 Configuración inicial en Cacti (El Autor).....	45
Figura 46 Configuración inicial en consola de Cacti (El Autor).....	46
Figura 47 Configuración de servicios SNMP (El Autor).....	47

Figura 48 Configuración de servicios SNMP (El Autor).....	48
Figura 49 Configuración de Devices consola Cacti (El Autor).....	49
Figura 50 Configuración exitosa para New Device Cacti (El Autor).....	50
Figura 51 Configuración de Servicios para obtención de información en Cacti (El Autor).....	51
Figura 52 Monitoreo de Datos y conexiones de Red del Cliente en consola Cacti (El Autor).....	52
Figura 53 Ping hacia el router de la red principal (El Autor).....	54
Figura 54 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor).....	55
Figura 55 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor).....	56
Figura 56 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor).....	57
Figura 57 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor).....	58
Figura 58 Análisis de paquetes de datos red Wifi (El Autor).....	59
Figura 59 Gráfico de análisis de paquetes de datos red Wifi. (El Autor).....	60
Figura 60 Análisis de paquetes de datos Red LiFi. (El Autor).....	61
Figura 61 Gráfico de análisis de paquetes de datos red LiFi. (El Autor).....	63
Figura 62 Esquema de conexión de Red LiFi a la estación del análisis. (El Autor)	71

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Dispositivos que se consideran en VLC. (El Autor).	11
Tabla 2. Comparativa de capas de Modelo OSI y TCP/IP. (El Autor).....	29
Tabla 3. Presupuesto de elaboración de proyecto de análisis de red. (El Autor).....	68

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está basado en una de las tecnologías nuevas, denominada LI-FI (Light Fidelity – Fidelidad de la luz). Mediante esta tecnología se puede desarrollar una red en la cual se pueda evaluar varios parámetros y determinar así su funcionamiento, ventajas y desventajas.

Lifi se basa en un sistema de transmisión de datos a través de luz visible o VLC (Visible Light Communication – Comunicación por luz visible) para lo que se utilizan Diodos LED, además se considera a Lifi una alternativa de Wifi (Wireless Fidelity – Fidelidad inalámbrica), por lo que se puede realizar una comparación entre ambos.

Este proyecto se desarrollará en una pequeña área cerrada, utilizando transmisores y receptores que interactúen con la luz y que puedan mostrar esta interacción en los diferentes canales de transmisión de Wireshark, el cual puede realizar la captura del tráfico de una red y analizar los paquetes.

Tomando en cuenta una de las ventajas de los transmisores que se utilizan en la red LIFI, los cuales son diodos LED (diodo emisor de luz) los cuales contienen un circuito interno que puede variar la amplitud de la frecuencia del espectro a altas velocidades sin que el ojo humano lo perciba.

Partiendo del principio que utiliza VLC (comunicación de luz visible), el cual tiene un ancho de banda enorme en comparación al uso de ondas de radio frecuencia que se maneja en Giga Hertz para transmitir datos como lo hace el sistema Wifi.

Cabe recalcar que este estudio de esta nueva red, beneficiará a los estudiantes de la materia de Comunicaciones Inalámbricas de la carrera de Ingeniería Electrónica con mención Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1. EL PROBLEMA.

1.1 Planteamiento del problema.

Con la aparición de Wifi (Wireless Fidelity – Fidelidad Inalámbrica) y el paso de los años cambio la forma con la que se utilizaba el Internet, en la actualidad es un elemento indispensable dentro de las comunicaciones; por lo tanto, es necesario llevar a cabo el estudio de nuevas tecnologías que posibilite una optimización de los recursos y preservación del medio ambiente.

Actualmente se desarrolla una nueva tecnología conocida como LI-FI (Light Fidelity – Fidelidad de la luz), la cual puede efectuar comunicación inalámbrica a través de luz visible, mediante el uso de diodos led se generará un espectro de luz para realizar la transmisión de los datos.

Se pretende desarrollar una red en la cual se evaluará varios parámetros que permitan determinar el funcionamiento de Li-Fi, así como también comprobar sus ventajas y desventajas.

1.2 Delimitación del problema.

Esta propuesta surge de la necesidad de realizar estudios de nuevas tecnologías con base en comunicaciones inalámbricas, que permitirá los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica con mención en Telecomunicaciones ,ampliar sus conocimientos y puedan ejecutarlos en el ámbito laboral, motivo por el cual se plantea presentar un prototipo en el cual se realizará el estudio de la red LI-FI de la cual se obtengan varios parámetros y puedan ser comparados con la tecnología más utilizada como es WI-FI.

Mediante el uso de transmisores y receptores que realizan la interacción a través de la implementación de los diodos LED como fuente de luz, se mostrará la interacción de los diversos canales de transmisión en Wireshark (captura el tráfico de una red y analiza los paquetes).

1.2.1 Temporal.

Se considera un tiempo de entrega dentro de un plazo de 12 meses a partir del mes de mayo 2019 hasta mayo 2020, tal como se puede observar en el calendario actividades adjunto.

1.2.2 Espacial.

El proyecto estará ubicado en el Laboratorio de Telecomunicaciones, Bloque E de la Universidad Politécnica Salesiana con sede Guayaquil, campus Centenario.

1.2.3 Académica.

El conocimiento adquirido del estudio de la red Li-fi, representa para los estudiantes de la Carrera Ingeniería en Telecomunicaciones una plataforma para el ámbito laboral, así como también en las materias: Comunicaciones Inalámbricas.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar e implementar una red LI-FI en un área cerrada la cual se puedan evaluar diferentes parámetros.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Implementar una estructura que conforme la red LI-FI.
- Realizar el estudio de saturación de canales de la red LI-FI monitoreando la misma con WIRESHARK.
- Comparar el comportamiento entre la red LI-FI vs WI-FI.
- Evaluar parámetros como ancho de banda e interferencias que puedan ocasionar inconvenientes en la red LI-FI.

1.4 Justificación.

El país es cada vez más exigente con los profesionales que egresan de las universidades, esto implica que sea necesario que estén cada vez más capacitados y preparados para laborar en la industria, tal es el caso de una nueva tecnología que está dando mucho que hablar denominada LI-FI, en un futuro no muy lejano se provee que esta sea la transmisión y recepción de datos más veloz acorde a todas las ventajas que posee, por lo cual es óptimo que mientras mayor información se pueda adquirir y a su vez desarrollar se obtenga mayor campo en el ámbito laboral.

1.5 Descripción de la propuesta.

La propuesta presentada se trata de desarrollar una red LIFI en un área específica que consiste en transmitir datos a frecuencias entre 400 y 800 THz (Tera Hertz – Unidad electromagnética) en un espacio abierto, lo que permitirá evaluar parámetros tales como:

- Niveles de luz.
- Saturación de canales.
- Ancho de banda.
- Interferencias.

A diferencia de las redes Wi-Fi, este sistema se apoya en el uso de fuentes de luz basadas en Leds especiales que se utilizan para la transmisión de los datos.

Los niveles de luz emitidos por la boquilla serán reflejados en el receptor, de manera que mientras permanezcan en el área asignada podemos constatar el tráfico de datos en un dispositivo electrónico como laptop, pc, etc.

- Mediante la aplicación WIRESHARK se puede monitorear la saturación de tráfico por diferentes canales.
- Realizando comparaciones entre la red WIFI vs LIFI se pueden establecer patrones ejecutando transmisión de datos.
- Acorde a los obstáculos que presente el medio se podrá evaluar la estabilidad de la red.

1.6 Importancia y alcance.

La importancia del desarrollo de este proyecto incide en la novedad de trabajar sobre nuevas formas de diseño y estructuración de redes inalámbricas tales como LIFI y de todas las prestaciones, ventajas que nos ofrece este tipo de tecnología a diferencia de la red Wifi comúnmente más utilizada. Cabe recalcar que este análisis sirve de base para poder seguir desarrollando e innovar en futuros proyectos y de esta manera optimizar el desarrollo del mismo.

1.7 Beneficiarios de la propuesta.

Este proyecto beneficiará a los estudiantes que cursan las materias de Comunicaciones Inalámbricas de la carrera de Ingeniería Electrónica con mención Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.8 Métodos.

1.8.1 Metodología experimental.

Se desarrollará una red inalámbrica basada a la tecnología LIFI, esta consiste en implementar una o varias bombillas (la cantidad dependerá del área que se desee cubrir) compuestas por un dispositivo interno que contralará los impulsos lógicos imperceptibles para el ojo humano, conforme se ingresen parámetros se podrá observar y verificar el funcionamiento general de nuestra red. La estructura que se genere y conforme a las perturbaciones que estén en el medio representarán la estabilidad y eficiencia de la red.

1.9 Técnicas.

1.9.1 Técnica Documental.

Se vinculará información de diversas fuentes referente al tema del proyecto propuesto para la elaboración del marco teórico, con la finalidad de que la implementación efectuada cuente con la información necesaria para su estudio o sirva como referencia para posteriores mejoras.

1.9.2 Técnica de Campo.

Se podrán evaluar parámetros tales como: saturación de los canales, el ancho de banda y las interferencias, cumpliendo así con los objetivos del proyecto.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS.

2.1 Sistema de alta fidelidad.

El sistema de alta fidelidad fue utilizado por primera vez por Harald Haas en una charla de Global TED, el cual sugiere una transmisión inalámbrica a través de luz óptica. Esta transmisión es necesaria con un receptor y un transmisor, como es el caso de WiFi, se utiliza antenas para poder realizar esta acción de transmisión.

En estos últimos tiempos, se ha propuesto un método novedoso de transmisión de datos el cual utiliza luz óptica para lograr esta transferencia inalámbrica, se refiere específicamente a LiFi, figura 1.

LiFi es un nombre popular de una tecnología de comunicaciones ópticas que se lleva investigándose hace cien años, la cual consiste en transmitir datos a frecuencias entre 400 y 800 THz (espectro visible de los humanos) en espacio abierto, según sostiene (Rodríguez, 2015).



Figura 1. Ilustración de una red wifi. (Rodríguez, 2015)

Además, esta tecnología pretende transmitir información con elementos de iluminación convencionales como lo son bombillas LED, como se observa en la figura 2..Al mismo tiempo que se ilumina una estancia y añadiendo unos pocos elementos de iluminación a bajo costo, según (Rodríguez, 2015).

LiFi es el término utilizado para etiquetar a los sistemas de comunicaciones inalámbricas rápidos y de bajo costo, los cuales funcionan con una separación máxima de 10 metros, según se sostiene en (WORDPRESS, INTERNET LI-FI, 2019).

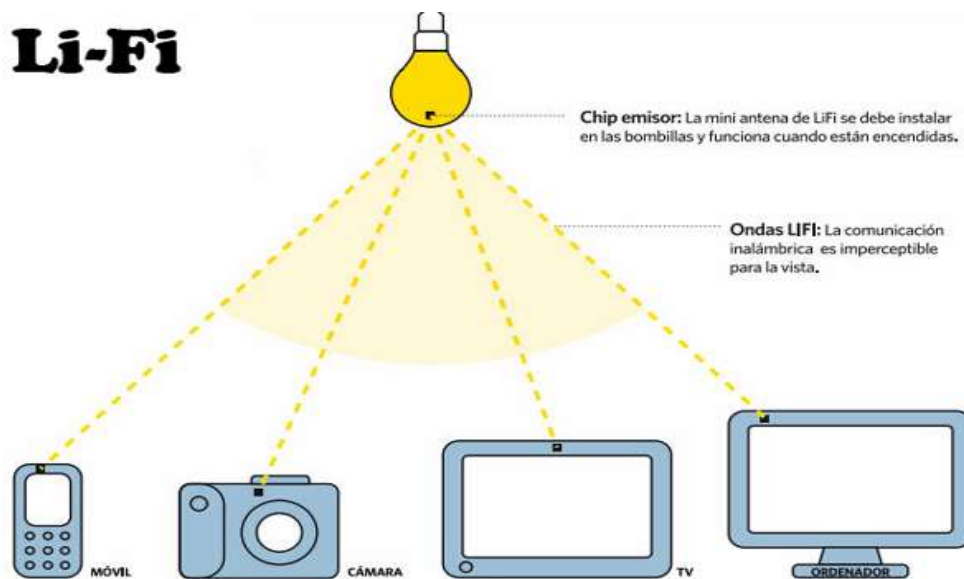


Figura 2 Comunicación mediante la Red Li-Fi (WORDPRESS, INTERNET LI-FI, 2019)

2.2 Características de la Red LiFi.

2.2.1 Capacidad de ancho de banda.

Tiene un espectro de luz visible profuso (10.000 veces más que el espectro de radio frecuencia), sin licencia por lo que permite libertad para utilizarse.

2.2.2 Densidad de datos.

Li-Fi permite transmitir casi 1.000 veces el espesor de datos que Wi-Fi, ya que la luz visible alcanza a ser debidamente implícita en un espacio de iluminación limitado, en tanto que, en radio frecuencia llega a propagarse hacia fuera y originar interferencias.

2.2.3 Alta velocidad.

Se alcanzan altas velocidades de datos, debido a la disminución de la interferencia, anchos de banda elevados y alta intensidad en la salida óptica.

2.2.4 Planificación.

La disposición de capacidad es sencilla ya que procura ser el suministro de iluminación en el que las personas pueden comunicarse, con una favorable intensidad de la señal.

2.2.5 Eficiencia de bajo coste.

Li-fi es más eficiente debido a que necesita menos elementos que la técnica por radio frecuencia.

2.2.6 Energía.

El uso de iluminación LED garantiza la eficiencia y se necesita de energía adicional mínima para la transmisión de datos.

2.2.7 Medio Ambiente.

La transmisión de radiofrecuencia y propagación en agua es muy compleja, pero Li-fi trabaja bien en este ambiente.

2.2.8 Seguridad.

Este tipo de tecnología hasta el momento no ha presentado problemas de seguridad o salud.

2.2.9 No peligrosos.

Debido al uso de la transmisión por medio de luz visible, se previene la utilización de frecuencias de radio que generan interferencias de señales electrónicas en determinados ambientes.

2.2.10 Seguridad Contención.

La seguridad es uno de los puntos fuertes que presenta Li-fi, debido a que la luz es limitada a un área definida y no puede traspasar paredes ni objetos sólidos, lo que garantiza tanto la privacidad como la seguridad de la información.

2.2.11 Control.

Los datos son conducidos a partir de un dispositivo hacia otro, y el usuario tiene la posibilidad de observar hacia donde se dirigen los datos, según se explica en (WORDPRESS, LI-FI, 2017).

2.3 Ventajas de Li-Fi.

A continuación, se enlistan varias de las ventajas que presenta la tecnología Li-Fi:

- No necesita licencias para trabajar ya que opera en banda libre.
- Bajos costos por mantenimiento, debido a que no se necesita de cableado.

- Seguridad en la transmisión de los datos en vista de que las ondas de luz no atraviesan paredes.
- A diferencia de Wi-Fi, las bandas de frecuencia no corren riesgo de saturarse.
- El uso de luz eléctrica no causa problemas o interferencias en la comunicación.
- Ahorro de energía, al realizar a la par la iluminación de un área y tener señal Li-Fi. (Haro & Buenaño, 2016).

2.4 Desventajas de Li-Fi.

La tecnología Li-Fi, así como genera beneficios también presenta inconvenientes los cuales se enumeran a continuación:

- No opera a través de luz solar directa.
- Las ondas de luz no atraviesan ni paredes ni objetos, por lo que se perdería la señal.
- Necesita de iluminación para que exista conexión, lo que genera aumento en las planillas eléctricas.
- Funcionan únicamente con los dispositivos que cuenten con un receptor compatible con Li-Fi. (Yáñez & Tapia, 2017).

2.5 Funcionamiento de Li-Fi.

Li-fi emplea los leds para la transferencia de datos, la información se trasmite a través de la luz. Codifica la información y modula las frecuencias con las que operan los leds.

El envío de información es de forma binaria, donde 1 (encendido) y 0 (apagado) de los leds, sin embargo, lo efectúa a una velocidad bastante rápida que es imperceptible para la vista humana. Además, es capaz de dar iluminación y también transmitir información de manera simultánea.

La velocidad en la transmisión depende del color del LED por lo que entre más distante se encuentre del blanco cálido, su transmisión será más rápida a causa de que utilizará un espectro de frecuencia más grande. (Peñañiel & Ochoa, 2015).

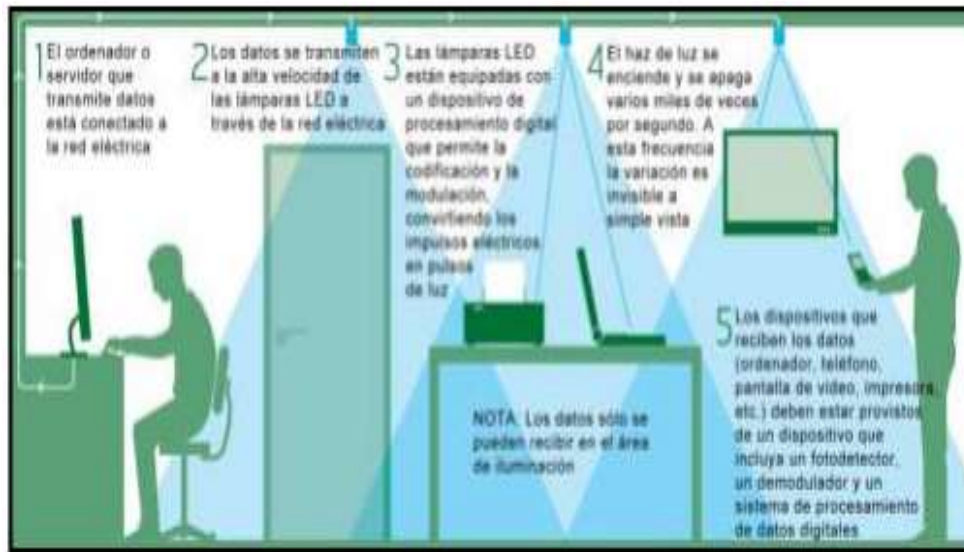


Figura 3. Funcionamiento de LiFi. (HIPERTEXTUAL, 2016)

2.6 VLC (Comunicación por luz visible).

La comunicación por luz visible por sus siglas en inglés VLC-Visible Light Comunicación, utiliza el desarrollo de la tecnología LED (diodo emisor de luz) por lo que se puede aprovechar el uso de las bombillas convencionales para que realicen la iluminación además de la transmisión de información.

A diferencia de otras tecnologías, con VLC se alcanza a transmitir datos a velocidades de 10.000 veces más. Las características más relevantes que presenta son que se mantiene el mismo ancho de banda (no se divide o comparte entre usuarios), no afecta la salud ni la vista humana. (Mina & Jaya, 2017).

2.7 Espectro de luz visible

La diferencia entre el espectro electromagnético y el espectro de luz radica en que este último es perceptible al ojo humano, formado por radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda que van desde 380 hasta 700 nm, como se muestra en la figura 3 (Cumbajín & Rivadeneira, 2016).

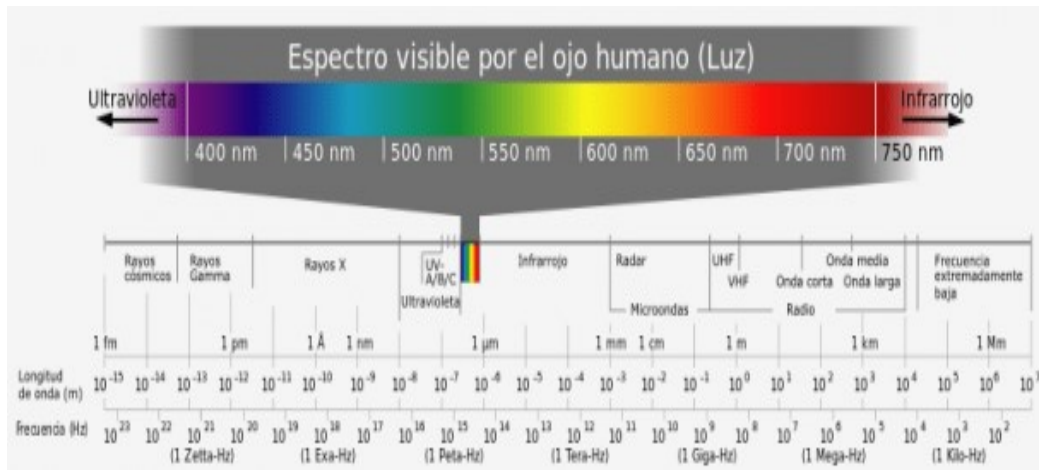


Figura 4. Espectro de luz visible. (HIPERTEXTUAL, 2016)

2.8 Estándar de comunicación IEEE 802.15.7.

IEEE 802.15.7 es un estándar que define la capa física (PHY) y Control de acceso al medio (MAC) para las comunicaciones inalámbricas de pequeño alcance que utilizan luz visible en entornos ópticos transparentes. Es capaz de proporcionar velocidades de datos que soporten servicios multimedia (audio y video), pueden presentarse alteraciones debido al ruido e interferencias que producen las fuentes de luz.

La transmisión de datos se produce a través de la intensidad en la modulación de fuentes ópticas como los diodos LED (emisor de luz) o LDs (diodos láser) más veloz que la percepción del ojo humano. VLC realiza la combinación de la iluminación con los datos en aplicaciones como: iluminación de una zona, carteles, medio de transporte, señales de tránsito. (Tixi, 2016).

2.9 Características del Estándar IEEE 802.15.7.

Este estándar contiene las siguientes características que se detallan a continuación:

- Opera con 3 topologías de red: estrella, peer to peer, transmisión (Broadcast).
- Transmisiones programas: Por medio de técnicas de acceso aleatorias con prevención de colisión.
- Transmisión de datos segura: Uso de protocolo de confirmación.
- Indicación de la calidad de longitud de onda. (WQI).
- Soporte para el control del oscurecimiento (Dimming).
- Soporte para la visibilidad.
- Soporte para la función del color. (Ley, 2015)

2.10 Topologías de Red.

Existen tres tipos de dispositivos que se consideran en VLC: Infraestructura, móvil y vehículo, como se puede observar en la tabla 1. (Madero, 2016).

CLASIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS			
	Infraestructura	Móvil	Vehículos
Coordinador fijo.	Si	No	No
Fuente de alimentación.	Suficiente	Limitada	Moderada
Factor de forma.	Sin restricciones	Con restricciones	Sin restricciones
Fuente de luz.	Intensa	Débil	Intensa
Movilidad física.	No	Si	Si
Cobertura.	Corto-largo alcance	Corto alcance	Largo alcance
Tasa de datos.	Alta-baja	Alta	Bajo

Tabla 1. Dispositivos que se consideran en VLC. (El Autor).

2.11 Parámetros de las ondas LiFi.

2.11.1 Transmisión.

Esta tecnología para transmitir utiliza las ondas de luz visible que viajan por el espacio libre. Utiliza las frecuencias de 385-789 THz, y su velocidad teóricamente es de 1 Gbps.

Para la emisión de la señal es necesario instalar un modulador junto a las bombillas LED, que se encargue de ir cambiando la señal para transmitir los datos. Por parte del dispositivo receptor necesitamos un fotodiodo receptor como otros emisores para que se pueda establecer una comunicación bidireccional. Además, presenta un ancho de banda ilimitado. Utiliza las modulaciones: OOK, VPPM, CSK y para hacer uso de estas dependen del tipo de capa física que se está utilizando.



Figura 5. Modulador de transmisión LiFi. (Nuñez Meléndez, 2017)

2.11.2 Propagación.

Para la propagación de las ondas LiFi se toma en consideración la luz ya que es el medio de transmisión. Para analizar este parámetro se toma en cuenta la reflexión, difracción, refracción y absorción. La luz es una onda

electromagnética que no requiere medio material para su propagación, consiste en una forma de energía, emitida por los cuerpos.

La velocidad de propagación de la luz depende del medio, en el vacío es de 300 000 km/s; en cualquier otro medio su valor es menor. La propagación rectilínea de la luz forma sombras y penumbras que proyectan los objetos al ser iluminados. (Nuñez Meléndez, 2017).

2.11.3 Reflexión.

La luz se refleja cuando incide sobre un medio material. Se distingue dos tipos de reflexión:

- Reflexión especular: La luz se refleja sobre una superficie pulimentada, como un espejo.
- Reflexión difusa: La luz se refleja sobre una superficie rugosa y los rayos salen rebotados en todas direcciones. (Nuñez Meléndez, 2017)

2.11.4 Difracción.

Se define como la modulación o redistribución de energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. Es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas. (Nuñez Meléndez, 2017).

2.11.5 Refracción.

La refracción de la luz consiste en el cambio de dirección que experimenta el rayo luminoso al pasar de un medio a otro. Si la luz pasa de un medio a otro disminuyendo su velocidad, el rayo refractado se acerca a la normal, si es al contrario se aleja. (Nuñez Meléndez, 2017).

2.11.6 Absorción.

Cuando la absorción se produce dentro del rango de la luz visible, recibe el nombre de absorción óptica. Esta radiación, al ser absorbida, puede, bien ser reemitida o bien transformarse en otro tipo de energía, como calor o energía eléctrica. En general, todos los materiales absorben en algún rango de frecuencias. Aquellos que absorben en todo el rango de la luz visible son llamados materiales opacos, mientras que si dejan pasar dicho rango de frecuencias se les llama transparentes. (Nuñez Meléndez, 2017)

2.11.7 Atenuación.

Como se transmite por medio de la luz no existe atenuación ya que la transmisión es directa y siempre tiene que estar bajo la luz, caso contrario no habrá transmisión de información, además la luz no traspasa paredes es por eso que no hay atenuación. (Nuñez Meléndez, 2017).

2.11.8 Dispersión.

Es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material, siendo estos más o menos dispersivos, y la dispersión afecta las ondas de la luz que atraviesa el agua, el vidrio o el aire. La dispersión de la luz consiste en la separación de la luz en sus colores componentes por efecto de la refracción. (Nuñez Meléndez, 2017).

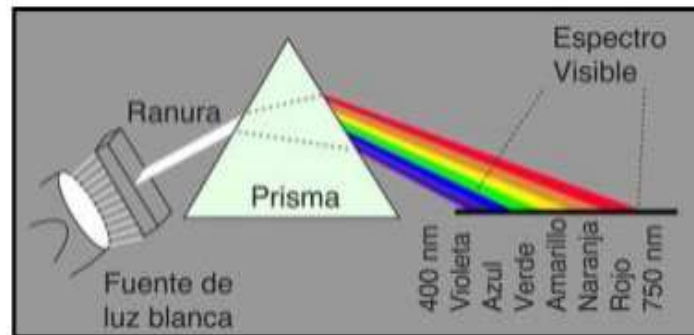


Figura 6. Dispersión de la luz. (Nuñez Meléndez, 2017)

2.12 Sistemas de seguridad de las redes LiFi.

Desde una perspectiva de seguridad, para redes visibles de área personal, VPAN, es ligeramente diferente de otras redes inalámbricas, por la direccionalidad y la visibilidad debido al espectro óptico visible. Puesto que la direccionalidad y la visibilidad, si un receptor no autorizado está en el camino de la señal de comunicación, puede ser reconocido. Además, la señal no viajará a través del medio, como paredes, a diferencia de las otras redes inalámbricas basadas en radiofrecuencia.

Los algoritmos de seguridad se siguen prestando en el estándar para las características tales como:

- Confidencialidad de datos.
- Autenticación.
- Protección de repetición.

Estas restricciones limitan la elección de los algoritmos y protocolos criptográficos e influyen en el diseño de la arquitectura de seguridad debido a que el establecimiento y mantenimiento de relaciones de sesión entre los dispositivos deben abordarse con cuidado. El mecanismo criptográfico en esta norma se basa en la criptografía de clave simétrica y utiliza claves que son proporcionados por los procesos de capas superiores. (Nuñez Meléndez, 2017).

2.13 Lifi y el medio ambiente.

El espectro de radiofrecuencia está muy utilizado por sistemas de comunicaciones, por ese motivo Lifi tiene el potencial de reemplazar el Wifi debido al uso del espectro de luz visible. Una ventaja adicional del Lifi es que puede utilizar las líneas eléctricas existentes, por lo que no se necesita nueva infraestructura.

Lifi es una tecnología que al usar ondas de luz visible no afecta a la salud de las personas ni tampoco el ambiente ya que no usa el espectro radioeléctrico el mismo que emite ondas electromagnéticas que perjudican a la salud de las personas, es por eso que esta tecnología usa la luz visible para transmitir inalámbricamente información, y para conectarse a internet.

Lifi no causa daños al medio ambiente ya que presenta los siguientes beneficios:

- Ahorro de energía: Consume del 50% al 90% menor que la energía tradicional.
- Amigable con el medio ambiente: Las luces LED ayudan a la reducción de su huella de carbono.
- Reducción de la contaminación electromagnética: Debido al uso de la luz visible evita la propagación de ondas radioeléctricas hacia las personas y así se mantienen saludables.
- Bajo mantenimiento: Suele durar entre 3500 y 50000 horas, con un uso de 6 horas por día, son más de 20 años de vida. (Nuñez Meléndez, 2017)

2.14 Diseño de la red LiFi.

Una red Lifi en la que consta del proveedor de servicios de Internet(ISP), drivers Lifi y una bombilla Led con un chip modulador en la parte de la transmisión, de un fotosensor y un receptor de información que puede ser una computadora, dispositivos móviles, entre otros en la parte de recepción. (Nuñez Meléndez, 2017).

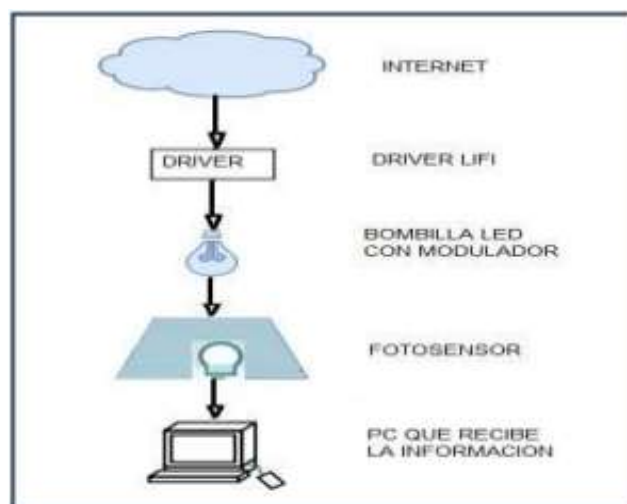


Figura 7. Diseño de red LiFi. (Nuñez Meléndez, 2017)

2.15 Aplicaciones LiFi

Esta tecnología se puede encontrar en los siguientes lugares:

- Planteles Educativos: Reemplazará al WiFi ya que dará un acceso más rápido a los estudiantes de todo el mundo y mejorando la eficacia de la educación.
- Aplicaciones Submarinas: Puede dar lugar a investigaciones submarinas que hasta el día de hoy no han podido ser concretadas por la falta de recursos de comunicación.
- Área Médica: Como se sabe en los quirófanos y algunos hospitales está prohibido el Wifi puesto que interfiere con algunos instrumentos médicos, con Lifi al no interferir con ningún aparato electrónico se podrían realizar cirugías con la ayuda de robótica.
- Aplicaciones Aéreas. -al ser un medio de transmisión de datos seguro, puesto que no cruza las paredes, puede ser utilizado en aviones sin la preocupación de que hackers puedan acceder a sus servidores.
- Mejoran las Plantas de Energía: Por lo general en las grandes plantas de energía están prohibidas las zonas Wifi por lo que al ser una onda de radio frecuencia y al utilizarse diferentes químicos en estos lugares se debe tener cuidado, además de que en estos lugares se necesita una transmisión de datos increíblemente rápida.
- Incrementan la Seguridad en las calles: Se podría utilizar para transmitir datos de video cámaras colocadas en las calles hacia los servicios de emergencia y policía.
- Gestión de Desastres: Sería una excelente herramienta para los desastres naturales como huracanes, tormentas y etc. porque en varios casos se ha visto que las personas quedan atrapadas en zonas muertas donde no hay cobertura o no tienen manera de comunicarse.
- Evitar Radio Frecuencias: Existen algunas personas con hipersensibilidad a la radio frecuencia, Lifi sería una solución para este tipo de personas.
- Juguetes: En la actualidad muchos juguetes utilizan luces LED, las cuales mediante Lifi pueden ser utilizadas para interacción entre juguetes para niños. (Nuñez Meléndez, 2017).

2.16 Especificaciones de comunicación de dispositivos Oledcomm.

- Funcionalidad Principal de Kit LiFinet: Conversor de Ethernet (IEEE 802.3) a Comunicación de luz visible (LiFi IEEE 802.15.7)
- Convertidor de comunicación USB a luz visible (Estándar LiFi IEEE 802.15.7)
- Tasas de transferencia de datos: 1 Mbps Down link + 1 Mbps Uplink.
- Número de usuarios conectados: 1 usuario conectado a la vez.
- Kit de conectores: RJ45 hembra para red y bloques de terminales de 12-55 V CC para alimentación.
- Sistema Operativo Soportado: Linux, Windows, Apple.
- Grado de apertura: +/- 30 °.
- Rango de comunicación: Hasta 1.8m en línea de visión. (OLEDCOMM, 2018).

2.16.1 Protección.

- Aumento de temperatura: Protegido.
- Aumento de voltaje: Protegido. (OLEDCOMM, 2018)

2.16.2 Condiciones de uso de Estándar.

- Rango de temperatura de 0°C hasta 70°C.
- Humedad: 10% hasta 80%. (OLEDCOMM, 2018)

2.16.3 Normas y Regulaciones.

- Campo electromagnético: EN55015; EN61547; EN55022; EN55024.
- Seguridad eléctrica: EN60598; EN61347; EN60950.
- Seguridad fotobiológica: EN62471.
- Otros: RoHS, R&TTE (Radio), DEEE. (OLEDCOMM, 2018)

2.16.4 Alojamiento.

- Tipo: Plástico.
- Color: Negro.
- Nivel de protección: IP51. (OLEDCOMM, 2018)

2.16.5 Especificaciones eléctricas de entrada y de salida.

- Voltaje DC: De 12 a 55VDC.
- Corriente: 750mA máximo.
- Potencia del controlador del LED: De 15W a 40W. (OLEDCOMM, 2018).

2.16.6 Diagrama de integración y consejos.

- La iluminación y su controlador cumplen con las especificaciones de entrada / salida.
- El kit LiFiNET está conectado directamente al LED (sin condensador o bobina entre el panel LED y el módulo LiFi, de lo contrario, la señal LiFi sufrirá distorsión o eliminación total).
- El kit LiFiNET no debe usarse con el controlador LED PWM.
- El material en frente del sensor es transparente al infrarrojo.
- Si es necesario, la placa B2 y B3 se pueden vincular a través de conectores para hacer que el kit sea más compacto. (OLEDCOMM, 2018).

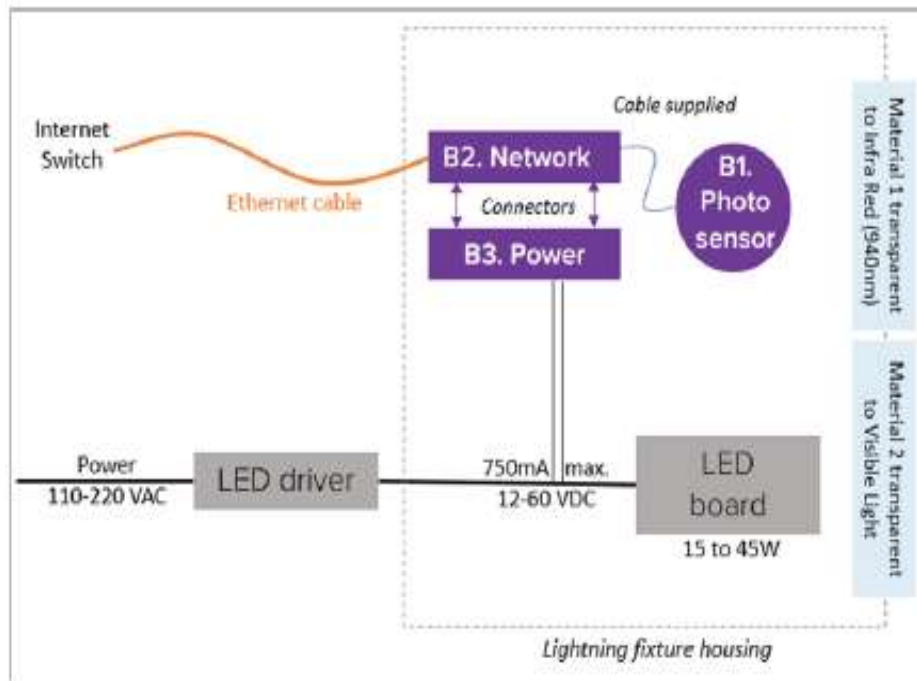


Figura 8. Diagrama de integración. (OLEDCOMM, 2018).

2.17 Accesorios del kit.

Los siguientes accesorios forman parte del KIT LiFiNET:

2.17.1 Receptor de comunicación.

- Este es el receptor para la comunicación de enlace ascendente en IR. El lado superior debe estar en línea con el usuario. La parte inferior tiene un conector para enchufar un cable como B2. (OLEDCOMM, 2018)



Light Sensor Board
300mmDiam x 50mm

Figura 9. Tablero de sensor de luz. (OLEDCOMM, 2018)

2.17.2 Tarjeta de Alimentación.

- Esta PCBA saca la energía del transformador y la entrega a B2.



Power Board
800mmX300mmx300mm

Figura 10. Tarjeta de alimentación. (OLEDCOMM, 2018)

2.17.3 Interfaz de Red.

- Esta es la interfaz entre B1 (a través del cable), B3 (a través del conector de superficie) de la red externa (a través del puerto Ethernet) y entrega energía modulada por LiFi a la placa LED. (OLEDCOMM, 2018)



Network Board
800mmX300mmx200mm

Figura 11. Tablero de red. (OLEDCOMM, 2018)

2.17.4 LiFi Net USB para su computador.

- Este dispositivo USB LiFi debe estar conectado al dispositivo que desea conectar a Internet. (OLEDCOMM, 2018).



**LiFiNET Dongle for computer
800mmX300mmx300mm**

Figura 12. USB LiFiNET para PC. (OLEDCOMM, 2018).

2.18 Foco empotrado Led.

Se utiliza para transmitir y propagar las ondas de luz ya que es el medio de transmisión ideal para la tecnología LiFi.

Este dispositivo entre sus características presenta:

- Potencia: 3-30W
- Dimensiones: de 93 – 250 mm
- Angulo de iluminación: 25°/45°/60°
- Economía energética: +80%



Figura 13. Foco empotrado LED. (OLEDCOMM, 2018).

2.19 Driver para conexión LiFi.

Este dispositivo permite la conexión a los transformadores de corriente continua, es intermediario entre la fuente de energía y los dispositivos LiFi, el cual es: HYL-350H-G/110-240

Especificaciones:

- Potencia: 11 - 17W.
- Voltaje entrada: 100 - 240Vac.
- Voltaje de salida: 30 – 48Vdc, 60Vdc Max.
- Corriente de entrada: 0.22 A
- Corriente de salida: 350mA.



Figura 14. Led driver. (OLEDCOMM, 2018)

2.20 Emisor - LiFi.

Es el transmisor de las ondas de luz de la tecnología LiFi, se coloca junto al foco empotrado LED que le proporciona el medio ideal para la transmisión.



Figura 15. Sensor de luz. (OLEDCOMM, 2018)

2.21 Armario de pruebas para red LiFinet.

Este armario fue específicamente diseñado para realizar las pruebas de la tecnología Lifi, en su interior se encuentra ubicadas los accesorios LiFi.

Especificaciones:

- Elaborado con madera MDF.
- Medidas: 2.50m de alto por 0.80 m de ancho y 0.70 m de profundidad.



Figura 16. Armario de pruebas. (El Autor)

Cabe recalcar que este es el espacio confinado, sin obstaculizaciones internas, es decir se cuenta con el espacio completo directamente entre los dispositivos y la estación PC en la cual se analizara la Red.

2.22 Técnicas de Modulación – Demodulación para LiFi

Para las nuevas alternativas para LiFi y las comunicaciones por luz visible, basan sus principios en sistemas de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonales (OFDM), lo que se hace es transmitir la información, en ráfagas de bits en paralelo, optimizando el ancho de banda, de esta forma hacer los sistemas mucho más eficientes y rápidos para la emisión y recepción de la información, según expone : (PEÑAFIEL, 2015)

- **OFDM**
Multiplexación por división de frecuencia, la característica principal de estos sistemas es enviar un conjunto de ondas portadoras que llevan información a diferentes frecuencias, trabajan en tiempo discreto. Se modulan con QAM o PSK, para luego pasar del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo con la transformada inversa de Fourier (IFFT).
- **MODULACION QAM**
La modulación por amplitud de cuadratura (QAM), en la cual varían dos parámetros: la amplitud y la fase. El flujo de datos binarios que ingresan en serie son distribuidos en N símbolos, cada uno de estos símbolos contiene un número k de bits del flujo de entrada, las cuales forman una matriz ordenada y cada símbolo está equiespaciado el uno con el otro.

2.23 Modulación Espacial OFDM (SM-OFDM).

Este tipo de modulación se utilizan para sistemas MIMO es decir múltiples entradas y múltiples salidas, con el objetivo de mejorar el rendimiento del sistema. Son características de los sistemas móviles de última generación.

Los sistemas SM OFDM se caracterizan por implementar un mapeo que se antepone al procedimiento OFDM anteriormente mencionado y que sirve de guía para avisar al sistema el número de antena por el que se realiza la transmisión de datos, de acuerdo a (PEÑAFIEL, 2015).

2.24 Modulación espacial óptica–OFDM (O-SM. OFDM)

Este tipo de sistemas combina los dos tipos de modulaciones tanto la espacial como la óptica, el beneficio que ofrece este método, es utilizar más de un dispositivo Led, para enviar la información y de esa manera obtener una mayor velocidad de transmisión, la cual es la característica principal de Li-Fi.

2.25 Multiplexación por división de frecuencia ortogonal

La modulación de Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), utilizada en redes Wifi 802.11a es considerablemente más complicada que la tecnología DSSS.

La capa física divide el flujo de datos entre 52 flujos de bits paralelos, cada uno de los cuales utiliza una frecuencia de radio diferente llamada subportadora. Cuatro de estas subportadoras transportan datos piloto que proporcionan información de referencia sobre las 48 subportadoras restantes, a fin de reducir la pérdida de señal debida a la interferencia de radio o al cambio de fase.

Las frecuencias de las subportadoras en una señal OFDM se superponen con el pico de la forma de la onda de cada subportadora que coincide con la línea de base de las señales superpuestas. Esto se llama división de frecuencia ortogonal.

El estándar 802.11a especifica un total de ocho canales de datos que tienen un ancho de 20 MHz, cada uno de estos canales está dividido en 2 subportadoras de 300 KHz.

La especificación 802.11g se diseñó para combinar las mejores características de 802.11b (mayor Rango de señal) y 802.11a (mayor velocidad). Para lograr este objetivo, utiliza la modulación OFDM en la banda de frecuencia de 2.4 GHz.

3. MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Diagrama de Bloques para conexión de Red

Para dar inicio con el análisis se procede a enlazar la red inalámbrica con los dispositivos anteriormente descritos, se construye un módulo paralelo de prueba en donde van a descansar los equipos como se demuestra en las Figuras siguientes.

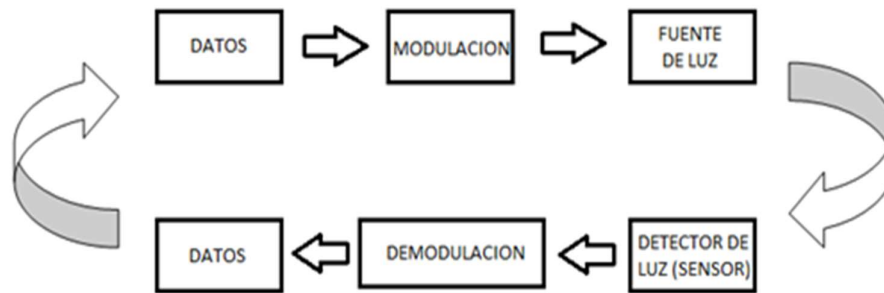


Figura 17. Diagrama de bloque de funcionamiento de la Red. (El Autor).

