



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA APLICADA**

**TEMA
“ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA LIFI PARA EL
DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA RED EN EL
LABORATORIO DE NETWORKING DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN TELEMÁTICA”**

**AUTORA
GARCIA FRANCO WENDY STEFANY**

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. ELECT. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA.MG**

GUAYAQUIL, JULIO 2020



ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



| | | | |
|--|--|--|------------------------|
| REPOSITORIONACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | | | |
| FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: | | | |
| Análisis de la tecnología Lifi para el desarrollo y el mejoramiento de la red en el Laboratorio de Networking de la carrera Ingeniería en Telemática | | | |
| AUTOR(ES) (apellidos/nombres): | | García Franco Wendy Stefany. | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres): | | Ing. Parra López Rodolfo Antonio / Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia | |
| INSTITUCIÓN: | | Universidad de Guayaquil | |
| UNIDAD/FACULTAD: | | Facultad Ingeniería Industrial | |
| MAESTRÍA/ESPECIALIDAD: | | | |
| GRADO OBTENIDO: | | Ingeniera en Teleinformática | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | | 19 de octubre del 2020 | No. DE PÁGINAS: |
| | | | 68 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | | Tecnología Aplicada | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | | Lifi, Transmisión de datos, Tráfico de red, Circuito electrónico, Arquitectura de red. | |
| <p>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</p> <p>El presente trabajo de titulación muestra una propuesta de implementación de una red inalámbrica Lifi para el Laboratorio de Networking, cuya finalidad fue optimizar la transmisión y recepción de datos, y mejorar el tráfico de red. Se revisó los fundamentos teóricos de las particularidades y elementos técnicos del sistema inalámbrico. La metodología para el desarrollo del proyecto consistió en la realización del levantamiento de los equipos instalados, para luego diseñar la arquitectura de la red Lifi en el área de estudio, además se hizo una simulación de un circuito electrónico basado en un prototipo puesto en marcha, que permitió verificar la funcionalidad del sistema, dando como resultado una velocidad de transmisión de 30Mbps hasta 40Mbps de ancho de banda, siendo esta una velocidad aceptable para la demanda de usuarios dentro del Laboratorio.</p> <p>The present paper shows a proposal for the implementation of a Lifi wireless network for the Networking Laboratory, which purpose was to optimize the transmission and reception of data, and improve network traffic. The theoretical foundations of the particularities and technical elements of the wireless system were reviewed. The methodology for the development of the project consisted in the survey of the</p> | | | |

installed equipment, to then design the architecture of the Lifi network in the area of study. In addition, a simulation of an electronic circuit based on a prototype was made, which allowed to verify the functionality of the system, giving as a result a transmission speed of 30Mbps up to 40Mbps of bandwidth, being this an acceptable speed for the demand of users within the Laboratory.

| | | | |
|------------------------------|--|---|--|
| ADJUNTO PDF: | SI | X | NO |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: 0978804377 | | E-mail: wendy.garciaf@ug.edu.ec |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: | Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola | | |
| | Teléfono: 593-2658128 | | |
| | E-mail: direccionTi@ug.edu.ec | | |



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **GARCÍA FRANCO WENDY STEFANY**, con C.C. No. **0951775030**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA LIFI PARA EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA RED EN EL LABORATORIO DE NETWORKING DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Garcia", written over a horizontal line.

GARCÍA FRANCO WENDY STEFANY
C.C.No. 0951775030



**ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrada *ING. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA*, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por *GARCÍA FRANCO WENDY STEFANY*, C.C.: 0951775030, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERA EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA LIFI PARA EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA RED EN EL LABORATORIO DE NETWORKING DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 1% de coincidencia.

URKUND

| | |
|----------------|---|
| Documento | Tesis revisar..docx (D80866568) |
| Presentado | 2020-10-06 12:28 (-05:00) |
| Presentado por | DIANA GALLEGOS (diana.gallegosz@ug.edu.ec) |
| Recibido | diana.gallegosz.ug@analysis.orkund.com |

1% de estas 19 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes Bloques DIANA GALLEGOS (diana.gallegosz)

| + | Categoría | Enlace/nombre de archivo | |
|---|----------------------|-------------------------------------|---|
| + | > | Informe Final Formativa Teoria.docx | ✓ |
| + | Fuentes alternativas | | |
| + | Fuentes no usadas | | |

0 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir ?

<https://secure.orkund.com/view/77358975-252293-968453#/>

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C. 1204926313

FECHA: 6 de octubre del 2020



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 6 de octubre del 2020

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, Mg.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mi consideración:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA LIFI PARA EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA RED EN EL LABORATORIO DE NETWORKING DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA”, del estudiante **GARCIA FRANCO WENDY STEFANY**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.

TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C.C. 1204926313

**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR****FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

Guayaquil,

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Telemática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA LIFI PARA EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA RED EN EL LABORATORIO DE NETWORKING DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA”** del estudiante, **García Franco Wendy Stefany**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 29 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 10 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Rodolfo Parra López, Mg.

Docente Revisor

C.C.: 0909770448

FECHA: 15 de octubre de 2020

Dedicatoria

A Dios, por las bendiciones otorgadas y poder brindarme sabiduría para poder seguir el camino con éxito,

A mis Padres Eloy García y Carmen Franco por su apoyo incondicional, su amor, esfuerzo y paciencia me han ayudado a seguir adelante, inculcándome valores para ser una persona de bien.

A toda mi familia, principalmente a mi hermano Alexander García que ha sido mi motor y fuente de inspiración para poder continuar día a día, a mi familia porque con sus oraciones, cariño y palabras de aliento me han motivado a seguir mis sueños.

A mis amigos ya que con ellos compartimos conocimientos y experiencias que han llevado a caminar juntos hasta la culminación de este proceso.

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento primero con Dios por brindarme salud, sabiduría y fortaleza a lo largo de mi vida, y poder concluir cada una de mis metas.

A mis padres por brindarme los estudios, siempre apoyarme en todo y caminar a mi lado a lo largo de este camino que, con ejemplos, y consejos me inculcaron valores para seguir adelante, mi gratitud más sincera hacia ustedes por tenerme fe y no dejarme decaer frente a las adversidades, cada meta concluida no solo es mía también es de ustedes.

A mi familia por brindarme su apoyo, por estar presente cuando más lo he necesitado por aconsejarme y brindarme su amor, a mi inspiración Alexander García porque con su cariño y afecto me a dado fuerzas para seguir adelante.

A mis amigos por su paciencia y apoyo al compartir sus conocimientos por ser una guía para la culminación del trabajo de investigación

A mi tutora y revisor de Tesis, quienes con su sabiduría han sabido guiarme a lo largo de este proceso de desarrollo de investigación.

A mis docentes por compartir sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de la carrera, por su dedicación y paciencia que han llevado a forjar el camino profesional.

Índice General

| N° | Descripción | Pág. |
|----|--------------|------|
| | Introducción | 1 |

Capítulo I

El problema

| N° | Descripción | Pág. |
|---------|---|------|
| 1.1 | Planteamiento del Problema | 3 |
| 1.1.1 | Situación conflicto nudos críticos | 4 |
| 1.1.2 | Causas y consecuencias | 4 |
| 1.2 | Delimitación del problema | 5 |
| 1.3 | Formulación del Problema | 6 |
| 1.4 | Evaluación del problema | 6 |
| 1.4.1 | Delimitado | 6 |
| 1.4.2 | Evidente | 6 |
| 1.4.3 | Factible | 6 |
| 1.4.4 | Identifica los productos esperados | 6 |
| 1.4.5 | Original | 6 |
| 1.4.6 | Relevante | 6 |
| 1.5 | Justificación e importancia de la investigación | 7 |
| 1.6 | Objetivos | 8 |
| 1.6.1 | Objetivo General | 8 |
| 1.6.2 | Objetivos Específicos | 8 |
| 1.7 | Hipótesis Prospectiva | 8 |
| 1.8 | Indicadores de las variables | 8 |
| 1.8.1 | Variables. | 8 |
| 1.8.1.1 | Variable independiente | 8 |
| 1.8.1.2 | Variable dependiente | 8 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1.8.2 | Conceptualización y Operacionalización de las variables | 9 |
| 1.8.3 | Indicadores | 10 |
| 1.9 | Preguntas de investigación | 10 |
| 1.10 | Alcance del preproyecto | 10 |

Capítulo II

Marco Teórico

| N° | Descripción | Pág. |
|-----------|---|-------------|
| 2.1 | Antecedente de estudio | 12 |
| 2.2 | Fundamentación teórica | 16 |
| 2.2.1 | ¿Qué es VLC? | 16 |
| 2.2.2 | Lifi. | 16 |
| 2.2.3 | Funcionamiento de la tecnología Lifi. | 17 |
| 2.2.4 | Fundamentos de la tecnología Lifi. | 18 |
| 2.2.4.1 | Estándar | 18 |
| 2.2.4.2 | Velocidad | 18 |
| 2.2.4.3 | Seguridad | 18 |
| 2.2.5 | Ventajas y Desventajas de la tecnología Lifi. | 19 |
| 2.2.6 | ¿Dónde es aplicable la tecnología Lifi? | 19 |
| 2.2.6.1 | En sistemas educativos | 19 |
| 2.2.6.2 | Aplicaciones médicas | 19 |
| 2.2.6.3 | Internet aérea | 19 |
| 2.2.6.4 | Velocidad y Seguridad | 19 |
| 2.2.6.5 | Comunicación bajo el agua | 19 |
| 2.3 | Definiciones Conceptuales | 21 |
| 2.4 | Fundamentación Legal | 23 |

Capítulo III

La propuesta

| N° | Descripción | Pág. |
|-----------|-------------------------------|-------------|
| 3.1 | Metodología del proyecto | 25 |
| 3.2. | Descripción | 25 |
| 3.2.1 | Factibilidad técnica | 26 |
| 3.2.2 | Factibilidad legal | 27 |
| 3.2.3 | Factibilidad económica | 28 |
| 3.2.3.1 | Equipo Lifi | 28 |
| 3.2.4 | Factibilidad operacional | 28 |
| 3.3 | Esquema general del proyecto. | 29 |
| 3.3.1 | Seguridad de información | 29 |
| 3.3.2 | Capacidad de ancho de banda | 30 |
| 3.3.3 | Eficiencia | 30 |
| 3.3.4 | Medio Ambiente | 30 |
| 3.3.5 | Implementación | 30 |
| 3.4 | Recursos de Construcción | 30 |
| 3.5 | Procedimiento | 33 |
| 3.6 | Diseño y Construcción | 34 |
| 3.7 | Prueba y funcionalidad | 36 |
| 3.8 | Cálculos y resultados | 38 |
| 3.9 | Costo de elaboración | 38 |
| 3.10 | Conclusiones | 39 |
| N° | Descripción | Pág. |
| 3.11 | Recomendaciones | 39 |
| | Anexos | 41 |
| | Bibliografía | 50 |

Índice de tablas

| Nº | Descripción | Pág. |
|-----------|---|-------------|
| 1 | Causas y consecuencias del problema | 5 |
| 2 | Delimitación del problema | 5 |
| 3 | Conceptualización y operacionalización de las variables | 10 |
| 4 | Indicadores con respecto a las variables | 13 |
| 5 | Ventajas y desventaja de la tecnología Lifi | 19 |
| 6 | Factibilidad técnica. | 26 |
| 7 | Equipos de implementación | 28 |
| 8 | Costo de elaboración | 38 |

Índice de figura

| N° | Descripción | Pág. |
|-----------|--|-------------|
| 1 | Lifi | 16 |
| 2 | Diagrama de funcionamiento de la tecnología Lifi | 17 |
| 3 | Comunicación de la tecnología Lifi | 18 |
| 4 | Aplicaciones de la tecnología Lifi, | 19 |
| 5 | Área de estudio. | 23 |
| 6 | Factibilidad técnica | 25 |
| 7 | Esquema general del proyecto | 26 |
| 8 | Equipo emisor | 26 |
| 9 | Equipo receptor | 27 |
| 10 | Diseño de la tecnología Lifi en un laboratorio | 27 |
| 11 | Funcionamiento de la tecnología Lifi | 28 |
| 12 | Diagrama de bloques del procedimiento del proyecto. | 29 |
| 13 | Arduino Uno R3 | 30 |
| 14 | Arduino Nano. | 31 |
| 15 | Pantalla Lcd. | 32 |
| 16 | Teclado Matricial. | 32 |
| 17 | Led | 32 |
| 18 | Resistencia | 32 |
| 19 | Ldr | 33 |
| 20 | Procedimiento del circuito | 33 |
| 21 | Circuito de prototipo de tecnología Lifi | 34 |
| 22 | Circuito emisor Lifi | 35 |
| 23 | Circuito receptor Lifi | 35 |
| 24 | . Diseño de la tecnología Lifi en el laboratorio de Networking | 36 |
| 25 | Cobertura del sistema Lifi. | 36 |
| 26 | Prueba de funcionalidad del circuito | 37 |
| 27 | Código de transmisión 1/5. | 44 |

| | | |
|----|----------------------------|----|
| 28 | Código de transmisión 2/5. | 45 |
| 29 | Código de transmisión 3/5. | 46 |
| 30 | Código de transmisión 4/5. | 47 |
| 31 | Código de transmisión 5/5. | 47 |
| 32 | Código de recepción 1/2. | 48 |
| 33 | Código de recepción 2/2. | 49 |



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



“ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA LIFI PARA EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA RED EN EL LABORATORIO DE NETWORKING DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA”

Autor: García Franco Wendy Stefany

Tutor: Gallegos Zurita Diana Ercilia

Resumen

El presente trabajo de titulación muestra una propuesta de implementación de una red inalámbrica Lifi para el Laboratorio de Networking, cuya finalidad fue optimizar la transmisión y recepción de datos, y mejorar el tráfico de red. Se revisó los fundamentos teóricos de las particularidades y elementos técnicos del sistema inalámbrico. La metodología para el desarrollo del proyecto consistió en la realización del levantamiento de los equipos instalados, para luego diseñar la arquitectura de la red Lifi en el área de estudio, además se hizo una simulación de un circuito electrónico basado en un prototipo puesto en marcha, que permitió verificar la funcionalidad del sistema, dando como resultado una velocidad de transmisión de 30Mbps hasta 40Mbps de ancho de banda, siendo esta una velocidad aceptable para la demanda de usuarios dentro del Laboratorio.

Palabras Claves: Lifi, Transmisión de datos, Tráfico de red, Circuito electrónico, Arquitectura de red.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



**“ANALYSIS OF LIFI TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT AND
IMPROVEMENT OF THE NETWORK IN THE NETWORKING LABORATORY
OF THE CAREER OF ENGINEERING IN TELEMATICS”**

Author: García Franco Wendy Stefany

Advisor: Gallegos Zurita Diana Ercilia

Abstract

The present paper shows a proposal for the implementation of a Lifi wireless network for the Networking Laboratory, which purpose was to optimize the transmission and reception of data, and to improve network traffic. The theoretical foundations of the particularities and technical elements of the wireless system were reviewed. The methodology for the development of the project consisted in the survey of the installed equipment, to then design the architecture of the Lifi network in the area of study. In addition, a simulation of an electronic circuit based on a prototype was made, which allowed to verify the functionality of the system, giving as a result a transmission speed of 30Mbps up to 40Mbps of bandwidth, being this an acceptable speed for the demand of users within the Laboratory.

