



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

## **TECNOLOGÍA LI-FI, SEGURIDAD E INNOVACIÓN EN EL HOGAR**

**Carlos Abraham Yoque Rodríguez**

Asesorado por el Ing. William Estuardo Escobar Argueta

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TECNOLOGÍA LI-FI, SEGURIDAD E INNOVACIÓN EN EL HOGAR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CARLOS ABRAHAM YOQUE RODRÍGUEZ**

ASESORADO POR EL ING. WILLIAM ESTUARDO ESCOBAR ARGUETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

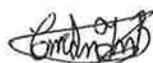
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Marlon Francisco Orellana López
EXAMINADOR	Ing. Pedro Pablo Hernández Ramírez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### TECNOLOGÍA LI-FI, SEGURIDAD E INNOVACIÓN EN EL HOGAR

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha mayo de 2015.



**Carlos Abraham Yoque Rodríguez**



**Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas**

Guatemala 18 de mayo de 2015

Inga. Floriza Avila  
Carrera de Ciencias y Sistemas  
Facultad de ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Guatemala, Ciudad

Respetable Inga. Avila:

El motivo de la presente es para informarle que como asesor del estudiante Carlos Abraham Yoque Rodríguez he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado "Tecnología Li-Fi, seguridad e innovación en el hogar" y que de acuerdo a mi criterio el mismo se encuentra concluido.

He tenido reuniones periódicas con el estudiante y luego de haber revisado cuidadosamente el trabajo, considero que cumple con los requisitos de calidad y profesionalismo que deben caracterizar a un futuro profesional de la informática.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Escobar Argueta', written over a horizontal line.

Ing. William Estuardo Escobar Argueta

WILLIAM ESTUARDO ESCOBAR ARGUETA  
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS  
COLEGIADO 11,529



Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 30 de Septiembre de 2015

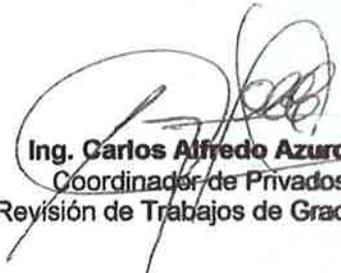
Ingeniero  
**Marlon Antonio Pérez Türk**  
Director de la Escuela de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **CARLOS ABRAHAM YOQUE RODRIGUEZ** con carné **2011-14428**, titulado: **"TECNOLOGÍA LI-FI, SEGURIDAD E INNOVACIÓN EN EL HOGAR"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados  
y Revisión de Trabajos de Graduación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS Y SISTEMAS  
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **“TECNOLOGÍA LI-FI, SEGURIDAD E INNOVACIÓN EN EL HOGAR”**, realizado por el estudiante **CARLOS ABRAHAM YOQUE RODRÍGUEZ** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Ing. Marlon Antonio Pérez Türk  
**Director**

*Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas*



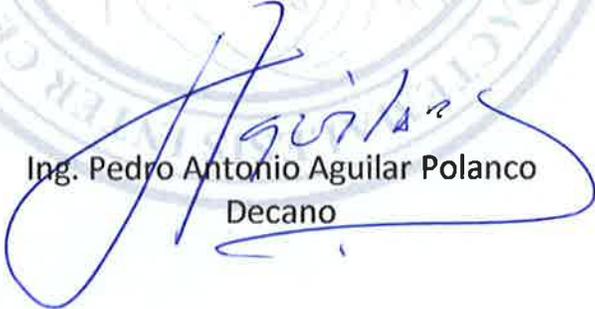
Guatemala, 07 de noviembre de 2016



DTG. 547.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **TECNOLOGÍA LI-FI, SEGURIDAD E INNOVACIÓN EN EL HOGAR**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Abraham Yoque Rodríguez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios, en primer lugar**

Por darme fuerzas, ánimo y deseo. Por la oportunidad de estudiar y finalizar la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.

**Mis padres**

Carlos Yoque y Sonia Rodríguez, quienes me brindaron todo el apoyo, tanto económico como psicológico, durante los años de mis estudios universitarios, logrando culminar la carrera.

**Mi asesor de trabajo de graduación**

Ing. William Escobar, quien me brindó su tiempo, experiencia, paciencia y asesoría para poder llevar a cabo este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Mi alma mater la cual fue y será mi casa de estudios; donde pasamos grandes momentos, estrés, gratitud y sobre todo experiencias inolvidables.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera.
<b>Diego Solís</b>	Por ser un gran amigo, desde el primer día de la Universidad, con quien hemos compartido diversas situaciones inolvidables.
<b>Erick Navarro</b>	Por ser un gran amigo, porque hemos compartido tantas situaciones inolvidables, como cantar, molestar y más.
<b>Hugo González</b>	Por ser un gran amigo, con quien hemos compartido grandes experiencias inolvidables.
<b>Lucía López</b>	Por ser una gran amiga, por haber compartido grandes situaciones y ocurrencias inolvidables.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. TECNOLOGÍA LI-FI .....	1
1.1. Historia de la tecnología Li-Fi .....	1
1.1.1. Harald Haas, el padre de Li-Fi.....	2
1.2. Tecnología Li-Fi .....	2
1.3. Ventajas y desventajas de Li-Fi.....	4
1.3.1. Ventajas de Li-Fi.....	4
1.3.2. Desventajas de Li-Fi .....	5
1.4. Funcionamiento de Li-Fi .....	6
1.4.1. Ledes en Li-Fi .....	6
1.4.1.1. Partes del led.....	7
1.4.2. Led en función de la tecnología Li-Fi.....	8
1.4.3. Los microprocesadores en Li-Fi .....	9
1.4.4. Estándares en Li-Fi.....	9
1.5. Tipos de tecnologías.....	10
1.5.1. Concepto de tecnología .....	10
1.5.2. Tecnologías disruptivas .....	11
1.5.3. Tecnologías fijas .....	11
1.5.4. Tecnología flexible .....	12

1.5.5.	Tecnología blanda .....	12
1.5.6.	Tecnología dura.....	13
1.5.7.	Tecnología de equipo .....	13
1.5.8.	Tecnología de operación .....	14
1.5.9.	Tecnología de producto.....	14
1.5.10.	Tecnología limpia.....	15
2.	SEGURIDAD E INNOVACIÓN LI-FI.....	17
2.1.	Seguridad en la utilización de Li-Fi.....	17
2.1.1.	Protocolo de seguridad en la utilización de Li-Fi.....	18
2.1.1.1.	Protocolo estándar IEEE 802.15.7.....	19
2.1.2.	Estándar internacional IEEE.....	19
2.1.3.	Principales protocolos estándar de Ethernet e internet inalámbrico por IEEE.....	20
2.1.3.1.	Clasificación de redes inalámbricas.....	20
2.1.3.1.1.	Wireless personal area network (WPAN)...	20
2.1.3.1.2.	Wireless local area network (WLAN) .....	21
2.1.3.1.3.	Wireless metropolitan area network (WMAN) ..	22
2.1.3.1.4.	Wireless wide area network (WWAN) .....	22
2.1.3.2.	Protocolo Ethernet, IEEE 802.3 .....	23
2.1.3.3.	Protocolo wifi, IEEE 802.11.....	25
2.2.	Innovación Li-Fi.....	28
2.3.	Tendencia Li-Fi .....	29
2.3.1.	Concepto internet de las cosas con Li-Fi .....	31

3.	LI-FI Y LAS TECNOLOGÍAS POWERLINE, WIFI .....	35
3.1.	Características de Li-Fi .....	35
3.2.	Principales áreas de aplicación de Li-Fi .....	36
3.2.1.	Sistemas educativos .....	36
3.2.2.	Aplicaciones submarinas .....	36
3.2.3.	Área médica .....	37
3.2.4.	Aplicaciones aéreas .....	37
3.2.5.	Mejorar las plantas de energía .....	37
3.2.6.	Incrementar la seguridad en las calles .....	37
3.2.7.	Gestión de desastres .....	38
3.2.8.	Evitar radiofrecuencias .....	38
3.2.9.	Juguetes .....	38
3.2.10.	Electrodomésticos .....	38
3.3.	Tecnología wifi .....	39
3.3.1.	Características de wifi .....	40
3.3.2.	Principales usos de wifi .....	41
3.3.2.1.	Teléfono inteligente como control remoto .....	42
3.3.2.2.	Compartir documentos a computadoras cercanas .....	42
3.3.2.3.	Sincronización de música, fotos o archivos .....	42
3.3.2.4.	Envío de fotos y documentos a la impresora .....	43
3.3.2.5.	Transmisión de películas a televisores inteligentes .....	43
3.3.3.	Ventajas y desventajas de wifi .....	43
3.3.3.1.	Ventajas de wifi .....	44
3.3.3.2.	Desventajas de wifi .....	45

3.4.	Tecnología <i>power line communications</i> .....	46
3.4.1.	Funcionamiento de <i>power line communications</i> .....	47
3.4.2.	Características de <i>power line communications</i> .....	48
3.4.3.	Campos de aplicación de <i>power line communications</i> .....	49
3.4.3.1.	En la casa.....	49
3.4.3.2.	En la oficina.....	50
3.4.4.	Ventajas y desventajas de <i>power line communications</i> .....	51
3.4.4.1.	Ventajas de <i>power line communications</i> .....	51
3.4.4.2.	Desventajas de <i>power line communications</i> .....	52
4.	ENCUESTAS RESPECTO DE LA TECNOLOGÍA LI-FI .....	53
4.1.	Contexto de las encuestas .....	53
4.2.	Evaluación realizada.....	54
4.3.	Discusión de resultados.....	65
	CONCLUSIONES.....	69
	RECOMENDACIONES .....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73
	APÉNDICES .....	77

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Proceso de transferencia de información mediante Li-Fi .....	3
2.	Partes del led común .....	7
3.	Tecnología Li-Fi en el ambiente laboral, del hogar y muchos más.....	31
4.	Transmisión de información a dispositivos mediante wifi.....	40
5.	Funcionamiento de PLC .....	48
6.	Representación gráfica de las respuestas a la pregunta 1 .....	55
7.	Representación gráfica, pregunta 2.....	56
8.	Representación gráfica, pregunta 3.....	57
9.	Representación gráfica, pregunta 4.....	58
10.	Representación gráfica, pregunta 5.....	60
11.	Representación gráfica, pregunta 6.....	61
12.	Representación gráfica, pregunta 7.....	62
13.	Representación gráfica, pregunta 8.....	62
14.	Representación gráfica, pregunta 9.....	63
15.	Representación gráfica, pregunta 10.....	65

### TABLAS

I.	Partes del led común .....	8
II.	Versiones del estándar IEEE 802.3.....	24
III.	Versiones del estándar IEEE 802.11 .....	26
IV.	¿Sabe qué es la tecnología Li-Fi? .....	54