Se procedió además a alinear verticalmente el Emisor, dispuesto en la parte superior de la maqueta de prueba con el LiFiNET USB, instalado en los puertos USB, de la estación PC.



Figura 18. Alineamiento Vertical para recepción de señal LiFi. (El Autor).

3.2 Pruebas de Latencia Test de Velocidad de Red LiFi

Antes de inicializar el análisis con WireShark, se tomó medidas de velocidad tanto de descarga como de carga, para corroborar el límite de velocidad que genera estos equipos anteriormente descritos, dichas velocidades tanto de Descarga como de Carga son: 0.76 y 0.25 Mbps, de acuerdo con el resultado generado por el medidor de velocidad ingresado.

Es decir que con estas pruebas se estarían realizando las pruebas de bandwidth o el speedtest. Como se puede observar en la siguiente figura la tasa de transferencia de datos de esta red es de 1 Mbps.



Figura 19. Test de Velocidad de Red LiFi. (El Autor).

A continuación, con la ayuda del programa **Advanced IP Scanner**, se procede a buscar y a comprobar los equipos disponibles en la Red en la cual se está trabajando, y podemos observar en la Figura N.º 20, efectivamente que se identifica al equipo **ASIX ELECTRONICS CORP**, el cual es el **LiFiNet USB** de nuestra red LIFI ya creada anteriormente.

Cabe recalcar que el Router le asigna la dirección IP siguiente: **192.168.0.110**.

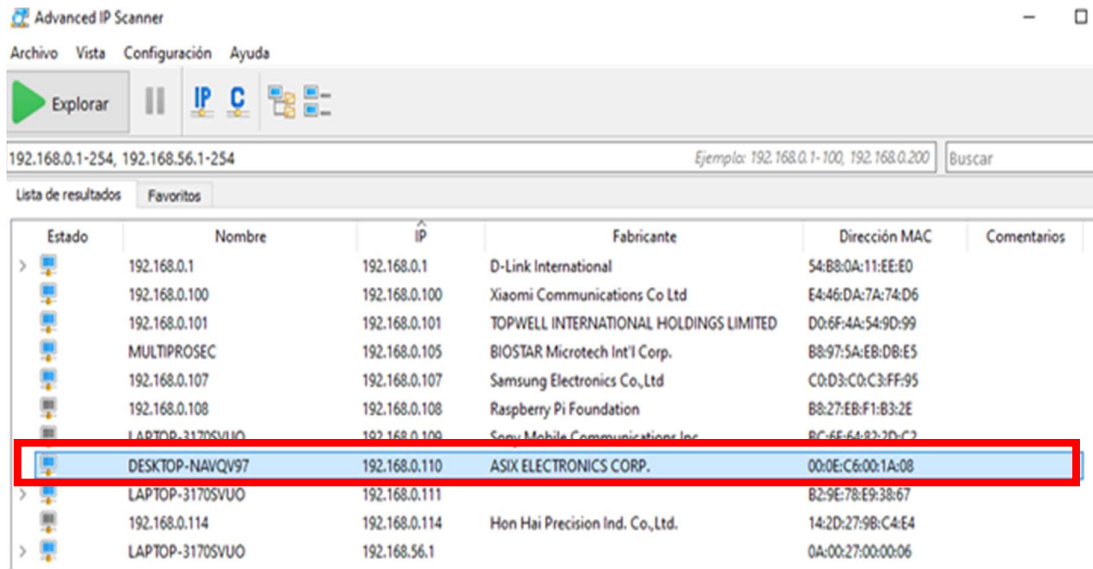


Figura 20 Escaneo de equipos con Advanced IP Scanner. (El Autor).

3.3 Verificación y Comprobación de la Red LiFi.

Se procede además a verificar en la estación PC, donde se encuentra ubicado el LiFiNet USB, la respectiva: Conexiones de Red para comprobar la efectividad de la red la cual es: **Ethernet 3** y se puede observar también la descripción del USB la cual es: ASIX AX88772C, como se muestra en la siguiente Figura.

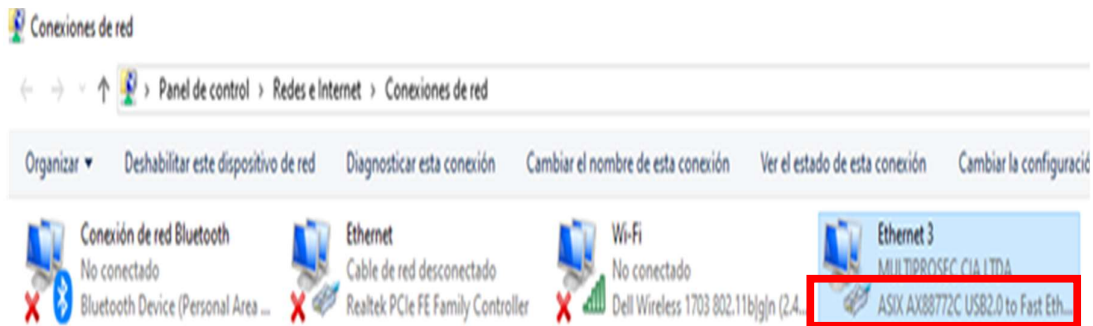


Figura 21 Escaneo de equipos con Advanced IP Scanner. (El Autor).

3.4 Análisis inicial de tráfico de datos Red LiFi con -Wireshark.

Se ingresa al CMD, para poder verificar la configuración de interfaz de Red del equipo, para esto se digita el comando Ipconfig, para poder comprobar la dirección IP del equipo la cual asigno el enrutador y esta es: 192.168.0.110.

De manera inmediata se abre el Wireshark, y efectivamente se puede observar el tráfico correspondiente a datos y lo que concierne a la estación PC en la cual está conectada el LiFiNetUSB, y además corresponde al punto de acceso que se está analizando el cual es: **Ethernet 3** creada como lo podemos observar en la siguiente Figura N.º 22.

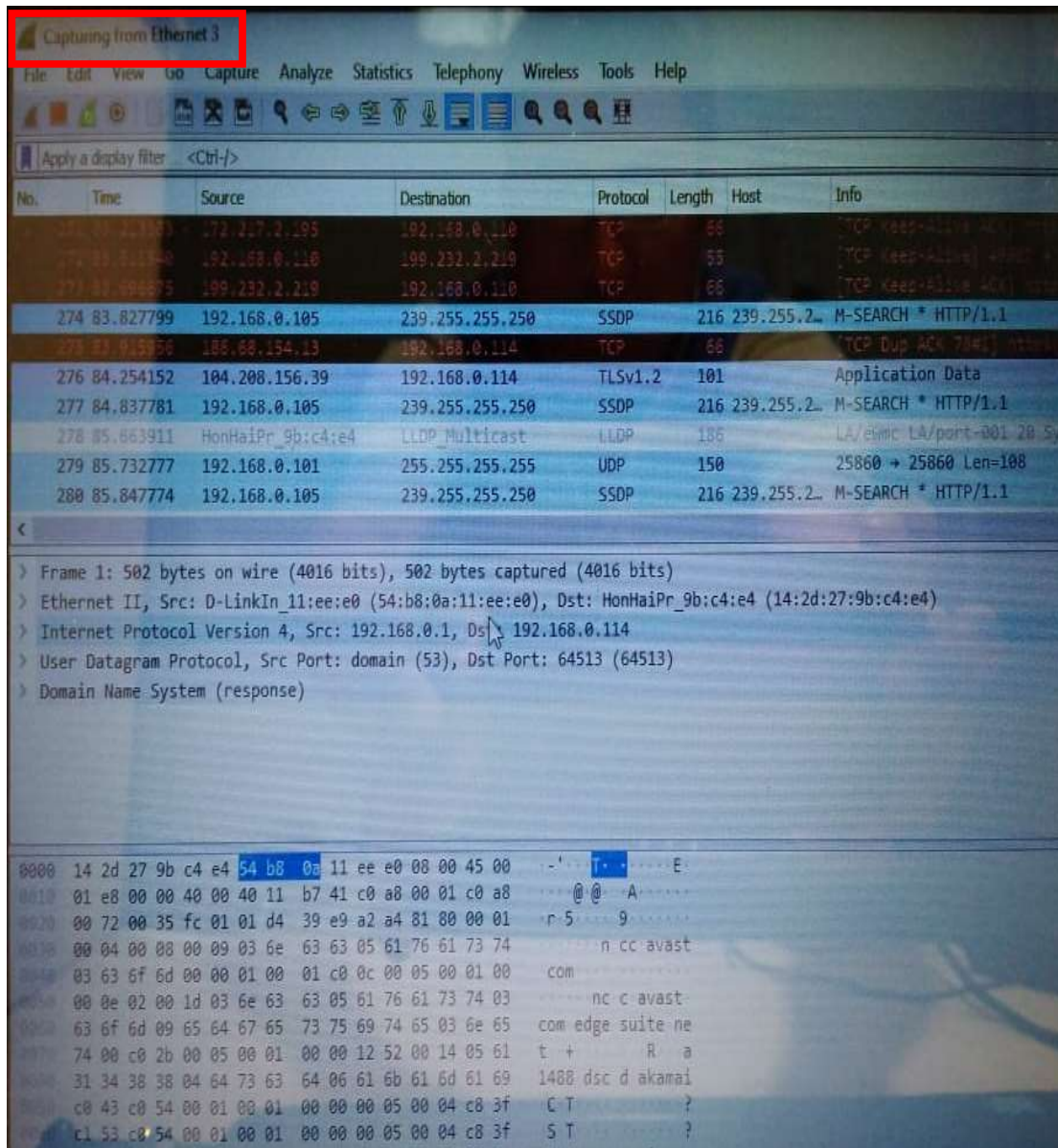


Figura 22 Escaneo inicial de tráfico de datos en la Red Lifi Ethernet 3. (El Autor).

Para poder observar el tráfico de un Ping desde el equipo LiFiNet hacia el Router, se tiene que filtrar el protocolo ICMP en Wireshark.

Para hacer esto en el campo que indica "Apply a display filter", se coloca **ICMP**, entonces luego de eso ya se puede hacer ping en el Cmd y se procede a colocar Ping 192.168.0.1, y de manera automática el programa ya captura el tráfico de ese Ping ya que el mismo envía 4 paquetes de prueba y recibe 4 paquetes de prueba en total son 8 captura de este tráfico.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Host	Info
32	19.298724	192.168.0.110	192.168.0.1	ICMP	74		Echo (ping) request
33	19.302571	192.168.0.1	192.168.0.110	ICMP	74		Echo (ping) reply
34	20.303566	192.168.0.110	192.168.0.1	ICMP	74		Echo (ping) request
35	20.306268	192.168.0.1	192.168.0.110	ICMP	74		Echo (ping) reply
37	21.311941	192.168.0.110	192.168.0.1	ICMP	74		Echo (ping) request
38	21.314771	192.168.0.1	192.168.0.110	ICMP	74		Echo (ping) reply

```

> Frame 32: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: AsixElec_00:1a:08 (00:0e:c6:00:1a:08), Dst: D-LinkIn_11:ee:e0 (54:b8:0a:11:ee:e0)
  > Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.110, Dst: 192.168.0.1
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
    > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
      Total Length: 60
      Identification: 0x616c (24940)
    > Flags: 0x0000
      Fragment offset: 0
      Time to live: 128
      Protocol: ICMP (1)
      Header checksum: 0x0000 [validation disabled]
      [Header checksum status: Unverified]
      Source: 192.168.0.110
      Destination: 192.168.0.1
    > Internet Control Message Protocol
  
```

0000	54 b8 0a 11 ee e0 00 0e c6 00 1a 08 08 00 45 00	T.....E.
0010	00 3c 61 6c 00 00 80 01 00 00 c0 a8 00 6e c0 a8	<cal.....n..
0020	00 01 08 00 4d 4d 00 01 00 0e 61 62 63 64 65 66	...MN..-abcdef
0030	67 68 69 6a 6b 6c 6d 6e 6f 70 71 72 73 74 75 76	ghijklmn opqrstuv
0040	77 61 62 63 64 65 66 67 68 69	wabcdefg hi

Figura 23.Resultado de captura de tráfico del Ping hacia el Router (El Autor).

Cabe recalcar que el protocolo ICMP, es un protocolo de la capa de Internet del modelo TCP/IP, de acuerdo al modelo OSI, y lo podemos observar en la Tabla N° 2 para más detalle.

Nº Capa	Capa OSI	Capa TCP/IP	Pila de protocolos
5,6,7	Aplicación, sesión, presentación	Aplicación	NIS,NFS,LDAP,DNS,TELNET,FTP, RLOGIN, RSH,RCP,RIP,RDISC,SNMP..
4	Transporte	Transporte	TCP, UDP,SCTP
3	Red	Internet	IPv4, IPv6, ARP, ICMP
2	Vínculo de datos	Enlace de datos	Ethernet, PPP,IEEE 802.2
1	Física		

Tabla 2. Comparativa de capas de Modelo OSI y TCP/IP. (El Autor).

Wireshark muestra la captura, de acuerdo a la estructura de la capa, por lo tanto, el Protocolo Ethernet, que pertenece a la capa de datos: Enlace de Datos, luego también nos muestra la versión de IP la cual es decir Internet Protocol versión 4 y por último nos indica el protocolo ICMP (Internet Control Message Control).

El análisis descrito anteriormente se muestra en la siguiente Figura N° 24

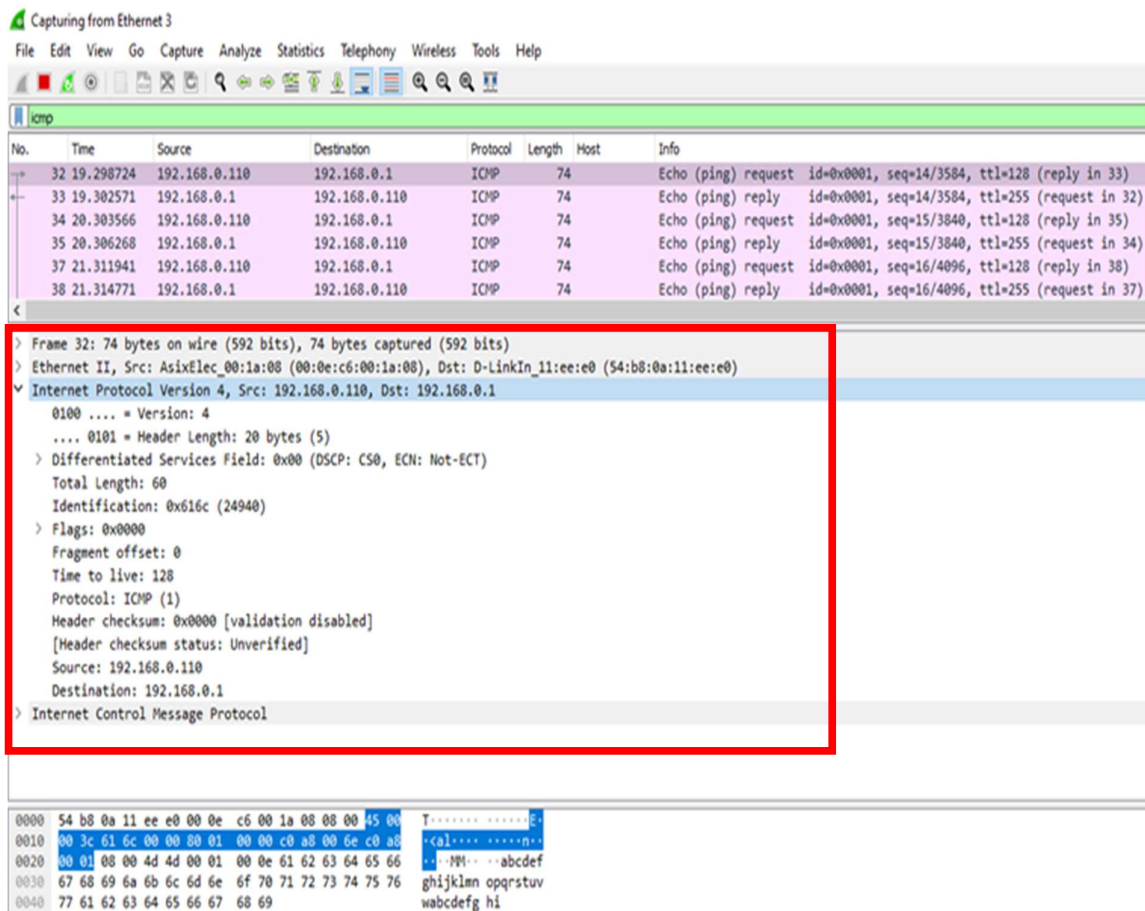


Figura 24. Comparativa de capas de Modelo OSI y TCP/IP. (El Autor).

3.5 Análisis inicial de tráfico de datos con herramienta CACTI.

A continuación, se presenta una herramienta llamada CACTI, la cual es una herramienta de código abierto que permite obtener datos en el tiempo, provenientes de diferentes tipos de equipos, con el fin de crear graficas de su comportamiento en el tiempo, lo cual es muy útil para el monitoreo de Redes.

Cacti es una interfaz gráfica para RRDTool (Round Robin Data Tool) lo cual es una herramienta que permite la toma y graficación de datos en una serie de tiempo, haciéndole polling a equipos para que respondan sobre algunas variables de desempeño de sus componentes

Además, permite la toma de datos mediante el protocolo SNMP (SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL)

Cacti se puede utilizar para medir y graficar en el tiempo, el porcentaje de utilización de una CPU, de memoria, de ancho de banda de un canal, etc., lo cual permite observar el comportamiento en el tiempo, de tal modo que, si presenta una falla, se puede determinar en qué momento se inicia, en que valores se mantuvo, y en qué momento se volvieron a restablecer los valores normales.

Los Requerimientos para poder utilizar esta aplicación serían los siguientes:

- Sistema Operativo Linux como Debían, Gentoo, Redhat, Fedora, SUSE o Windows 7,8,10
- Servicio Web Apache
- PHP
- MySQL
- RRDTool
- Si se utiliza SNMP se debe instalar Net_Snmp
- Un Navegador de internet para ejecutar Cacti.

A continuación, se procede a realizar la instalación y configuración de Cacti, para lo cual primero tenemos que tener instalado previamente el Servidor XAMPP y tener activos los servicios Apache y MySQL, además debemos de tomar en cuenta la versión instalada del XAMPP Control Panel es v3.2.4.

3.6 Configuración e instalación de CACTI.

En este panel de control mostrado en la Figura N.º 25, debemos verificar que los servicios: **Apache y MySQL**, estén activos como se puede observar están en Running resaltados con color verde, de no comprobar estos servicios, se nos presentaran errores al momento de crear la base de datos para Cacti.

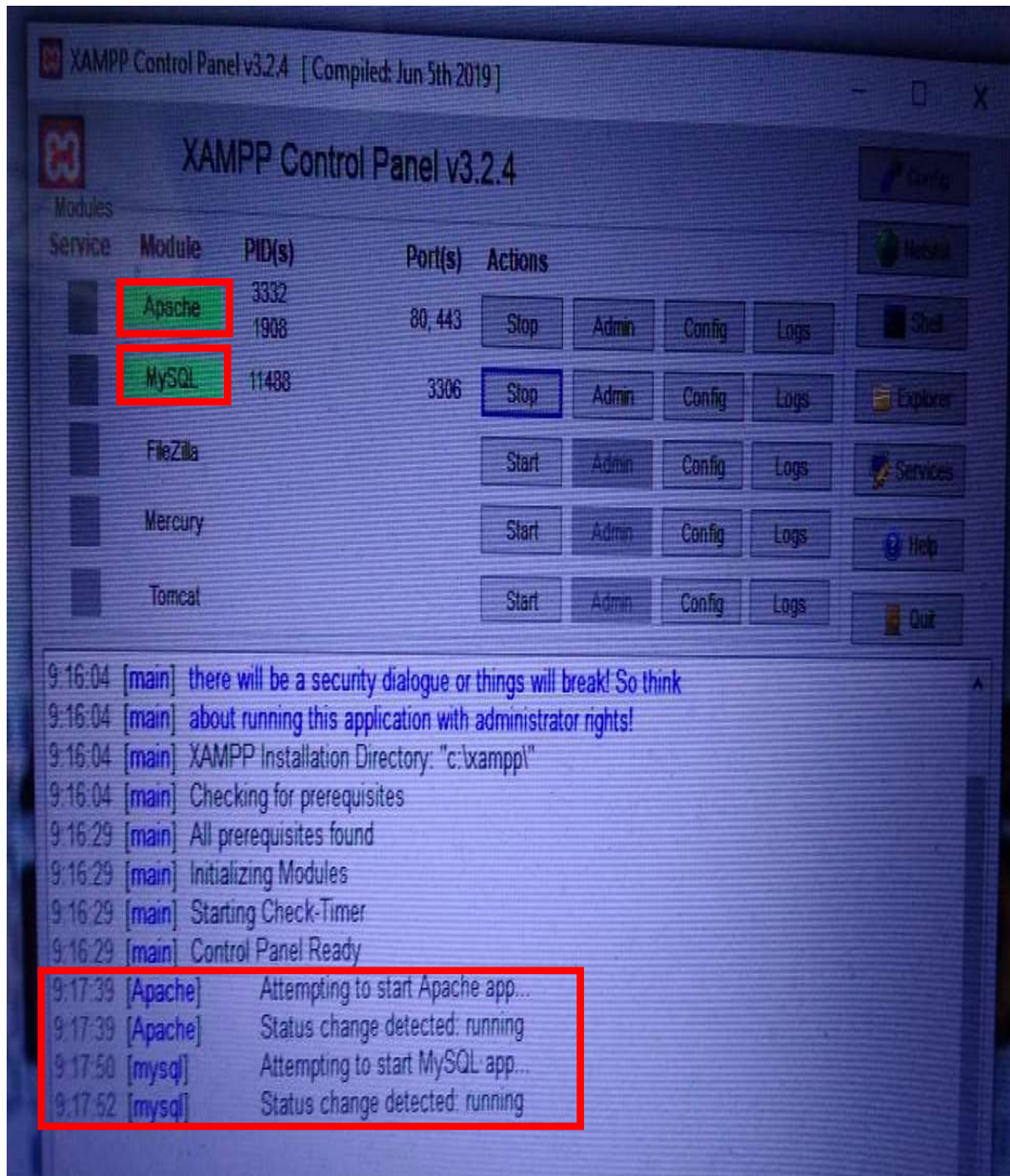


Figura 25. Servidor de Aplicaciones Web XAMPP. (El Autor).