Keywords: Lifi technology, Data transmission, Network traffic, Electronic circuit, Network architecture.

Introducción

El presente proyecto se analiza la red Lifi como una alternativa a la red Wifi para la transmisión de información, en lugar de ondas electromagnéticas como lo hace Wifi, se realizará la transmisión de datos mediante luz. En el medio en el que se vive se ha estado mejorando notablemente la forma de enviar información ya sea compartir fotos, ver y subir videos, enviar reportes, y trabajos etc. El hecho de tener que tener nuestro dispositivo conectado por cable a la larga se vuelve tedioso, por lo que la red inalámbrica ha transcurrido barreras para lograr tener una mejor conectividad; con el simple hecho de conectarse a una red inalámbrica se logra compartir información de manera más ágil y desde cualquier lugar donde se este, solo con realizar un clic ya se podría comunicar al otro lado del mundo las 24 horas del día.

Por la época en la que se vive es tan necesario en el diario vivir ya sea en nuestro trabajo, estudios, o en la comodidad de nuestro hogar y gran parte de ellos es mediante la conexión inalámbrica, en Ecuador solo en el 2020, ha incrementado el número de usuarios conectados al internet a un 69% donde muchos de ellos se conectan inalámbricamente, donde se tiene mayor influencia a la población estudiantil por motivo que se están brindando clases online, al igual que la población laboral que se ha implementado el Teletrabajo, la gran parte de los dispositivos electrónicos que son usados están conectados inalámbricamente sea smartphone, portátiles, etc. Y esto causa que mayor número de usuarios utilicen la conexión de red inalámbrica, y esto también causa un daño a los seres humanos ya que se está saturando el rango de frecuencia que se utiliza, y esto causa que aumente el grado de contaminación electromagnética.

Cuando se habla de la red Lifi se refiere a la transmisión de datos a través de la luz, en base a los avances de investigación que se han realizado desde los años 80, hasta la presente fecha no obstante, el Ingeniero Harald Haas en el año 2011, introdujo Lifi (Light Fidelity) es el término que se utiliza en los sistemas de telecomunicaciones inalámbricos, “los datos a través de la iluminación” dijo Hass, que consiste en el uso de la luz visible producida por bombillas leds para conectarse, que permite navegar a mayor velocidad, la red Lifi pretende brindar mayor seguridad puesto que para obtener o compartir ancho de banda debería estar debajo de la luz y su cobertura es baja, y a su vez su velocidad supera a la que brinda WI-FI. El estándar que utiliza la red Wifi es el IEEE 802.11, que fue desarrollado para la comunicación de redes inalámbricas (IEEE,2012) por la cual a consecuencias de millones de usuarios que se conectan inalámbrica este se suele saturar. a diferencia de tecnología Lifi

el estándar para la transmisión mediante frecuencia de luz led, es IEEE 802.15.7 que otorga grandes velocidades de transmisión de información en pocos segundos. (Tamayo Balas, 2016).

Este proyecto se analiza de como seria implementado en el área de Networking de la Carrera de Ingeniería en Telemática, se seleccionó este lugar por ser una área cerrada, ya que para la utilización de la tecnología Lifi se necesita de un foco, que emite los diodos led para la transmisión de datos con ayuda de un sensor que detecta los cambios de luz, cambiando la señal a datos como recepción y un fotodiodo receptor como emisión para que se puede establecer la conexión bidireccional, que por ende sería más fácil realizar un prototipo y los estudiantes tendrían el beneficio de poder navegar a velocidades altas en área de clases, así ayudaría a fortalecer el aprendizaje y poder satisfacer las necesidades que se tiene al momento de navegar en internet.

Se tiene como objetivos estudiar nuevos medios de transmisión de datos que se conecten inalámbricamente mejorando de transferencia de información y seguridad de red con el sistema Lifi que a través de la luz tener una buena conectividad, teniendo una buena aceptación ya que donde en cualquier lugar se puede encontrar bombillas led que es la principal fuente para la conexión, que por alguna manera resultaría más económico.

No solo por el tema de conexión sino porque el sistema Wifi utiliza ondas de electro frecuencias que a la larga la excesiva exposición puede tener consecuencias graves a nuestra salud.

Capítulo I

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

Dentro de las conexiones de internet se ha determinado que la conexión inalámbrica (conexión por ondas electromagnéticas) es la más usada que la alámbrica (donde su conexión es por medio de cable) por su fácil uso, y esto es debido que antes se utilizaba más que el ordenador conectado por cable de red para poder tener la navegación por internet claramente al pasar los años llegó al mercado los dispositivos móviles con sus notables cambios tecnológicos que sin duda alguna el más notable e importante fue la implementación del internet. Posteriormente la demanda ha ido en aumento y esto ha sido una de las principales razones por lo que la conexión Wireless se ha visto obligada a mejorar su conectividad y transmisión de información, permitiendo así el envío y recepción de datos.

En la población ecuatoriana el gran impacto de la tecnología inalámbrica es totalmente visible ya que se empieza a utilizar como beneficio propio sea en el trabajo, educación, salud, seguridad, hasta desarrollo social, etc. Hoy en día no solo un computador o un dispositivo móvil se conecta por medio inalámbrico también se conecta televisores, tablet, relojes inteligentes, bombillas y así casi todos los dispositivos electrónicos tienen conexión inalámbrica, como el conocido internet de las cosas.

La más conocida tecnología inalámbrica es Wifi a nivel mundial a cruzado fronteras por su fácil uso, su cobertura y velocidad de conexión, por lo que miles de usuarios que se conectan al internet lo realizan por Wifi, ocasionando así la saturación del rango de frecuencia o canales de transmisión que se manejan en el rango de 2.4ghz, y si se sobresatura dicho canal se tendría problemas con la calidad de transmisión de información, con el paso del tiempo Wifi ha ido teniendo mejoras e innovando con avances tecnológicos para sobrellevar este problema. Otros de los inconvenientes que presenta la tecnología Wifi es la seguridad de red es muy vulnerable a pesar que también se ha estado trabajando en ello aún se evidencia que mantiene inseguridad en las redes puesto que miles de individuos logran vulnerar la seguridad de red, de manera fácil.

El sistema que utiliza el Wifi, un router que es el que imparte señal inalámbrica por ondas electromagnéticas y un dispositivo con conexión inalámbrica, los dispositivos se conectan a un SSID (nombre de red Wifi) y un PASSWORD (contraseña de la red) dependiendo de la

intensidad de la señal será la velocidad de conexión a internet, pero como bien es cierto no siempre la señal es buena, partiendo desde ahí se sabe que a mayor distancia va a ser menor la velocidad con la que se navega llegando al punto en el que se pierde totalmente la conexión esto aplica en cualquier lugar en donde no se encuentre, sea en nuestro lugar de trabajo, o área de estudio donde este estudio se enfoca en el Laboratorio de Networking por ser un área cerrada, y ser una zona de un alta demanda de estudiantes de la carrera de Ingeniería Telemática de la Universidad de Guayaquil.

Por cuya razón se analiza nuevas alternativas de conexión inalámbrica y se da estudio a la tecnología Lifi como una alternativa de conexión inalámbrica, para poder superar la deficiencia de la tecnología Wifi, como la velocidad de transmisión que puede llegar hasta las 10gbts por segundo superando a la conexión Wifi, evitando saturaciones e intermitencia en la conexión de red, y en cuestión de la seguridad tendría que estar debajo de la misma emisión de luz para poder vulnerar la conexión de red. Si bien es cierto aún esta tecnología está en prototipos, pero con el pase de los años esta será sin duda uno de los más grandes avances tecnológicos superando la conexión por Wifi colocándolo así en desventaja.

1.1.1. Situación conflicto nudos críticos. El presente estudio se enfoca en analizar los requisitos técnicos del sistema Lifi, que ayuden a solventar los principales inconvenientes presentados de la tecnología Wifi, como la: saturación, seguridad y cobertura de la red, en el Laboratorio de Networking, ya que la alta demanda de usuarios conectados a la red inalámbrica tiene como efecto la saturación de red lo que causa limitaciones a la hora de conectarse, o simplemente la calidad de envío y recepción de información es mala, ya que la señal allí es escasa y difícilmente poder conectarse, o si se logra conectar sería con lentitud para poder desarrollar los talleres, deberes o informes que se imparten en clases.

1.1.2. Causas y consecuencias del problema. Como toda problemática tiene sus causas que conlleva muchas veces consecuencias irreparables aquí se detallara cada uno de ellos. Uno de los importantes problemas es la seguridad de red ya que se vuelve vulnerable ante los tantos ataques a los protocolos de seguridad de las conexiones inalámbricas y esto ha demostrado ser insuficientes las medidas de seguridad tomadas, como consecuencia nuestra información personal, deja de ser privada. Otros de los puntos claves que se ha detectado es el problema de interferencia y saturación de la red como medio único de conexión inalámbrica la tecnología Wifi, debido al sinnúmero de personas conectadas la saturación es notable, causando lentitud en la compartición, emisión y recepción de

información y muchas veces hasta pérdida de conexión de muchos usuarios, y gracias a esto surge una de los más grandes problemas que concierne a todas las personas que están expuestas a ondas de radiofrecuencia que a la larga llega ser perjudicial para el ser humano ocasionando enfermedades muy severas como el cáncer.

Tabla 1. Causas y consecuencias del problema

| Causas | Consecuencias |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidad de la red • Alta demanda de dispositivos electrónicos conectados inalámbricamente. • Redes inalámbricas utilizan espectro radiofrecuencia para comunicarse. • Poca cobertura de red • Obstáculos como pared, árboles u otros dispositivos electrónicos | <ul style="list-style-type: none"> • Exposición de riesgo de nuestra información personal. • Saturación de red, lentitud en el servicio. • Daño en la salud a largo plazo • Pérdida de señal. • Interferencia y pérdida de conexión a la red |

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por García Franco Wendy Stefany

1.2. Delimitación del problema

La cobertura que llega al área de estudio es muy baja a pesar de que hay varias redes donde sus equipos terminales que emana la señal están ubicados en distintos puntos estratégicos, no es suficientes para cubrir todo el campo ya que no cumple con la demanda de estudiantes que no siempre logra tener una conexión buena presentando problemas de lentitud e intermitencia en la compartición de envío y recepción de información.

Tabla 2. Delimitación del problema

| | |
|------------------|--|
| CAMPO | Tecnológico |
| ÁREA | Redes |
| ASPECTOS | Se ofrece mejorar la calidad de conexión de red |
| TEMA | Análisis de la tecnología Lifi para el desarrollo y mejoramiento de la red en el Laboratorio de Networking de la carrera de Ingeniería en Telemática |
| GEOGRAFÍA | En la Facultad de Ingeniería Industrial, de la carrera Ingeniería en Telemática en el Laboratorio de Networking. |
| ESPACIO | Julio – octubre 2020. |

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por García Franco Wendy Stefany

1.3. Formulación del Problema

¿Cuáles serían los requerimientos técnicos que se necesitan, para instalar una red Lifi en el Laboratorio de Networking, que mejore saturación, seguridad y cobertura de la red?

1.4. Evaluación del Problema

1.4.1. Delimitado. Los problemas constantes que detecta los usuarios ya sea por docentes o estudiantes al momento de conectarse a internet, es la velocidad de transmisión y recepción de la información, debido a la poca cobertura que llega al Laboratorio de Networking teniendo así dificultad para comunicarse a la red.

1.4.2. Evidente. En base a estudios realizados, será posible mejorar la conexión inalámbrica en la Universidad de Guayaquil en el aula de Networking que será utilizado por los docentes y estudiantes, con el sistema inalámbrico Lifi.

1.4.3. Factible. Debido a la indudable necesidad de estar navegando en el internet, conectados de manera inalámbrica, esta tecnología ya se encuentra desarrollada en las instalaciones de la Universidad de Guayaquil, pero se busca alternativas adicionales para evitar saturación de red, debido a los múltiples problemas reportados ya sea de escases de señal o no conexión al servicio de internet, se desea incorporar un sistema nuevo como lo es Lifi para así evaluar los múltiples beneficios que este ofrece.

1.4.4. Identifica los productos esperados. El presente proyecto tiene como objetivo final ayudar a resolver los evidentes problemas presentados con la tecnología Wifi como la velocidad de transmisión y recepción (ancho de banda), cobertura y seguridad inalámbrica.

1.4.5. Relevante. Cabe recalcar que la tecnología Lifi es más segura, puede llegar a altas velocidades e inclusive es libre de interferencias que ponen en gran ventaja para el uso de los estudiantes, docentes o personal administrativo que requiere conectarse a internet, a través de la red inalámbrica.

1.4.6. Original. Hasta la presente fecha solo se ha escuchado hablar de Wifi como medio único de transmisión de datos inalámbricamente, por lo que se ha adaptado la tecnología Lifi como medio alternativo de la tecnología Wifi, aunque en ciertos países se ha realizado prototipos para su utilización, aun no es implementado a nivel nacional, por lo que requiere de una gran inversión, para mejorar la calidad del uso del internet.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

Desde que llegó la conexión a internet por medio inalámbrico, esto en el año 1999, hasta la presente fecha ha habido grandes avances tecnológicos que permiten de esa manera mejorar la calidad de navegación, llegando a usarse más la conexión inalámbrica que la alámbrica en toda la población, por lo que el sistema Wifi como medio único de conexión Wireless llega a colapsar bajando el rendimiento y calidad de conexión, sin contar la saturación de radiofrecuencia que es otorgada a las redes inalámbricas.

Por lo que el estudio se basa en poder solventar el problema de saturación teniendo como alternativa el sistema de Lifi, que este usa una bombilla de LED para poder funcionar. Analizando los factores del problema, como seguridad, velocidad e interferencia,

Una de las mayores ventajas que tiene Lifi es la velocidad de transmisión de datos, basado en investigaciones y prototipos se puede decir que la tecnología Lifi puede alcanzar velocidades elevadas de navegación, en donde si bien es cierto en el departamento Networking muchas veces se va la conexión de red o no carga las páginas.

La tecnología Wifi emite la señal que se propaga a un rango de alcance hasta 50 metros con routers a largo alcance, por lo que lo hace vulnerable a que cualquier usuario no autorizado pueda acceder a nuestra información, con la tecnología Lifi evita este problema ya que, para poder conectarse a la red, tiene que estar bajo la misma emisión de luz.