V.	¿Ha escuchado de la tecnología Li-Fi anteriormente?.....	55
VI.	¿Por qué Li-Fi es seguro al transmitir la información?.....	56
VII.	¿Con qué frecuencia protege la seguridad de sus datos de computadora/celular? .....	58
VIII.	¿De qué forma transmite Li-Fi la información o datos? .....	59
IX.	¿Qué opina respecto de que mediante la utilización de Li-Fi, se podrá descargar una película de alta resolución en tan solo 30 segundos? .....	60
X.	¿Utilizaría la tecnología Li-Fi, al saber que es 10 veces más barata que la tecnología wifi?.....	61
XI.	¿Cuántas bombillas hay en su casa?.....	63
XII.	¿Qué opina respecto de que mediante la utilización de la tecnología Li-Fi, cualquier bombilla (de preferencia led) pueda convertirse en emisor o enrutador luminoso de forma barata y simple? .....	64
XIII.	¿Utilizaría la tecnología Li-Fi en su hogar? .....	64

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>DVD</b>	<i>Digital Versatile Disc</i>
<b>Gbit/s</b>	Gigabit por segundo
<b>Gbps</b>	Gigabit por segundo
<b>GHz</b>	Gigahercio
<b>HD</b>	<i>Hight Definition</i>
<b>HomeRF</b>	<i>Home Radio Frecuency</i>
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
<b>Kbps</b>	Kilobit por segundo
<b>Khz</b>	Kilohercio
<b>Led</b>	<i>Light Emitting Diode</i>
<b>Li-Fi</b>	<i>Light Fidelity</i>
<b>Mbps</b>	Megabit por segundo
<b>PYME</b>	Pequeñas y Medianas Empresas
<b>PLC</b>	<i>Power Line Communications</i>
<b>%</b>	Porcentaje
<b>VLC</b>	<i>Visible Light Communications</i>
<b>Wifi</b>	<i>Wireless Fidelity</i>
<b>WLAN</b>	<i>Wireless Local Area Network</i>
<b>WMAN</b>	<i>Wireless Metropolitan Area Network</i>
<b>WPAN</b>	<i>Wireless Personal Area Network</i>
<b>WWAN</b>	<i>Wireless Wide Area Network</i>



## GLOSARIO

<b>Aplicación</b>	Es un tipo de programa informático diseñado como herramienta para permitir al usuario realizar uno o varios tipos de trabajos.
<b>Banda ancha</b>	Es el acceso de alta velocidad a internet, que siempre está activa.
<b>Bombilla</b>	Es un dispositivo eléctrico que produce luz mediante el calentamiento de un filamento.
<b>Bucle</b>	Son aquellos que habilitan dos caminos diferentes para llegar de un equipo a otro. Es cuando un paquete se transmite continuamente dentro de una serie de dispositivos.
<b>Comunicación</b>	Proceso mediante el cual se puede transmitir información de una entidad a otra.
<b>Emisor</b>	En informática, es el dispositivo que se encarga de transmitir la información o datos.
<b>Enrutador</b>	Es un dispositivo que permite enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir interconectar subredes.

<b>Escalabilidad</b>	En informática es la propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso, que indica su habilidad para reaccionar y adaptarse sin perder calidad.
<b>Espectro</b>	Es la distribución de un conjunto de entes, en el que se pueden realizar distintas mediciones.
<b>Estándar</b>	Proceso, protocolo o técnica para hacer algo concreto. Es un documento establecido en consenso, aprobado por un cuerpo reconocido.
<b>Infrarrojo</b>	Es un tipo de luz que no puede verse normalmente, el cual brinda información especial que no se puede obtener de la luz visible.
<b>Innovación</b>	Es aquel cambio que introduce alguna o varias novedades, aplicando nuevas ideas, productos, conceptos, entre otros.
<b>Lumínico</b>	Término con muchas acepciones referentes a la luz.
<b>MAC</b>	En redes de computadoras, <i>Media Access Control</i> , es un identificador de 48 bits que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.
<b>Módem</b>	Es un aparato utilizado para convertir las señales digitales en analógicas y viceversa, de modo que las señales puedan ser transmitidas de forma inteligible.

<b>Monocromática</b>	En términos de luz, es aquella que está formada por componentes de un solo color.
<b>Móvil</b>	Característica de diversos dispositivos, que permite su utilización en casi cualquier parte.
<b>Multimedia</b>	Es la referencia a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios para comunicar información.
<b>Punto de acceso</b>	En redes de computadoras, es un dispositivo de red que interconecta equipos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica.
<b>Receptor</b>	En informática, es el dispositivo a quien va dirigida la información o datos del emisor.
<b>Red</b>	En informática, es un conjunto de dispositivos interconectados entre sí, a través de un medio, que intercambian información y comparten recursos.
<b>Seguridad</b>	En informática, permite la protección de la infraestructura computacional y todo lo relacionado con esta, especialmente de la información.
<b>Tecnología</b>	Conjunto de conocimientos técnicos, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que satisfacen las necesidades de la humanidad.

<b>Tendencia</b>	Es un patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período de tiempo.
<b>Transmisión</b>	Es el traspaso de energía, ondas o información desde un punto inicial a un punto final.
<b>Vulnerabilidad</b>	En seguridad informática, hace referencia a una debilidad en un sistema, permitiendo a un atacante violar la integridad, disponibilidad, consistencia del sistema o de sus datos y aplicaciones.

## RESUMEN

Este trabajo consiste en la investigación y análisis, respecto de la tecnología de transmisión de datos e información Li-Fi, a través del desarrollo de diversos temas relacionados con esta tecnología. Asimismo, se describe la realización y tabulación de encuestas, para obtener un patrón de tendencia a futuro que revolucionará el mercado tecnológico.

El primer capítulo abarca conceptos relacionados con la tecnología Li-Fi, entre estos se pueden mencionar la historia de la tecnología Li-Fi, ventajas y desventajas de Li-Fi, el funcionamiento de Li-Fi y conceptos de los diversos tipos de tecnología.

En el segundo capítulo se incluyen conceptos relacionados con la seguridad e innovación que Li-Fi proporciona; asimismo muestra la clasificación de redes inalámbricas y sus protocolos principales, finalizando con la tendencia que Li-Fi marcará, con el concepto del internet de las cosas.

El tercer capítulo abarca las características de Li-Fi y sus principales áreas de aplicación; también se describen las ventajas y desventajas, características, principales usos y los campos de aplicación de las tecnologías: *wifi* y *power line communications*.

En el último capítulo se analizan los resultados obtenidos, mediante la realización de encuestas a una población de personas, describiendo cada respuesta, en función de gráficos y tablas, para encontrar y mostrar un patrón de tendencia que marcará la tecnología Li-Fi en un futuro cercano.



## OBJETIVOS

### General

Dar a conocer la tecnología de transmisión de datos Li-Fi, de tal manera que el usuario lector pueda entender y prescindir de su utilización dado al contenido informativo desarrollado.

### Específicos

1. Conocer respecto de la seguridad e innovación, lo que la tecnología de transmisión de datos Li-Fi proporciona.
2. Analizar las novedades que proporcionan las tecnologías de transmisión de datos Li-Fi, wifi y *power line communications*.
3. Introducir a los usuarios a la nueva tendencia de transmisión de datos Li-Fi.
4. Analizar resultados de encuestas realizadas, respecto de la tecnología Li-Fi y llegar a una conclusión satisfactoria.



## INTRODUCCIÓN

El uso del internet ha incrementado en los últimos años, creando una gran revolución en el mundo de la comunicación. El internet es un mundo vasto de información en el que los usuarios pueden adentrarse para satisfacer sus dudas y necesidades, ya sea desde computadoras portátiles, personales, teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros.

El uso de la tecnología de comunicación inalámbrica se expande cada día en los distintos dispositivos mediante el uso e implementación de tecnologías de comunicación inalámbrica principalmente la tecnología wifi.

Con el paso de los años se han desarrollado distintas tecnologías que día a día han mejorado el entorno; una de ellas, la cual se centrará el siguiente contenido, es la tecnología de transmisión de datos Li-Fi.

La tecnología Li-Fi es un sistema de comunicación inalámbrico mediante la luz visible, la cual transmite datos de luz imperceptible para los ojos, dichos datos son recibidos por un enrutador óptico, a una velocidad increíblemente rápida. La tecnología Li-Fi será un gran cambio que revolucionará e innovará el internet en los hogares, empresas, entre otros.

En los siguientes capítulos se describe la tecnología Li-Fi presentada en el hogar, mostrando la seguridad, innovación, características, entre otros, asimismo tecnologías como wifi y *Power Line Communications*.



# 1. TECNOLOGÍA LI-FI

Este capítulo trata sobre la tecnología Li-Fi, su historia, sus generalidades, ventajas y desventajas, entre otros.

## 1.1. Historia de la tecnología Li-Fi

El término Li-Fi o comunicación por luz visible fue utilizado por primera vez por el físico Harald Haas, fundador del proyecto D-Light, de la Universidad de Edimburgo del Reino Unido en el 2010, en una conferencia en TED sobre la comunicación con luz visible. Durante el 2011, Haas empezó a promover y dar a conocer la tecnología Li-Fi y a finales del mismo diferentes compañías de la industria formaron Li-Fi Consorcio.

La tecnología Li-Fi lleva investigándose más de 100 años, transmitiendo datos en forma de información, con elementos de iluminación como bombillas led. Las primeras versiones utilizaban lámparas fluorescentes en las que alcanzaban velocidades en Kbps. Más adelante, comenzó el uso de bombillas led, observando más potencia, y un incremento en las velocidades finales; ya en el 2011, el profesor Haas mostró el primer dispositivo que él denominó Li-Fi con velocidades de 10 Mbps. Posteriormente, en un instituto de Berlín se mostraron grandes avances señalando que la tecnología podría llegar a 800 Mbps; según varias investigaciones pueda que las velocidades lleguen a los 15 Gbps.

### **1.1.1. Harald Haas, el padre de Li-Fi**

El profesor Harald Haas es reconocido como el padre de Li-Fi. Haas fue quien estableció el término Li-Fi y uno de los principales padres de esta tecnología, es presidente de Comunicaciones Móviles en la Universidad de Edimburgo y cofundador de pureLiFi. En el 2010 fundó el proyecto D-Light; durante el 2011 empezó a promover la tecnología Li-Fi para comercializarla y a finales de este mismo año, diferentes grupos y compañías de la industria formaron Li-Fi Consorcio.

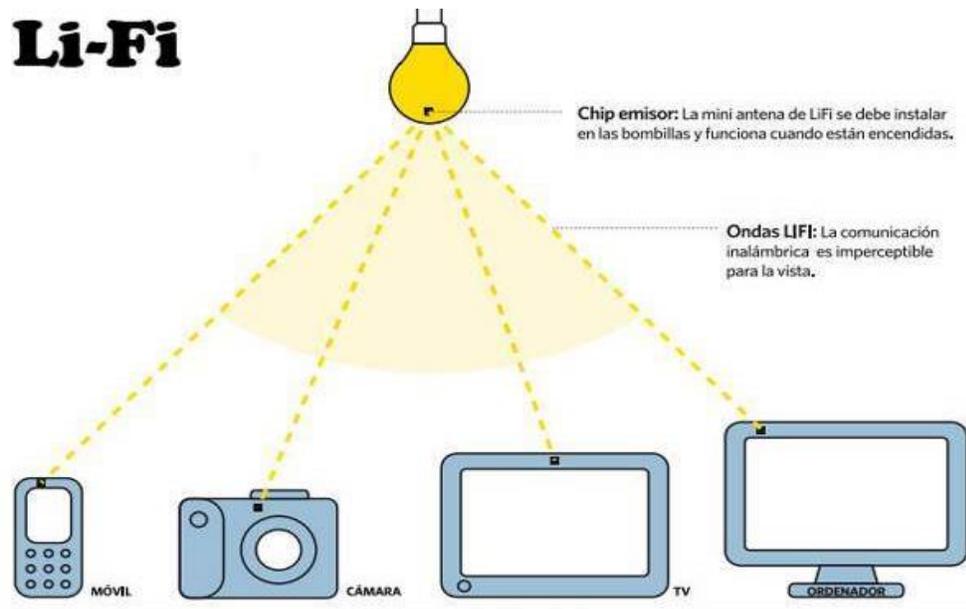
## **1.2. Tecnología Li-Fi**

El término Li-Fi viene de *Light Fidelity* o fidelidad de la luz, la cual permite la comunicación y transmisión de datos mediante la luz visible, en lugar de ondas electromagnéticas como las del wifi. La comunicación se realiza mediante pulsos ultrarrápidos de luz (más de 10 000 parpadeos por segundo) que son recibidos por un enrutador óptico.