Para una correcta instalación de Cacti, se procede a descomprimir el fichero que se descargó en la web, dentro de la carpeta **htdocs**, que pertenece a la carpeta **Xampp**, previamente instalada, en la Figura N.º 27 se muestra la Ruta en la que fue descomprimido el archivo.



Figura 26. Fichero de Cacti-1.2.9. (El Autor)

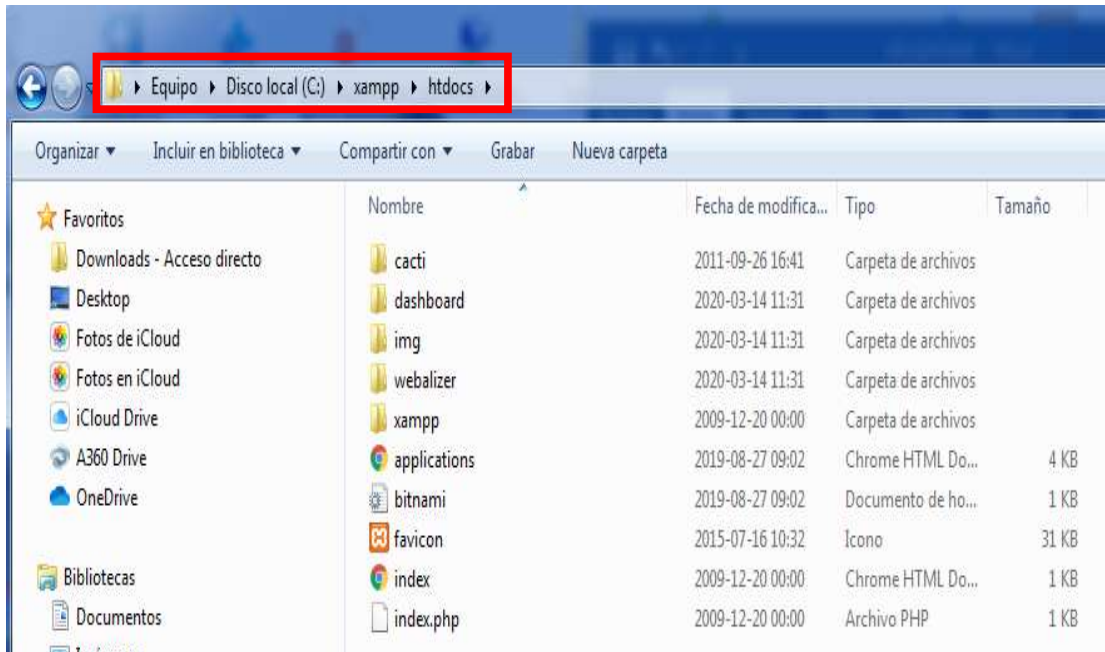


Figura 27 Ruta para descomprimir fichero de Cacti 1.2.9 (El Autor).

Al archivo que se instaló en la ruta anteriormente especificada, se le procede a cambiar el nombre para una mejor facilidad de localización al momento de buscar este fichero el cual se lo nombra como: **CACTI**, tal como se puede observar en la Figura N° 28.

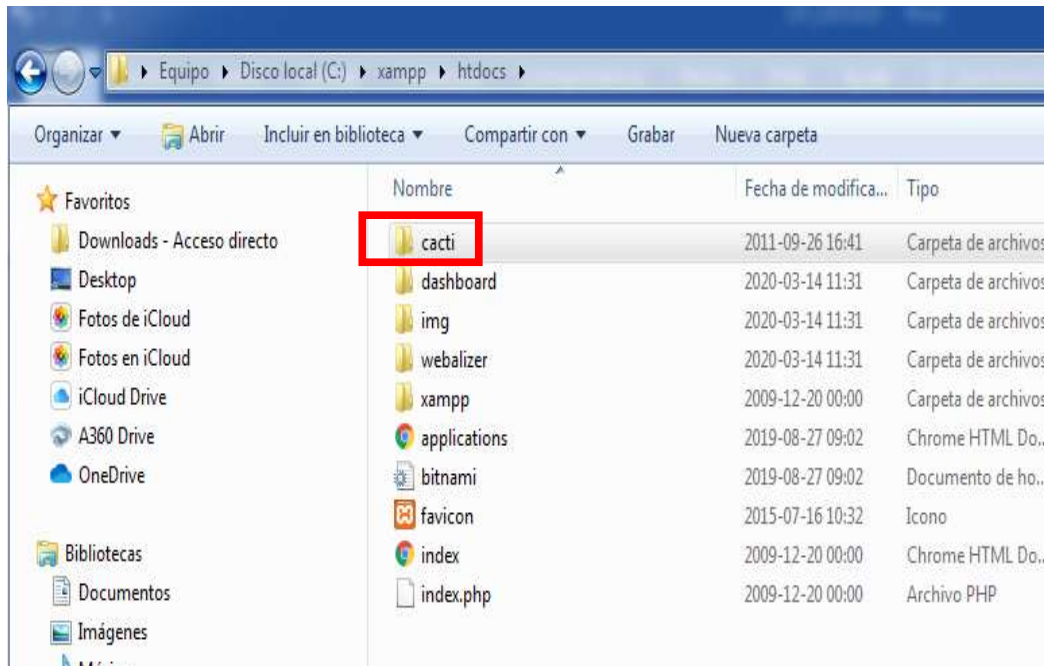


Figura 28 Ruta para descomprimir fichero de Cacti 1.2.9 (El Autor).

El siguiente paso será instalar el Net_Snmp, es necesario instalar esta herramienta en el directorio que se asigna por defecto, cabe recalcar que la versión del mismo es 5.6.1.1 la instalación de este software es similar a la mayoría de softwares que utilizamos en Windows 7



Figura 29 Ruta para descomprimir fichero de Cacti 1.2.9. (El Autor).

A continuación, se instala la herramienta RRdtool, para lo cual se crea una carpeta en el directorio C: con el nombre de **rrdtool**, en la cual extraemos el fichero que descargamos.



Figura 30 Herramienta Rrdtool v1.2.15 para Windows. (El Autor).

Disco local (C:)

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
Archivos de programa	18/2/2020 15:22	Carpeta de archivos	
Archivos de programa (x86)	25/3/2020 0:00	Carpeta de archivos	
found.000	23/7/2019 14:17	Carpeta de archivos	
inetpub	21/3/2020 0:13	Carpeta de archivos	
Intel	1/6/2019 0:58	Carpeta de archivos	
National Instruments Downloads	5/5/2019 16:34	Carpeta de archivos	
PerfLogs	18/3/2019 23:52	Carpeta de archivos	
rrdtool	25/3/2020 9:05	Carpeta de archivos	
SRI-DIMM	19/3/2020 20:38	Carpeta de archivos	
usr	25/3/2020 0:38	Carpeta de archivos	
Usuarios	14/10/2019 14:06	Carpeta de archivos	
Windows	24/3/2020 8:31	Carpeta de archivos	
xampp	25/3/2020 0:37	Carpeta de archivos	
.rnd	30/11/2019 15:54	Archivo RND	1 KB
AiOLog	3/2/2019 15:18	Documento de te...	1 KB
makensis	31/7/2017 19:33	Aplicación	3 KB

Figura 31 Carpeta Rrdtool v1.2.15 creada en directorio. (El Autor).

A continuación, se comprueba que los servicios para web, Apache y Msql, estén funcionando de manera correcta, la forma de hacerlo es ingresar **localhost** en nuestro navegador, además con esto verificamos que está el servidor de aplicaciones Xampp está instalado de manera correcta, como se observa en la Figura N° 32.

Cabe recalcar que, si hubiera algún tipo de error en la instalación, de manera inmediata nos sale algún aviso al momento de ingresar al localhost.



Welcome to XAMPP for Windows 7.4.3

You have successfully installed XAMPP on this system! Now you can start using Apache, MariaDB, PHP and other components. You can find more info in the [FAQs](#) section or check the [HOW-TO Guides](#) for getting started with PHP applications.

XAMPP is meant only for development purposes. It has certain configuration settings that make it easy to develop locally but that are insecure if you want to have your installation accessible to others. If you want have your XAMPP accessible from the internet, make sure you understand the implications and you checked the [FAQs](#) to learn how to protect your site. Alternatively you can use [WAMP](#), [MAMP](#) or [LAMP](#) which are similar packages which are more suitable for production.

Figura 32 Carpeta Rrdtool v1.2.15 creada en directorio. (El Autor).

Una vez que se observa, que está funcionando de manera correcta el servidor **xampp**, se procede a presionar **phpMyAdmin**, y nos saldrá ya la consola para poder configurar la base de datos, lo descrito anteriormente, se puede observar en la Figura N.º .33.

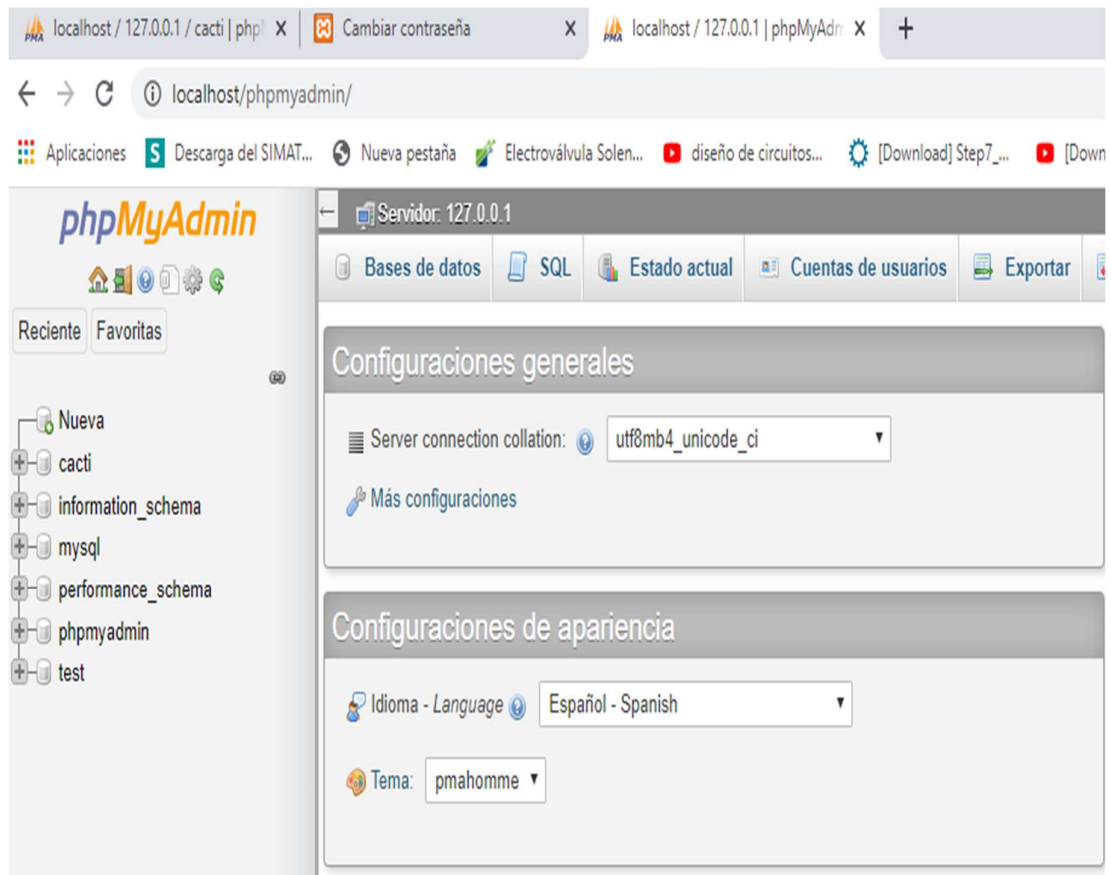


Figura 33 Consola de Cacti principal para configurar base de datos. (El Autor).

A continuación, se procede a configurar la base de datos, la cual se le llamará Cacti, de tal manera que la creamos en la pestaña desplegable dando click en **"Nueva"**, y se le coloca el nombre de **Cacti** en **"Crear base de datos"**, luego en el campo de la derecha se coloca **"Cotejamiento"**, y pulsamos **Crear**

De la manera como indica la Figura N° 34, se debe de configurar la creación de la base de datos.

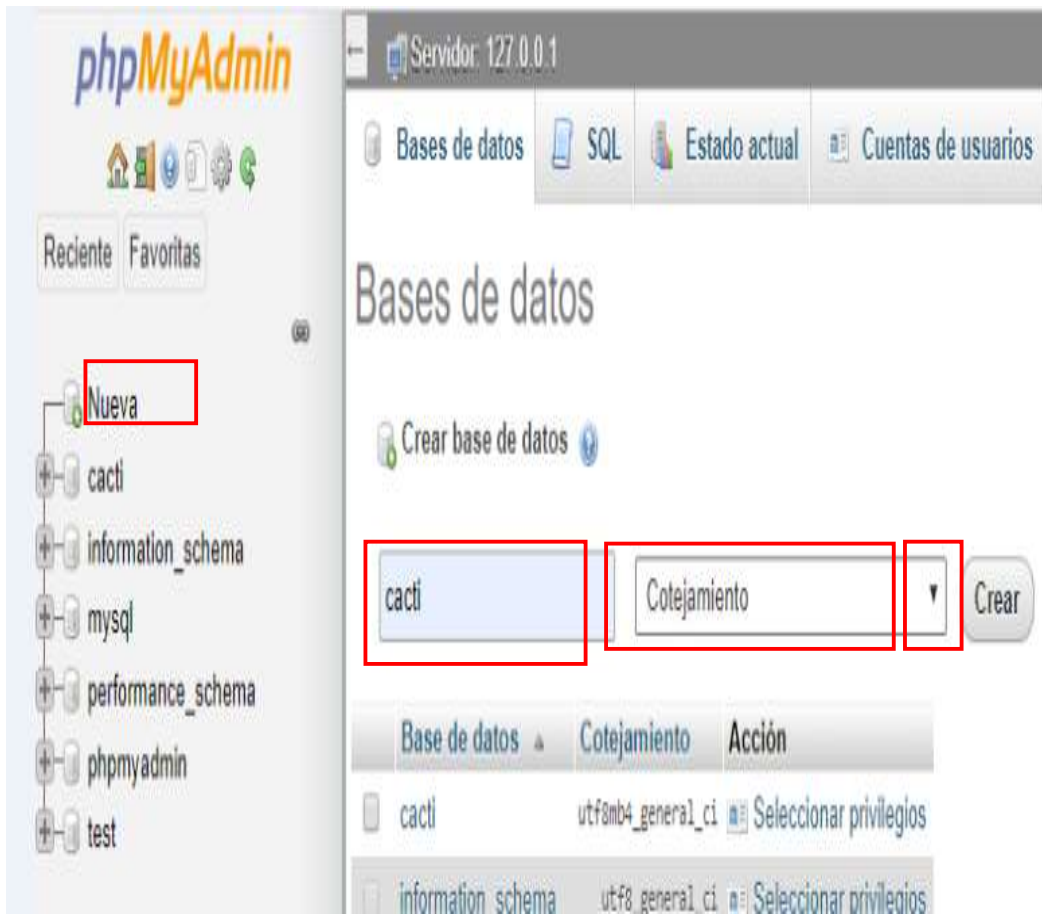


Figura 34 Creación de base de datos Cacti (El Autor)

Luego de esto se procede a importar un archivo que se encuentra en la siguiente ruta: **C:\xampp\htdocs\cacti**, el cual es: **cacti.sql**, esto es con el objetivo de crear la parte funcional de esta base de datos., por lo que este archivo está constituido por Scripts.

De tal manera que se procede a dar click en el botón “Seleccionar Archivo”, para poder buscar este archivo en la ruta indicada anteriormente, como se muestra en la Fig. N° 35.

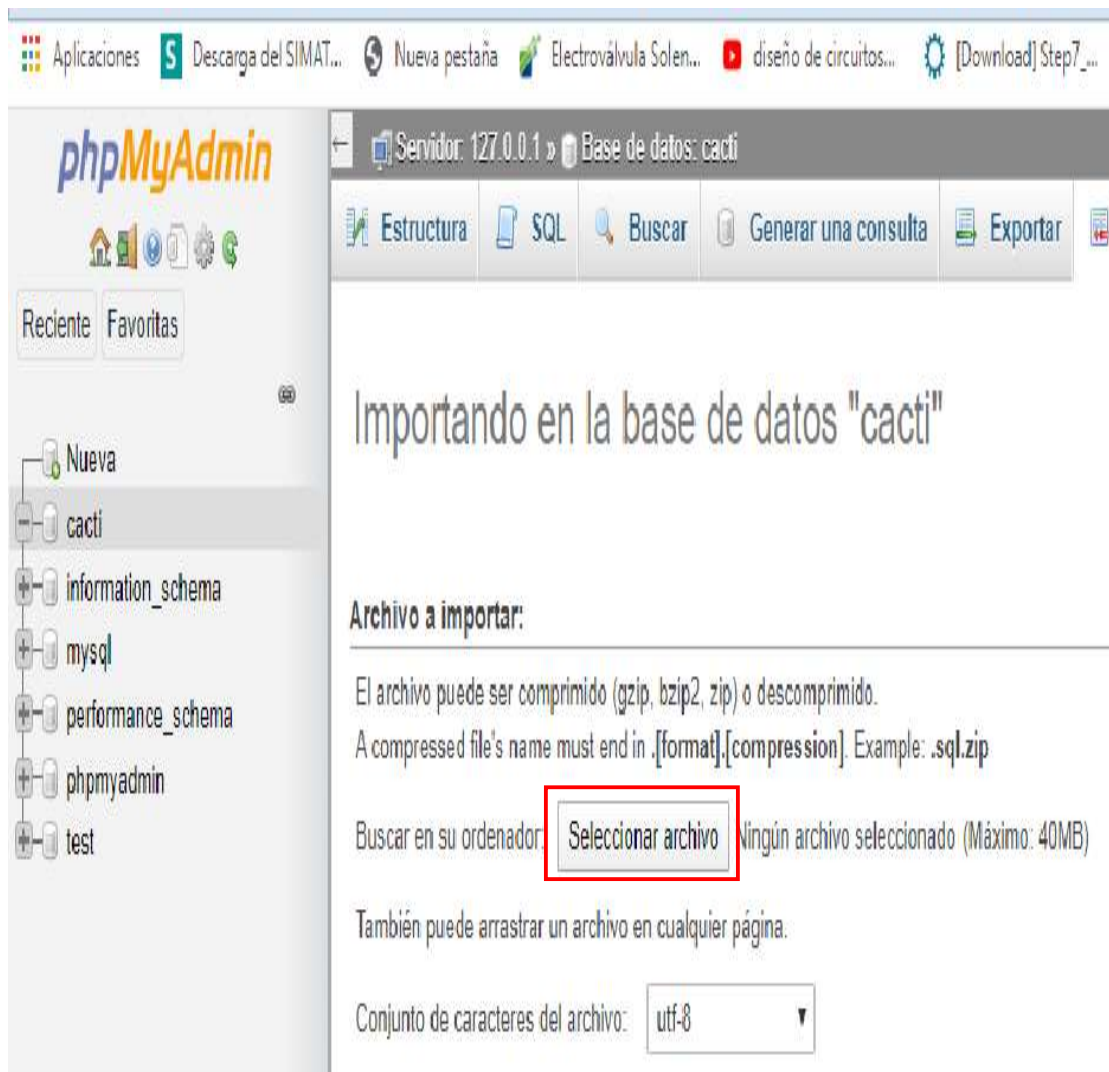


Figura 35 Importación de datos para base Cacti. (El Autor)

A continuación, una vez luego de haber elegido el archivo, y seleccionarlo, se debe de esperar un tiempo, hasta que importe todos los archivos necesarios y sin errores, pasado este tiempo se indica la información en la ventana que genera.