También es libre de interferencia por lo que la tecnología Lifi usa el espectro de luz para desplazarse, sino hay luz no habrá conexión, sin embargo la tecnología Wifi utiliza ondas electromagnéticas que utilizan en limitada frecuencia que van desde los 2.4 GHz hasta los 5 GHz por lo que causa que otras redes se conecten en el mismo espacio, sin contar las interferencias de obstáculos físicos, como las paredes, piso, árboles, o hasta cualquier otro dispositivo electrónico como el microonda, el estudio realizado se basa en el aula Networking donde si bien es cierto todo el tiempo es iluminada por ser sencillamente un área cerrada donde al utilizar en este medio no tendría problemas para conectarse, sin ningún tipo de interferencia, y mucho menos inseguridad.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General.

Realizar una propuesta para la implementación de una red Lifi, que optimice de transmisión de datos y mejore el tráfico de red, realizando un análisis de la tecnología Lifi y explicar los elementos técnicos del sistema inalámbrico para el laboratorio de Networking.

1.6.2. Objetivos Específicos.

- Revisar los fundamentos teóricos sobre las particularidades técnicas del sistema inalámbrico como marco de referencia para el diseño de la arquitectura de la red Lifi en el laboratorio de Networking.
- Explicar la metodología empleada para el diseño de red Lifi que cumpla con los requerimientos técnicos para transmisión de datos y mejoramiento de tráfico de red.
- Diseñar la arquitectura de la red Lifi en el laboratorio de Networking con los elementos técnicos del sistema inalámbrico que optimice la transmisión de datos y mejoramiento de tráfico de red.
- Analizar el costo del desarrollo de la implementación de la tecnología Lifi, en el área de estudio.

1.7. Hipótesis Prospectiva

Si se implanta el sistema de la red Lifi para la transmisión de datos inalámbricamente, por ende, se mejoraría el tráfico de red.

1.8. Indicadores de las variables

1.8.1. Variables.

1.8.1.1. Variable independiente. Análisis de la tecnología Lifi para la eficiencia de transmisión de datos, en el Laboratorio de Networking.

Causa: Analizar la red inalámbrica Lifi, para conocer los beneficios, funcionalidad y eficiencia de la transmisión de datos a través, de los dispositivos electrónicos usado por los estudiantes y los docentes que ingresan al laboratorio de Networking.

1.8.1.2. Variable dependiente. Mejoramiento en el tráfico de red.

Consecuencia: Permite conocer sobre alternativas de sistemas inalámbricos para mejorar la calidad de red y así poder impartir los beneficios de la tecnología Lifi, que permite que tenga mejor calidad de transmisión de datos.

1.8.2. Conceptualización y operacionalización de las variables.

Tabla 3. Conceptualización y operacionalización de las variables

| Variable | Análisis de la tecnología Lifi para la eficiencia de transmisión de datos. | Mejoramiento en el tráfico de red. |
|----------|--|------------------------------------|
|----------|--|------------------------------------|

| | | |
|----------------------------------|--|---|
| Definiciones conceptuales | La red Lifi fue desarrollada para la transmisión de datos a través de la luz visible por lo que la hace más segura, con alta velocidad de navegación, y libre de interferencias. | En la tecnología Lifi entre sus grandes beneficios se maneja en velocidades más avanzadas y esto es gracias a que utiliza el espectro de luz para transmitir información, causando así el mejoramiento del tráfico de red. |
| | Definiciones operacionales | A través del análisis de estudios realizados y prototipos puestos en marcha se demostraría la transmisión de datos utilizando la luz visible. |
| | | Se efectuará el desarrollo de un diseño de infraestructura donde se validará la disponibilidad técnica de la tecnología Lifi teniendo como resultado la medición del alcance, conectividad, y eficiencia, del sistema Lifi en el área de estudio. |

Información tomada de investigación directa. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

1.8.3. Indicadores.

Tabla 4. Indicadores con respecto a las variables

| VARIABLE | INDICADORES |
|---|--|
| Análisis de la tecnología Lifi para la eficiencia de transmisión de datos. | • Velocidad de transmisión |
| | • Seguridad de red |
| | • Adaptable |
| | • Número de usuarios navegando conectados inalámbricamente |
| Mejoramiento en el tráfico de red. | • Alcance de conexión |
| | • Cantidad de ancho de banda que ocupa cada usuario. |

Información tomada de investigación directa. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

1.9. Preguntas de investigación

¿Cuánto es el número usuarios que se lograran conectar inalámbricamente en el laboratorio de Networking?

¿Cuál sería la velocidad de transmisión buena en la que un usuario podría navegar?

¿Cuánto es el alcance en el que un usuario se podría conectar inalámbricamente?

¿Cuál es la cantidad de ancho de banda establecida por cada usuario?

1.10. Alcance del preproyecto

En el presente proyecto se busca analizar el sistema inalámbrico Lifi, para poder mejorar el rendimiento de red, en el laboratorio de Networking de la carrera Ingeniería en Telemática de la Facultad Ingeniería Industrial, analizando su estructura y diseño del mismo, en base a estudios investigativos, informes, proyectos, y prototipos puestos en marcha, donde se demuestra el funcionamiento operacional de la tecnología Lifi, se desarrolló un diseño del área de estudio para conocer la factibilidad técnica requerida y el coste para una futura implementación.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de estudio.

A la presente fecha la humanidad ha tenido innumerables avances tecnológicos respecto a las redes ya sea alámbricas e inalámbricas lo que hace más factible el uso de las mismas. En el año 1990 fue donde apareció la hoy conocida la red inalámbrica Wifi donde utiliza el espectro radioeléctrico para comunicarse y opera en la frecuencia de 2.4 GHz, la que sin duda ha tenido fuerte acogida ya que gran parte de la población utiliza las redes inalámbricas para conectarse al internet, provocando saturación en la red de tal modo que muchos usuarios pierdan la conexión, o presenta lentitud a la hora de navegar.

En la historia de la humanidad se ha desarrollado distintos medios de comunicación que han presentado importantes avances como fue la creación del teléfono, el internet, etc. Surge de la necesidad de estar comunicados unos con otros, a cada momento por lo que la tecnología ha tenido un gran impacto en las comunicaciones, comenzando con la intervención del internet donde la comunicación era tan solo la conexión de manera alámbrica al pasar los años no solo se quiere estar conectados a través de un computador sino donde quiera que se este, fue como en el año 1971 fue creada la primera red inalámbrica dicha red tuvo por nombre Aloha formada por 7 computadoras una en cada isla donde se podían conectar a un ordenador central en el cual realizan cálculos, así fue como fue creada el área inalámbrica local (WLAN), con la finalidad de poder ser útil para beneficio de la humanidad, por lo que ha sido una de las más grandes innovaciones efectuadas en el mundo tecnológico. Habiendo estudios que lo sustentan como el internacional comisionado por Lexmark International, Inc. (NYSE:LXK) y realizado por la encuesta mundial Pisos, por lo tanto como expertos en informática como usuarios convencionales indicaron que el internet como las pc portátiles fueron la innovación más importante en el mundo de la tecnología y a su vez predijeron que las redes inalámbricas serán de gran ayuda su aporte en la sociedad, a lo que hoy se ha hecho realidad las grandes cambios se han hecho notable lo que ayer era un simple sueño ahora se ha vuelto realidad.

En base a Redes Inalámbricas realizado por Wiki CCNA 05 – 2016 dice que miles de usuarios gozan del servicio de internet ya sea estar conectado alámbrica como inalámbricamente, y a su vez poder comunicarse a cualquier parte del mundo con el simple hecho de realizar un clic. El hecho de estar conectado no quiere decir que solo influya en la parte social, sino también en el ámbito cultural, socio económico, educativa, los grandes

líderes gubernamentales y hasta el cuidado del medio ambiente sin contar que puede generar posibilidades de nuevas oportunidades laborales. Un punto clave es que dicho sistema brinda la facilidad de poner interactuar con otras personas al otro lado del mundo a través de la videoconferencia, correos electrónicos, redes sociales donde estos vienen instalados por defecto en los dispositivos móviles o hasta en nuestras portátiles u ordenador de escritorio.

Otro punto importante es la sociedad académica ya que surge como necesidad poder aprender del mundo de la tecnología, el hecho de saber cómo conectase mediante conexión Wireless como el poder gozar de los distintos beneficios que permita estar conectado al internet. Los estudiantes y docentes también hacen uso de la misma como son el ingreso a plataformas virtuales, compartición de documentos, libros, y material del estudio de tal manera que reforzaría la información o enseñanza planteada en clases para poder llevar la mano el aprendizaje práctico y teórico, es más hace unos pocos años atrás se permitió que estudiantes de bachillerato podría tener un dispositivo inalámbrico, usando en la clase, como un material más de estudio, lo que ha hecho que la información proporcionada se comparta y a su vez llegue a lugares donde tengan pocas oportunidades de poder asistir al aula clase, lo mismo que está pasando en pleno 2020 las unidades educativas están cerradas y la clases impartidas son virtuales con sencillamente tener un dispositivo inalámbrico sea pc, portátil, Tablet o celulares y una conexión a internet donde a través de plataformas didácticas son impartidas las clases tratando en lo mayor posible no tener afectación en la enseñanza y tratar de parecer en lo más posible a las clases tradicionales impartidas en el aula de clases.

A su vez se determina que las conexiones inalámbricas también han colocado su granito de arena en la población de ciencias de la medicina haciendo posible muchos avances tecnológicos como es la robótica al igual que aparatos quirúrgicos, y se ha estado tratando el llegar a realizar cirugía a cierta distancia, con un porcentaje de riesgo de error al cual aún se está investigando para tener mayor exactitud.

Y lo mismo que ha pasado en el tema del estudio se viene referido con la medicina como es la telemedicina, antes tendrías que acercarse obligatoriamente a un centro de salud para que te digan que tienes exponiéndote a muchas enfermedades ahora con la situación que está teniendo el país y el mundo entero, puedes desde la comodidad de tu casa poder comunicarte con un médico para poder explicarle tus molestias y recetarte este puede ser a través de una llamada o videollamada.

En el ámbito laboral a abierto muchas posibilidades para sobrellevar la situación actual que se atraviesa a nivel mundial muchas de las personas que laboraban desde una oficina presencialmente tuvieron que parar sus trabajos para no exponerse por lo que adoptaron la

modalidad del teletrabajo es decir desde tu casa podrías hacer el trabajo que hacías en la oficina, muchos conectados por VPN o remotamente estar conectados constantemente con nuestro trabajo, realizar informes, pasar trabajos pendientes via mail etc., en conclusión estar comunicados a toda hora y el medio un 90% es conexión inalámbrica.

La conexión inalámbrica ha abierto muchas puertas como el hecho de emprender nuestro propio negocio ya que muchas personas se han visto afectadas en la economía y encontraron en este un nuevo método de generar ingresos y poder subsistir. El estar informado también tiene un punto importante que cabe recalcar con el hecho de poder saber lo que ha pasado en otras partes del mundo muchas personas tienen familiares, amigos o seres queridos que viven en otros países. En conclusión, las tecnologías inalámbricas han tenido una gran acogida donde han intervenido en muchos ámbitos en la sociedad, por cómo se ha desarrollado y a su vez como a cubierto la necesidad de manera eficaz.

Debido a los varios problemas presentados a la hora de conectarse el mundo de la industria tecnológica está investigando una nueva tecnología inalámbrica donde su transmisión de datos es mediante el espectro de luz visible VLC (Visible Light Communication), que llevan investigándose más de 100 años que implica transmitir datos de frecuencias entre 400 a 800THZ, la idea es transmitir información con elementos de iluminación al mismo tiempo que iluminar una sala por lo que evitarías la complejidad de infraestructura (Rodríguez, 2015). Este sistema se dio a conocer en la conferencia Ted Global Talk en el año 2011 cuando el físico Harald Hass en Reino Unido en la Universidad de Edimburgo lanzo la idea de “datos inalámbricos de cada foco” conocida como Lifi esta tecnología utiliza la luz para la transmisión de información y la recepción de información a través de un sensor que detecta los cambios de luz, este sistema transmite en frecuencias de 400 a 800 THZ² es decir dentro del rango del espectro de la luz visible que este es 10.000 veces más largo que el espectro de radiofrecuencia (Hass, 2011). Por lo que la velocidad de transmisión es 100 veces mayor (El País, 2015).

En base a prototipos desarrollados en un área amplia se determina varias estrategias para la comunicación por interfaz de luz donde el principal material de uso es luminarias y componentes secundarios que se basan en expandir la señal de luz según el estándar IEEE 802.15.7, con la facilidad de que el espectro de luz tiene un amplio rango que va desde los 400 nm hasta 700 nm por lo cual hace continua la conexión y más factible sin pérdidas ni retraso, de los dispositivos de recepción y emisión. (Mota Miguel, 2019)

Se han realizado varios estudios de esta tecnología Lifi desde su aparición considerando desde varios puntos sobre todo enfocando en el área educativa. “Luz visible y su integración

con la internet de las cosas”. Revista Vínculos: Ciencia, Tecnología y Sociedad, vol. 16, N° 1, enero-junio 2019, indica que con la nueva tecnología Lifi, se podría tener mejor la transferencia de información de manera más eficaz es posible aplicar en la capa de transporte que abarca la gran parte de los datos y dispositivos, evitando la saturación del espectro radioeléctrico.

El sistema Lifi es una tecnología que va de la mano con la protección del medio ambiente, pero sobre todo en la salud del ser humano, ya que a diferencia de la tecnología Lifi que usa el espectro radiofrecuencia, la tecnología Lifi usa el espectro de luz para su transmisión, por lo que se obtiene un bajo consumo de energía ya que al mismo tiempo que se ilumina el estudio donde se está trabajando se obtendría un excelente conexión de red (Rodríguez, 2015)

Es necesario realizar un estudio de mercado para conocer la frecuencia en la que el usuario en este caso los estudiantes y docentes navegan en internet así mismo, rango de ancho de banda que utiliza las apps y los navegadores web, las plataformas digitales, y cuantos dispositivos se conectan a la vez o interactúan entre sí, para lograr una estabilidad, seguridad y eficiencia a la hora de conectarse a la red. (Mota Miguel, 2019).

En la Universidad Nacional del Chimborazo, Ecuador 2017 se realizó un “Diseño e implantación de una red de comunicación a través de Lifi para comparar el rendimiento de la red Wifi en entornos cerrados” (Fernando Gómez, Alex Chacha) dicho proyecto cumplió varias fases para poder realizar un prototipo basado en la tecnología Lifi.

Se estudio la red Lifi y la infraestructura de la misma la cual se determinó que se obtendría mayor eficiencia de conexión en lugares cerrados, por lo que evitaría perdida de luz que es por el medio donde se transmite datos y a su vez si hubiera escases de luz no hubiera dicha transmisión. Diseñó un módulo para transmitir luz led y este a su vez modula la señal transmitida, también cuenta con un receptor que capta la señal transmitida, en el diseño se utiliza un PCB como transmisor y un circuito electrónico la cual necesita un regulador de voltaje, se recomienda que la matriz debe tener una alimentación de 12 VCD, el software que se utilizó es Bascom e Hyperterminal por su fácil uso, por lo que se concluyó que el prototipo implementado maneja una velocidad de transmisión de 4.800 vatios, y este al aumentar se expondría con la luz natural por lo que la tasa de transferencia tendría errores.