Esta tecnología mediante un *chip* emisor en una bombilla encendida de preferencia led, convierte la bombilla convencional en un enrutador luminoso, el cual mediante ondas, las bombillas con Li-Fi transmiten la información o datos que serán recibidos por los dispositivos que actúan como receptores luminosos, es decir, en aparatos electrónicos como: teléfonos móviles inteligentes, televisores inteligentes, *laptops*, computadoras personales, electrodomésticos inteligentes, entre otros.

El proceso mencionado anteriormente, respecto de la transferencia de información o datos se puede observar en la figura 1.

Figura 1. **Proceso de transferencia de información mediante Li-Fi**



Fuente: *EcuRed*. <http://www.ecured.cu/index.php/Li-Fi>. Consulta: 16 de marzo de 2015.

La tecnología Li-Fi permite transmitir grandes volúmenes de datos entre dispositivos de multimedia o equipos varios, transmitiendo en cuestión de segundos datos e información como imágenes, videos, entre otros. Con solo apuntar por ejemplo un teléfono al televisor, utilizando Li-Fi una variante basada en infrarrojos. La red Li-Fi sería de mayor utilización y exclusividad en el ámbito del hogar o en la oficina, pero conforme a los avances de la tecnología podrá estar en todo lugar.

La tecnología Li-Fi también es conocida como comunicaciones de luz visible, en inglés *Visible Light Communications* (VLC), según estudios de científicos británicos el sistema Li-Fi es capaz de alcanzar velocidades de transmisión de datos de 10 Gbps, con esta velocidad se podrían descargar

películas enteras en 30 segundos o menos, dependiendo de la definición de las mismas.

### **1.3. Ventajas y desventajas de Li-Fi**

Toda tecnología tiene tanto ventajas como desventajas. La tecnología Li-Fi a pesar que aún está en fase de experimentación, tiende a ser la red de comunicación inalámbrica que conforme el paso del tiempo pueda que sustituya al gran competidor wifi, no solo por las grandes velocidades de transferencia de datos que pueda lograr a llegar, sino también por su bajo costo de implementación, seguridad, entre otros.

A continuación se mostrará una serie de ventajas de la tecnología Li-Fi enfocadas en distintas características, ambientes, situaciones, entre otros.

#### **1.3.1. Ventajas de Li-Fi**

La tecnología Li-Fi proporciona grandes ventajas en su aplicación y funcionamiento en costos, tales como:

- No satura la parte del espectro usado actualmente por otros sistemas, debido a que usa luz visible.
- La información llega por el haz de luz de las bombillas led con ello se puede manipular el haz de luz para dispersar la luz en grandes proporciones o pequeñas regiones.
- Cualquier bombilla pueda convertirse en emisor o enrutador luminoso de forma barata y simple.

- Ausencia de cables.
- La luz eléctrica no interfiere en la comunicación ni interferencias con otros sistemas.
- Como no atraviesa paredes, en términos de seguridad es más difícil que accedan a la conexión.
- Mediante el uso de espejos se puede redireccionar el haz de luz a conveniencia propia.
- Es en promedio 10 veces más barato que el wifi.
- Proporciona velocidades de transferencia de información sorprendentes de más de 10 Gbps.
- Li-Fi puede usarse en áreas sensibles como el interior de un avión.

### **1.3.2. Desventajas de Li-Fi**

La tecnología Li-Fi proporciona tanto ventajas como desventajas. Entre las desventajas se encuentran:

- El aparato emisor de datos así como los dispositivos receptores deben de estar en la misma habitación debido a que no atraviesa paredes ni objetos.
- Presenta problemas en cielo abierto por la luz solar directa.

- Es menos estable debido a la sensibilidad al movimiento.
- No funciona con la luz apagada, lo que puede aumentar la tarifa de luz.
- Solo funciona con dispositivos receptores que tengan instalados el receptor que decodifica la señal luminosa.

En general, la tecnología Li-Fi ha estado mejorando conforme a los avances por los investigadores de distintos centros como universidades del Reino Unido, de Shanghai, entre otras. La velocidad en un futuro cercano no es de extrañarse que llegue a ser casi tan rápido como la propia luz y en pocos años cambie la forma de conexión a internet en los hogares, con la utilización de simples bombillas con emisores de un tamaño considerado.

#### **1.4. Funcionamiento de Li-Fi**

Mediante microprocesadores o *chips* que fueron previamente programados para cumplir una función específica, transmiten información almacenada a velocidades sorprendentes, a través de números binarios (envío de ceros y unos), que a su vez son emitidos por medio de los ledes que actúan como los emisores, al incorporarse en la bombilla, que en general está compuesta de varios ledes.

##### **1.4.1. Ledes en Li-Fi**

Los ledes (*Light Emitting Diode* o diodo emisor de luz) son dispositivos semiconductores que emiten luz monocromática cuando se polarizan y son atravesados por la corriente eléctrica. El color de la luz depende del material semiconductor empleado al construir el diodo. El diodo led funciona solo de

manera continua, conduciendo únicamente la electricidad cuando se polariza en directo.

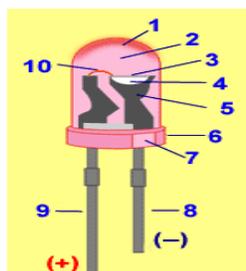
Las luminarias basadas en la tecnología led no están continuamente encendidas. Estas parpadean a una alta frecuencia de millares por segundo de manera imperceptible para el ojo humano, pueden ser utilizadas para transmitir grandes tasas de información y volúmenes de datos.

Aunque el uso de ledes en el ámbito de las telecomunicaciones no es algo nuevo, el poder convertir el parpadeo de un led en una transmisión de datos o información, ha transformado el punto de vista de la actual transmisión de los datos, observando bajos consumos y gran durabilidad.

#### 1.4.1.1. Partes del led

Los ledes generalmente están formados por diferentes partes, las cuales son esenciales para el correcto funcionamiento del mismo. En la figura 2 y en la tabla I se observará con mayor detalle las partes del led convencional.

Figura 2. Partes del led común



Fuente: *Así funciona*. [http://www.asifunciona.com/fisica/ke\\_led/ke\\_led\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/fisica/ke_led/ke_led_2.htm). Consulta: 16 de marzo de 2015.

Tabla I. Partes del led común

Núm.	Descripción en base a la numeración de figura 2
1	Lente generalmente de plástico, que forma parte del encapsulado o envoltura protectora del led.
2	Encapsulado de resina epoxy (transparente o del mismo color de la luz que emite el <i>chip</i> ).
3	Chip o diodo semiconductor emisor de luz.
4	Copa reflectora.
5	Yunque.
6	Base.
7	Marca plana que identifica el terminal correspondiente al cátodo del <i>chip</i> .
8	Terminal de conexión externa negativo correspondiente al cátodo.
9	Terminal de conexión externa positivo correspondiente al ánodo.
10	Alambre de oro muy fino conectado al ánodo del <i>chip</i> y al terminal positivo de conexión externa.

Fuente: *Así funciona*. [http://www.asifunciona.com/fisica/ke\\_led/ke\\_led\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/fisica/ke_led/ke_led_2.htm). Consulta: 16 de marzo de 2015.

#### 1.4.2. Led en función de la tecnología Li-Fi

En la tecnología Li-Fi, los ledes como diodos emisores de luz forman mediante varios elementos: una bombilla en las que el encendido significa 1 y apagado 0 y como cada led emana datos diferentes como información, volúmenes de datos, entre otros. La sumatoria de todos los unos y ceros conlleva a una mayor velocidad.

Las bombillas generalmente llevan un modulador que varía la frecuencia de la luz visible, mientras que un foco receptor recoge la luz y vuelve a traducirla en ceros y unos, consiguiendo transmisiones de más de 500 Mbps, mientras que en los hogares la velocidad de transmisión de datos no pasa de 25 Mbps, siendo esta la velocidad más alta común en hogares de Guatemala.

### **1.4.3. Los microprocesadores en Li-Fi**

El microprocesador es el cerebro de un dispositivo electrónico el cual trabaja a base de lógica digital, en su interior existen miles o millones de elementos llamados transistores, cuya combinación permite realizar el trabajo, mediante la serie de instrucciones digitales que recibe la máquina.

El microprocesador generalmente está dividido en tres componentes que forman las características principales del microprocesador, los cuales son: una serie de instrucciones digitales, ancho de banda y la velocidad del reloj que mide el número de instrucciones almacenadas como números binarios en la memoria principal que el microprocesador puede ejecutar.

Según un estudio realizado en la Universidad de Fundan, se consiguió que cuatro ordenadores se conectaran a internet utilizando un diodo emisor de luz led integrada con microprocesadores; esta bombilla puede lograr flujos de datos de hasta 150 Mbps.

### **1.4.4. Estándares en Li-Fi**

Al igual que wifi, Li-Fi es inalámbrico y utiliza protocolos similares al 802.11 pero este usa comunicación mediante la luz visible en vez de las ondas de frecuencia de radio, la cual tiene un ancho de banda más amplio.

Una de las partes de la comunicación por la luz visible es modelada después que la comunicación por los protocolos se ha establecido por el grupo de trabajo de IEEE 802. El estándar IEEE 802.15.7 ha caducado, fallando al considerarse como la última tecnología de desarrollo en los campos de la comunicación óptica inalámbrica, especialmente con la introducción de

múltiples divisiones de frecuencias ortogonales ópticas, que son métodos de modulación que han sido optimizados para las velocidades de datos, accesos múltiples y eficiencia de energía.

## **1.5. Tipos de tecnologías**

En la actualidad existen diferentes tipos de tecnologías, las cuales se conforman mediante diferentes puntos de vista, ámbitos, modalidad de uso, entre otros.

### **1.5.1. Concepto de tecnología**

La palabra tecnología hace referencia al conjunto de conocimientos prácticos, técnicos, de tipo mecánico o industrial que posibilitan al ser humano de acuerdo con las necesidades que surgen al día a día, facilitando cada vez más a través del empleo de las diferentes herramientas que se han construido de manera artificial, permitiendo así dar inicio a un mundo sin fronteras mediante el uso de computadoras, tabletas, teléfonos inteligentes, entre otros.