Cabe recalcar que la información que se muestra en esta ventana es de acuerdo a la que se muestra en la Figura N° 36

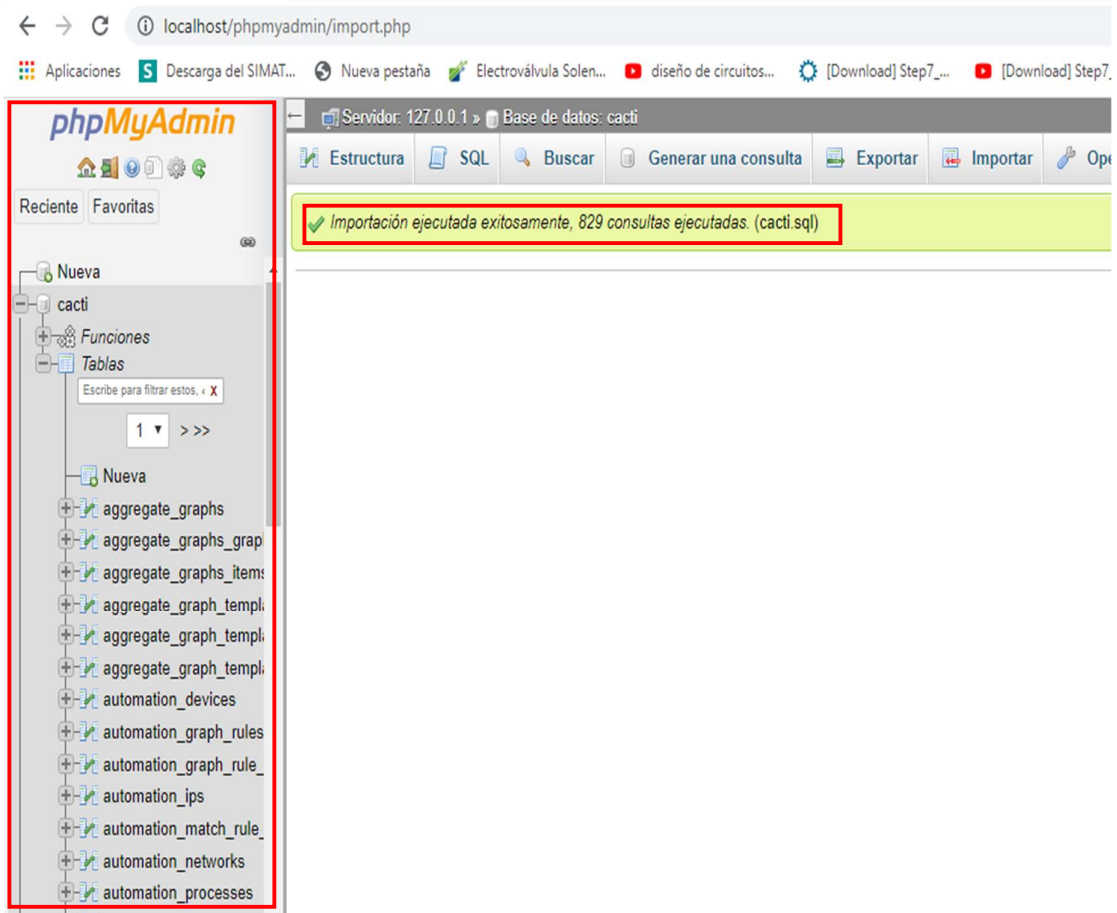


Figura 36 Importación de datos para base Cacti. (El Autor)

Se procede también a Editar los privilegios de esta base de datos, en donde se cambiará la contraseña de la base de datos en el campo de **Cambio de contraseña** y además se debe ingresarla en el campo “Debe volver a escribir”, como lo observamos en la Figura N.º 37.

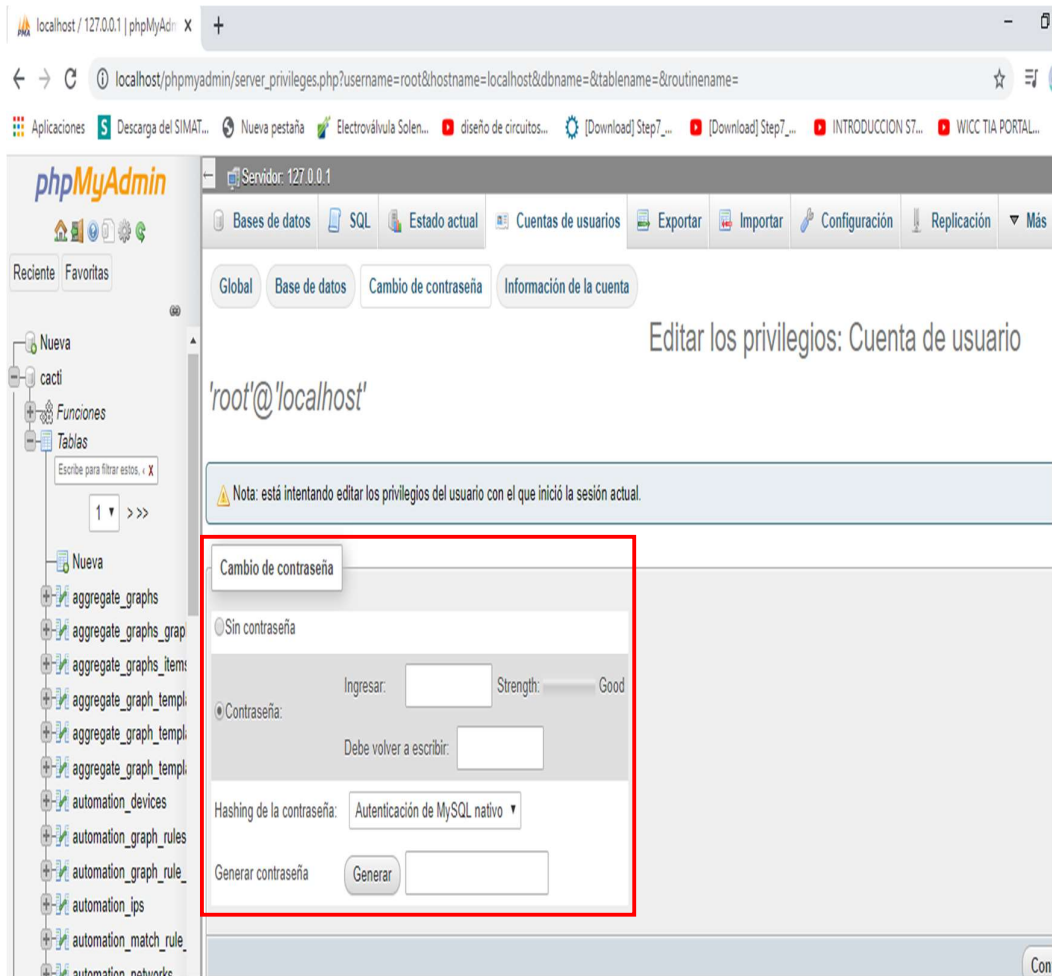


Figura 37 Edición de cambio de contraseña base de datos. (El Autor)

A momento de actualizar esta página de local host, se notará un error que se genera en la página phpMyAdmin, es decir la página del servidor web, esto es debido que no está cambiada la contraseña en el directorio de los scripts, creados por defecto anteriormente, para solucionar esto se debe de cambiar también la contraseña en estos archivos, el cual se encuentra en la siguiente ruta: **C:\xampp\phpMyAdmin.**

A continuación, se muestra en la Figura N° 38, el error que se genera al actualizar la página web del servidor.

Bienvenido a phpMyAdmin

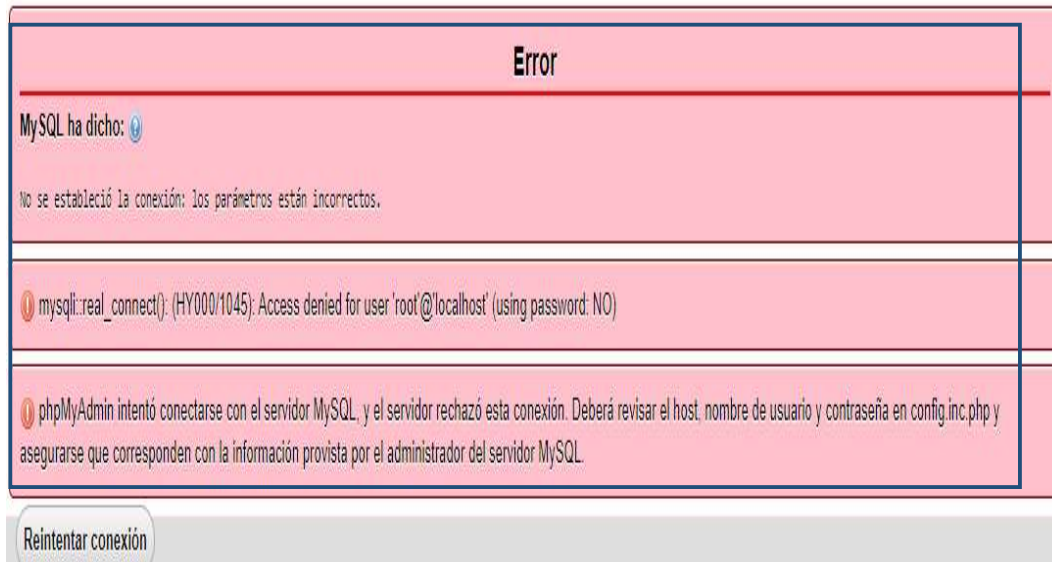


Figura 38 Edición de cambio de contraseña base de datos. (El Autor)

Como se puede observar se abre el script con la ruta indicada anteriormente, en el mismo en la parte de password, se digita la contraseña que se ubicó en la parte de privilegios anteriormente.

Para precisar puntualmente el cambio, en el script que se indicó en la ruta: **C:\xampp\phpMyAdmin.**, se debe cambiar la contraseña en la línea de código N° 21, tal como se muestra en la Figura N° 39.

Cabe recalcar que la contraseña de la base de datos creada es: **tesisjoel**.

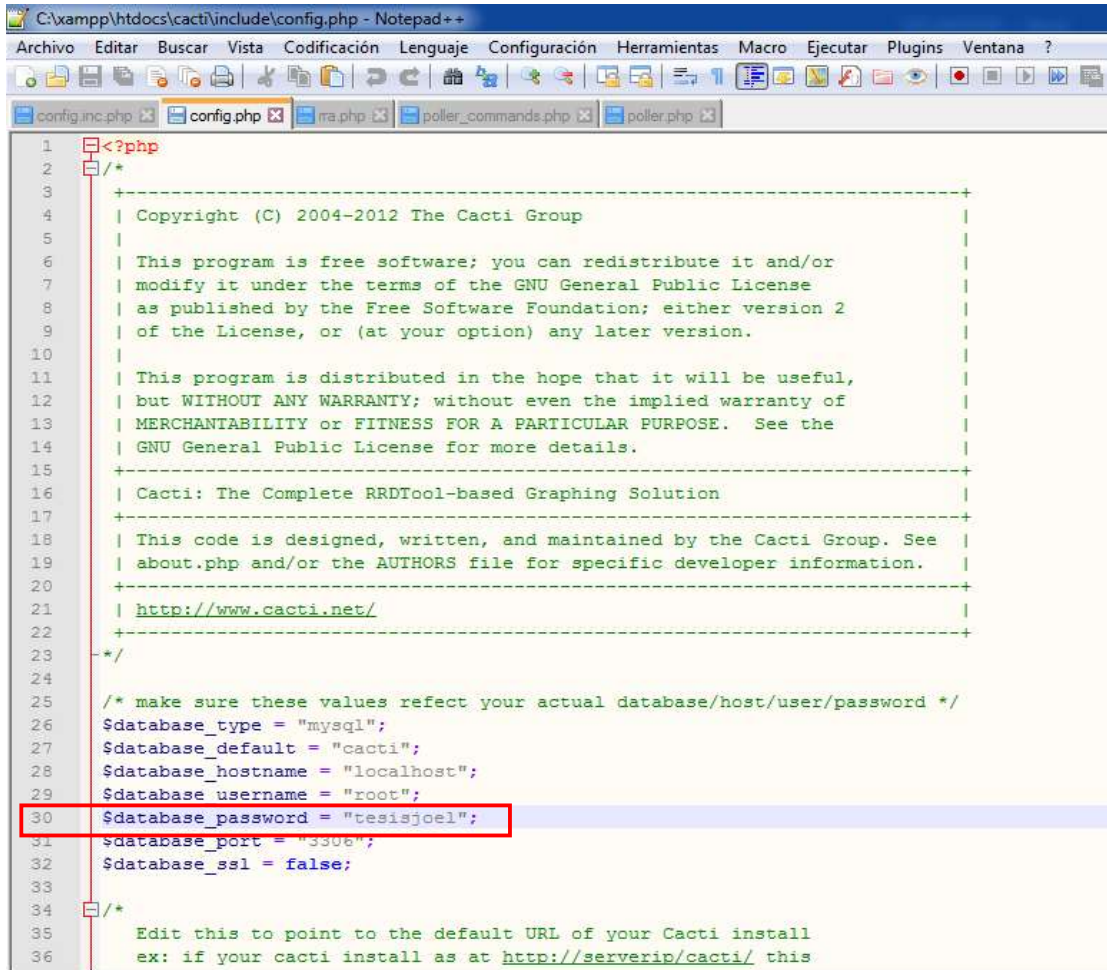
```
18  /* Authentication type and info */
19  $cfg['Servers'][$i]['auth_type'] = 'config';
20  $cfg['Servers'][$i]['user'] = 'root';
21  $cfg['Servers'][$i]['password'] = 'tesisjoel';
22  $cfg['Servers'][$i]['extension'] = 'mysql';
23  $cfg['Servers'][$i]['AllowNoPassword'] = true;
24  $cfg['Lang'] = '';
25
26  /* Bind to the localhost ipv4 address and tcp */
27  $cfg['Servers'][$i]['host'] = '127.0.0.1';
28  $cfg['Servers'][$i]['connect_type'] = 'tcp';
29
30  /* User for advanced features */
31  $cfg['Servers'][$i]['controluser'] = 'pma';
```

PHP Hypertext Preprocessor file length: 1567 lines: 54 Ln: 21 Col: 1 Sel: 46 | 1 Unix (LF)

Figura 39 Edición de cambio de contraseña base de datos. (El Autor)

Luego de esto se dirige a la siguiente ruta: **C:\xampp\htdocs\cacti\include\config.php**, en la cual se va a cambiar el nombre de la contraseña en el script presente en esta ruta, para no tener inconvenientes más después en la configuración de la base de datos que se va generando.

Esta ruta indica que son ficheros principales de configuración, que se encuentran en el script **config, php** , para precisar, se debe de cambiar la contraseña en la línea de código N° 30, la misma que es: **“tesisjoel”** tal como se indica en la Figura N° 40



```
1 <?php
2 /*
3 -----
4 | Copyright (C) 2004-2012 The Cacti Group
5 |
6 | This program is free software; you can redistribute it and/or
7 | modify it under the terms of the GNU General Public License
8 | as published by the Free Software Foundation; either version 2
9 | of the License, or (at your option) any later version.
10 |
11 | This program is distributed in the hope that it will be useful,
12 | but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
13 | MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
14 | GNU General Public License for more details.
15 |
16 |-----
17 | Cacti: The Complete RRDTool-based Graphing Solution
18 |-----
19 | This code is designed, written, and maintained by the Cacti Group. See
20 | about.php and/or the AUTHORS file for specific developer information.
21 |-----
22 | http://www.cacti.net/
23 |-----
24 */
25 /* make sure these values reflect your actual database/host/user/password */
26 $database_type = "mysql";
27 $database_default = "cacti";
28 $database_hostname = "localhost";
29 $database_username = "root";
30 $database_password = "tesisjoel";
31 $database_port = "3306";
32 $database_ssl = false;
33
34 */
35 Edit this to point to the default URL of your Cacti install
36 ex: if your cacti install as at http://serverip/cacti/ this
```

Figura 40 Cambio de contraseña en script de configuración inicial. (El Autor)

Luego de haber cambiado la configuración de las contraseñas, en los scripts descritos anteriormente, se procede a actualizar la página de configuración de la base de datos, y se va a presentar una ventana indicando: **“Cacti Installation Guide”**, esto significa que se está listo para empezar a dar los primeros pasos con Cacti, en dicha ventana se procede a pulsar el botón **Next**, como podemos observar en la Figura N.º 41.

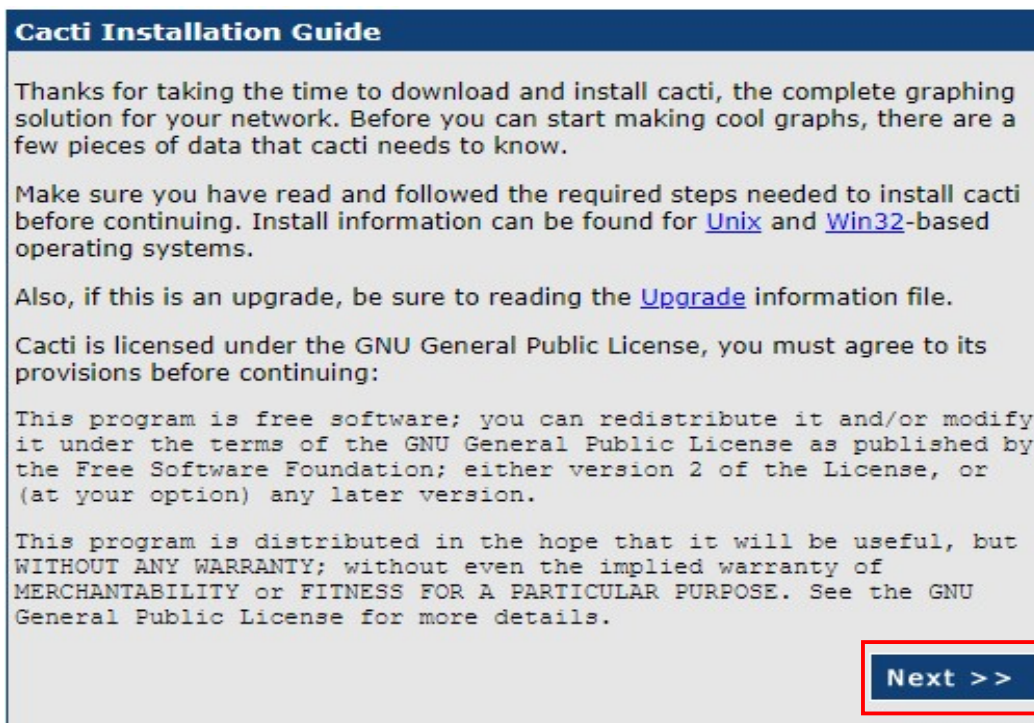


Figura 41 Configuración inicial de Cacti. (El Autor)

Se procede a seleccionar en la lista desplegable: “**New Install**” dar Next, en la ventana de configuración.

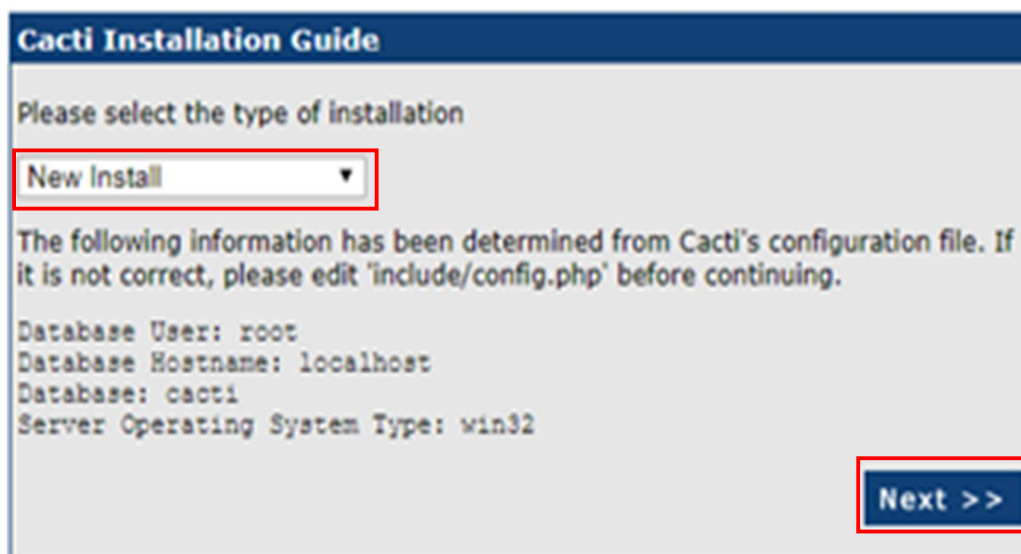


Figura 42 Cambio de contraseña en script de configuración inicial. (El Autor)

A continuación, se presenta, la siguiente ventana de diálogo, en la cual se debe de ingresar en la parte de **PHP Binary Path**, la ruta en la cual está instalado este script, la cual es **C:\xampp\php**, y en la opción de **RRDTool Utility Versión** se debe de elegir: **RRDTool 1.2.x**.

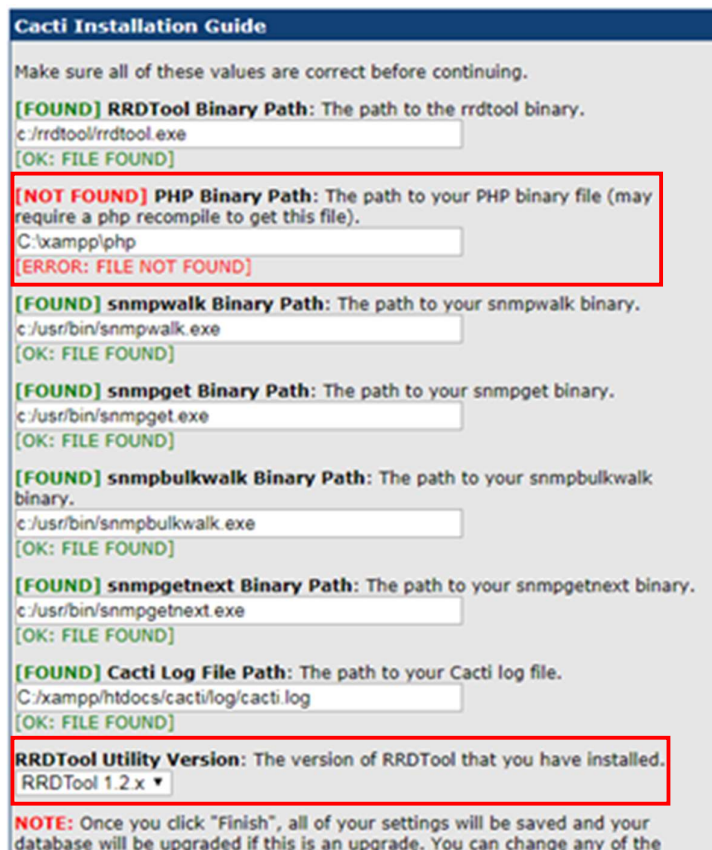


Figura 43 Configuración inicial en Cacti (El Autor)

A continuación, se procede a dar click en Install, y de manera automática se direcciona hacia la consola de Cacti, como se muestra en la Figura N° 44, pero se puede acceder a la consola ingresando la dirección IP el equipo que va a monitorear en este caso es 192.168.0.4 y unida la palabra cacti, es decir se coloca de esta manera: **192.168.0.4/cacti**, de tal forma si no existen errores permite acceder a la consola de cacti para configurar el equipo que requiere monitorear.