En las instituciones educativas podría llegar a funcionar la tecnología Lifi, facilitando el aprendizaje de los estudiantes simplemente se necesita combinar las dos funciones básicas que son importantes para este sistema como es la iluminación y transmisión inalámbrica de datos. Su funcionamiento se basa en un router luminoso que es igual a una bombilla led,

donde este poseería un chip emisor o mini transmisor (parecida a la antena que posee los módems o expansores de señal), donde esa bombilla emite señal por luz y este sería captado por un receptor luminoso que podría ser los dispositivos móviles que sería el medio para navegar en el internet, cabe recalcar que habría conexión de emisor a receptor si la bombilla esta encendida. (Romero, Vera, Córdova 2016).

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. ¿Qué es VLC?. La tecnología de comunicaciones ópticas de luz visible VLC por sus siglas en inglés (Visible Light Communication) es un subconjunto de telecomunicaciones inalámbricas denominada Lifi, que utiliza la luz para la transmisión de datos que van desde los 400 y 800 Thz en espacio abierto (Rodriguez,2015), se dice que es la versión óptica más rápida y económica que Wifi (The Economist, Enero 2012), por lo que es una de los ocho nuevas tecnologías que se basaran para investigación en los últimos años según el Expert Advisory Group and Steering Board Members of the Networks Technology.

El sistema VLC busca transmitir datos al mismo tiempo que se está iluminando a su vez son más económicos y adaptables a los usuarios. (Visible Light Communication, 2017), basado en el estándar 802.5.17.

2.2.2. Lifi. El término Lifi hace referencia a una red inalámbrica que usa el espectro de luz como medio de transmisión de información, en lo que va los años ha habido varias investigaciones del uso de la luz para la transmisión de datos, pero a penas en el 2012 en Digital Communications del Instituto Edimburgo donde Harald Hass introdujo la novedosa idea de “datos inalámbricos a través de un foco” punto de partida para varios estudios y prototipos acerca de este sistema Harald Hass es profesor, Presidente de Mobile Communications y con fundador de la empresa PureLifi. La tecnología de comunicación de luz fue demostrado a penas en el año 2013 su funcionamiento con solo un led se pudo transmitir 1,6Gbps. Dicha tecnología promete muchas innovaciones por lo que muchas compañías están interesadas en ello como la empresa rusa Strings Coman ya que en el año 2014 desarrollo una red LAN inalámbrica Lifi donde pudo transmitir datos de 1,25 Gbps este proyecto fue llamado BeamCaster.

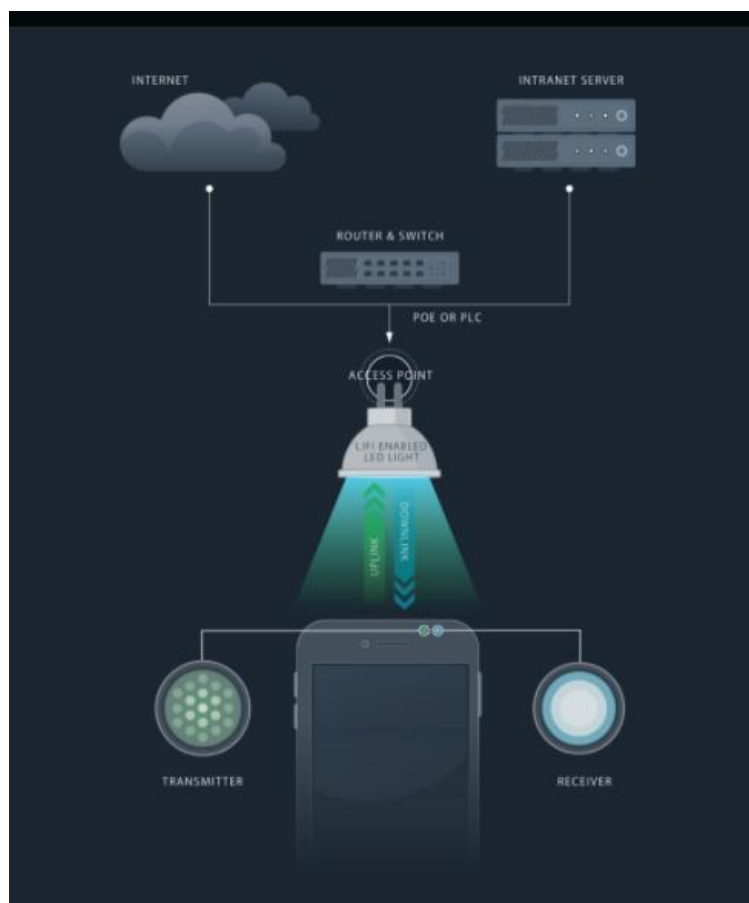


Figura 1. Lifi. Información tomada de investigación. Elaborado por el autor.

2.2.3. Funcionamiento de la tecnología Lifi. La tecnología Lifi usa tan solo una porción de luz para la transmisión de datos de forma bidireccional y unidireccional por lo que se logra conectar con dispositivos electrónicos sea celulares, portátiles, tabletas, etc. Las bombillas led están en todas partes por lo que no se necesitaría de infraestructura para utilizar dicha tecnología, las características que tiene la tecnología inalámbrica Lifi pueden llegar a usar espectro sin problemas en el tema de ancho de banda por lo que hace que maneje velocidades más avanzadas.

Las bombillas led junto con un microcontrolador utilizan protocolos de comunicación definidos por software, donde esta combina la iluminación con la comunicación así los dispositivos inteligentes se comunican entre sí (Adaptable Software Defined Visible Light, 2017).

La codificación utilizada por la tecnología Lifi es simple de encendido y apagado con valores binarios, si está en 1 funcionaria como encendido y si está en 0 funcionaria como apagado. La tecnología Lifi simplemente necesita un dispositivo que hace de emisor y otro que hará de receptor, el emisor tiene como función emitir la señal que lo hace la Led este

led tiene un modulador lo cual entiende del lenguaje encendido y apagado por la que transfiere información hacia el receptor. En cambio, el receptor cumple con la función de demodular la señal por lo que tiene un fotodetector, una vez demodulada la señal se amplifica para ser adaptada al dispositivo electrónico que contenga el receptor, como se visualiza en la figura 2.

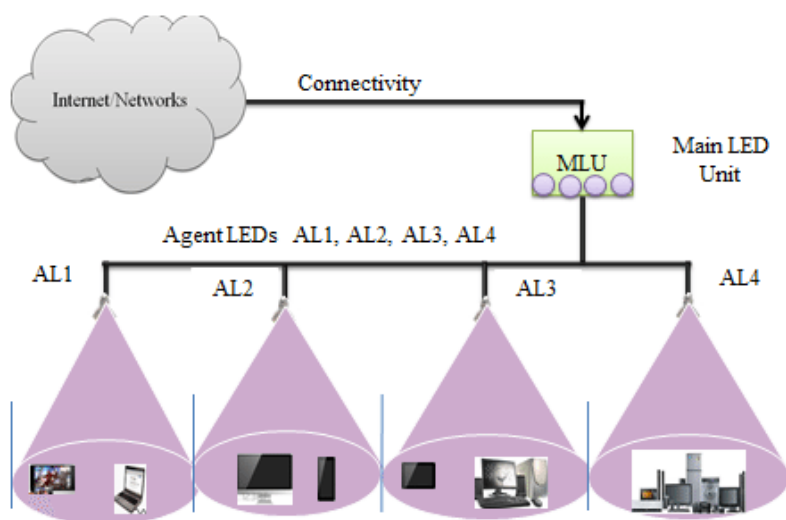


Figura 2. Diagrama de funcionamiento de la tecnología Lifi. Información tomada de investigación. Elaborado por el autor.

2.2.4. Fundamentos de la tecnología Lifi.

2.2.4.1. Estándar. La red inalámbrica Lifi utiliza el protocolo IEEE 802. 15.7 por lo que tiene un amplio espectro empleando frecuencias de luz visible, aunque su comunicación inalámbrica es de corto alcance, una de sus principales ventajas es poder navegar velocidades muy avanzadas, donde se logra transferir información de gran tamaño en tan solo pocos segundos (Tamayo Balas, 2016).

2.2.4.2. Velocidad. Una de las características principales del sistema Lifi es la velocidad de transmisión otorgada en la tecnología son elevadas según estudios realizados el nuevo récord fue establecido por la Universidad de Oxford alcanzando la velocidad de 224 Gbps por medio de las lámparas led en el año 2015, teniendo base de cuyos prototipos realizados sin duda alguna se obtendría grandes beneficios a la hora de impartir una clase, sin interrupciones y con la comunicación continua, aprovechando al máximo la navegación del internet, como es realizar proyectos de investigación, tareas y demás que demande la utilización del internet.

2.2.4.3. Seguridad. Lo interesante de la tecnología Lifi es que se podría acoger a sus limitantes para colocar como beneficio como es la seguridad, si bien es cierto la luz no a

traviesa paredes por lo que lo hace una red a corto plazo y por esta misma razón es que se puede decir que segura ya que para que un usuario no desea quiera vulnerar nuestra seguridad tiene que estar debajo de la luz visible.



Figura 3. Comunicación de la tecnología Lifi. Información tomada de la página oficial de PureLifi.

Elaborado por el autor.

2.2.4. ¿Dónde es aplicable la tecnología Lifi?

La tecnología Lifi es aplicable a distintos ámbitos por lo que ayudaría a enfocarse en el Laboratorio de Networking de la Facultad de Ingeniería Industrial, se explica cómo características de la tecnología Lifi que su emisión es bidireccional, tiene velocidades elevadas de transmisión de datos, es energético, y seguro ya que bloquea la señal por paredes debido a que la luz no atraviesa paredes, por lo que sería adaptable usar si se tendría varios emisores de luz en el laboratorio.

2.2.4.1. En sistemas educativos: La tecnología Lifi va a ayudar en el aprendizaje de los estudiantes y docentes a impartir las clases con mayor eficacia, utilizando plataformas de estudios o investigación sin que se pierda la conexión de internet.

2.2.4.2. Aplicaciones médicas. En el entorno de la medicina cuando se están realizando intervenciones quirúrgicas no es recomendable hacer uso de la tecnología Wifi ya que usa radiación que ocasiona interferencia con los dispositivos que usa los médicos. A diferencia de la tecnología Lifi se puede usar sin ningún tipo de preocupación y se podría llevar a cabo operaciones inteligentes, también podría llegar a tener cirugías robóticas, o computarizadas.

2.2.4.3. Internet aérea: En los aviones no está permitido conectarse al internet porque causan interferencias con el sistema de manejo del piloto, pero en la tecnología Lifi podría

conectarse a internet y navegar a altas velocidades, por lo que lo hace un excelente candidato para el uso del mismo.

2.2.4.4. Velocidad y Seguridad. En el área de investigación la demanda de usuarios es alta por lo que suelen usar un alto ancho de banda, en la tecnología Wifi permite a muchos usuarios poder conectarse mientras que este dentro del rango de la señal, pero se sabe que entre más sea el número de conectados va a bajar la velocidad de transmisión en la tecnología Lifi es distinto cada grupo de misma capacidad para conectarse al internet ya que tiene distintos puntos de acceso, por lo que es aprovechable la transmisión de datos.

2.2.4.5. Comunicación bajo el agua. Las ondas de luz se dispersan a grandes trayectos por lo que fácilmente puede a ver comunicación bajo el agua por ejemplo entre dos submarinos o equipos de buceo.

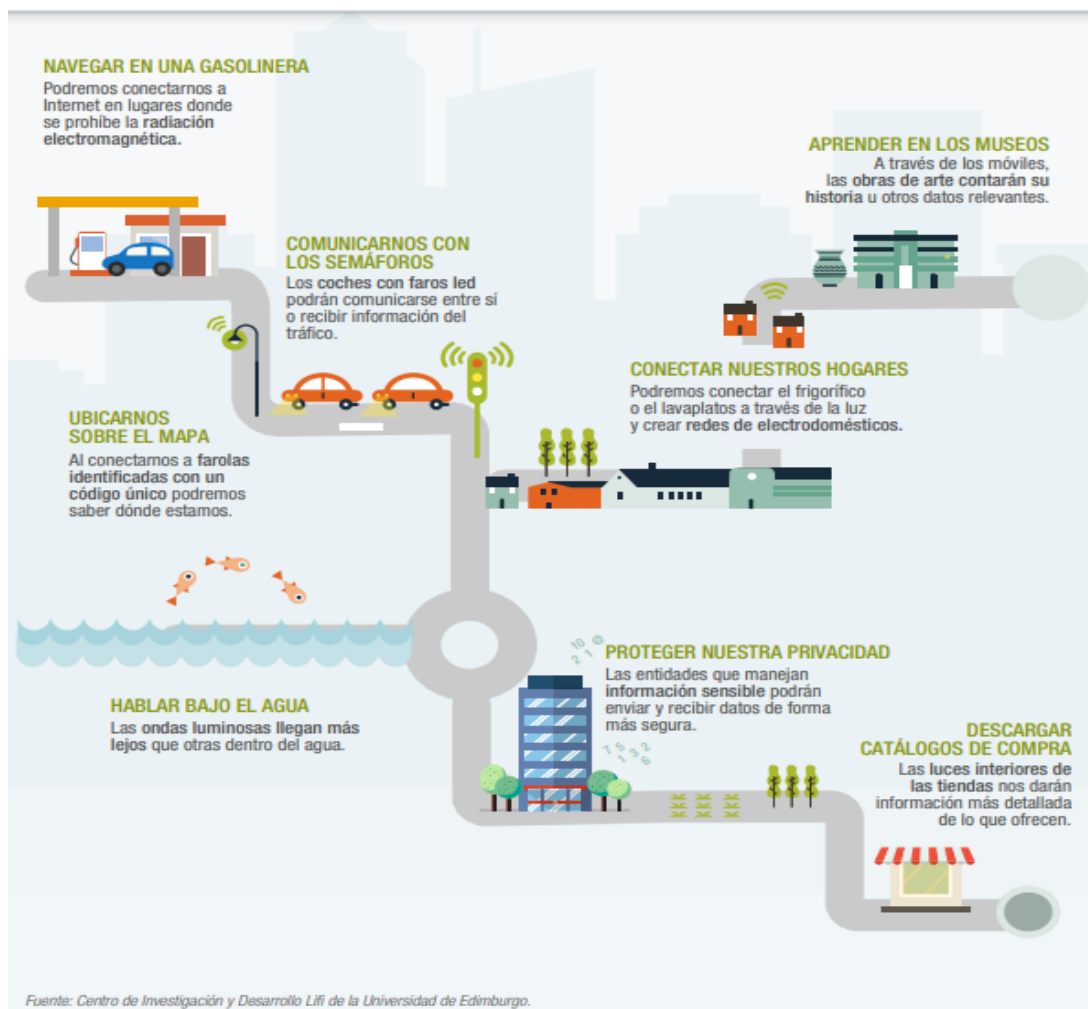


Figura 4. Aplicaciones de la tecnología Lifi, información tomada de la página Iberdrola elaborado por el centro de Investigaciones y Desarrollo Lifi.