Los dispositivos inteligentes permiten incorporar servicios como el internet, donde el conocimiento y la interacción por el hombre superan las expectativas de muchos cibernautas.

El desarrollo tecnológico ha tenido un gran avance desde la creación de los *microchips* como circuitos cerrados, especialmente los microprocesadores utilizados en computadoras, teléfonos celulares, en los *chips* para la tecnología Li-Fi, entre otros, creando productos que conforme al tiempo se renuevan y mejoran constantemente.

### **1.5.2. Tecnologías disruptivas**

Las tecnologías disruptivas son lanzadas hacia mercados de no-consumo, es decir, mercados en el que las personas no han utilizado los productos, animándolos e influenciando en ellos mediante distintos factores, para la utilización de los productos o servicios que antes no utilizaban.

La tecnología Li-Fi, por su innovación y superación de distintas expectativas, se categoriza en el tipo de tecnologías disruptivas. En el capítulo 2 se profundizará sobre esta tecnología, enfocándola en la innovación que proporciona.

### **1.5.3. Tecnologías fijas**

Las tecnologías fijas son aquellas que son fijas en ciertos usos; no permite la utilización de las características que posee un producto o servicio en otros. Estas tecnologías tienen como característica principal mantenerse en un mismo estado, al permanecer continuamente igual, conforme al tiempo.

Por ejemplo en las industrias de cemento y petroquímica, en industrias de siderúrgica que son las que se dedican al tratamiento del mineral de hierro, para obtener diferentes tipos de ejemplares del hierro, y las industrias de refinería de petróleo que realizan diferentes actividades como la limpieza y purificación del petróleo, utilizan tecnologías fijas; esto debido a la forma continua y estandarizada en el que las industrias aplican el desarrollo de sus materias primas.

#### **1.5.4. Tecnología flexible**

La tecnología flexible infiere a la facilidad y amplitud en el que las máquinas, el conocimiento técnico y las materias primas pueden ser utilizados en otros productos o servicios, es decir, este tipo de tecnologías puede aplicarse en varias y diferentes formalidades a diferencia de la tecnología fija que solo puede ser utilizada por un producto o servicio.

Esta tecnología ha sido utilizada por muchos usuarios que aplican constantemente su funcionamiento y en muchas ocasiones la utilizan sin saber que lo están aplicando; ha tomado mayor importancia en el mercado debido al amplio conocimiento técnico empleado generalmente en el diseño y construcción de productos y servicios que permiten cubrir las necesidades humanas de una mejor manera.

#### **1.5.5. Tecnología blanda**

La tecnología blanda es aquella que hace referencia a los conocimientos tecnológicos de tipo organizacional, administrativo y de comercialización, excluyendo los aspectos técnicos, permitiendo así hacer referencia al conocimiento, las habilidades y las técnicas no tangibles. A diferencia de la tecnología dura que sí hace referencia a lo tangible, es decir, a todo aquello que no se puede palpar o moldear.

La tecnología blanda puede observarse por ejemplo en las técnicas de conservación de una comunidad de agricultores o en las de entrenamiento en el manejo de vida silvestre.

### **1.5.6. Tecnología dura**

La tecnología dura se utiliza para designar a los saberes exclusivamente técnicos, aplicados a la producción de maquinarias, productos, materiales, entre otros. Esta tecnología transforma los materiales para producir o construir objetos o artefactos, mediante la tecnología eléctrica y electrónica, la mecánica, entre otros, basándose en acciones físicas sobre la materia al producir los objetos.

Por ejemplo la maquinaria, las herramientas de hardware, redes de telecomunicaciones, entre otros, hacen que el trabajo sea más eficaz, permitiendo la generación de productos y servicios con mejor calidad.

### **1.5.7. Tecnología de equipo**

La tecnología de equipo es el conjunto de reglas, procedimientos, conocimiento empírico y destrezas aplicadas en la producción, utilización y mantenimiento de maquinarias en las que el desarrollo de las mismas es realizado por quien produce el equipo, es decir, su desarrollo lo hace el fabricante de equipo o el proveedor de materia prima.

Esta tecnología está implícita en el equipo mismo, refiriéndose generalmente a industrias de conversión como plástico, textiles, hules, entre otros.

Por ejemplo la tecnología led que se encuentra en los televisores tipo led, se clasifica como tecnología de equipo, debido que el desarrollo del mismo lo hace el fabricante o el proveedor, observando también que la tecnología está implícita en el producto.

### **1.5.8. Tecnología de operación**

Las tecnologías de operación son el resultado de la observación y la aplicación de lo que se ha contemplado durante años, después de un proceso de evolución. Generalmente, esta tecnología se ve afectada por la incidencia de tecnologías de proceso y de equipo, por lo que a veces se le considera como una mezcla tecnológica de condiciones.

Los conocimientos que se obtienen son producto de periodos de observación y experimentación de varios años, de modo que se debe llevar un adecuado control para evitar problemas que perjudiquen años de información.

### **1.5.9. Tecnología de producto**

Las tecnologías de producto son todos aquellos procedimientos, características específicas, reglas y técnicas utilizadas en la fabricación de un producto o servicio; esta tecnología ha sido diseñada para satisfacer las necesidades de los procesos de manufactura del mercado; así también, permite conocer la estructura, propiedades y características funcionales de un producto.

La tecnología de producto incluye normas, especificaciones, habilidades manuales y conocimientos teóricos aplicados en un bien determinado como la composición, configuración, propiedades o diseño mecánico, así como los requisitos de calidad con que debe cumplir un bien o servicio. Un ejemplo de esta clasificación es cuando salieron los cajeros automáticos, debido que se desarrollaron bajo una condición específica.

### **1.5.10. Tecnología limpia**

La tecnología limpia es aquella que al ser utilizada no produce modificaciones en el ambiente, utilizando así una tecnología que es limpia y basada en el uso racional y equilibrado de los recursos, tratando de no afectar a los sistemas naturales.

Esta tecnología tiene consideración con el medio ambiente, por ejemplo: los carros eléctricos, motocicletas eléctricas, carros biodiésel, entre otros, entran en esta categoría.



## **2. SEGURIDAD E INNOVACIÓN LI-FI**

El siguiente capítulo trata sobre la seguridad que proporciona Li-Fi al momento de la transmisión de datos, protocolos utilizados en internet inalámbrico e información que hacen innovadora a la tecnología Li-Fi, así también respecto de la innovación y tendencia que la tecnología Li-Fi proporciona y que en un futuro cercano se verá constantemente entre otros.

### **2.1. Seguridad en la utilización de Li-Fi**

La tecnología Li-Fi transmite los datos e información a través de bombillas led con dispositivos emisores de datos, mediante el haz de luz que proporciona. En términos de seguridad en la transmisión de datos, el protocolo utilizado es invulnerable ante los intentos de interceptar la transmisión de los datos, debido que viaja a través de la luz y no por ondas, por ello, como la luz no atraviesa paredes, personas ajenas no podrían interceptar los datos.

En la actualidad la limitación más importante de la tecnología Li-Fi o VLC, es la distancia o cobertura de luz que dispone el ancho de banda de los dispositivos lumínicos, es decir el comportamiento del ancho de banda en función de la distancia a la bombilla led que emite los datos; como las radiaciones son encerradas por paredes, en el caso de las redes que acceden al sistema son totalmente seguras contra accesos no autorizados. Entre las ventajas que proporciona la tecnología se puede mencionar que los sistemas utilizados no requieren licencia de emisión, con ello el uso de la tecnología proporciona gran beneficio al ambiente, por el aumento del espectro radioeléctrico durante los últimos años.

En términos de seguridad, la tecnología Li-Fi, al transmitir los datos mediante el haz de luz, permite su utilización en instalaciones donde la emisión de señales de radiofrecuencia afecte a los sistemas, por ejemplo: en las estaciones de carga de combustibles, durante el vuelo desde los aviones, centrales nucleares, zona de uso de equipos electrónicos especiales, zona de hospitales donde hay aparatos electrónicos que utilizan radiación y que generalmente bloquean la señal de internet, dentro de un submarino a miles de metros bajo el agua, entre otros.

La tecnología Li-Fi es totalmente segura al no afectar al ojo humano, debido que las lámparas led con los diodos emisores de datos transmiten la información o datos mediante el parpadeo a alta velocidad de los led (los led parpadean miles de veces por segundo) de manera que este comportamiento es imperceptible para el ojo humano.

#### **2.1.1. Protocolo de seguridad en la utilización de Li-Fi**

Los protocolos Li-Fi son definidos por el estándar internacional IEEE 802.15 que se estableció desde el 2011 por el comité IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), el cual ha definido el estándar Ethernet 802.3, wifi 802.11, entre otros.

Los protocolos definidos por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, definen normas y estándares para el manejo, transmisión, velocidades, comunicaciones, entre otros. El protocolo utilizado para la tecnología inalámbrica Li-Fi es el protocolo estándar IEEE 802.15.7.

### **2.1.1.1. Protocolo estándar IEEE 802.15.7**

El grupo de trabajo de la comunicación por luz visible IEEE 802.15.7 ha completado el estándar PHY y MAC para un corto alcance de la comunicación inalámbrica óptica, usando la luz visible en un medio transparente óptico definido.

Este estándar por IEEE fue realizado en el 2011 para las redes de área local y metropolitana, así también para la comunicación óptica inalámbrica de corto alcance mediante la luz visible. El estándar es capaz de enviar velocidades de datos suficientes para soportar servicios multimedia de audio y video y también considera la movilidad de enlaces visibles, compatibles con infraestructuras de luz visibles, degradaciones debidas al ruido y la interferencia de fuentes como la luz ambiente y una capa de MAC que acomoda enlaces visibles. El estándar se adhiere a las normas de seguridad aplicables al ojo.

### **2.1.2. Estándar internacional IEEE**

El Institute of Electrical and Electronics Engineers es una asociación mundial de ingenieros, creada alrededor de 1884, con el fin de estandarizar, desarrollar y promover la creatividad en la integración de áreas técnicas, compartiendo y aplicando los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general, para beneficio de la humanidad; está formada sin fines de lucro por profesionales de las nuevas tecnologías.

La IEEE, gracias a las actividades realizadas, conferencias y estándares produce más del 30 % de la literatura publicada en el mundo respecto de aspectos de ingeniería, telecomunicaciones, robótica, entre otras.

La asociación organiza más de 1 000 conferencias al año en todo el mundo, posee alrededor de 900 estándares activos y alrededor de 700 bajo desarrollo.

### **2.1.3. Principales protocolos estándar de Ethernet e internet inalámbrico por IEEE**

Las redes inalámbricas son aquellas que permiten la interconexión de dos o más equipos sin utilización de cables; estas redes se basan en enlaces que utilizan ondas electromagnéticas, por ejemplo en el caso de la tecnología wifi. En el caso de Ethernet se utiliza el cableado convencional para la transmisión de cualquier tipo de datos.

#### **2.1.3.1. Clasificación de redes inalámbricas**

Dependiendo del tamaño de la red se pueden clasificar en diferentes tipos entre ellos: WPAN (*wireless personal area network*), WLAN (*wireless local area network*), WMAN (*wireless metropolitan area Network*) y WWAN (*wireless wide area network*).