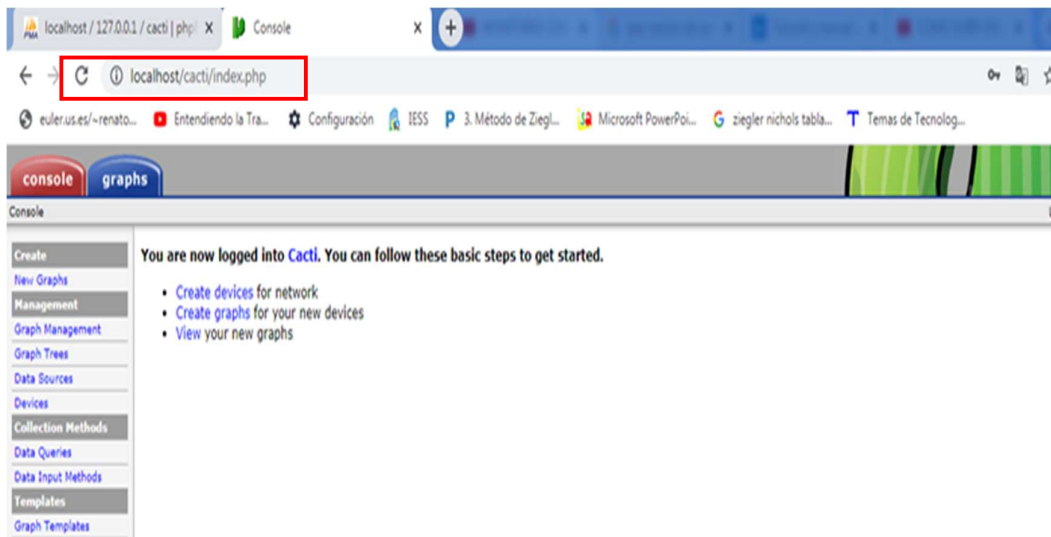


Figura 44 Configuración inicial en Cacti (El Autor)

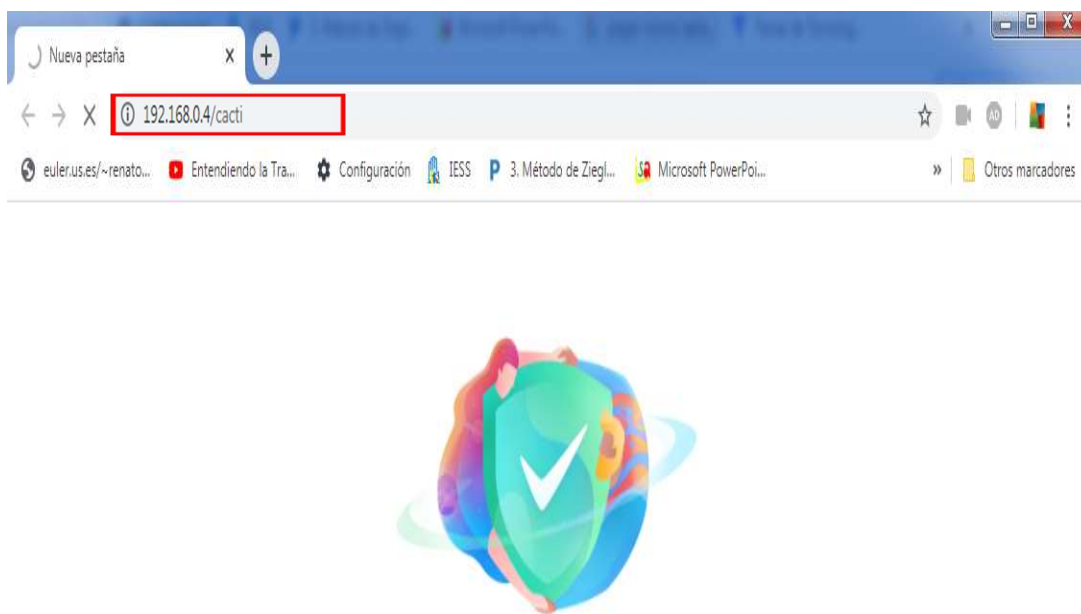


Figura 45 Configuración inicial en Cacti (El Autor).

3.7 Configuración de consola de CACTI.

Una vez ingresado en la consola de cacti, se procede a configurar un nuevo dispositivo, para lo cual se da click en **Devices** y luego click en **New Device** y en la parte superior derecha click en **Add**.

Cabe recalcar que se va a proceder a realizar un monitoreo del equipo en la Red, el cual es la estación PC, a la cual se tiene conectado el Generador de LiFi. Este monitoreo se lo va a realizar mediante **SNMP**.

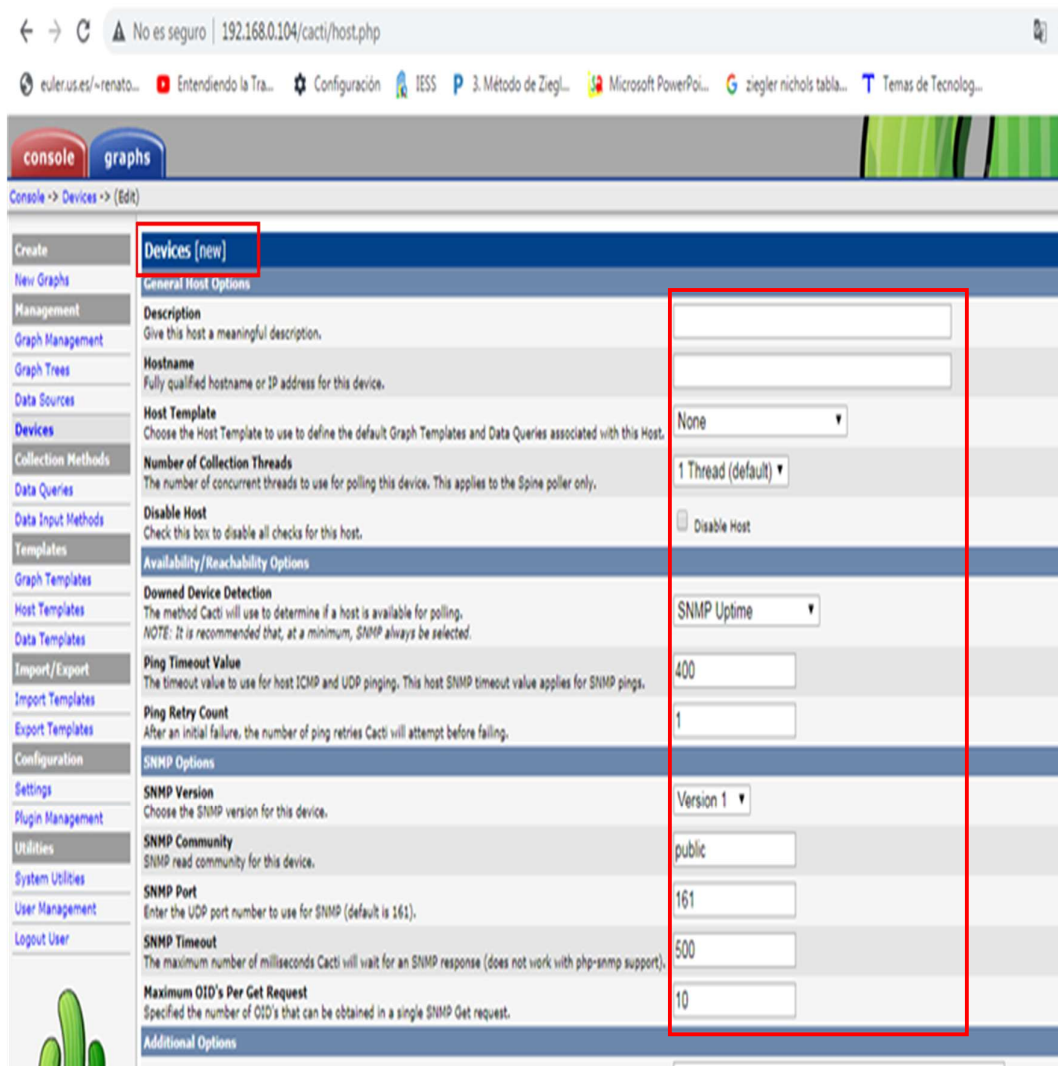


Figura 46 Configuración inicial en consola de Cacti (El Autor).

3.8 Configuración de servicios y herramientas de SNMP.

Se debe previamente configurar en herramientas administrativas, el servicio SNMP, en el equipo que se va a monitorear y en el equipo en el cual se está monitoreando.

En propiedades del Servicio **SNMP** se debe colocar un **Nombre de comunidad aceptados**, el mismo que se utiliza en la consola cacti al momento de configurar, y en la parte de **Aceptar paquetes SNMP de estos hosts**, se ingresa la ip de ambos equipos, es decir se llama al Servidor al equipo que monitorea y cliente al equipo que es monitoreado.

De tal manera que a ambos equipos tanto a servidor y a cliente le colocará la Ip de manera intercambiada, esto se realiza para que no suscite ningún inconveniente cuando cacti, empieza a buscar el cliente.

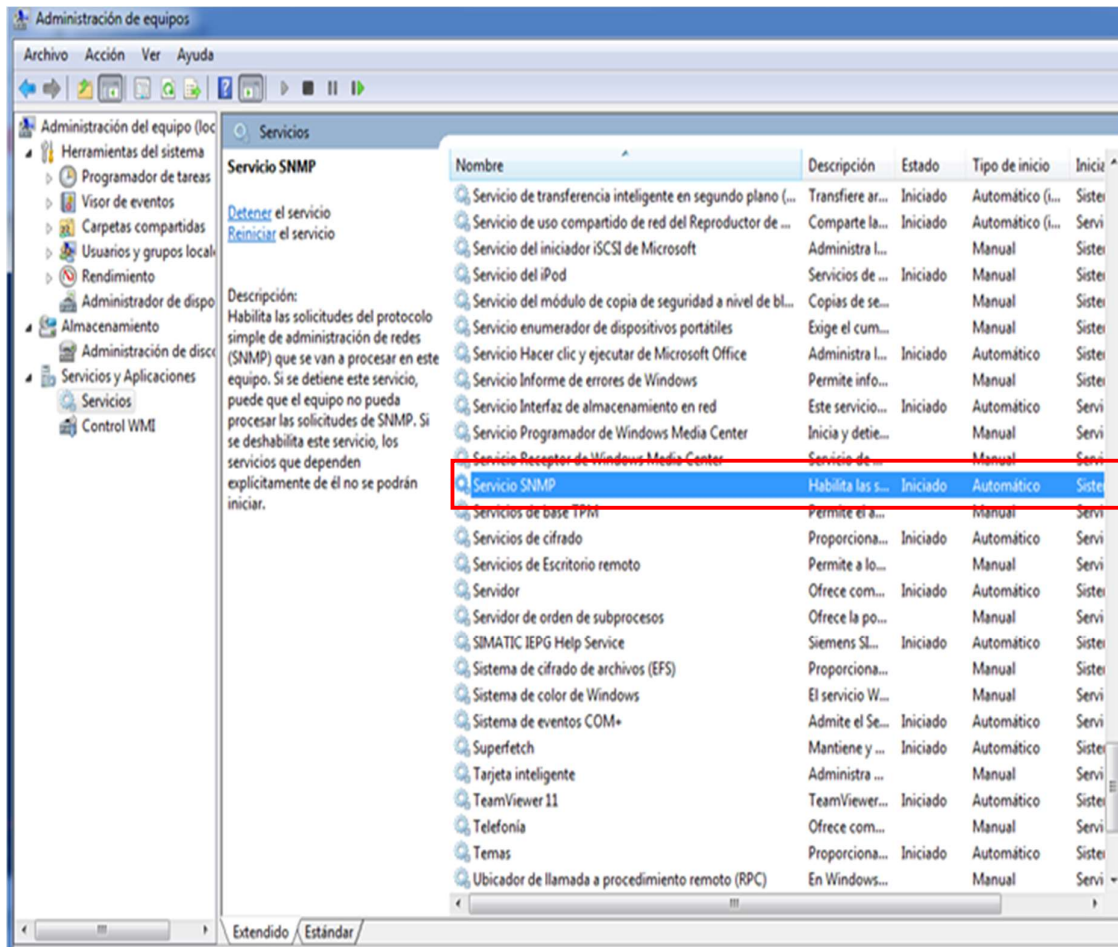


Figura 47 Configuración de servicios SNMP (El Autor).

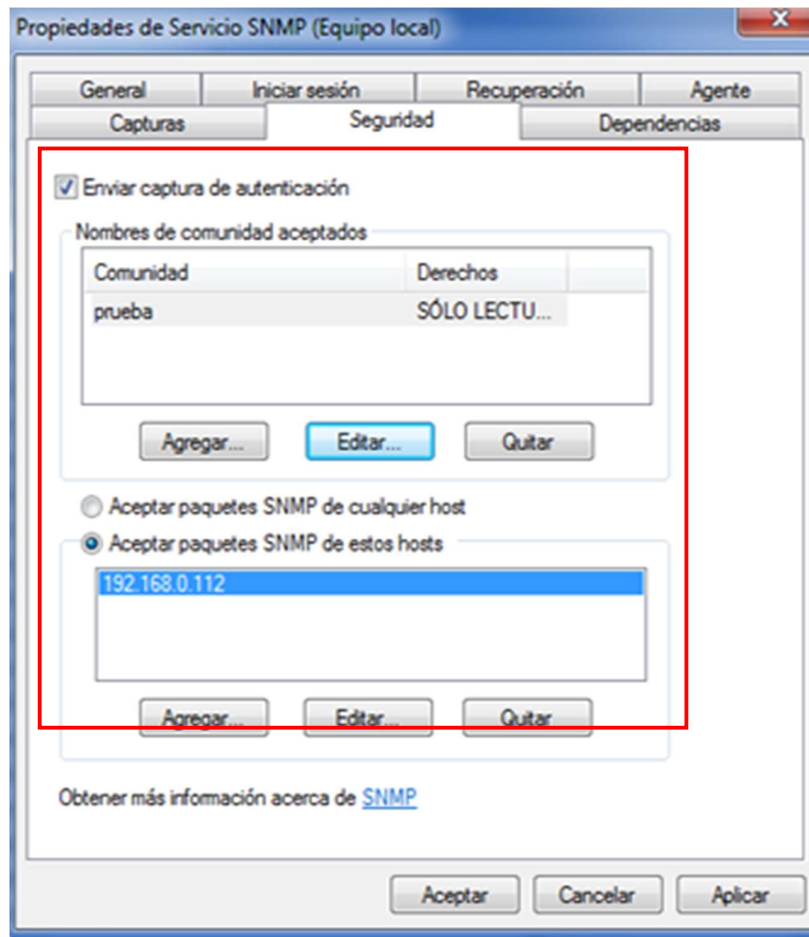


Figura 48 Configuración de servicios SNMP (El Autor).

3.9 Configuración de nuevo Dispositivo en consola de CACTI y análisis de tráfico de red LiFi.

A continuación, se procede a colocar parámetros de configuración en la consola de Cacti, para el nuevo Device, para lo cual se ingresa la Ip del Cliente la cual es: **192.168.0.112**, en la parte de Host Template se selecciona: **Generic SNMP enable Host**, en la parte de **Cumbre of Colection Thread** seleccionamos **1 Thread (default)**

Se sigue ingresando datos de configuración en la parte de Devices de la consola, como se muestra en la Figura N° 49.

The screenshot shows the Cacti console interface for configuring a new device. The browser address bar indicates the URL is 192.168.0.104/cacti/host.php. The left sidebar contains a navigation menu with categories like 'Create', 'Management', 'Data Sources', 'Devices', 'Collection Methods', 'Data Queries', 'Data Input Methods', 'Templates', 'Import/Export', 'Configuration', 'Settings', 'Plugin Management', 'Utilities', 'System Utilities', 'User Management', and 'Logout User'. The main content area is titled 'Devices [new]' and is divided into several sections:

- General Host Options:**
 - Description:** Give this host a meaningful description. (Value: 192.168.0.112)
 - Hostname:** Fully qualified hostname or IP address for this device. (Value: 192.168.0.112)
 - Host Template:** Choose the Host Template to use to define the default Graph Templates and Data Queries associated with this Host. (Value: Generic SNMP-enabled Host)
 - Number of Collection Threads:** The number of concurrent threads to use for polling this device. This applies to the Spine poller only. (Value: 1 Thread (default))
 - Disable Host:** Check this box to disable all checks for this host. (Value: Disable Host)
- Availability/Reachability Options:**
 - Downed Device Detection:** The method Cacti will use to determine if a host is available for polling. NOTE: It is recommended that, at a minimum, SNMP always be selected. (Value: SNMP Uptime)
 - Ping Timeout Value:** The timeout value to use for host ICMP and UDP pinging. This host SNMP timeout value applies for SNMP pings. (Value: 400)
 - Ping Retry Count:** After an initial failure, the number of ping retries Cacti will attempt before failing. (Value: 1)
- SNMP Options:**
 - SNMP Version:** Choose the SNMP version for this device. (Value: Version 2)
 - SNMP Community:** SNMP read community for this device. (Value: public)
 - SNMP Port:** Enter the UDP port number to use for SNMP (default is 161). (Value: 161)
 - SNMP Timeout:** The maximum number of milliseconds Cacti will wait for an SNMP response (does not work with php-snmp support). (Value: 500)
 - Maximum OID's Per Get Request:** Specified the number of OID's that can be obtained in a single SNMP Get request. (Value: 10)
- Additional Options:** (Section header, no visible fields)

Figura 49 Configuración de Devices consola Cacti (El Autor).

Para verificar que existe conexión entre el servidor y el cliente en la consola Cacti, se muestran los datos del cliente, en la parte que indica Save Successful, en la cual se puede observar los datos que obtiene el servidor del cliente, como se puede observar en la siguiente Figura N° 50.

Cabe recalcar que esta información tiene que ser igual a la que se configuro en el servicio SNMP, del cliente, de tal manera que esta información indica que efectivamente se tiene conexión y desde este momento ya se encuentra la monitorización activa desde el servidor.



Figura 50 Configuración exitosa para New Device Cacti (El Autor).

3.10 Configuración de Servicios para obtención de información de Red en CACTI.

A continuación, se procede a agregar más servicios en la parte de **Associated Graph Template** y en **Associated Data Queries**, esto es con fin de obtener más datos al momento de que se realiza la conexión entre el Servido y el Cliente, es decir si se agregan más datos en estos 2 ítems mencionados anteriormente. Se puede observar más información del cliente, es decir como características de la conexión que se está monitoreando, Tráfico de datos

Associated Graph Templates

Graph Template Name	Status
1) Host MIB - Logged in Users	Not Being Graphed

Add Graph Template:

Associated Data Queries

Data Query Name	Debugging	Re-Index Method	Status
1) SNMP - Get Mounted Partitions	(Verbose Query)	Uptime Goes Backwards	Success [0 Items, 0 Rows]
2) SNMP - Interface Statistics	(Verbose Query)	Uptime Goes Backwards	Success [416 Items, 46 Rows]

Add Data Query: Re-Index Method:

Figura 51 Configuración de Servicios para obtención de información en Cacti (El Autor).

Al momento de empezar a crear lo que son gráficos, se debe seleccionar **Graphs**, y luego **Create New Graphs**, y de manera automática, la consola muestra el monitoreo de la Red, en este caso del Cliente.

Data Query [SNMP - Interface Statistics]										
<< Previous		Showing Rows 1 to 30 of 46 [1,2]							Next >>	
Index	Status	Description	Name (IF-MIB)	Alias (IF-MIB)	Type	Speed	High Speed	Hardware Address	IP Address	
1	Up	Software Loopback Interface 1	loopback_0	Loopback Pseudo-Interface 1	softwareLoopback	1073741824	1073		127.0.0.1	
2	notPresent	Adaptador de red de depuración de kernel de Microsoft	ethernet_4	Conexión de red local* 2	ethernetCsmacd	0	0			
3	notPresent	Realtek PCIe GBE Family Controller	ethernet_0	Ethernet	ethernetCsmacd	0	0	F0:76:1C:C1:33:4D		
4	notPresent	Qualcomm Atheros AR956x Wireless Network Adapter	wireless_0	Wi-Fi	ieee80211	0	0	70:77:81:2A:CA:67		
5	notPresent	Adaptador virtual directo Wi-Fi de Microsoft	wireless_6	Conexión de red local* 3	ieee80211	0	0	12:77:81:2A:CA:67		
6	notPresent	Dispositivo Bluetooth (TDI protocolo RFCOMM)	other_0	Conexión de red local* 1	other	0	0			
7	notPresent	Dispositivo Bluetooth (Red de red personal)	ethernet_5	Conexión de red Bluetooth	ethernetCsmacd	0	0	70:77:81:2A:CA:68		
8	Down	TAP-Windows Adapter V9	ethernet_6	Conexión de red local	ethernetCsmacd	10000000	10	00:FF:39:01:CF:05		
9	Down	Adaptador ISATAP de Microsoft #3	tunnel_3	isatap.{D247E739-D5A7-4F6D-8B94-01835C57E68E}	tunnel	100000	0	00:00:00:00:00:00:00:E0		
10	notPresent	Adaptador WiFi 802.11b/g/n Realtek RTL8188CE	wireless_1	Wi-Fi 2	ieee80211	0	0	AC:81:12:AE:95:14		
11	notPresent	Realtek PCIe FE Family Controller	ethernet_8	Ethernet 2	ethernetCsmacd	0	0	44:1E:A1:D5:77:30		
12	Down	Dell Wireless 1703 802.11b g n (2,4 GHz)	wireless_2	Wi-Fi 3	ieee80211	0	0	08:3E:8E:69:7D:3F		
13	Down	Realtek PCIe FE Family Controller #2	ethernet_9	Ethernet 3	ethernetCsmacd	0	0	E0:DB:55:86:BD:07		
14	Down	Adaptador virtual directo Wi-Fi de Microsoft #3	wireless_11	Conexión de red local* 5	ieee80211	0	0	1A:3E:8E:69:7D:3F		
15	Down	Dispositivo Bluetooth (Red de red personal) #2	ethernet_14	Conexión de red Bluetooth 2	ethernetCsmacd	3000000	3	08:3E:8E:69:7D:40		
16	notPresent	Dispositivo Bluetooth (TDI protocolo RFCOMM) #2	other_1	Conexión de red local* 6	other	0	0			
17	Up	Adaptador de USB2.0 a Fast Ethernet ASIX AX88772C	ethernet_15	Ethernet 4	ethernetCsmacd	100000000	100	00:0E:C6:00:1A:08	192.168.0.112	
18	Down	TAP-Windows Adapter V9-WFP Native MAC Layer LightWeight Filter-0000	ethernet_1	Conexión de red local-WFP Native MAC Layer LightWeight Filter-0	ethernetCsmacd	10000000	10	00:FF:39:01:CF:05		
19	Down	TAP-Windows Adapter V9-Epflv NDIS LightWeight Filter-0000	ethernet_2	Conexión de red local-Epflv NDIS LightWeight Filter-0000	ethernetCsmacd	10000000	10	00:FF:39:01:CF:05		
20	Down	TAP-Windows Adapter V9-Npcap Packet Driver (NPCAP)-0000	ethernet_3	Conexión de red local-Npcap Packet Driver (NPCAP)-0000	ethernetCsmacd	10000000	10	00:FF:39:01:CF:05		
21	Down	TAP-Windows Adapter V9-QoS Packet Scheduler-0000	ethernet_7	Conexión de red local-QoS Packet Scheduler-0000	ethernetCsmacd	10000000	10	00:FF:39:01:CF:05		

Figura 52 Monitoreo de Datos y conexiones de Red del Cliente en consola Cacti (El Autor).