2.2.5. Ventajas y Desventajas de la tecnología Lifi.

Tabla 5. Ventajas y desventaja de la tecnología Lifi

| | |
|---------------------------|---|
| <p>Ventajas</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de transmisión es mayor en comparación de otros sistemas inalámbricos. • No causa interferencia con otras redes inalámbricas ya que utiliza el espectro de luz como medio para transferir información. • Lifi brinda mayor seguridad ya que para que nuestra información sea vulnerada tiene que estar dentro del espectro de luz. • Ahorro de energía ya que usa emisor de luz para transferir información al mismo tiempo que se ilumina nuestro hogar, o lugar de negocio. • Es amigable al medio ambiente ya que a diferencia de otras tecnologías inalámbricas usa el espectro de luz para comunicarse. |
| <p>Desventajas</p> | <p>Así como tiene grandes ventajas de uso también se tiene desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es de poco alcance la cual se tendría que usar varios emisores de luz es decir varias bombillas, para tener constante conexión Lifi. • El emisor de luz tiene que estar constantemente encendido para poder conectarse. • No funciona en lugares que estén expuestos en luz solar. • El sistema Lifi aún está en etapa experimental y de desarrollo. |

Información tomada de investigación directa. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

2.3 Definiciones Conceptuales.

Lifi (Light Fidelity). Fidelidad de la luz, es un nuevo tipo de conexión a internet de tecnología inalámbrica, que utiliza fuentes de luz en lugar de microondas para transmitir datos, la misma que se utiliza para poder estudiar la posibilidad del uso de la misma en el laboratorio de Networking.

VLC (Visible Light Communication). Comunicación con luz visible, es un medio de transmisión de datos que utiliza la luz. VLC puede ser utilizada como medio de transmisor de computación ubicua dado que los dispositivos que producen luz son utilizados en todas partes sea lámparas fluorescentes, led, etc. por lo que pueden ser aprovechados.

WIFI (Wireless Fidelity). Fidelidad inalámbrica, es una tecnología inalámbrica que ya está implementada en el laboratorio Networking, y en toda la facultad de Ingeniería Industrial, es el medio por la cual se conectan a internet ya sea de manera inalámbrica o alámbrica, Wifi permite conectarse a una red desde cualquier dispositivo electrónico, y usa el espectro radioeléctrico para poder transmitir información.

LED (Light Emitting Diode). Diodo emisor de luz, es una fuente de luz constituida por un diodo semiconductor, que permite el paso de la corriente en un solo sentido y este actúa como interruptor cerrado, en caso contrario no va a pasar corriente y este se comporta como un interruptor abierto.

IOT (Internet of Things). Internet de las cosas, interconexión digital de objetos cotidianos con el internet, esta tecnología no solo ayuda a reducir costos, sino también a simplificar procesos y generar grandes volúmenes de datos que sirve casi para todo no solo en el hogar, sino en todos los ámbitos, sea trabajo, estudio, etc, y por esta misma razón se puede relacionar el sistema Lifi con el IOT ya que se puede tener conexión e iluminación de calidad al mismo tiempo.

RF. Radiofrecuencias, esta terminología se utiliza para poder nombrar las frecuencias dadas al espectro radioeléctrico, la transmisión de las ondas se produce para generar una corriente a través de un conductor, la tecnología Wifi utiliza radiofrecuencia utiliza radiofrecuencia para poder transmitir información.

Espectro Visible. Se le conoce a la región del espectro radioeléctrico que el ojo humano es capaz de percibir, es lo que utiliza el sistema Lifi para poder transmitir datos, de manera inalámbrica a frecuencias de 400 y 800 Thz.

Fotodiodo. Es un semiconductor que es construido como un fotorreceptor que tiene una unión PN, este se polariza inversamente para su funcionamiento y genera cierta corriente, al momento de presenciar la luz visible o infrarrojo tiene sensibilidad. El sistema Lifi que se estudia utiliza este fotodiodo como medio de receptor de luz que es enviada por el emisor.

Modulador. El modulador hace que la luz encienda y apague millones de veces por segundo lo que hace que la luz imprescindible a la vista humana, por lo que hace que dicha luz se convierta en ceros y unos binarios que cifran los datos de transferencia.

2.4 Fundamentación Legal

Tabla 6. Fundamentación Legal

| Constitución de la Republica del Ecuador Quito, 2020 | |
|--|---|
| Art. 350 | La constitución de la republica del Ecuador influye en la educación superior adoptando un ambiente científico y tecnológico que influye en los estudiantes realizar nuevas investigaciones tecnológicas |
| Sección Octava | |
| En la sección octava se enfoca sobre la ciencia, tecnología, e innovación por lo que va relacionado en el tema de investigación del presente proyecto. | |
| Art. 385 | Genera, desarrolla y adopta visión científica a los estudiantes para elevar la eficiencia de nuevas innovaciones tecnológicas. |
| Art. 387 | Garantiza la oportunidad de creaciones nuevas que ayuden al buen vivir. |
| Asamblea Constituyente. | |
| Art. 16. | Una comunicación libre, incluyente, participativa, en todos los ámbitos de la interacción social. |
| Art. 21 | Las personas tienen derecho a la calidad de servicio |

Asamblea Constituyente. Información tomada del Reglamento Interno la Asamblea Constitucional

Capítulo III

Propuesta

3.1 Metodología del proyecto

El presente proyecto busca analizar, de manera amplia la factibilidad técnica de implementación de la tecnología Lifi, en el Laboratorio de Networking dando un recorrido para conocer la estructura del área de estudio, e indagar los inconvenientes que se han presentados en la red inalámbrica.

Al analizar la estructura del laboratorio, se tomó en cuenta las dimensiones del aula, esta tiene 7m de ancho, 10m de largo y una altura de 1.5 m; con estos datos se puede saber la posición en el que estarían el emisor con el receptor, para así establecer la conexión VLC, a su vez también los componentes técnicos a adaptar, tal como un diodo led o lámparas que ese funcionara como emisor y equipos transmisores que harían de receptor.

En el levantamiento de los equipos existentes en el Laboratorio de Networking, se puede visualizar las lámparas de iluminación instaladas, en donde se adapta las lámparas que servirían de emisor y las computadoras de escritorios en el cual se colocara el fotorreceptor.



Figura 5. Área de estudio. Aula de Networking de la Facultad de Ingeniería Industrial Carrera de Ingeniería en Telemática

3.2 Descripción

Se estudia el análisis del sistema Lifi como medio de comunicación inalámbrico, para tener mejor calidad de conexión a internet, donde se pretende usar la iluminación de un led o lámpara fluorescente para la transmisión de datos, se analiza la infraestructura del área de Networking, que arrojaran datos de factibilidad técnica, que ayudará de manera tecnológica, operacional y económica a proyectar en un futuro la implementación del caso de estudio.

3.2.1. Factibilidad técnica. Dentro del sistema inalámbrico ya implementado como lo es Wifi se toma ciertos factores como indicadores para poder tener una visión técnica de la prefactibilidad del área de estudio, con el sistema Lifi, como lo son seguridad, uso, manejo, mantenimiento, alcance, componentes electrónicos, calidad de transmisión de datos etc. que será puntos de partida, para poder evaluar cada uno de los parámetros efectuados de manera favorable, por lo que se puede establecer un cuadro comparativo con el sistema de funcionamiento actual y los indicadores establecidos.

Tabla 6. Factibilidad técnica.

| Indicadores | LIFI | Porcentaje | WIFI | Porcentaje |
|---------------|--|------------|---|------------|
| Seguridad | Se establece un rango de cobertura limitada por lo que, la seguridad es alta. | 25% | Cualquier usuario que detecte la señal puede vulnerar la seguridad de conexión. | 10% |
| Velocidad | En base a estudios y prototipos realizados se establece que el sistema Lifi llega a velocidades altas. | 25% | Alta tasa de demanda de usuarios conectados. | 10% |
| Mantenimiento | El mantenimiento de los equipos Lifi, en una lámpara led puede durar largos periodos de tiempos, y los equipos electrónicos que usaría la tecnología dependiendo del uso y la calidad. Pueden durar varios años. | 15% | En la tecnología Wifi, un equipo router tiene un promedio de vida de 3 a 5 años dependiendo de la calidad de equipo que se tenga. | 10% |
| Alcance | Poco alcance | 10% | Largo alcance | 25% |
| Puntaje | | 75% | | 55% |

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Garcia Franco Wendy Stefany

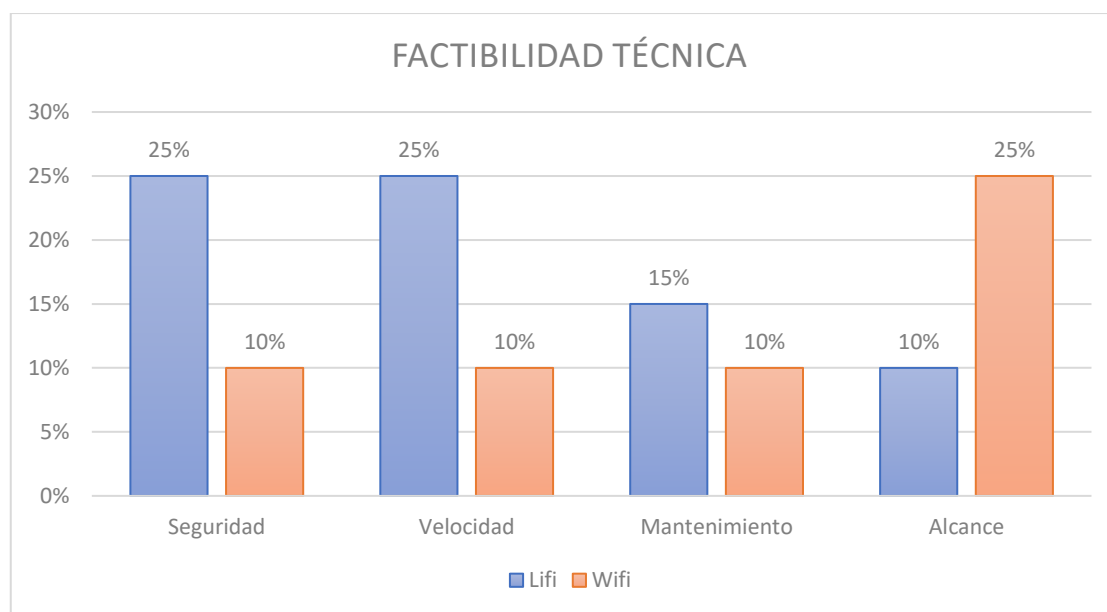


Figura 6. Factibilidad técnica. Elaborado por Garcia Franco Wendy Stefany

Para el desarrollo del sistema Lifi se analizaron varios prototipos realizados y efectuados con éxito para poder determinar qué es lo que le haría falta como equipos técnicos en el laboratorio para poder establecer una futura implementación, por lo que se elaboró una lista de dispositivos electrónicos.

Para poder determinar los elementos técnicos se investigó un estudio de caso donde fue ya implementado dicho sistema en un aula de clases de la escuela Kyle Academic, donde sus estudiantes hicieron pruebas de velocidad visualizando videos educativos sin ningún problema, conectaron el dispositivo Lifi en la portátil de los estudiantes, lo que permitió aprovechar al máximo los periodos de clases.

3.2.2 Factibilidad legal. La tecnología Lifi si llegase a poner en marcha en Ecuador estaría respaldado dentro de la Constitución de la Republica (Quito, 2020) que está vigente en el Segundo capítulo, sección octavase refiere a ciencia, tecnológica, innovación y saberes ancestrales, en el artículo 385 y 387 indica a promover nuevos desarrollos tecnológicos innovadores para el buen vivir y sea influyente en el factor económico, el sistema Lifi por ser aun un sistema en desarrollo no incumple ninguna ley pero si es amparada por las leyes del Ecuador.

3.2.3 Factibilidad económica. La factibilidad económica del presente estudio por ser una tecnología en desarrollo se basará en los beneficios, sujetado a prototipos puestos en marcha y análisis de la infraestructura del área de estudio se tiene el coste de la

implementación de este sistema y los beneficios que se obtendrían al llevar a cabo esta propuesta, comparando la tecnología ya existente.

3.2.3.1. Equipo lifi. Entre los equipos Lifi se tiene el dispositivo emisor que proporciona la compañía Lifi, se trata de LIFIMAX.

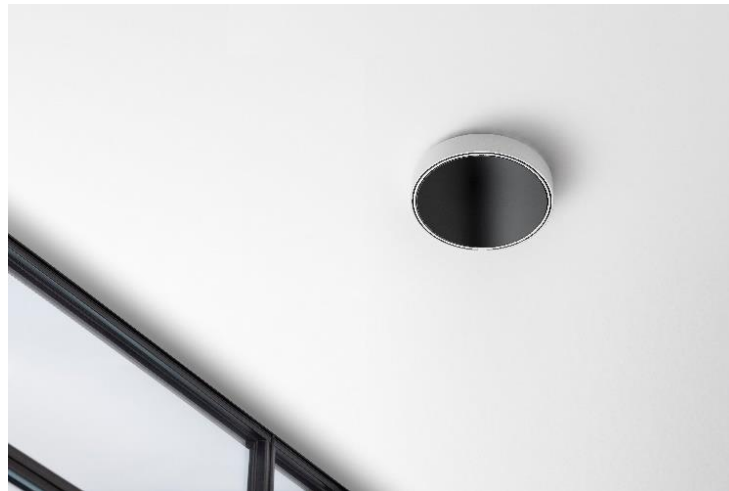


Figura 7. Equipo emisor. Información tomada de la página oficial de Oledcomm.net. Elaborado por el autor

En la figura 8 se muestra el equipo receptor donde ofrece la conexión transformando la luz en datos, donde se pueden conectar hasta 16 dispositivos simultáneamente, llegando a una velocidad de carga de 100mbps, y de carga de 40mbps.



Figura 8. Equipo receptor. Información tomada de la página oficial de Oledcomm.net. Elaborado por el autor

La instalación de la misma es fácil de instalar por lo que se reduce el tiempo y el costo de instalación como podemos visualizar en el diagrama de la figura 9.