##### **2.1.3.1.1. *Wireless personal area network (WPAN)***

WPAN es una red inalámbrica de área personal que incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un área de decenas de metros. La red WPAN se usa generalmente para conectar distintos dispositivos periféricos como computadoras, puntos de acceso a internet, teléfonos celulares, entre otros, sin necesidad de conectarse por cables; entre las tecnologías más destacadas en este tipo de red inalámbrica se encuentran:

- La tecnología Bluetooth (IEEE 802.15.1): que es la principal en este tipo de redes, ofrece velocidades máximas de hasta 1 megabit por segundo, con un alcance máximo de unos treinta metros.
- Zigbee (IEEE 802.15.4): se utiliza para conectar dispositivos inalámbricos a un coste muy bajo y con bajo consumo de energía; generalmente se utiliza en aparatos electrónicos pequeños; esta tecnología puede alcanzar una velocidad de transferencia de hasta 250 Kbps con un alcance máximo de unos 100 metros.
- HomeRF (*home radio frequency*): ofrece una velocidad máxima de 10 Mbps con un alcance de entre 50 a 100 metros sin amplificador; esta tecnología la utilizan muchos fabricantes como Compaq, HP, Motorola, Microsoft, entre otros.

#### **2.1.3.1.2. Wireless local area network (WLAN)**

WLAN es un sistema de comunicación de datos inalámbrico, utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas. Utiliza tecnologías de radiofrecuencia que permiten mayor movilidad a los usuarios, transmitiendo la información en tiempo real.

Mediante ondas de radio llevan información de un punto a otro; esta red cubre un área equivalente a la red local de una empresa, cubriendo un área alrededor de 100 metros. Existen varias opciones de tecnologías en este tipo de redes, entre ellos:

- wifi: ofrece una velocidad máxima de 5 Mbps en una distancia de varios cientos de metros; esta tecnología sigue el estándar IEEE 802.11.X.
- HiperLAN2: estándar europeo que permite a los usuarios alcanzar una velocidad máxima de 54 Mbps en un área alrededor de 100 metros, transmitiendo dentro del rango de frecuencias de 55 150 y 5 300 MHz.

#### **2.1.3.1.3. *Wireless metropolitan area network (WMAN)***

WMAN es un sistema que se basa en el estándar IEEE 802.16; estos sistemas también se denominan bucles locales inalámbricos, los cuales ofrecen velocidades entre 1 a 10 Mbps, con un alcance de 4 a 10 kilómetros.

Una de las ventajas de estas redes inalámbricas es que ofrecen canales a través de un proveedor de servicios, siendo este sin costo alguno y con velocidades superiores.

La mejor red inalámbrica de área metropolitana es WiMAX, la cual alcanza una velocidad alrededor de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros.

#### **2.1.3.1.4. *Wireless wide area network (WWAN)***

WWAN son redes inalámbricas de área extensa, las cuales tienen el alcance más amplio de las redes inalámbricas existentes; estas utilizan torres de gran altura situados en lugares elevados para transmitir las ondas de radio para conectarse a otras redes de área local.

Entre las redes WWAN se pueden mencionar las GSM, GPRS y UMTS, las cuales son muy utilizadas en sistemas de comunicaciones móviles:

- GSM: es el primer exponente de la telefonía inalámbrica digital; cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono, computadora, entre otros, enviando correos, navegar por internet, SMS, entre otros.
- GPRS: es un servicio general de paquetes vía radio, la cual unifica el mundo de la IP con la telefonía móvil, al crear una red paralela a la GSM, dedicándose exclusivamente a la transmisión de datos.
- UMTS: es el sistema universal de telecomunicaciones móviles conocido como la tercera generación de la telefonía móvil (3G), el cual proporciona grandes capacidades multimedia, velocidades de acceso a internet elevado, transmisión de audio, video y voz en tiempo real.

### **2.1.3.2. Protocolo Ethernet, IEEE 802.3**

Ethernet es un estándar de redes de área local para computadoras; este define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de unidades de envío de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Gracias al éxito de Ethernet, IEEE 802.3 se formó como el primer protocolo en estandarizar el Ethernet. Ethernet y el estándar 802.3 son usualmente tomados como sinónimos. Para diferenciarlos se utilizan los nombres IEEE 802.3 y Ethernet-DIX. Este estándar describe la serie de bits digitales que viajan por el cable, IEEE 802.3, y sus variantes obtienen el uso del cable al competir por él.

IEEE 802.3 está diseñado para implementarse sobre distintos medios físicos con velocidades de transmisión de 10, 100, 1 000 y 10 000 Mbps. A continuación se muestra una tabla que muestra las diferentes versiones del estándar IEEE 802.3; asimismo la fecha en que la versión salió a la luz y una breve descripción de los mismos.

Tabla II. **Versiones del estándar IEEE 802.3**

Estándar Ethernet	Fecha	Descripción
Ethernet	1972, 1978	2,85 Mbps sobre cable coaxial en topología de bus.
Ethernet II (DIX v2.0)	1982	10 Mbps sobre coaxial fino ( <i>thinnet</i> ) – las unidades de envío de datos tienen un tipo de paquete más grande que la cabeza inicial.
IEEE 802.3	1983	10 Mbps sobre coaxial grueso ( <i>thicknet</i> ). Longitud máxima del segmento 500 metros.
802.3a	1985	10 Mbps sobre coaxial fino. Longitud máxima del segmento 200 metros.
802.3b	1985	10BROAD36.
802.3c	1985	Especificación de repetidores de 10 Mbps.
802.3d	1987	Enlace de fibra óptica entre repetidores.
802.3e	1987	1BASE5 o StarLAN.
802.3i	1990	10BASE-T 10 Mbps sobre UTP. Longitud máxima del segmento, 150 metros.
802.3j	1993	10BASE-F 10 Mbps sobre fibra óptica. Longitud máxima del segmento 1000 metros.
802.3u	1995	100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX <i>Fast Ethernet</i> a 100 Mbps con auto negociación de velocidad.
802.3x	1997	Transmisión, recepción simultánea y control de flujo.
802.3y	1998	100BASE-T2 100 Mbps UTP. Longitud máxima del segmento 100 metros.
802.3z	1998	1000BASE-X Ethernet de 1 Gbit/s sobre fibra óptica.
802.3ab	1999	1000BASE-T Ethernet de 1 Gbit/s sobre par trenzado no blindado.

Continuación de la tabla II.

802.3ac	1998	Extensión de la trama máxima a 1 522 bytes con Q-tag las cuales incluyen información para 802.1Q VLAN.
802.3ad	2000	Agregación de enlaces paralelos. Movid a 802.1AX.
802.3ae	2003	Ethernet a 10 Gbit/s; 10GBASE-SR, 10GBASE-LR.
802.3af	2003	Alimentación sobre Ethernet (PoE).
802.3ah	2004	Ethernet en la última milla.
802.3ak	2004	10GBASE-CX4 Ethernet a 10 Gbit/s sobre cable bi-axial.
802.3an	2006	10GBASE-T Ethernet a 10 Gbit/s sobre UTP.
802.3ap	en proceso	Ethernet de 1 y 10 Gbit/s sobre circuito impreso.
802.3aq	en proceso	10GBASE-LRM Ethernet a 10 Gbit/s sobre fibra multimodo.
802.3ar	en proceso	Gestión de congestión.
802.3as	en proceso	Extensión de la trama.

Fuente: *versiones de 802.3*. [http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.3](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3).

Consulta: 23 de marzo de 2015.

### 2.1.3.3. Protocolo wifi, IEEE 802.11

La tecnología de conexión inalámbrica wifi permite que dispositivos tales como computadores personales, teléfonos inteligentes, consola de videojuegos, entre otros, puedan conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica; estos dispositivos utilizan el estándar 802.11, garantizando su compatibilidad.

Una red wifi (Wireless Fidelity) es la que cumple con el estándar 802.11, permitiendo a los dispositivos certificados por Wifi Alliance usar el logotipo de wifi.

El primer estándar de la rama es el 802.11 el cual surgió en 1997 y permitió alcanzar velocidades de 1 a 2 Mbps; al poco tiempo se publicó el estándar 802.11b, el cual opera a un ancho de banda de 2,4 GHz, permitiendo alcanzar velocidades de 7 a 11 Mbps, mediante el empleo de mecanismos de modulación de canal y protección frente a grandes errores; este estándar es considerado como un gran éxito comercial. Conforme el tiempo, se ha modificado para optimizar el ancho de banda; se deben especificar de mejor manera los componentes, para garantizar mayor seguridad o compatibilidad.

A continuación se muestra una tabla que muestra las diferentes versiones del estándar IEEE 802.11, el nombre que les corresponde y una breve descripción de los mismos.

Tabla III. **Versiones del estándar IEEE 802.11**

<b>Nombre del estándar</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>802.11a</b>	Wifi5	Admite un ancho de banda superior entre 30 Mbps a 54 Mbps, proveyendo ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz.
<b>802.11b</b>	Wifi	Es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total de 6 a 11 Mbps, con un alcance de hasta 300 metros, proveyendo 3 canales de radio en una banda de frecuencia de 2,4 GHz.

Continuación de la tabla III.

<b>802.11c</b>	Combinación del 802.11 y el 802.1d	Es una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11
<b>802.11d</b>	Internacionalización	Es un complemento del estándar 802.11 el cual permite el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia.
<b>802.11e</b>	Mejora de la calidad del servicio	Permite mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. Su objetivo es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión, para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo.
<b>802.11f</b>	Itinerancia	Permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento, sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red.
<b>802.11g</b>		Ofrece un ancho de banda de entre 30 a 54 Mbps, en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. Es compatible con el estándar anterior.

Continuación de la tabla III.

<b>802.11h</b>		Tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo HiperLAN 2 y cumplir con las regulaciones europeas relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético.
<b>802.11i</b>		Permite mejorar la seguridad en la transferencia de datos al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación. Este estándar se basa en el estándar de cifrado avanzado.
<b>802.11r</b>		Es utilizado en las señales infrarrojas.
<b>802.11j</b>		Utilizado para la regulación japonesa lo que el 802.11h es para la regulación europea.

Fuente: *introducción al WIFI 802.11*. <http://es.kioskea.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>. Consulta: 23 de marzo de 2015.

## 2.2. Innovación Li-Fi

La tecnología Li-Fi permite que la transmisión de datos, música, videos, fotos y documentos sean rápidos, con velocidades que alcanzan otro nivel, en comparación con la velocidad que hoy en día se conoce; todo esto desde la comodidad del hogar, ya sea desde la lámpara de la habitación, del escritorio o de la mesa de estudio; en fin desde muchas más opciones inimaginables. Esta tecnología es altamente prometedora gracias a las grandes ventajas que proporciona, utilizando tan solo la luz de la casa; por ejemplo, se tendría banda ancha en el hogar sin necesidad de usar la tecnología wifi.

Li-Fi puede manejar hasta 10 000 veces más información que el actual wifi; esta tecnología sería capaz de transmitir el volumen de datos correspondiente a 13,3 años de video en alta definición (HD) en tan solo un segundo, o por ejemplo descargar una película en alta definición en tan solo 30 segundos.