3.11 Establecimiento de paquetes de datos para análisis de Tráfico de Red. WiFi

Para poder continuar con el análisis es necesario establecer la MTU (Unidad Máxima de Transferencia), la cual va a ser modificada o analizada para no experimentar pérdida de paquetes o caída de la conexión a internet.

Para determinar el tamaño correcto de MTU para la red, se debe realizar una prueba de ping específica en el destino al que se intenta llegar, como usar otra estación, para este caso sería desde el servidor hacia el cliente.

Para estaciones con Windows, se puede utilizar el siguiente comando para la prueba de ping:

ping [url/local server or IP Address] -f -l xxxx

Para determinar el tamaño de la MTU de la red, se deberá conocer la siguiente información para comprender en concepto del uso de determinados comandos que se ingresaran en el cmd, a continuación, se describe estos comandos:

- **Ping:** Comando para determinar la conectividad entre su computadora y una dirección en particular (dentro de la red local o Internet).
- **URL or local address:** Es la dirección web o la dirección IP del servidor al que se le está comprobando la velocidad de conectividad
- **-f:** comando para asegurarse de que, al hacer ping a una dirección determinada, no fragmentara el paquete enviado o recibido.
- **-l:** Comando comúnmente conocido como packet size switch (conmutador de tamaño de paquete). Es el mejor comando para determinar el tamaño de MTU óptimo para su red.
- **xxx:** El tamaño (valor) del paquete que se va a poner a prueba, el mismo se puede iniciar con 1472 y reducirlo al tamaño exacto del paquete, para el cual no resulte la indicación “**Packet needs to be fragmented but DF set**” (“El paquete debe estar fragmentado, pero el conjunto DF “)

A continuación, se presenta algunas de las respuestas que se puede obtener de hacer esta prueba de ping:

- **Four replanes received:** (Cuatro respuestas recibidas). Esto significa que el tamaño del paquete especificado está dentro del tamaño actual de MTU usado en su red.
- **Destination net unreachable:** (Red de destino no alcanzable). Esto significa que no había camino o ruta al destino o a la dirección.
- **Request Timed Out:** (Tiempo de espera agotado). Esto significa que dentro del periodo de espera predeterminado (1 segundo), no existió respuesta.
- **Packet needs to be fragmented but DF set:** (Paquete necesita ser fragmentado, pero se especificó DF). Esto significa que el tamaño de paquete que ha introducido es demasiado grande para su valor MTU
- **Bad parameter -f:** (Parámetro incorrecto -f). Esto significa que ha escrito el comando de manera incorrecta.

En principio se abre el cmd en este caso del servidor, para observar la descripción del comando ping, para ello se coloca en el cmd lo siguiente:

ping 192.168.0.1, por medio de este comando ingresado, consultaremos el estado de los paquetes enviados, para este caso hacia el router de la red.



```
ca: C:\Windows\system32\cmd.exe
Adaptador de túnel isatap.<5C85FE9D-42F1-4010-84FA-01FDD50F0C3B>:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . :
Adaptador de túnel Conexión de área local* 11:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . :
Adaptador de túnel isatap.<B7D21281-9BDC-4F86-9158-E1A112E8EF47>:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . :
C:\Users\USER>ping 192.168.0.1
Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=5ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255
Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 1ms, Máximo = 5ms, Media = 2ms
```

Figura 53 Ping hacia el router de la red principal (El Autor).

Normalmente, ping no solo envía un paquete, sino hace cuatro repeticiones para obtener un mejor resultado en la prueba y se puede observar en la Figura N.º 54 los siguientes resultados:

Tiempo de Latencia: En las siguientes líneas se puede observar un valor “tiempo = Xms”, este tiempo representa en milisegundos lo que ha tardado el paquete en ir y venir desde el equipo (Servidor) hasta el Router.

Cabe recalcar que TTL, representa el tiempo de vida de los paquetes enviados al destino.

A continuación, se realiza ping desde el PC servidor a Google y se obtienen los siguientes resultados:

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 2ms, Máximo = 9ms, Media = 5ms

C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1472

Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1472 bytes de datos:
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=95ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=85ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=82ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=82ms TTL=50

Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos).
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 82ms, Máximo = 95ms, Media = 86ms

C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1482

Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1482 bytes de datos:
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.

Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
(100% perdidos).
```

Figura 54 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor)

De acuerdo con la Figura N.º 55, se ingresa: **ping google.com -f -l 1482**, lo cual se interpreta de que se realiza ping desde el servidor hacia Google, con **-f** se verifica que no se fragmentara el paquete enviado o recibido, con **-l** establece el tamaño del paquete óptimo para la red, el cual fue 1482.

Cabe recalcar que, en la respuesta de la solicitud, se envía el siguiente mensaje: **Es necesario fragmentar el paquete, pero se especificó DF.**

De acuerdo con la respuesta obtenida, es necesario reducir el tamaño del paquete en 10, y se vuelve a colocar: **ping google.com -f -l 1472**, ya con el número de paquetes reducido a 1472 y se obtiene el resultado de la Figura N.º 55.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 2ms, Máximo = 9ms, Media = 5ms
C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1472
Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1472 bytes de datos:
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=95ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=85ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=82ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=82ms TTL=50
Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 82ms, Máximo = 95ms, Media = 86ms
C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1482
Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1482 bytes de datos:
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
(100% perdidos),
C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1472
Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1472 bytes de datos:
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=95ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=83ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=85ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=94ms TTL=50
Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 83ms, Máximo = 95ms, Media = 89ms
C:\Users\USER>
```

Figura 55 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor)

De acuerdo con el resultado de la Figura N° 55, con el valor de 1472, significa que se tiene un valor apropiado de tamaño de paquete, porque se obtiene respuesta desde Google. y se podrá observar los tiempos de respuestas que han tardado los paquetes en ir y venir al equipo y así como los tiempos de vida de los mismos.

A continuación, se procede a realizar ping en este caso ahora desde el servidor hacia la estación cliente colocando el siguiente comando:

```
ping 192.168.0.112 -f -l 1472
```

3.12 Establecimiento de paquetes de datos para análisis de Tráfico de Red. LiFi.

De la misma manera como se realizó anteriormente, a través de este comando se hará ping, a la estación cliente, en la cual se encuentra activa la Red LiFi, y se obtienen los resultados como se muestran en la Figura N° 57.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1482

Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1482 bytes de datos:
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.
Es necesario fragmentar el paquete pero se especificó DF.

Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
    (100% perdidos),

C:\Users\USER>ping google.com -f -l 1472

Haciendo ping a google.com [172.217.2.142] con 1472 bytes de datos:
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=95ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=83ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=85ms TTL=50
Respuesta desde 172.217.2.142: bytes=68 (enviados 1472) tiempo=94ms TTL=50

Estadísticas de ping para 172.217.2.142:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 83ms, Máximo = 95ms, Media = 89ms

C:\Users\USER>ping 192.168.0.112

Haciendo ping a 192.168.0.112 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=32 tiempo=50ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.112:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 3ms, Máximo = 50ms, Media = 14ms