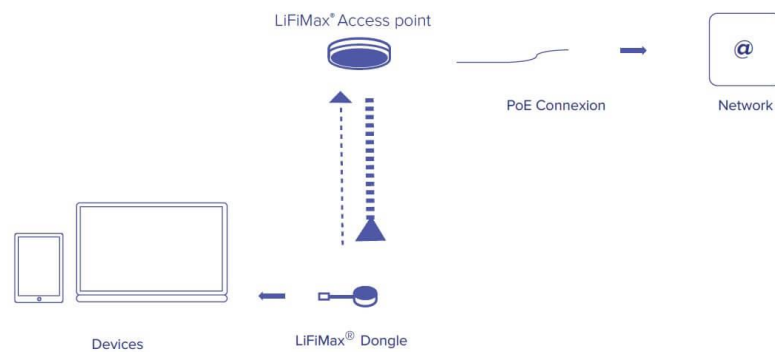


Figura 9. Diagrama de instalación Lifi. Información tomada de la página oficial de Oledcomm.net. Elaborado por el autor

3.2.4 Factibilidad operacional. Lifi, aun no se encuentra implementado en Ecuador por ser una tecnología que aún está en desarrollo y aun no implementado por esa razón hay muy pocos equipos Lifi desarrollados, por lo que se puede decir que el desconocimiento y poca interacción con dicha tecnología es alto en los docentes, y mucho más en los estudiantes, por lo que se podría llevar a cabo una encuesta donde los involucrados participarían para poder conocer la aprobación de una alternativa de mecanismo de conexión en el sistema inalámbrico.

3.3 Esquema general del proyecto

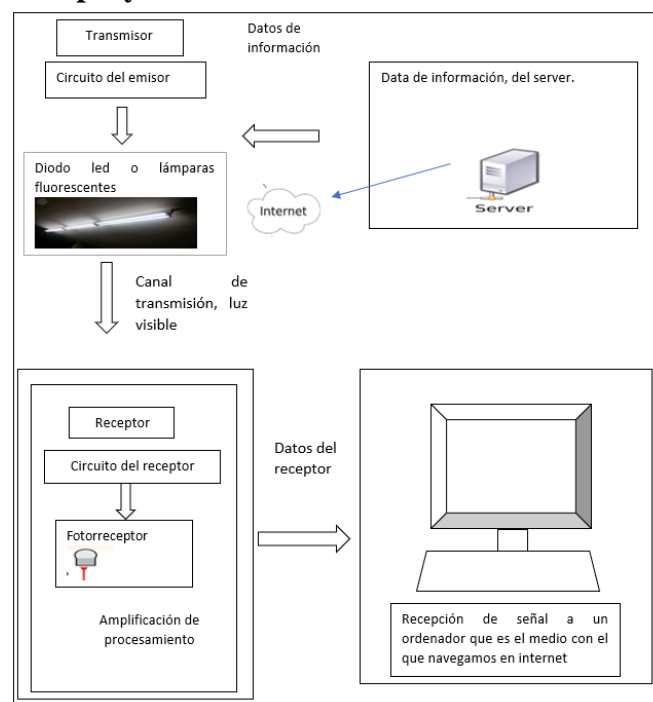


Figura 10. Esquema general del proyecto. información tomada de la investigación directa

La presente investigación se basa en poder conocer la factibilidad de implementación de la tecnología Lifi. En base prototipos realizados y los resultados obtenidos de los mismos, se tendría un esquema general de la funcionalidad de la tecnología Lifi en el laboratorio de Networking, por lo tanto, se realizará el diseño de infraestructura será realizado como bosquejo general, de tal manera, se explica, como habría mejor calidad de conexión a internet, libre de interferencia, y mejora en la seguridad de red.

Entre las características importantes se tiene:

3.3.1 Seguridad de información. El sistema Lifi, disminuye el riesgo de la inseguridad de información que se maneja, al momento de conectarse a una red inalámbrica, ya que, para vulnerarla, se tiene que estar bajo la misma luminaria para poder tener acceso a la misma red.

3.3.2 Capacidad de ancho de banda. Dicha tecnología utiliza el espectro de luz para poder de esa manera transmitir información, el espectro de luz es muy abundante, por lo que es muy amplio la capacidad de ancho de banda que se llegaría a tener.

3.3.3 Eficiencia. Esta tecnología promete mejor la calidad de comunicación inalámbrica con bajo coste ya que se requiere de pocos componentes para su implementación.

3.3.4 Medio Ambiente. El sistema Lifi es adaptable al medio ambiente ya que por ser un medio de propagación mediante luz no causa daño en el medio ambiente, y tampoco causa daño a la salud a diferencia de la propagación por radio ya que al exponerse excesivamente causaría daños irreparables en nuestra salud.

Es libre de interferencia: Una de las características importantes es que esta tecnología es que no causa interferencia con otros dispositivos electrónicos.

3.3.5 Implementación. Los componentes que utiliza son pocos, también es energéticamente menos costoso.

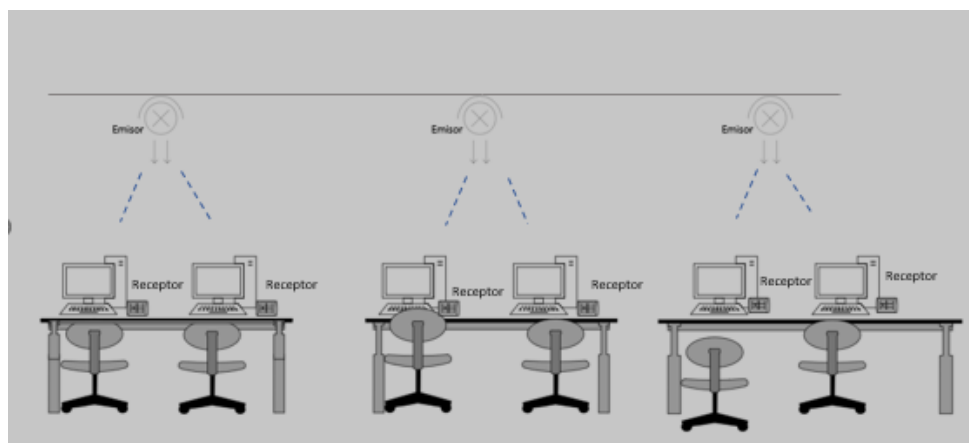


Figura 11. Diseño de la tecnología Lifi en el laboratorio de Networking. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

La tecnología Lifi, para la implementación de la misma, se necesita la luz que sale de la luminaria led, para poder transmitir información que funcionaría como emisor y fotodiodo como receptor.

Para poder tener la conexión mediante luz se utilizaría una bombilla led estas bombillas por lo regular casi siempre ya está adaptada a la infraestructura del área como en nuestro caso de estudio el laboratorio de Networking ya tiene implementado lámparas led, dichas lámparas tendrán implementado un chip donde este convierte la electricidad en luz, y que serviría como emisor que se encargaría de propagar información por ondas de luz, suele a ver de dos tipos: SMD y COB. A lado de la bombilla se usa un modulador que se encarga de variar las ondas de señal en 1 o 0 para poder ser enviada.

Para poder tener recepción se coloca un fotodiodo o fotorreceptor que capta la señal que ha sido enviada por el emisor, el fotodiodo procede a variar la intensidad de luz y convertirla en corriente eléctrica.

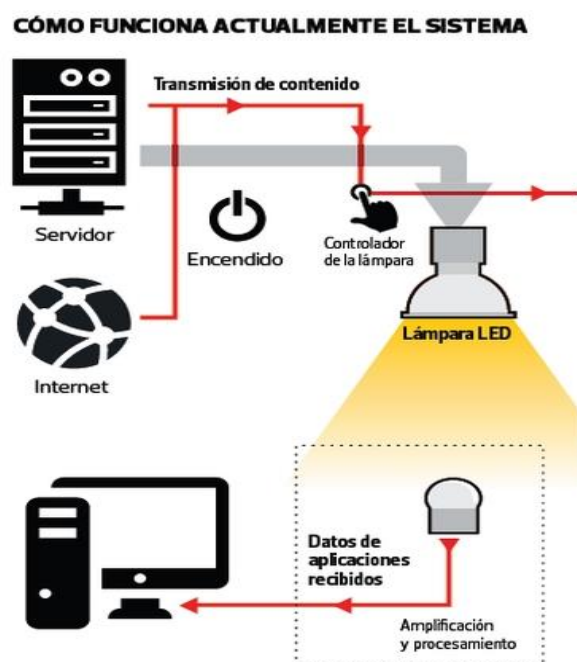


Figura. 12. Funcionamiento de la tecnología Lifi. Información tomada de la investigación

3.4 Procedimiento

Para el desarrollo del sistema Lifi, como ya se había mencionado cuentas de dos partes una que es la parte del transmisor donde se modula la señal de entrada y la otra la parte del receptor que recepta la señal transmitida. En el esquema que se visualiza se explica en un

diagrama de bloques el proceso de transmisión de señal del sistema Lifi, por parte de transmisor, los datos de entrada del equipo de origen se convierten en una señal binaria (1 y 0), es decir depende de la condición del encendido o apagado que es producido por el led el flujo de los datos digitales, es controlado en base a un circuito controlador. La iluminación del led es alta por lo que se transmite a un fotodiodo cercano, lo cual dicha señal recibida es amplificada y convertida a una señal binaria para que finalmente ese flujo de datos sea leído por el dispositivo receptor sea computador o dispositivo móvil etc.

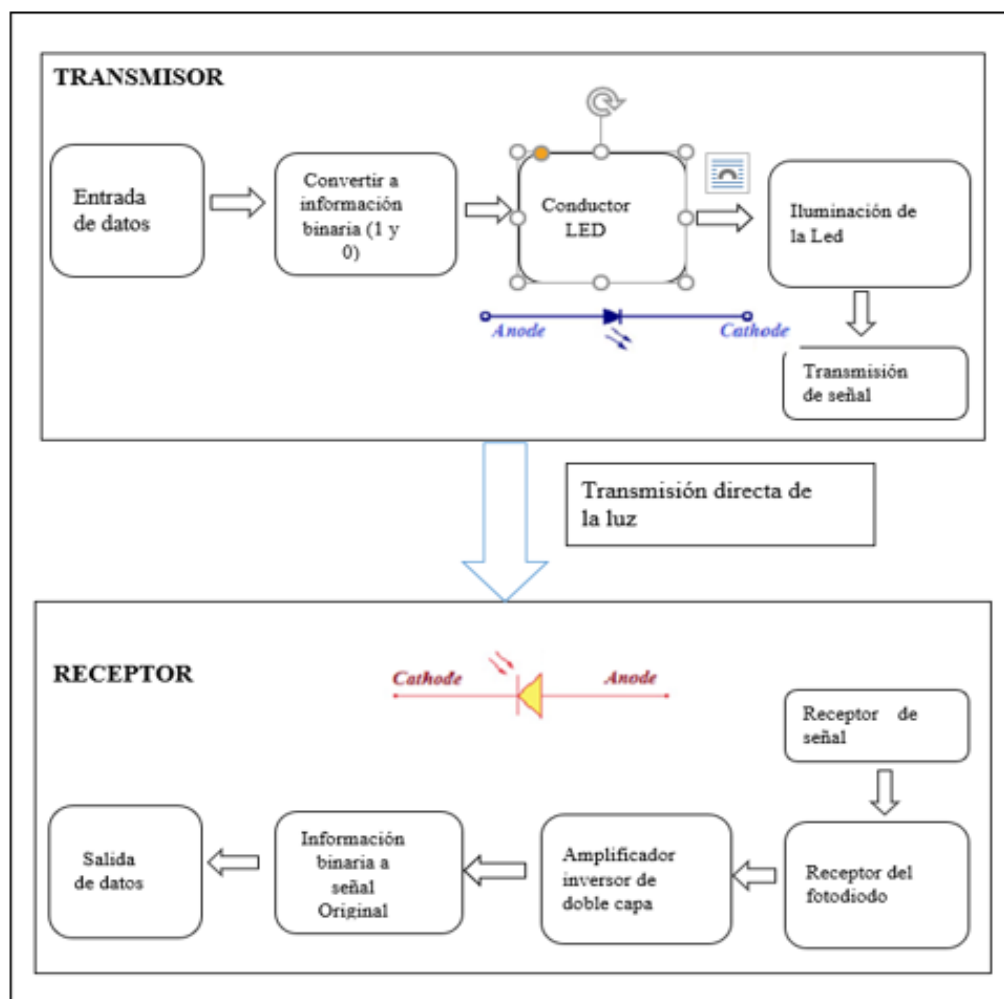


Figura 13. Diagrama de bloques del procedimiento del proyecto. Información tomada de la investigación realizada. Elaborado por Wendy Garcia Franco

3.5 Diseño y Construcción

Para la implementación de la construcción del diseño de prototipo de la tecnología Lifi se utilizó el programa Proteus 8, como herramienta de diseño para el circuito eléctrico.

EL circuito está compuesto de un emisor y un receptor de datos, para la construcción de este circuito se empleó los siguientes componentes:

- 2 Arduino R3.
- Pantalla Lcd.
- Teclado Matricial 4x4.
- Led.
- Fotorresistor.
- Resistencia 1k
- Resistencia 100ohm.

A continuación, se describe cada uno de ellos:

- **Arduino Uno R3:** Es un componente accesible ya que se basa en un hardware y software libre, es una placa donde se puede guardar instrucciones donde el lenguaje de programación a utilizar es Arduino Ide. El microcontroller de Arduino tiene una interfaz de entrada y de salida para poder conectar la placa en diferentes tipos de periféricos.



Figura 14. Arduino Uno R3. Información tomada de la investigación realizada. Elaborado por su autor.

- **Pantalla Lcd.** Es un componente pequeño que se utiliza para mostrar información en forma gráfica. La mayoría de las pantallas LCD vienen unidas a una placa de circuito y poseen pines de entrada/salida de datos. Es compatible con arduino y es por donde saldrá la información transmitida.



Figura 15. Pantalla Lcd. Información tomada de los datos de investigación. Elaborado por su autor.

- **Teclado Matricial 4x4.** El Teclado matricial está formado por 4 filas y 4 columnas con un total de 16 teclas. El teclado tiene botones plásticos independientes con un gran recorrido que da una buena sensación táctil al presionar las teclas, mejor al teclado de membrana. Puede ser conectado a cualquier microcontrolador o tarjeta de desarrollo como Arduino.

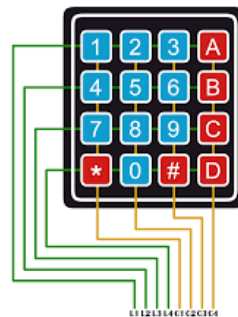


Figura 16. Teclado Matricial. Información tomada de los datos de investigación. Elaborado por su autor.

- **Led.** Es un diodo que emite luz, es un componente de gran resistencia.



Figura 17. Led. Información tomada de los datos de investigación. Elaborado por su autor.

- **Resistencia.** La resistencia se opone al paso de la corriente, en el cual en el siguiente prototipo se necesita una resistencia de 1k donde este va en el circuito receptor.



Figura 18. Resistencia. Información tomada de los datos de investigación. Elaborado por su autor.

- **Fotorresistor.** Es un componente eléctrico que varía la resistencia dependiendo de la luz que se emite sobre el Ldr.



Figura 19. Ldr. Información tomada de los datos de investigación. Elaborado por su autor.