Durante una demostración que se realizó en la conferencia TEDGlobal de Edimburgo, el padre de Li-Fi Harald Haas envió una señal de video a 10 Mbps con una sola bombilla led; estas demostraciones hacen que las personas queden maravilladas de todas las posibles opciones que pueden surgir gracias al uso de esta tecnología.

Asimismo, en el *Consumer Electronics Show* de las Vegas, se realizó una demostración de la tecnología Li-Fi, mediante el intercambio de datos entre dos teléfonos inteligentes a partir de la variación de la intensidad de la luz de sus pantallas, con una distancia aproximada de 10 metros.

En la actualidad, mediante la realización de distintas pruebas y dependiendo del foco utilizado, se han alcanzado rangos de cobertura que varía entre los 8 hasta los 20 metros; no cabe duda que con el avance tecnológico, la tecnología Li-Fi sea un gran competidor para wifi y hasta incluso pueda que lo sustituya.

### **2.3. Tendencia Li-Fi**

La presencia de luces es prácticamente inevitable en el ambiente social; mediante la utilización de la tecnología Li-Fi se garantizan miles de aplicaciones prácticas muy prometedoras.

Hoy en día la utilización de dispositivos inteligentes, electrodomésticos inteligentes, carros inteligentes o algún otro dispositivo que realice funciones con el uso de internet, por ejemplo, ha crecido de manera exponencial; el concepto del internet de las cosas conforme al tiempo se ha hecho famoso y muy útil para facilitar la realización de las diferentes actividades para el humano; gracias a la tecnología Li-Fi y su facilidad de transmisión, en pocos años tendrá una gran relación con el concepto del internet de las cosas.

Conforme al paso del tiempo, el límite que Li-Fi tiene en la actualidad aumentará de manera flexible y exponencial; se estima llegar a una velocidad de transmisión de datos de 500 Mbps y alcanzar una tasa de 800 Mbps, y en un futuro no tan lejano, cuando se haya realizado un avanzado desarrollo de los dispositivos emisores y receptores, llegar a los 15 Gbps o más.

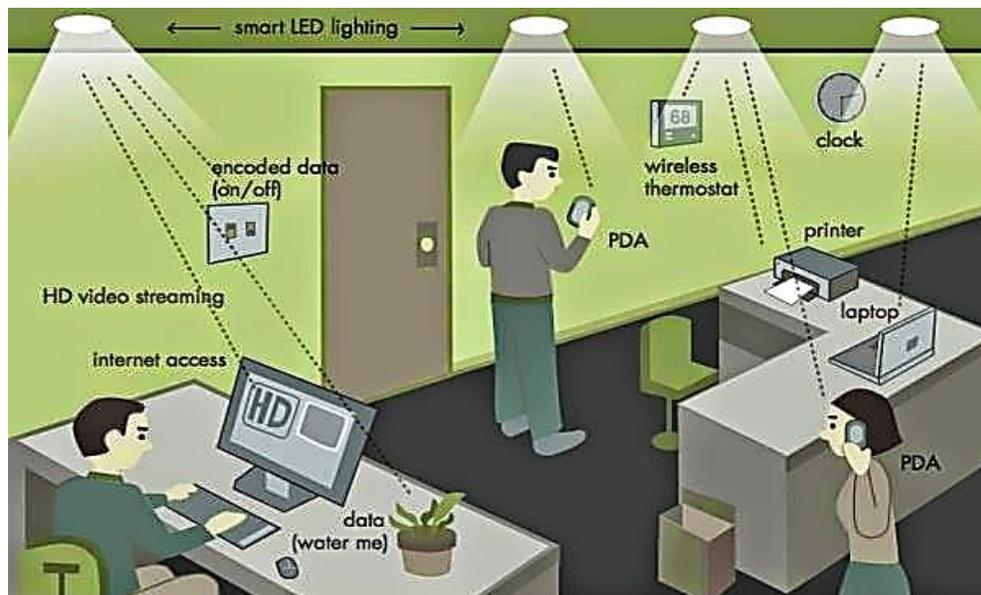
Los móviles son unos de los sectores que se beneficiarán en gran medida, con la expansión de la conexión Li-Fi, creando una comunicación directa entre los distintos elementos circundantes y mediante el móvil se podrá recibir distintos tipos de información o datos en tiempo real, facilitando las actividades diarias de las personas.

Por ejemplo en un futuro cercano, mediante el alumbrado público, las personas puedan conectarse a internet o por ejemplo mediante los faros de los carros se podrá comunicarse información; todas estas cosas, aunque se escuchen imposibles, gracias al avance de la tecnología serán una gran realidad.

Una forma de representar la aplicación y funcionamiento de la tecnología Li-Fi en un ambiente laboral, en el hogar o algún otro lugar, se puede observar en la figura 3; se observa que los focos emisores con la tecnología Li-Fi,

transmiten mediante el haz de luz el internet, los datos e información hacia distintos dispositivos como: computadoras personales, laptop, teléfonos inteligentes, termostato inalámbrico, impresora con tecnología inalámbrica y muchos más dispositivos.

Figura 3. **Tecnología Li-Fi en el ambiente laboral, del hogar y muchos más**



Fuente: *Revoluciona el internet inalámbrico.*

<http://tecnodotados.blogspot.com/2014/07/revolucion-a-el-internet-inalambrico-con.html>.

Consulta: 24 de marzo de 2015.

### 2.3.1. **Concepto internet de las cosas con Li-Fi**

El internet de las cosas es un concepto que involucra la interconexión digital de objetos cotidianos con el internet. Conforme el tiempo, el internet de las cosas permitirá que se conecten más dispositivos (cosas u objetos) que personas.

Por ejemplo si aparatos electrodomésticos, lámparas, partes de carros, caminos, ambientes y muchas cosas más se conectaran con el internet, se tendría un control impresionante; por ejemplo en almacenes para llevar el control de las existencias, en parques, edificios, llevando el control de acceso de las personas, el nivel de la temperatura en los mismos, entre otros.

El uso de la tecnología Li-Fi con los dispositivos led, será de gran aplicación en los mismos, por ejemplo conectar a la nube con la transmisión de los datos desde un simple led o varios ledes dentro o cerca de los electrodomésticos o de los dispositivos móviles.

Actualmente empresas de Japón y Estados Unidos han comenzado la comercialización de dispositivos con Li-Fi, tomando en cuenta que el desarrollo y crecimiento de internet de las cosas se basará en esta nueva tecnología. Expertos de empresas como LG Innotek sugieren que la industria del led se desarrolle al igual que el campo del internet de las cosas, estimando cifras millonarias de dispositivos interconectados.

Cuando se habla del internet de las cosas, se dan a conocer las cosas que se utilizan en la rutina diaria que podrían y necesitan estar conectadas al internet para el libre acceso de la información; por ello nace la necesidad de relacionar el concepto con una tecnología que facilite su utilización.

El internet de las cosas crea hogares, edificios y ciudades inteligentes; en fin, todo lo vuelve inteligente. Con el internet de las cosas se necesita un internet más barato y sencillo de utilizar, por eso Li-Fi es la mejor opción para este concepto.

El aspecto energético ha sido durante varios años un elemento de batalla para las comunicaciones por los altos consumos de los componentes, por ello los diseñadores y fabricantes tienen en el punto de mira la utilización de tecnologías o dispositivos que permitan su mejora.

El cuidado del consumo con el tiempo se asocia con los estándares de comunicación que se presentan conforme el tiempo; con ello Li-Fi será una de las futuras soluciones para las batallas que surgen en la actualidad.



### **3. LI-FI Y LAS TECNOLOGÍAS POWERLINE, WIFI**

En el presente capítulo se dan a conocer las características de Li-Fi y sus principales áreas de aplicación; asimismo, sobre las tecnologías wifi y *power line communications*, haciendo referencia entre las características, ventajas y desventajas que tienen las tecnologías.

#### **3.1. Características de Li-Fi**

La tecnología de comunicación por luz visible Li-Fi, proporciona distintas características que hacen revolucionaria e innovadora a la tecnología; entre las características se encuentran:

- La tecnología viene a ser diez veces más rápida que wifi.
- La tecnología será mucho más segura que wifi, debido que las señales no atraviesan paredes, ni interfieren con componentes eléctricos.
- Los impulsos luminosos al ser imperceptibles para la vista humana, no ocasionan daños ni molestias de ningún tipo.
- El enrutador luminoso que proporciona Li-Fi puede ser adherido de forma sencilla en cualquier bombilla eléctrica convencional, (de preferencia led) y barata, debido que el uso de diodos led es más económico que el generador de ondas de frecuencia.

- Li-Fi generalmente utiliza luz blanca, siendo su espectro 10 000 veces más amplio que el wifi normal.
- Li-Fi es una tecnología accesible para cualquier persona en el mundo; es utilizable en lugares donde exista emisión de luz led como: hospitales, aviones, incluso bajo el agua desde los submarinos.

### **3.2. Principales áreas de aplicación de Li-Fi**

La tecnología Li-Fi promete varias opciones de aplicaciones en distintas áreas como: sistemas educativos, aplicaciones submarinas, área médica, aplicaciones aéreas, mejorar las plantas de energía, incrementar seguridad en las calles, gestión de desastres, evitar radiofrecuencias, juguetes y muchas más.

#### **3.2.1. Sistemas educativos**

La tecnología Li-Fi será utilizada en instituciones educativas y universidades, permitiendo accesos a los estudiantes de manera rápida y eficiente, mejorando la educación con eficacia.

#### **3.2.2. Aplicaciones submarinas**

La tecnología Li-Fi permite dar lugar a investigaciones bajo del agua que hoy en día no han podido ser concretadas por la falta de recursos de comunicación por este medio, permitiendo realizar mejores investigaciones o análisis de información en esta y muchas más áreas.

### **3.2.3. Área médica**

Con la tecnología Li-Fi, al no interferir con el espectro electromagnético que afecta a distintos aparatos en los hospitales, se podrían realizar cirugías con la ayuda de robótica, gracias a la conexión de los robots e instrumentos al internet.

### **3.2.4. Aplicaciones aéreas**

La tecnología Li-Fi, al ser un medio de transmisión de datos seguro, puesto que no atraviesa paredes, puede ser utilizada en aviones sin preocupación que personas no autorizadas logren ingresar y robar datos importantes para hacer mal uso de la herramienta.

### **3.2.5. Mejorar las plantas de energía**

Generalmente en las grandes plantas de energía quedan prohibidas las zonas de wifi, debido que las ondas de radiofrecuencias y los químicos en estos lugares pueden provocar alguna chispa, causando grandes catástrofes. Gracias a la forma de transmitir los datos con la tecnología Li-Fi, habrá una gran opción para llevar el control de los datos de una manera rápida y eficaz.

### **3.2.6. Incrementar la seguridad en las calles**

Al utilizar la tecnología Li-Fi en las calles se podrían transmitir datos de videocámaras colocadas en las calles hacia distintos puntos estratégicos, permitiendo a los policías, bomberos, ambulancias, entre otros, llegar con mayor exactitud en el punto donde está el percance.

### **3.2.7. Gestión de desastres**

La tecnología Li-Fi permitiría recaudar grandes volúmenes de datos en casos de desastres naturales como: tormentas, huracanes, erupciones, entre otros. En varias ocasiones se ha escuchado casos en las que personas quedan atrapadas en zonas donde no hay cobertura, evitando la comunicación inmediata a centros de asistencia, mientras que con Li-Fi se evitarían estas situaciones peligrosas.