C:\Users\USER>
C:\Users\USER>ping 192.168.0.112 -f -l 1472

Haciendo ping a 192.168.0.112 con 1472 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=1472 tiempo=31ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=1472 tiempo=32ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=1472 tiempo=30ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.112: bytes=1472 tiempo=35ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.112:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 30ms, Máximo = 35ms, Media = 32ms
```

Figura 56 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor).

ping 192.168.0.112 -f -l 1472, lo cual se interpreta de que se realiza ping desde el Servidor hacia la estación Cliente la cual tiene la dirección ip: 192.168.0.112, con **-f** se asegura de que no fragmentara el paquete enviado o recibido, con **-l** se establece el tamaño del paquete óptimo para la red, el cual fue 1472.

Cabe recalcar que, si se muestra el resultado del ping, en la ventana del cmd, significa que no se suscitaron errores, es decir que se puede observar los tiempos de respuestas que han tardado los paquetes en ir y venir al equipo y así como los tiempos de vida de los mismos.

De esta forma se ha establecido el tamaño correcto de paquetes de datos, al haber realizado ping, es una manera de analizar la red LiFi, instalada en la estación Cliente.

3.13 Análisis de paquetes de datos en la Red Wifi con Wireshark para establecer diferencias con Red LiFi.

Se procede a realizar el análisis de tráfico de la red Wifi, que se tiene a disposición, cuando se abre el Wireshark, como se muestra en la Figura N° 57, se observa en la ventana de diálogo principal, se elige la Red, para lo cual solicita al programa Wireshark para que realice el respectivo análisis.

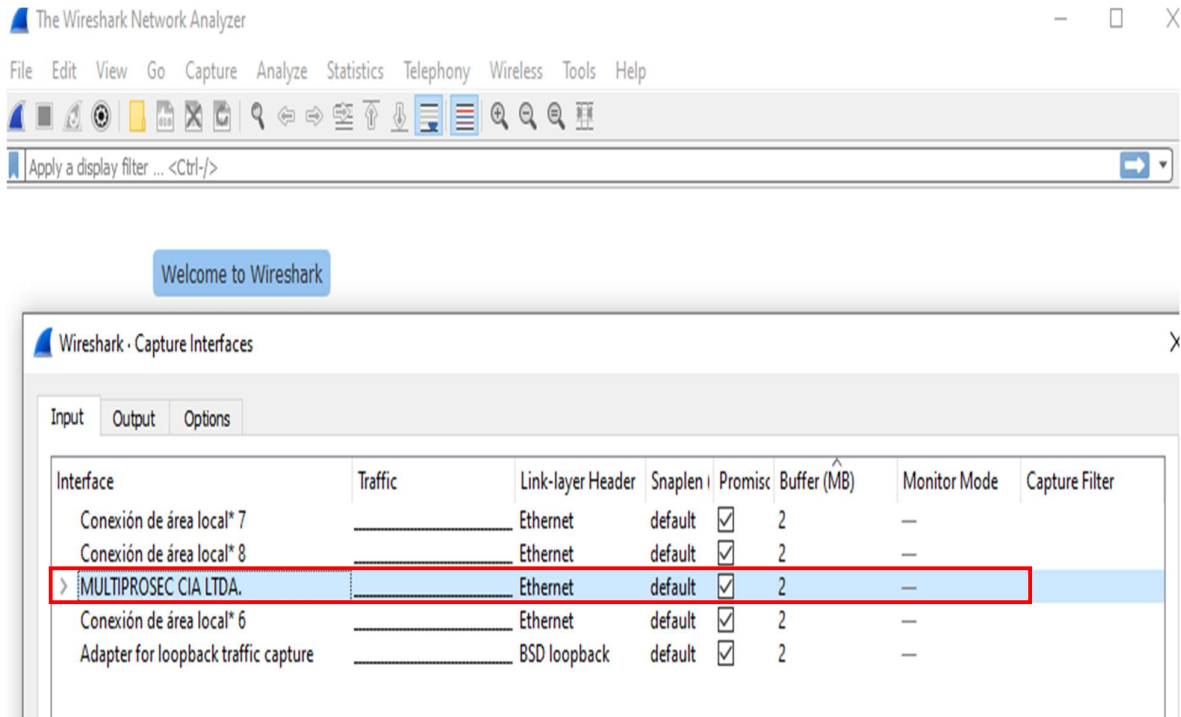


Figura 57 Ping hacia Google desde el Servidor. (El Autor)

Una vez abierto la ventana de análisis de Wireshark, de manera automática el programa muestra el tráfico de la esta red Wifi, inicialmente escogido, y muestra el mismo de la siguiente manera como se observa en la Figura N° 59. Entrando en más detalle de la información que presenta la ventana de Wireshark muestra lo siguiente:

- **N°:** Que significa el número de paquete.
- **Time:** Tiempo de duración de interacción de paquetes dado en segundos.
- **Source:** En esta columna se indica que equipo genero el paquete, también esa columna se la puede restringir, que solo un equipo lo genere.
- **Destination:** En esta columna se indica hacia dónde va dirigido el paquete.
- **Protocol:** Este es el protocolo al cual está asociado cada paquete.
- **Length:** Longitud del paquete.
- **Info: Información** adicional del paquete.

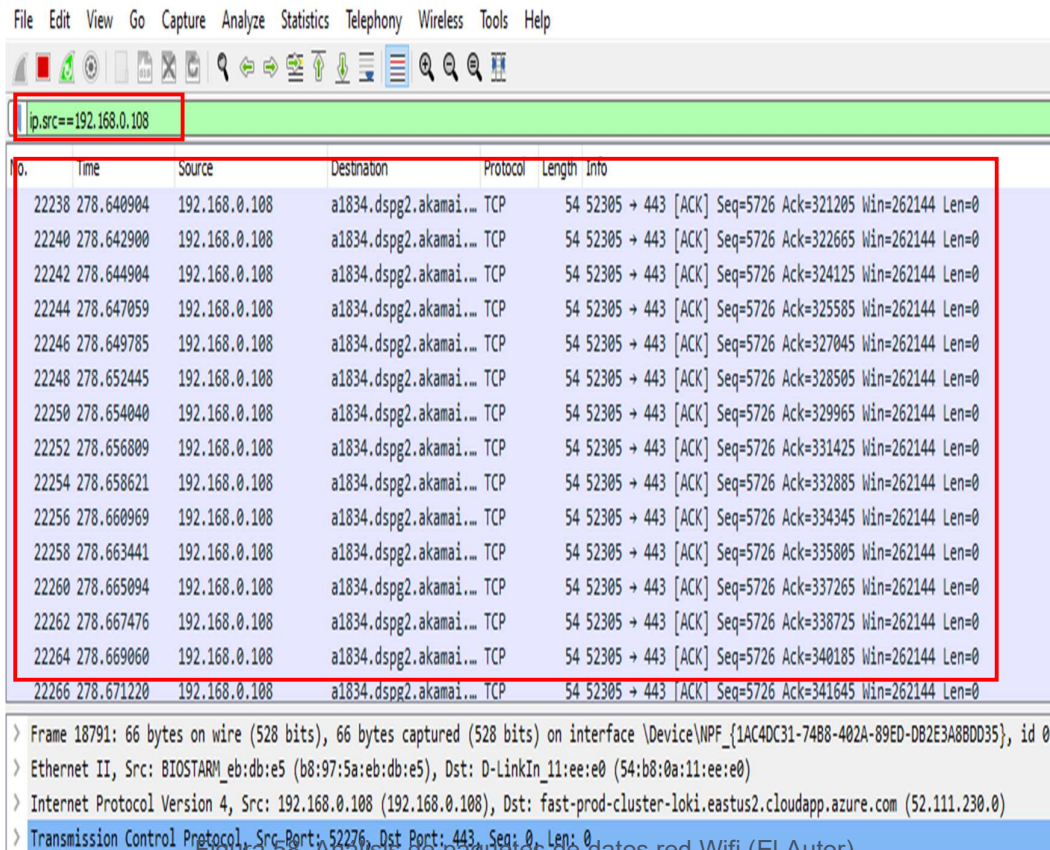


Figura 58 Análisis de paquetes de datos red Wifi (El Autor)

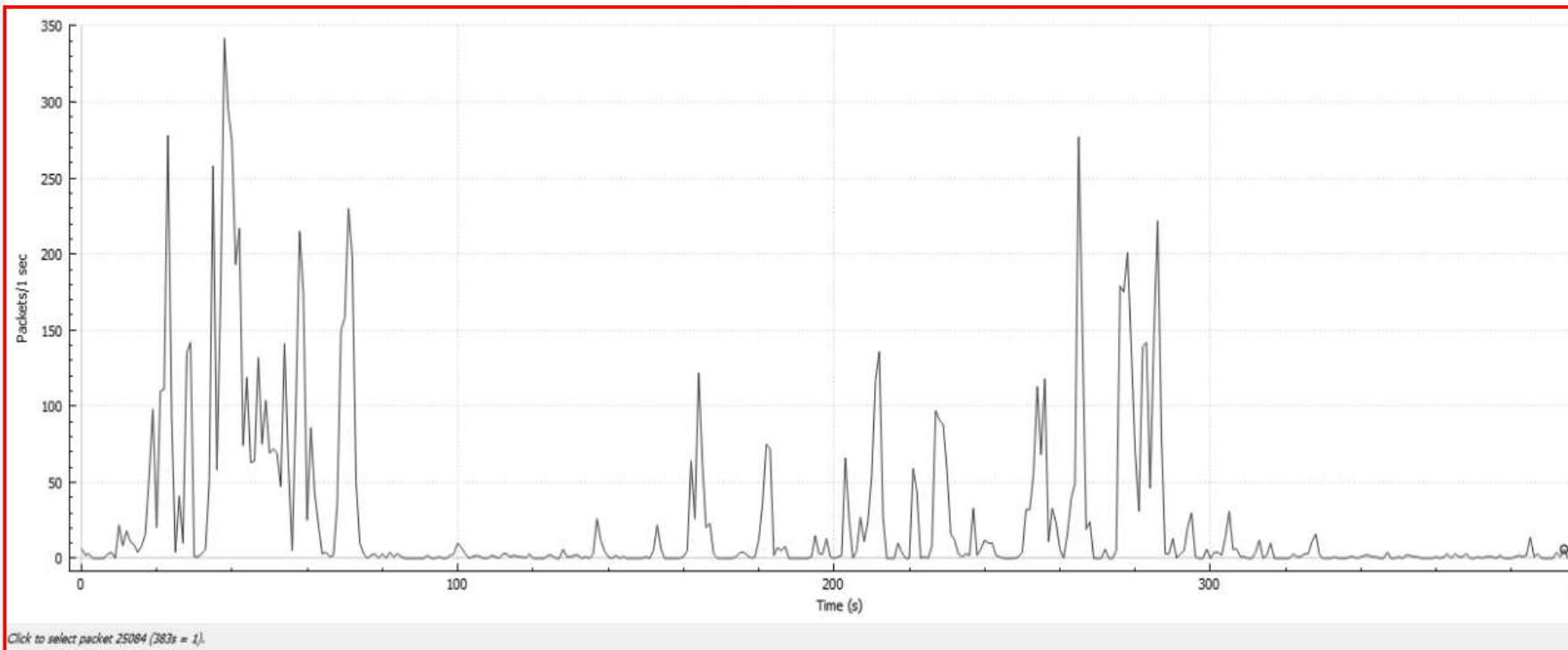
En el campo “Apply a display filter”, como se observa en la Figura N° 58, se ha ingresado el siguiente código: **ip.src == 192.168.0.108**, esto es para limitar el análisis de paquetes en la red, es decir solo se escanean los paquetes de información de la estación que tiene la dirección **ip:192.1680.108**, y como podemos observar en un tiempo de **278.671220** segundos se han detectado **22266** paquetes es decir que se tiene una amplia cobertura en la red Wifi que se está analizando actualmente.

Además, para diferenciar el tráfico de la red Wifi, se toma en cuenta el dato de cuantos paquetes/seg existen en el análisis, esto es de acuerdo con la herramienta I/O Graphic existente en Wireshark.

Para precisar este hecho en la Figura N° 60, se puede deducir que existe un tráfico de aproximadamente 350 paquetes por seg, en ciertos picos de consumo.

Cabe recalcar que la gráfica resalta el eje horizontal el tiempo en el cual se realiza el análisis de tráfico de red y el eje Vertical indica la cantidad de paquetes por segundo.

Esta gráfica, que se observa en la siguiente Figura, solo se observan los Filtered Packets, de acuerdo a la instrucción: **ip.src == 192.168.0.108**, es decir solo se analiza el tráfico desde la estación que posee la dirección **ip: 192.168.0.108**.



Click to select packet 25084 (382s = 1).

Enabled	Graph Name	Display Filter	Color	Style	Y Axis	Y Field	SMA Period
<input type="checkbox"/>	All Packets		■	Line	Packets		None
<input type="checkbox"/>	TCP Errors	tcp.analysis.flags	■	Bar	Packets		None
<input checked="" type="checkbox"/>	Filtered packets	ip.src==192.168...	■	Line	Packets		None

Figura 59 Gráfico de análisis de paquetes de datos red Wifi. (El Autor)

3.14 Análisis de paquetes de datos en la Red LiFi con Wireshark para establecer diferencias con Red WiFi.

Se procede a realizar el análisis de tráfico en la Red LiFi, donde está involucrada la estación que tiene el adaptador LiFi, la cual tiene la dirección ip: **192.168.0.112**.

De la misma forma como se efectuó en la estación anterior, se va a colocar el siguiente código: **ip.src == 192.168.0.112**, esto es para limitar el análisis de paquetes en la red, es decir solo se escanean los paquetes de información de la estación que tiene la dirección ip:**192.168.0.112**.

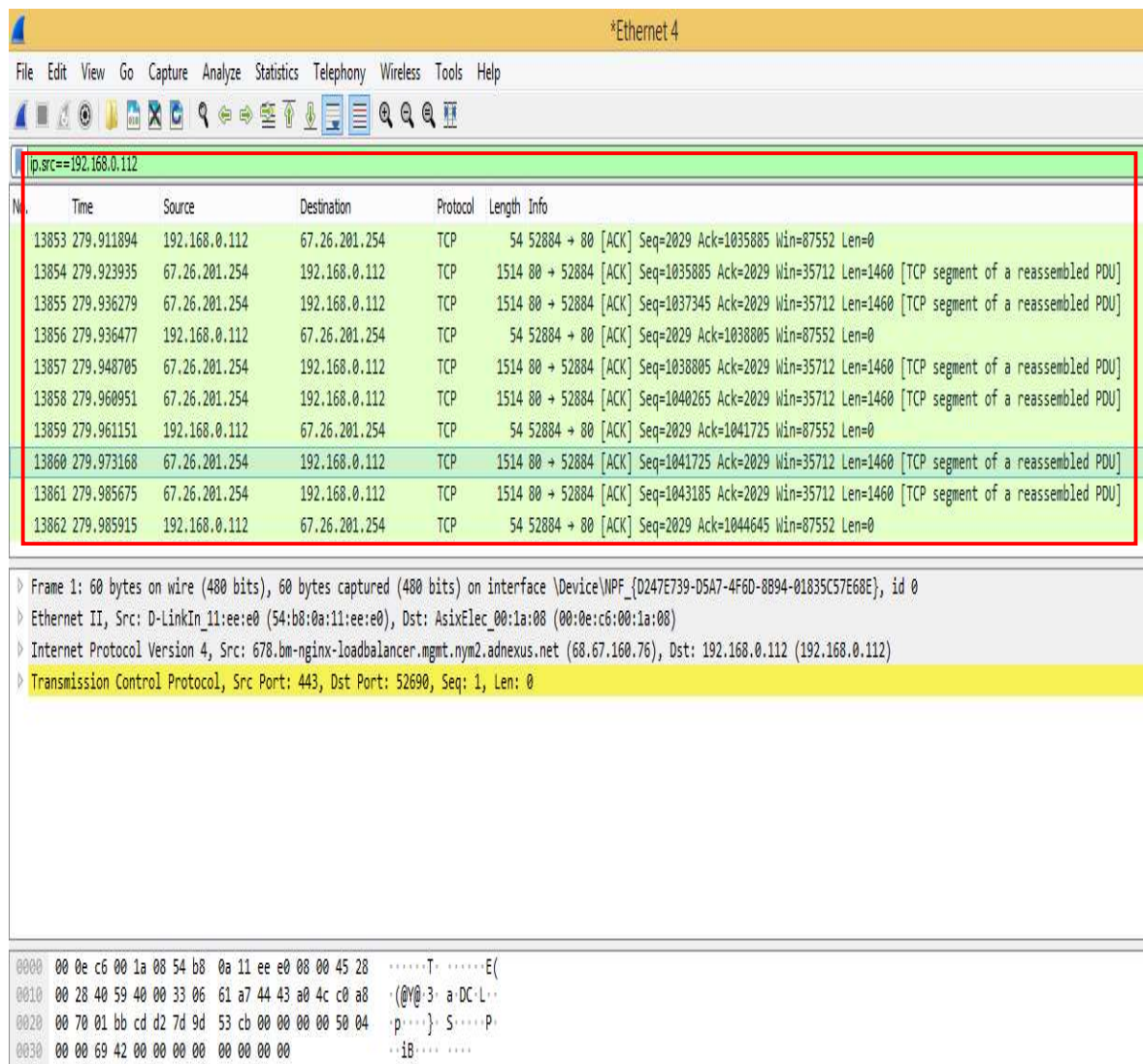


Figura 60 Análisis de paquetes de datos Red LiFi. (El Autor)

De acuerdo con la Figura N° 60, se puede observar que, en un tiempo de **279.973 s**, existe un tráfico de **13860 paquetes**, con respecto al valor anterior de la Red Wifi que era de **22266**, es decir se nota una baja de paquetes, debido a la velocidad que se cuenta en la red LiFi la cual es de 1 Mbps, por lo tanto, la saturación de canal es evidente.

Además, para diferenciar el tráfico de la red LiFi con la de WiFi, se toma en cuenta el dato de cuantos paquetes/seg existen en el análisis, esto es de acuerdo con la herramienta I/O Graphic existente en Wireshark.

Para precisar este hecho en la Figura N° 62, se puede deducir que existe un tráfico de aproximadamente 150 paquetes por seg, en ciertos picos de consumo.

Cabe recalcar que la gráfica resalta el eje horizontal el tiempo en el cual se realiza el análisis de tráfico de red y el eje Vertical indica la cantidad de paquetes por segundo.

Esta gráfica, que se observa en la siguiente Figura, se pueden observar los Filtered Packets, All Packets, TCP Errors, además de acuerdo con la instrucción: **ip.src == 192.168.0.112**, es decir solo se analiza el tráfico desde la estación que posee la dirección **ip: 192.168.0.112**.

De esta manera se ha podido observar una notable diferencia de comportamiento de la red WiFi Vs la red LiFi

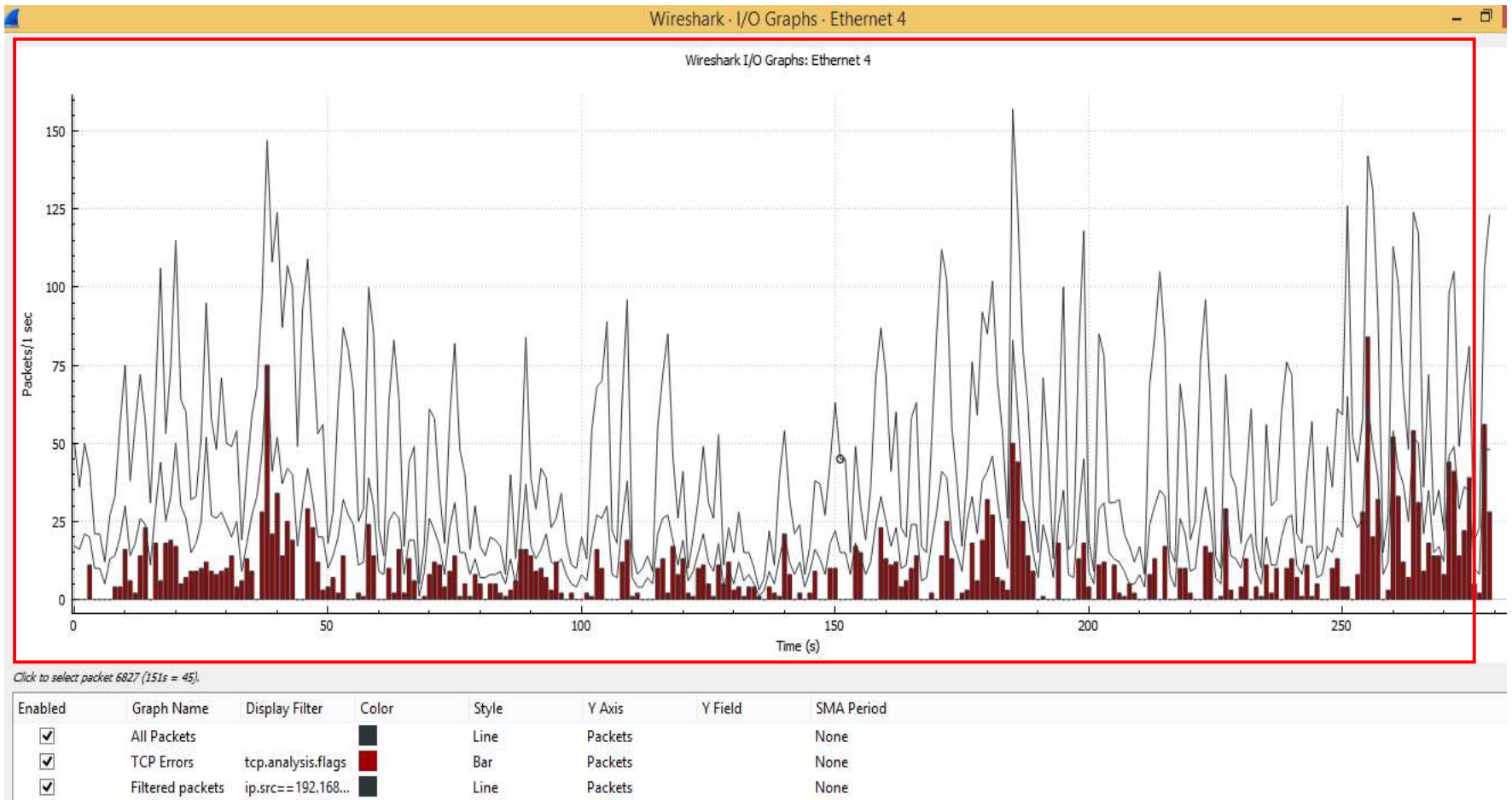


Figura 61 Gráfico de análisis de paquetes de datos red LiFi. (El Autor).

En cuanto a lo que se refiere a interferencia de la señal LiFi, esta Red, no posee un ambiente que contenga obstáculos con un potencial de interferencia, debido a que los equipos están confinados en un espacio cerrado como es un armario, en donde el panel Led, que suministra la luz, está posicionado de manera vertical directa hacia los equipos generadores de esta tecnología.

Es decir, no se encuentran obstáculos directos como mármol, hormigón o cristal blindado, entre los equipos y emisor, receptor y el generador de Luz Led.

Cabe recalcar que en la Red LiFi, creada se denota la limitante de la velocidad de banda la cual es de 1 Mbps, la misma que para efecto de análisis es limitado.

Además, se notó al inicio de las pruebas que, debido a la limitada velocidad de 1 Mbps, la velocidad de transferencia de los datos fue notablemente lenta, ya que cuando se realizó, las pruebas de latencia, se verificó que existía en la en la red LiFi, 0.70 Mbps de velocidad de subida y 0.30 Mbps de velocidad de bajada o descarga.

4. RESULTADOS

- Se implementó, la red LiFi, contando con los elementos que fueron importados es decir el Emisor, el Receptor, el panel Led generador de luz necesarios para generar este tipo de red.
- Se logró adaptar la Red alámbrica que se dispuso en el punto de prueba en Inalámbrica, lo cual fue posible gracias al emisor de la empresa Oledcom.
- La emisión de luz por parte del panel Ellipz Down Light DL 3.6 ", se denotó por su amplio nivel de luminosidad el cual fue de 1580 lm (lúmenes), lo cual favoreció al desarrollo de la Red LiFi en el espacio que se dispuso.
- Cabe indicar que el posicionamiento tanto del emisor y receptor en el espacio en el cual se realizaron las pruebas, fue de gran importancia, debido a que ambos elementos tenían que estar totalmente verticales, para que haya una buena recepción óptica, para poder generar la red Lifi.
- Se efectuó pruebas de latencia en el equipo que contenía el receptor para generar la red Lifi, siendo la velocidad de la red Lifi 1Mbps.
- Se logró analizar el comportamiento de la red LiFi, utilizando 2 estaciones: cliente y servidor, de lo contrario no hubiera sido factible hacer la comparativa de las Redes.
- Se analizó el tráfico de esta red LiFi dentro del espacio en el armario designado para tal efecto, además se analizó el tráfico de red Wifi, existente en el lugar donde se realizaron las pruebas.
- Se verificó a través de la herramienta CACTI, el tráfico de red LiFi, a través de SNMP, desde la estación servidor hacia la cliente, la cual tiene el receptor para la red LiFi.
- Se estableció tamaños de paquetes antes de ser enviados a través de ping desde el servidor hacia el cliente y viceversa, con el objetivo de analizar el comportamiento de la red LiFi.
- Se estableció diferencias de comportamiento de ambas redes: Wifi y Lifi, para lo cual se analizó con gráficos que ofrece la herramienta Wireshark.
- Se comprobó el correcto funcionamiento de uso de datos de la Red LiFi a pesar de su baja velocidad de transmisión, la cual se pudo observar

5. CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo de este proyecto, se ha logrado obtener experiencia en lo que es base de datos en línea debido a lo que se tuvo que usar en la herramienta CACTI. Se unificó conocimientos de sistemas en la parte de Telecomunicaciones.
- Es necesario e importante alinear el emisor y el receptor, elementos de la interface de red LiFi, ya que si no están alineados como debe ser, es notable la deficiencia de la Red LiFi, esto se corroboró realizando pruebas de latencia y era evidente la reducción de velocidad de banda de la Red cuando no se alineaban emisor y receptor.
- Se concluye además que mediante el panel Led, se tuvo una importante iluminación en el espacio destinado a las pruebas, gracias al nivel de luminosidad que fue de 1580 lúmenes, valor que ayudó bastante a la generación de la red LiFi.
- Además, se concluye que la velocidad de banda generada por la red LiFi, siempre es menor a la de la red alámbrica principal a la cual estemos conectados, ya que de esta depende la velocidad de la subred creada.
- Es importante contar con 2 estaciones, para realizar la comparativa entre ambas redes Wifi Vs LiFi., debido que al analizar la red Wifi, se requiere una estación PC que esté conectada externamente a la misma y de esta forma poder observar los resultados de los análisis de manera individual.
- Se concluye además que el comportamiento de los paquetes de datos es evidente en ambas redes, en la red Wifi al momento de hacer ping es notorio el tiempo de respuesta de los mismo a diferencias de la red Lifi estos tiempos demoran un poco más.
- Finalmente, el método de los gráficos que ofreció la herramienta Wireshark, fue de mucha utilidad, porque se comprendió de manera más concreta para este caso el comportamiento de los datos durante un segundo.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda de manera efectiva, alinear correctamente los elementos de interfaz de red LiFi, estos son el emisor y receptor de ser factible tomando medidas de distancia, es muy importante que estén totalmente alineados.
- Además, se recomienda manejar con la mayor delicadeza posible los elementos de interfaz de red LiFi, es decir el emisor y receptor, ya que estos contienen cristales para la emisión de datos los cuales se pueden llegar a quebrarse.
- Se recomienda para el desarrollo de este tipo de Red, para próximos tesis, de ser factible importar o ver la forma de como adquirir elementos que cuenten con una mayor capacidad de desarrollar velocidad de ancho de banda, para de esta manera obtener mejores resultados.
- De todas formas, se recomienda, además, al momento de hacer las pruebas de análisis, ir variando la altura de la estación hacia el emisor de manera vertical, esto es para poder observar el comportamiento de la red Lifi, para este caso que se analizó no tiene mucha relevancia por su velocidad de banda de 1 Mbps, pero si se logran obtener equipos de interface con alta velocidad es importante hacer este tipo de prueba.
- Se recomienda realizar futuras practicas con respecto al análisis de red, con equipos más sofisticados en cuanto a velocidad de ancho de banda, que utilicen este tipo de red.
- Se recomienda que futuros tesis, continúen con el análisis de este tipo de red, debido que es una tecnología en desarrollo y avanza, que con el tiempo superara a la tecnología WiFi.

7. PRESUPUESTO.

EQUIPO DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Panel Led – LiFi, Ellipz Down Light DL 3.6 , 1580 lm	1	\$ 350,00	\$ 350,00
Driver USB receptor de señal ASIX AX88772C	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Emisor LiFi , Interfaz de Red	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Fuente de poder, HYL-350H-G/110-240 para elementos de interfaz de red	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Cables de Red UTP categoría 6	2m	\$ 5,00	\$ 10,00
Kit de herramientas	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Armario – Módulo de pruebas para red Lifi	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Importación de equipos desde empresa Olecomm (Chile)	1	\$ 150,00	\$ 150,00
TOTAL			\$ 1300,00

Tabla 3. Presupuesto de elaboración de proyecto de análisis de red. (El Autor).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Cumbajín , J. V., & Rivadeneira , P. A. (Noviembre de 2016). *Desarrollo e implementación del algoritmo de codificación de línea BnZS para optimizar el uso de canal de transmisión de Light Fidelity (Li-Fi)*. Obtenido de Espectro visible de la luz: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13688>
- Haro, K. L., & Buenaño, A. D. (Enero de 2016). *Diseño e implementación de un prototipo de tecnología visible light communication (Li-Fi) para transmitir datos de manera unidireccional*. Obtenido de Ventajas de Li-Fi: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12393>
- HIPERTEXTUAL. (3 de abril de 2016). *La luz que el ser humano no puede ver*. Obtenido de Espectro visible por el ojo humano: <https://hipertextual.com/2016/04/luz-no-visible>
- Ley, B. C. (15 de Octubre de 2015). *ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL PROBLEMA DEL NODO*. Obtenido de El estándar IEEE 802.15.7: https://www.idetic.ulpgc.es/idetic/images/ESTRUCTURA_IDETIC/IDeTIC/I_plus_D/Tesis_Doctorales/carlos_ley_bosch/Tesis%20Carlos%20Ley%20Bosch.pdf
- Madero, M. J. (2016). *Estudio del estándar 802.15.7 del IEEE sobre*. Obtenido de Topologías de red: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90943/fichero/TFG_Antonio_Tamayo_Ba las_versi%C3%B3n_final.pdf
- Mina , S. J., & Jaya, M. R. (Septiembre de 2017). *Compresión de datos con Algoritmo de Huffman para transmisión de datos mediante Li-Fi utilizando hardware libre*. Obtenido de Visible Light Communication: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14625>
- Nuñez Meléndez, O. M. (2017). *Análisis comparativo de la tecnología LiFi y Wifi para la selección adecuada en la facultad de ciencias administrativas, gestión empresarial e informática de la universidad estatal de Bolívar*. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar.
- OLED COMM. (2018). *OLED COMM.NET*. Obtenido de <https://www.oledcomm.net/lifinet-kit/>
- Peñafiel, J. E., & Ochoa, E. E. (Febrero de 2015). *Análisis de la tecnología Li-Fi : comunicaciones por luz visible como punto de acceso a Internet, una alternativa a la transmisión de datos en las comunicaciones inalámbricas*. Obtenido de CÓMO FUNCIONA LI-FI: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7770>
- Rodriguez, P. (5 de Febrero de 2015). *Xatakamovil*. Obtenido de Tecnología Li-Fi: <https://www.xatakamovil.com/futuro/tecnologia-li-fi-que-es-y-como-puede-revolucionar-las-comunicaciones-moviles>
- Tixi, D. M. (Noviembre de 2016). *Estudio y análisis comparativo de la tecnología 802.15.7 para sistemas de comunicaciones inalámbricas con respecto a la*

tecnología 802.11n. Obtenido de Estándar IEEE 802.15.7:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6441>

WORDPRESS. (16 de Abril de 2017). *LI-FI*. Obtenido de Características LI-FI:
<https://lifiunipana.wordpress.com/2017/04/16/caracteristicas/>

WORDPRESS. (2019). *INTERNET LI-FI*. Obtenido de
<https://inteligencialuminosa.wordpress.com/acerca-de/>

Yáñez, C. L., & Tapia, M. A. (Septiembre de 2017). *Investigación, diseño e implementación de un prototipo experimental que permita la transmisión de datos de forma bidireccional bajo tecnología li-fi, utilizando hardware libre*. Obtenido de Desventajas de Li-Fi: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14620>

9. ANEXOS.

9.1 Esquema de conexión de Red Lifi.

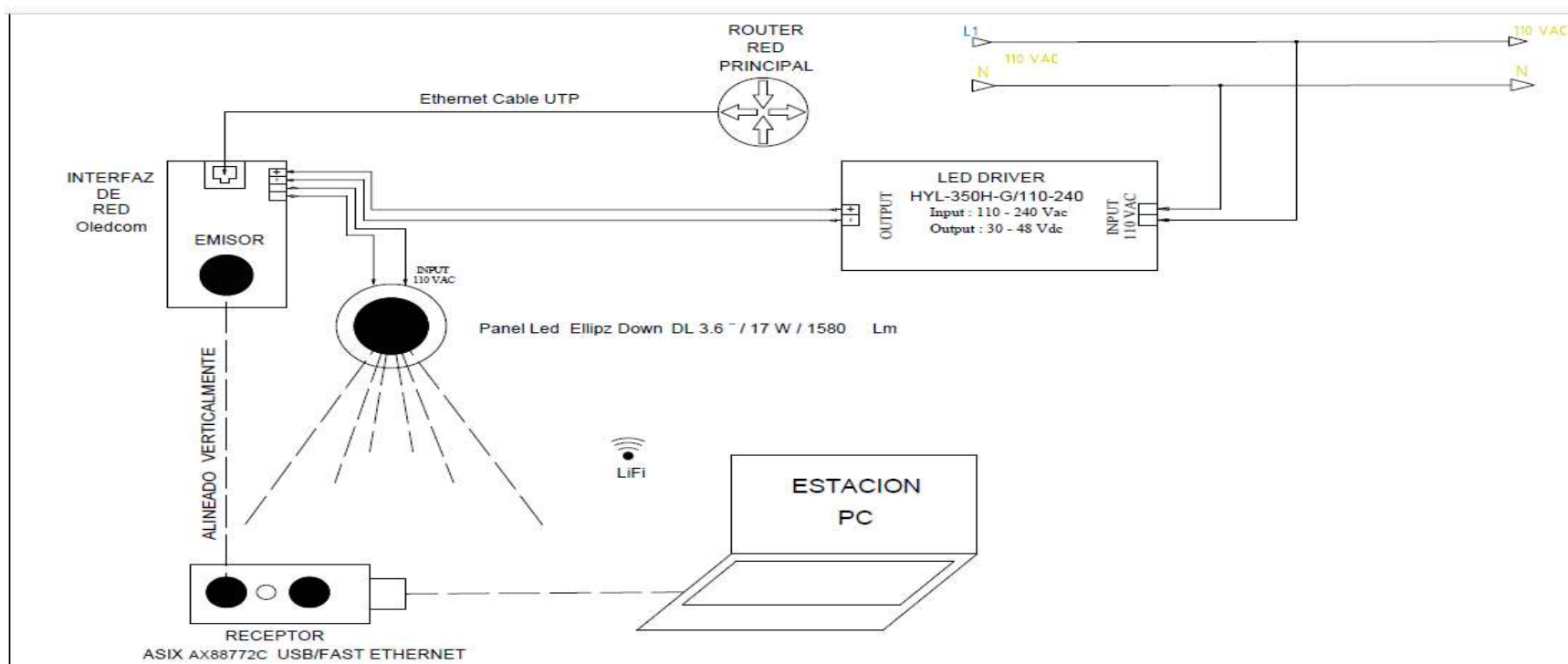


Figura 62 Esquema de conexión de Red LiFi a la estación del análisis. (El Autor)