3.5.1 Simulación.

3.5.1.1 Procedimiento del circuito. Se explica en un diagrama el procedimiento de como esta efectuado el circuito.

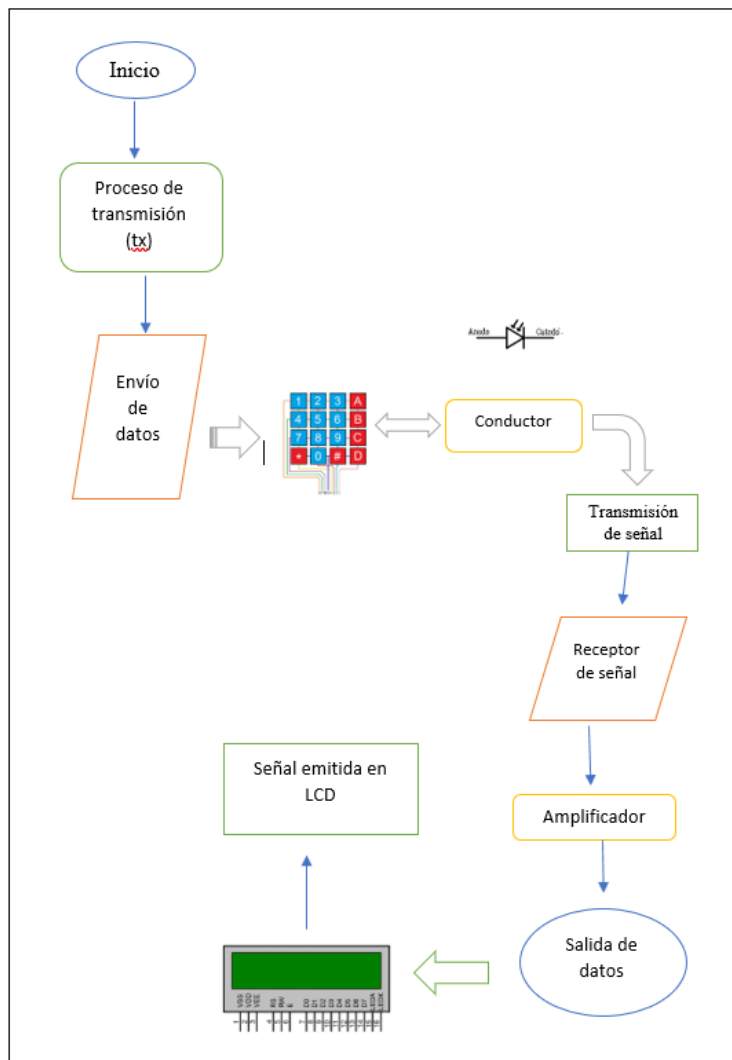


Figura 20. Procedimiento del circuito. Información tomada de la investigación Elaborado por Garcia Franco Wendy Stefany

Para poder demostrar el funcionamiento de la tecnología Lifi se tomó de referencia varios estudios realizados, con lo cual se realizó el diseño de un circuito eléctrico con componentes fáciles de conseguir donde se explicará paso a paso la funcionalidad del circuito. El desarrollo del circuito cuenta con dos partes una parte transmisora y otra parte receptora la cual emite información de forma inalámbrica.

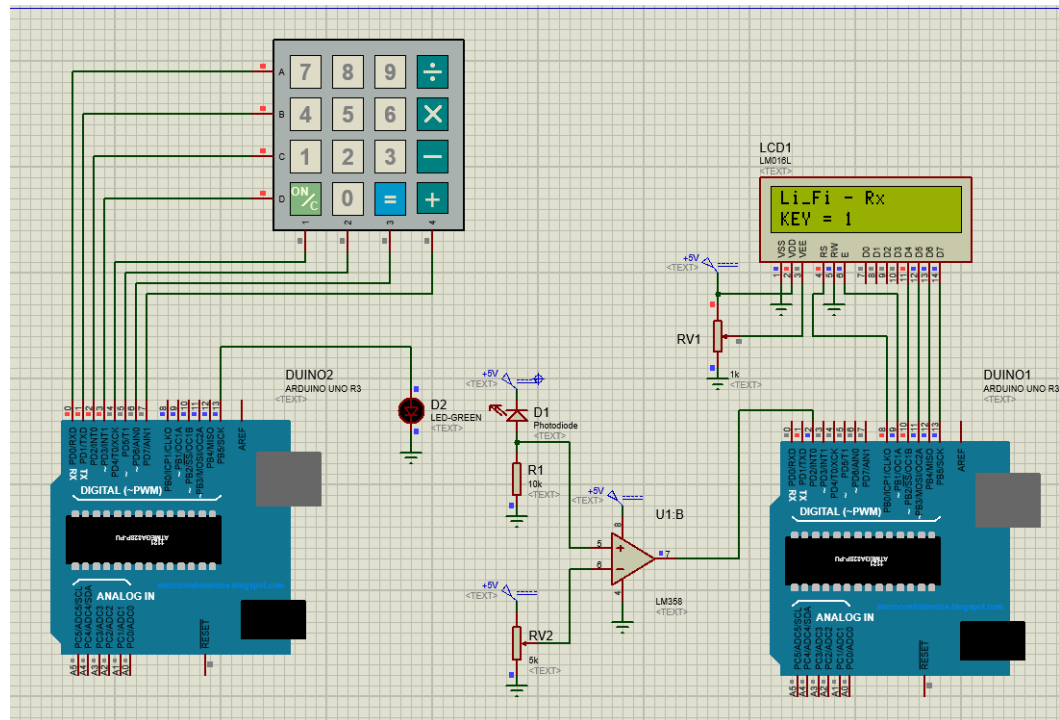


Figura 21. Circuito de prototipo de tecnología Lifi. Elaborado por Garcia Franco Wendy Stefany

Para la construcción del circuito esquemático se utiliza el programa Proteus que lo se utiliza como herramienta del diseño planteado, en la imagen de la Figura 21. se muestra el proceso de transmisión donde se utiliza el arduino uno que está conectado a un teclado matricial 4x4, junto con el emisor infrarrojo enviara información la idea es que dicha información se transmita por la luz.

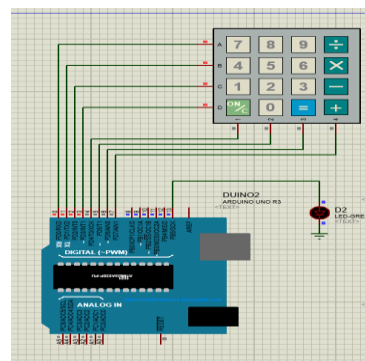


Figura 22. Circuito emisor Lifi. Elaborado por García Franco Wendy Stefany

En la figura 23 muestra un arduino uno, y una pantalla lcd donde recibirá la señal antes enviada, por lo que hace referencia a la parte receptora.

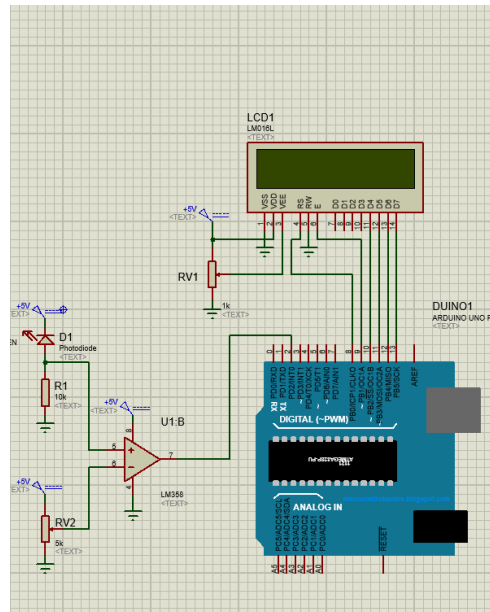


Figura 23. Circuito receptor Lifi. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

3.6 Prueba y funcionalidad

3.6.1. Diseño del laboratorio de Networking. Para la arquitectura de la tecnología Lifi se realizó el siguiente diseño donde se muestra los dispositivos que se tomaron en cuenta para poder implementar en un futuro este sistema en el laboratorio de Networking.

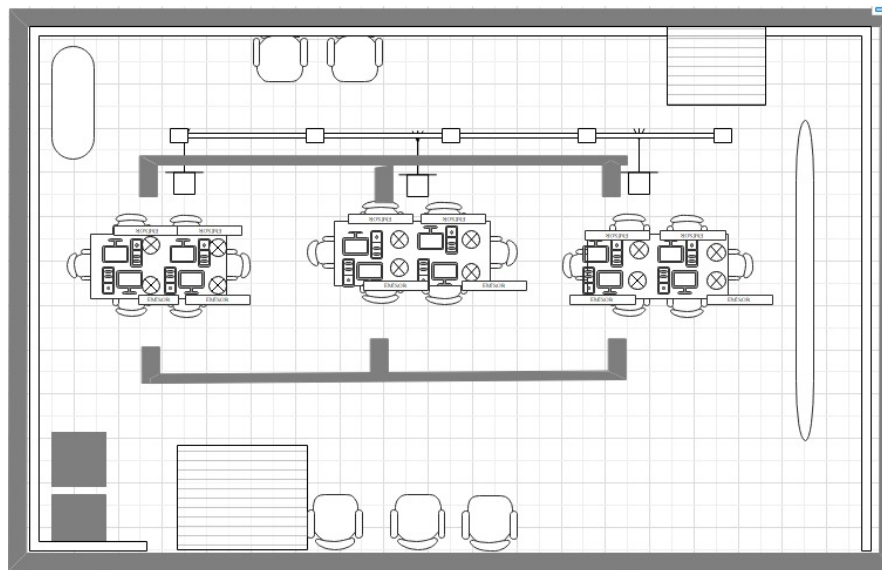


Figura 24. Diseño de la tecnología Lifi en el laboratorio de Networking. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

3.6.1.1. Rango de alcance. El rango de alcance en el que se estima es de 5 a 10 metros en línea recta del emisor que es la lámpara led con el dispositivo receptor.

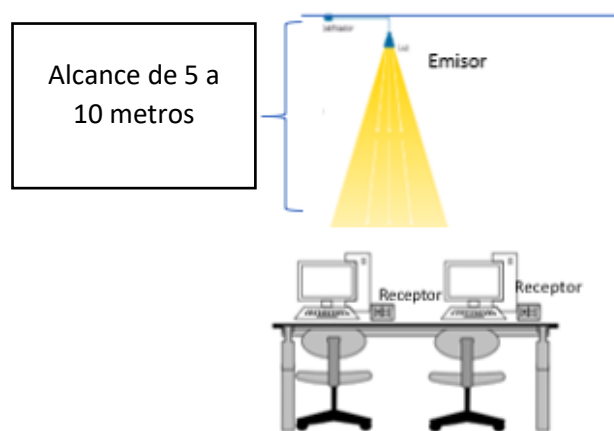


Figura 25. Cobertura del sistema LiFi. Elaborado por García Franco Wendy Stefany.

3.6.2. Funcionalidad del circuito LiFi.

Luego de montar el circuito en Proteus se realiza pruebas de envío y recepción de información que es enviada a través del teclado matricial y mostrada en el Lcd como se muestra en la figura N.25.

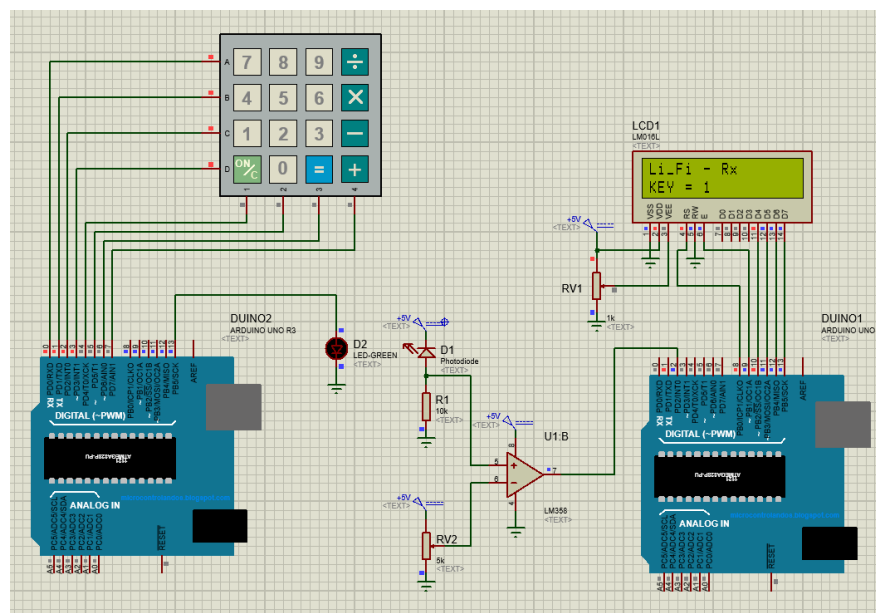


Figura 26. Prueba de funcionalidad del circuito, Elaborado por Garcia Franco Wendy Stefany.

3.7. Cálculos y resultados

3.7.1. Velocidad de transmisión.

Si se instala la tecnología Lifi en el laboratorio de Networking se obtendría una velocidad de transferencia de datos que va desde los 30 Mbps hasta 40Mbps debido a que el equipo receptor que se sugiere para la implementación tiene la capacidad de transmitir dicha velocidad, sin importar en qué punto se ubique la velocidad siempre será la misma mientras se encuentre dentro del rango donde se emita la luz.

También hay otros factores que se debe tomar en cuenta a la hora de instalar el sistema de estudio, pudiendo variar la velocidad de transmisión de datos dependiendo tipo de luminaria led que se adapte, porque no es lo mismo utilizar un blanco cálido, que un blanco frío para la transmisión de datos, por el rango de frecuencia con el que se maneja la luz, en distintas tonalidades. La luminaria que se tendría que incorporar tiene que ser blanco puro o frío para que la transmisión de información sea rápida por lo que puede usar mayor espectro de frecuencia.

Tabla 7. Resultado.

| Indicadores | Lifi |
|-------------|-----------------------------|
| Velocidad | 30Mbps – 40Mbps |
| Alcance | 5 a 10 metros bidireccional |

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Garcia Franco Wendy Stefany

A través del circuito realizado se evalúa la funcionalidad del sistema Lifi, logrando así los resultados esperados que es la emisión y recepción de información a través de la luz, evidenciando la capacidad que se tiene la luz infrarroja para transmitir datos. También se analizó la infraestructura del laboratorio de Networking para poder adaptar el sistema Lifi en el área de estudio, donde se arrojan datos de análisis de equipos técnicos que se usarían para una futura implementación de este sistema en el laboratorio.