### **3.2.8. Evitar radiofrecuencias**

Gracias a la tecnología Li-Fi, personas con sensibilidad a las radiofrecuencias evitarían problemas que afecten su salud.

### **3.2.9. Juguetes**

Diferentes tipos de juguetes utilizan luces led; gracias a la tecnología Li-Fi podrían ser utilizadas para la interacción entre juguetes, o alguna otra aplicación innovadora que facilite el aprendizaje de los niños, entre otros.

### **3.2.10. Electrodomésticos**

Gracias a la utilización de las luces led, ya sea de manera interna o externa, los electrodomésticos estarían conectados, facilitando la interacción entre las personas y los aparatos con funciones y modalidades, que conectadas al internet, proporcionarían grandes ventajas en distintos ámbitos laborales, en el hogar, entre otros.

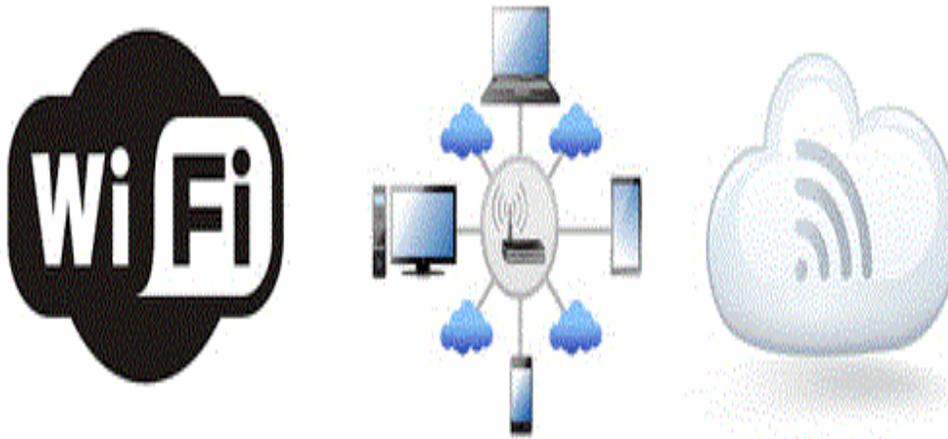
### **3.3. Tecnología wifi**

Es una tecnología que permite la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos como computadoras, consola de videojuegos, teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros. wifi es una abreviatura de Wireless Fidelity, (fidelidad inalámbrica), la cual transmite información y/o datos mediante ondas o señales de radio que corresponden a una banda específica del espectro electromagnético; las mismas se propagan al igual que las ondas del radar de un televisor o de la telefonía móvil.

El objetivo de wifi es facilitar la compatibilidad de distintos equipos, fomentando en el mundo las conexiones inalámbricas, mediante estándares certificados por wifi; esta tecnología gracias a su velocidad y alcance se convierte en una gran opción para el acceso a internet sin cables; con solo tener un punto de acceso (de preferencia en un lugar alto para que su recepción/emisión sea más fluida) que se conecte al módem, y un dispositivo wifi que se conecte en un aparato.

Al conectarse los distintos dispositivos a una red wifi, se unen a un enrutador que físicamente está conectado a internet mediante un cable; este enrutador transforma la información digital de unos y ceros (binaria) en ondas de radio que son transmitidas a un alcance de 100 a 150 metros aproximadamente, y a velocidades teóricas máximas de 54 Mbps según el estándar IEEE 802.11g, aunque en algunas zonas ofrecen conexiones de hasta 100 Mbps; estas ondas son captadas por los diversos decodificadores que poseen los dispositivos electrónicos, transformando las ondas de radio en información digital que interpretan el software y los microprocesadores correspondientes. En la figura 4 se observa la forma de transmisión wifi a dispositivos electrónicos.

Figura 4. **Transmisión de información a dispositivos mediante wifi**



Fuente: *Qué es Wi-Fi*. <http://www.quees.info/que-es-wifi.html>. Consulta: 4 de mayo de 2015.

### **3.3.1. Características de wifi**

La tecnología wifi permite grandes aspectos en el mundo de las redes; gracias a wifi la transmisión de datos se completa a través de ondas de radio y el costo de los cables para la red desaparece. La utilización de esta tecnología permite a los usuarios acceder a internet en diversos lugares como: hoteles, bibliotecas, universidades, campus, institutos privados, cafeterías, en el hogar e incluso en lugares públicos que permiten hacer del negocio más rentable, conectando a sus clientes en cualquier momento.

Entre las características que la tecnología wifi proporciona se encuentran:

- La movilidad y la elasticidad sin igual, gracias a la introducción de varios tipos de utilidades como: corrientes de música que se transmiten a los altavoces sin necesidad de cables, cambiar canciones de manera

remota, descargar canciones, enviar correos, transferir archivos, entre otros.

- Fortaleza en la tecnología, debido que wifi provee soluciones de seguridad inalámbrica que soporta el crecimiento y liberación de distintos protocolos y redes.
- Apoyo en soporte de toda índole, permitiendo la creación y conexión entre componentes de la misma red, la transferencia de datos entre los dispositivos y habilitar diferentes tipos de dispositivos como reproductores de música, consolas, entre otros.
- Es conveniente en casi todo lugar, al existir un punto de acceso se puede estar conectado automáticamente con los diversos dispositivos con la tecnología wifi, permitiendo acceder a internet.
- Más rápidos y seguros; con wifi se pueden obtener grandes tasas de velocidad de internet, debido que es más rápido que una conexión por cable convencional; permite configurar de una manera sencilla el dispositivo para obtener mejores resultados en rendimiento y seguridad.
- wifi con poca limitación, al conectarse fácilmente con las aplicaciones de redes wifi, debido que el consumo de energía es mayor comparado con otras bandas.

### **3.3.2. Principales usos de wifi**

La tecnología wifi permite su utilización y aplicación en diversas actividades que no necesariamente se refieren a la conexión a internet; entre

ellas se encuentran: convertir el teléfono inteligente en control remoto, compartir documentos a computadoras cercanas, sincronizar librerías de música, fotos o algún otro archivo del teléfono inteligente, enviar documentos, fotos, entre otros, a la impresora, desde cualquier computadora o teléfono inteligente, transmitir películas a cualquier televisión inteligente en el hogar y más.

#### **3.3.2.1. Teléfono inteligente como control remoto**

Al tener conectadas las computadoras, como también los dispositivos a la red inalámbrica del hogar, trabajo, empresas, entre otros, gracias a la tecnología wifi, fácilmente se pueden conectar los teléfonos inteligentes a la misma red y controlar cada uno de los diversos dispositivos mediante la instalación de las distintas aplicaciones existentes en el mercado, en los sistemas operativos correspondientes; permitiendo así controlar las características y funciones de los aparatos electrónicos; un claro ejemplo son las aplicaciones instaladas en los teléfonos que permiten controlar los televisores inteligentes de una manera sencilla.

#### **3.3.2.2. Compartir documentos a computadoras cercanas**

Hoy en día, gracias a las impresoras que poseen la tecnología wifi integrada, permiten imprimir fácil e inalámbricamente, distintos documentos multimedia, desde *laptops*, teléfonos inteligentes o tabletas, en vez de estar conectando y desconectando los cables de la impresora.

#### **3.3.2.3. Sincronización de música, fotos o archivos**

Gracias a la tecnología wifi, se pueden sincronizar inalámbricamente a

la computadora y viceversa, las librerías de música, de fotos o algún otro archivo de los teléfonos inteligentes con Android, IOS, entre otros; los sistemas operativos permiten acceder al teléfono para explorar, modificar, copiar o cortar los distintos archivos.

#### **3.3.2.4. Envío de fotos y documentos a la impresora**

Con la tecnología wifi la impresión de documentos y fotos puede realizarse desde un teléfono inteligente, una tableta, laptops y más; las impresoras con tecnología inalámbrica wifi integrada, permiten imprimir desde casi cualquier lugar del hogar; ya no es necesario tener varias impresoras en una casa; otra opción es compartir la impresora desde la computadora donde está conectada en la misma red, para que desde cualquier dispositivo que esté en la red pueda imprimir documentos, fotos o imágenes escaneadas, entre otros.

#### **3.3.2.5. Transmisión de películas a televisores inteligentes**

En vez de tener grandes colecciones de DVD, se puede construir un servidor de medios en casa y transmitir video sobre el wifi, a dispositivos como Xbox o PlayStation, que estén habilitados y conectados al televisor inteligente en los hogares.

#### **3.3.3. Ventajas y desventajas de wifi**

La tecnología wifi hoy en día es la más utilizada en diversos dispositivos como: teléfonos y televisores inteligentes, impresoras inalámbricas, entre otros;

como toda tecnología, wifi tiene grandes ventajas en diferentes ámbitos, sin embargo también tiene desventajas.

A continuación se mostrará una serie de ventajas y desventajas que ayudarán a comprender mejor, los beneficios y los contras que esta tecnología proporciona.

### **3.3.3.1. Ventajas de wifi**

La tecnología wifi posee múltiples ventajas a destacar, entre ellas se encuentran:

- Facilidad de instalación en empresas, hogares, restaurantes, entre otros, al evitar utilizar cables por muros y techos.
- No es necesaria la utilización de cables, por ejemplo, son usadas en salas de conferencia, edificios históricos, entre otros; lugares donde sería inaceptable realizar cableado para el uso del internet.
- Flexibilidad, debido que las señales permiten obtener datos e información en donde el cable no puede.
- Una vez configuradas, las redes wifi, permiten el acceso de múltiples dispositivos, sin problemas de gastos en infraestructura.
- La compatibilidad entre dispositivos es total, es decir en cualquier parte del mundo se puede utilizar la tecnología wifi con una compatibilidad absoluta.

- En escalabilidad, el cambio de topología de red es sencillo.
- Permite la conexión de varios usuarios a la red, al mismo tiempo.
- Con tener un dispositivo con conexión a internet por wifi, se le puede indicar que busque redes abiertas disponibles y conectarse con facilidad.

### **3.3.3.2. Desventajas de wifi**

La tecnología wifi presenta diversos problemas que comúnmente se presentan en las tecnologías inalámbricas, entre ellas se destacan:

- Su radio de acción es limitado; el enrutador ofrece una transmisión más estable y con un alcance mayor al aire libre, que en el hogar, debido a obstáculos como paredes, muebles y más, que se presentan en el hogar.
- Menor velocidad a comparación de una conexión cableada, debido a las interferencias y pérdidas de señal en el ambiente.
- La calidad de comunicación se ve afectada al estar conectadas muchas personas de manera simultánea.
- El espectro en el que se transmite se ve afectado por limitaciones en lugares o situaciones como: al bordo de un avión, submarinos, hospitales, entre otros.
- El consumo de energía es elevado en comparación con otros estándares con ancho de banda bajo.

- La señal puede bloquearse o presentar interferencias.
- Es vulnerable a los ataques de usuarios ajenos.
- La radiación electromagnética que generan los electrodomésticos, afectan directamente la velocidad de transmisión.