3.8 Costo de elaboración

Tabla 8. Costo de implementación

| Equipos | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------------|----------|-----------------|--------------|
| Equipo Lifi | \$840 | 12 | \$10.080 |

| | | | |
|---------------------------------|------|---|-----------|
| Regulador de voltaje de 4 tomas | \$15 | 3 | \$45.00 |
| Lampara Led | \$18 | 3 | k\$54.00 |
| Total | | | \$109.080 |

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por García Franco Wendy Stefany

En la tabla anterior se muestra equipos de la tecnología Lifi que se requiere para su implementación si bien es cierto es más costoso que la tecnología Wifi, pero cabe recordar que estos mismos equipos son los que ayudaran a mejorar la calidad de conexión a los estudiantes que se están preparando para su vida profesional como carrera de ingeniería se basa mucho en investigación que se puede realizar en el lugar de estudio, junto con la ayuda de los profesores poder tener una enseñanza de calidad con los estudiantes.

3.9 Conclusiones

- Se realizó una investigación exhaustiva, de prototipos realizados y puestos en marcha en distintos campos, en el cual el sistema Lifi es viable para la comunicación inalámbrica sobre todo por el ahorro energético que en muchos casos se toman es uno de los requerimientos que se toman en cuenta a la hora de implementar un sistema de red.
- También se analiza la red inalámbrica ya existente Wifi, con el sistema propuesto Lifi, basándose en medios de investigación y desarrollo para conocer las ventajas y desventajas de cada una de ellas realizando un análisis comparativo se concluye que el sistema existente tiene algunas falencias en el que el sistema Lifi puede ser de apoyo para mejorar la conexión a la red del usuario final.
- Se realizó el diseño de un circuito de un prototipo basado en la tecnología Lifi, concluyendo con la funcionalidad del sistema, que lleva a cabo la comunicación inalámbrica punto a punto es decir de un emisor y receptor.
- Se realizó el sondeo del área de estudio para poder determinar la factibilidad de implementación de la red Lifi donde se concluye que la velocidad de transmisión que puede abarcar en el laboratorio de Networking, es de 30Mbps hasta 40Mbps en un rango de 5 a 10 metros.

3.10. Recomendaciones

- Para que el sistema Lifi sea puesto en marcha en el laboratorio de Networking, se debe realizar el cambio de luminarias, por lámparas tipo led con dispositivos que usa la tecnología Lifi, para poder llevar a cabo la transmisión de datos por medio la luz, y poder gozar de mejor calidad de conexión a internet.
- Adquirir un proveedor de internet que permita tener una buena calidad de velocidad de transmisión tanto de subida como de bajada, para que junto con la tecnología de estudio en este proyecto se pueda mejorar la navegación en internet tanto de docentes como de estudiantes.
- Se recomienda realizar el mantenimiento de los equipos que serán utilizados mínimo una vez al año para evitar futuros daños o caídas de internet, así mismo un plan de contingencia para poder realizar acciones frente al escenario en el cual se tiene pérdida de conexión, o fallas en los equipos.

ANEXOS

Anexo 1

Constitución de la República del Ecuador

| | Educación |
|---|--|
| Constitución de la Republica del Ecuador | Art. 350.- El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo. |
| | Art. 385. La educación como servicio público se prestará a través de instituciones públicas, fisco-misionales y particulares. En los establecimientos educativos se proporcionarán sin costo servicios de carácter social y de apoyo psicológico, en el marco del sistema de inclusión y equidad social. |
| | Art. 386.- El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y privados, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación |

| | |
|--|--|
| | <p>Art. 387.- Será responsabilidad del Estado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Facilitar e impulsar la incorporación a la sociedad del conocimiento para alcanzar los objetivos del régimen de desarrollo. 2. Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir. 3. Asegurar la difusión y el acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos, el usufructo de sus descubrimientos y hallazgos en el marco de lo establecido en la Constitución y la Ley. 4. Garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales. 5. Reconocer la condición de investigador de acuerdo con la Ley. |
|--|--|

Artículos de la Constitución de la República del Ecuador, Información tomada del Reglamento Interno la Asamblea Constitucional.

Anexo 2.**Ley Orgánica de Telecomunicaciones.**

| Comunicaciones Internas | |
|--|--|
| Ley Orgánica de Telecomunicaciones. | <p>Artículo 17.- Comunicaciones internas”. “No se requerirá la obtención de un título habilitante para el establecimiento y uso de redes o instalaciones destinadas a facilitar la intercomunicación interna en inmuebles o urbanizaciones, públicas o privadas, residenciales o comerciales, siempre que”:</p> <p>a) No se presten servicios de telecomunicaciones a terceros”;</p> <p>b) “No se afecten otras redes de telecomunicaciones, públicas o privadas”;</p> <p>c) “No se afecte la prestación de servicios de telecomunicaciones;”</p> <p>d) No se use y explote el espectro radioeléctrico”</p> |
| | <p>Artículo 35.- Servicios de Telecomunicaciones”. Los prestadores de estos servicios están habilitados para la instalación de redes e infraestructura necesaria en la que se soportará la prestación de servicios a sus usuarios. Las redes se operarán bajo el principio de regularidad, convergencia y neutralidad tecnológica</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Artículo 76.- Medidas técnicas de seguridad e invulnerabilidad”.</p> <p>Las y los prestadores de servicios ya sean que usen red propia o la de un tercero, deberán adoptar las medidas técnicas y de gestión adecuadas para preservar la seguridad de sus servicios y la invulnerabilidad de la red y garantizar el secreto de las comunicaciones y de la información transmitida por sus redes. Dichas medidas garantizarán un nivel de seguridad adecuado al riesgo existente</p> |
|--|---|

Artículos de ley Orgánica de telecomunicaciones. Información tomada del Reglamento de la Educación Superior.

Anexo 3.

Código de transmisión del circuito.

```

1  #include <Keypad.h>
2
3  const byte ROWS = 4;
4  const byte COLS = 4;
5  int ledPin = 13;
6  int i = 0;
7
8  char keys[ROWS][COLS] = {
9    {'1','2','3','A'},
10   {'4','5','6','B'},
11   {'7','8','9','C'},
12   {'*','0','#','D'}
13 };
14 byte rowPins[ROWS] = { 0, 1, 2, 3 };
15
16 byte colPins[COLS] = { 4, 5, 6, 7 };
17
18 Keypad kpd = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
19
20 void setup()
21 {
22   Serial.begin(9600);
23   for(int k=8;k<14;k++)
24   {
25     pinMode(k,OUTPUT);
26   }
27 }
28
29 void loop()
30 {
31 {
32
33   char key = kpd.getKey();|
34
35   switch(key)
36   {
37     case '1' :   for(i=0; i<1; i++)
38                   {
39                     digitalWrite(ledPin, HIGH);
40                     delay(10);
41                     digitalWrite(ledPin, LOW);
42                     delay(10);
43                   }
44                   break;

```

Figura 27. Código de transmisión 1/5 Información tomada de investigación. Elaborado por el autor

```

46  case '2' : for(i=0; i<2; i++)
47              {
48                  digitalWrite(ledPin, HIGH);
49                  delay(10);
50                  digitalWrite(ledPin, LOW);
51                  delay(10);
52              }
53  break;
54
55  case '3' : for(i=0; i<3; i++)
56              {
57                  digitalWrite(ledPin, HIGH);
58                  delay(10);
59                  digitalWrite(ledPin, LOW);
60                  delay(10);
61              }
62  break;
63
64  case '4' : for(i=0; i<4; i++)
65              {
66                  digitalWrite(ledPin, HIGH);
67                  delay(10);
68                  digitalWrite(ledPin, LOW);
69                  delay(10);
70              }
71  break;
72
73  case '5' : for(i=0; i<5; i++)
74              {
75                  digitalWrite(ledPin, HIGH);
76                  delay(10);
77                  digitalWrite(ledPin, LOW);
78                  delay(10);
79              }
80  break;
81
82  case '6' : for(i=0; i<6; i++)
83              {
84                  digitalWrite(ledPin, HIGH);
85                  delay(10);
86                  digitalWrite(ledPin, LOW);
87                  delay(10);
88              }
89  break;

```

Figura 28. Código de transmisión 2/5 Información tomada de investigación. Elaborado por el autor

```

91     case '7' :   for(i=0; i<7; i++)
92                 {
93                     digitalWrite(ledPin, HIGH);
94                     delay(10);
95                     digitalWrite(ledPin, LOW);
96                     delay(10);
97                 }
98                 break;
99
100    case '8' :   for(i=0; i<8; i++)
101                 {
102                     digitalWrite(ledPin, HIGH);
103                     delay(10);
104                     digitalWrite(ledPin, LOW);
105                     delay(10);
106                 }
107                 break;
108
109    case '9' :   for(i=0; i<9; i++)
110                 {
111                     digitalWrite(ledPin, HIGH);
112                     delay(10);
113                     digitalWrite(ledPin, LOW);
114                     delay(10);
115                 }
116                 break;
117
118    case 'A' :   for(i=0; i<10; i++)
119                 {
120                     digitalWrite(ledPin, HIGH);
121                     delay(10);
122                     digitalWrite(ledPin, LOW);
123                     delay(10);
124                 }
125                 break;
126
127    case 'B' :   for(i=0; i<11; i++)
128                 {
129                     digitalWrite(ledPin, HIGH);
130                     delay(10);
131                     digitalWrite(ledPin, LOW);
132                     delay(10);
133                 }
134                 break;

```

Figura 29. Código de transmisión 3/5 Información tomada de investigación. Elaborado por el autor


```

136 case 'C' : for(i=0; i<12; i++)
137     {
138         digitalWrite(ledPin, HIGH);
139         delay(10);
140         digitalWrite(ledPin, LOW);
141         delay(10);
142     }
143     break;
144
145 case 'D' : for(i=0; i<13; i++)
146     {
147         digitalWrite(ledPin, HIGH);
148         delay(10);
149         digitalWrite(ledPin, LOW);
150         delay(10);
151     }
152     break;
153
154 case '*' : for(i=0; i<14; i++)
155     {
156         digitalWrite(ledPin, HIGH);
157         delay(10);
158         digitalWrite(ledPin, LOW);
159         delay(10);
160     }
161     break;
162
163 case '0' : for(i=0; i<15; i++)
164     {
165         digitalWrite(ledPin, HIGH);
166         delay(10);
167         digitalWrite(ledPin, LOW);
168         delay(10);
169     }
170     break;
171
172 case '#' : for(i=0; i<16; i++)
173     {
174         digitalWrite(ledPin, HIGH);
175         delay(10);
176         digitalWrite(ledPin, LOW);
177         delay(10);
178     }
179     break;

```

Figura 30. Código de transmisión 4/5 Información tomada de investigación. Elaborado por el autor

```

180 }
181
182 }

```

Figura 31. Código de transmisión 5/5. Información tomada de investigación. Elaborado por el autor

Anexo 4.

Código de recepción del circuito

```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2
3  LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13); //RS, EN, D4, D5, D6, D7
4
5  int pin = 2;
6  volatile unsigned int pulse;
7  char ch;
8
9  void setup()
10 {
11     Serial.begin(9600);
12     pinMode(pin, INPUT); //D2
13     attachInterrupt(0, count_pulse, RISING);
14
15     lcd.begin(16, 2); //Iniciando en LCD
16 }
17
18 void loop()
19 {
20     lcd.setCursor(0, 0);
21     lcd.print("Li-Fi - Rx");
22     lcd.setCursor(0, 1);
23     lcd.print("KEY = 1");
24     delay(100);
25
26     lcd.setCursor(6, 1);
27     if(pulse != 0)
28     {
29         interrupts();
30         delay(300);
31         //noInterrupts();
32
33         Serial.print("Pulses per second: ");
34         Serial.println(pulse);
35         if(pulse==10)
36             lcd.print('A');
37         else if(pulse==11)
38             lcd.print('B');
39         else if(pulse==12)
40             lcd.print('C');
41         else if(pulse==13)
42             lcd.print('D');
43         else if(pulse==14)
44             lcd.print('*');

```

Figura 32. Código de recepción 1/2 Información tomada de investigación. Elaborado por el autor

```
45     else if(pulse==15)
46         lcd.print('0');
47     else if(pulse==16)
48         lcd.print('#');
49     else if(pulse==17)
50         lcd.print('#');
51     else
52         lcd.print(pulse);
53
54     lcd.print(" ");
55     pulse=0;
56 }
57 }
58
59 void count_pulse()
60 {
61     pulse++;
62 }
```

Figura 33. Código de recepción 2/2. Información tomada de investigación. Elaborado por el autor

Bibliografía

- 05, W. C. (2016). Redes Inalámbricas .
- Anonimo. (2016). Lifi- Internet a velocidad de luz . *Estar al dia* .
- Anwesha Chakraborty, T. D. (2017). Latest advancement in Light Fidelity (Li-Fi) Technology. *International Journal of Advance Research in*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Asoke_Nath/publication/322616897_Latest_advancement_in_Light_Fidelity_Li-Fi_Technology/links/5a62c10ca6fdccb61c5285f9/Latest-advancement-in-Light-Fidelity-Li-Fi-Technology.pdf
- Bermeo Sarmiento, S., & Fajardo Calle , C. (2015). TECNOLOGÍA LI-FI.
- Gomez, F., & Chacha, A. (2017). Diseño e implantación de una red de comunicación a través de Lifi para comparar el rendimiento de la red Wifi en entornos cerrados.
- Group, E. A., & Steering Board Members of the Networks Tecnology. (2015). 8 nuevas tecnologías .
- Gutierrez Garcia, J., & Choez Aranea, J. (2018). “*Estudio de factibilidad para la utilizacion de redes lifi a través de un laboratorio en las carreras de ingeniería en sistemas computacionales y tecnología de la información de la Universidad Estatal del sur de Manabí*”.
- Harald Hass, C. d. (2018). Lifi es una tecnologia 5G que cambia el paradigma. En *Reviews in Physics* (Vol. 3, págs. 26-31). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405428317300151>
- Hass, H. (2011). Datos inalambricos en cada foco. *Ted Global Talk*.
- Leguizamón Páez, M., Rojas Pineda, J., & Rodríguez Sánchez, E. (2019). *LiFi y su integración con la internet de las cosas*. Vinculos.
- Novillo Vicuña, J., Moreno Sotomayor, G., Cardenas Villavicencio, O., Morocho Roman, R., & Molina Rios, J. (2017). Estudio entre las tecnologías WIFI – LIFI en la optimización del servicio de internet. *Ciencia e Investigacion* , 50-53.

Oledecomm. (2020). Internet de alta Velocidad. Obtenido de <https://www.oledcomm.net/lifi-max/>

PureLifi. (2018). *Formación especializada a la industria de las telecomunicaciones*. Edimburgo: Pure Lifi. Obtenido de <https://purelifi.com/company/>

PureLifi. (2018). Instalación LiFi en el aula. *PureLifi*.

Roman Franco, W., Vera Suárez, C., & Córdova Aragundi, J. (2016). Aplicación de la nueva herramienta de comunicación de datos de forma inalámbrica "Lifi una posible alternativa del Wifi" en las instituciones educativas. *Atlante*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/atlante/2016/10/lifi.html>

Romero, Cordova, & Vera. (s.f.) Tecnología Lifi (2016).

Shubhendu Apoorv, S. K. (2019). Implementation of Li-Fi Technology in Classrooms. *IOPSCIENCE*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/590/1/012044/meta>