### **3.4. Tecnología *power line communications***

La tecnología *power line communications* (PLC), o en español comunicaciones mediante cable eléctrico, es aquella que utiliza líneas de energía eléctrica convencionales, para transmitir señales de radio, convirtiendo la red eléctrica en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo el acceso a internet mediante banda ancha.

Los dispositivos que utiliza esta tecnología funcionan mediante la modulación de una onda portadora, cuya frecuencia oscila entre los 20 y 200 Khz; esta onda es modulada por señales digitales y es inyectada en el cableado doméstico de energía eléctrica desde el transmisor.

Esta tecnología permite una alternativa a la banda ancha, con un simple enchufe al tomacorriente los usuarios pueden estar conectados, debido que la señal portadora se propaga en el mismo sistema de distribución de los hogares, edificios, entre otros; *power line communications* ofrece altas velocidades teóricas, comúnmente de hasta 200 Mbps, aunque debido a la cantidad de dispositivos conectados al sistema eléctrico dado el acceso compartido, reduzca a velocidades de entre 80-100 Mbps efectivos; gracias a las tecnologías *homeplug* y *homeplug AV*, los cuales son los dos estándares más

utilizados en el hogar, permiten al usuario hacer uso de la tecnología, sin necesidad de instalar cableado adicional.

#### **3.4.1. Funcionamiento de *power line communications***

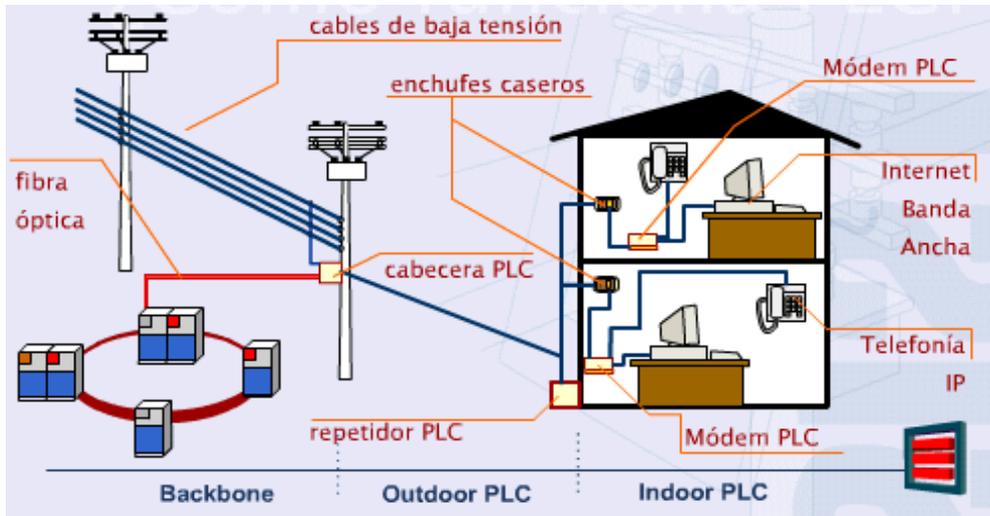
La comunicación *power line communications* requiere de un módem cabecera en el centro de transformación eléctrica, donde conecta el equipo de baja tensión con la red de transporte de telecomunicaciones; en el domicilio del usuario donde utilizará la tecnología, se instala un módem PLC que se conecta al enchufe, donde podrán conectarse los dispositivos electrónicos como televisores inteligentes, computadoras portátiles, consola de videojuegos, centros multimedia, computadoras de escritorio, teléfonos IP, equipos de comunicaciones que posean una interfaz Ethernet o USB, entre otros.

Para comunicar los sistemas cabecera y módem PLC, se utiliza un equipo repetidor, el cual normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica.

Para transmitir los datos, PLC filtra las frecuencias que se propagan para poder separar la información digital y el ruido de la señal eléctrica de los datos, permitiendo así abrir una serie de posibilidades en la comunicación de dispositivos tecnológicos.

En la figura 5 se observa con mayor detalle la distribución, funcionamiento y los dispositivos necesarios para el uso y aplicación de la tecnología *power line communications*.

Figura 5. **Funcionamiento de PLC**



Fuente: *Power Line Communications*. <http://html.rincondelvago.com/000405070.png>,  
Consulta: 7 de mayo de 2015.

### 3.4.2. **Características de *power line communications***

La tecnología *power line communications* posee diversas características físicas, de capilaridad de la red eléctrica y las altas prestaciones de los estándares por parte de IEEE, las cuales posicionan a la tecnología como una gran alternativa.

Entre las principales características de *power line communications* se encuentran:

- No sufre inconvenientes al llegar al usuario final, debido que está implantada en el sistema eléctrico.
- La conexión es permanente durante el todo el día.

- La instalación es sencilla y rápida.
- No necesita instalaciones extras, para poder utilizar la tecnología.
- Permite la posibilidad de implementar servicios como internet a altas velocidades.
- Tecnología de banda ancha.
- Ancho de banda de 45 Mbps hasta 200 Mbps.
- Transmisión simultánea de voz y datos.

### **3.4.3. Campos de aplicación de *power line communications***

La tecnología *power line communications* permitirá disfrutar de diversos servicios de comunicación innovadores; por su gran ancho de banda y bajo costo, el desarrollo de nuevos servicios a distancia para el hogar y la oficina será una realidad. A continuación se mostrarán las diferentes aplicaciones que PLC permite, tanto en el hogar como en la oficina.

#### **3.4.3.1. En la casa**

- Con internet avanzado se podrá acceder a altas velocidades con nuevos servicios que permitirán al usuario obtener nuevas experiencias de navegación, gracias al mayor ancho de banda.
- Mensajería unificada, para todos los mensajes de telefonía fija, telefonía móvil, correo electrónico, mensajes multimedia, entre otros.

- En domótica, se podrán controlar los electrodomésticos a distancia, por ejemplo: desde algún punto lejano grabar una película, alimentar a las mascotas, poner a funcionar la lavadora, entre otros.
- Con telediagnóstico, los servicios técnicos por los fabricantes de los electrodomésticos, desde el centro técnico de la marca del electrodoméstico permitirán conocer las averías que causan su mal funcionamiento, el costo de la reparación, el técnico más cercano, entre otros.
- En la telefonía se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.

#### **3.4.3.2. En la oficina**

- Videoconferencias en tiempo real, ver y hablar con clientes a bajo costo.
- Trabajar desde el hogar a través de una conexión rápida, segura, económica y permanente.
- Trabajo en grupo, al compartir, ver y modificar documentos de forma simultánea por el mismo equipo de trabajo.
- PYMES no necesitará instalaciones de teléfono y líneas de datos para disponer de una red local.
- Redes privadas virtuales, comunicación entre las oficinas para la correcta transmisión de voz y datos privados.

#### **3.4.4. Ventajas y desventajas de *power line communications***

La tecnología *power line communications* provee una serie de beneficios, en distintas áreas de la vida cotidiana, así también se enfrenta a una serie de problemas que es necesario resolver.

A continuación se mostrarán las principales ventajas y desventajas que la tecnología *power line communications* proporciona.

##### **3.4.4.1. Ventajas de *power line communications***

- Servicio PLC desde diferentes habitaciones, al permitir conectarse a internet y hablar por teléfono desde los tomacorrientes, con ello los usuarios pueden utilizar estos servicios desde cualquier habitación.
- Despliegue sencillo y rápido; la utilización de esta tecnología, es rápida y sencilla, debido que utiliza los cables eléctricos.
- Hablar y navegar al mismo tiempo, PLC permite la transmisión de voz y datos al mismo tiempo.
- Alta velocidad.
- Instalación simple y rápida.
- Múltiples servicios como internet, telefonía, servicios de domótica entre otros, con un solo módem.
- Red local en la vivienda u oficina.

#### **3.4.4.2. Desventajas de *power line communications***

- Al estar deterioradas las líneas eléctricas, no es posible usar PLC.
- La distancia óptima de transmisión es de 100 metros, por lo que a mayores distancias, se necesitan más repetidores.
- Debido que el cable eléctrico es una línea metálica recubierta de aislante, genera ondas electromagnéticas que pueden interferir con las frecuencias de otras ondas de radio.
- La estandarización de la tecnología PLC, no se ha concretado en su totalidad, debido que existen más de 40 empresas en el mundo que desarrollan *power line communications*.

## **4. ENCUESTAS RESPECTO DE LA TECNOLOGÍA LI-FI**

En este capítulo se explican los resultados obtenidos, respecto de encuestas realizadas a diferentes personas, observando y analizando una serie de preguntas relacionadas con la tecnología Li-Fi, diferentes gráficas, entre otros.

### **4.1. Contexto de las encuestas**

Las encuestas respecto de la tecnología Li-Fi, fueron realizadas y evaluadas a 110 personas, en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de dos maneras: encuesta en línea y encuestas realizadas a estudiantes, mediante la realización de una conferencia en un salón del T-7 de la Facultad.

Las encuestas consisten en diez preguntas relacionadas con el tema de la tecnología Li-Fi, evaluando diferentes aspectos como: el conocimiento previo a la tecnología Li-Fi, conocimiento de la seguridad que proporciona Li-Fi, la manera de transmisión de información de Li-Fi, ventajas e innovación que proporciona Li-Fi y si utilizarían la tecnología en su hogar.

La conferencia realizada en el salón consistió en impartir conocimiento, en diversos aspectos de la tecnología Li-Fi como: ¿qué es la tecnología Li-Fi?, historia de Li-Fi, ventajas y desventajas de Li-Fi, características de Li-Fi, entre otros. La conferencia se realizó con presentaciones, videos, premios por participación y más, obteniendo resultados positivos y gran interés de las personas, en relación con el tema de la tecnología Li-Fi.

## 4.2. Evaluación realizada

Con el conteo de las respuestas obtenidas por cada encuesta, se realizaron análisis estadísticos y gráficos, para plantear diferentes conclusiones u observaciones, para el beneficio de la tecnología en el país.

A continuación se mostrará cada pregunta con la gráfica y análisis correspondientes.

Tabla IV. **¿Sabe qué es la tecnología Li-Fi?**

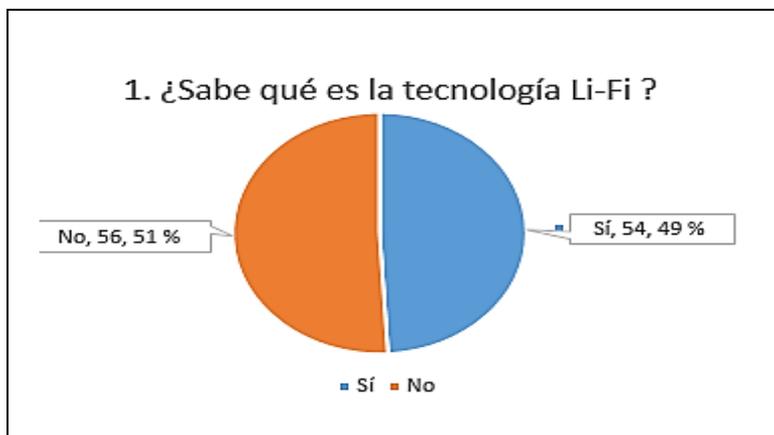
Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Sí	54
No	56

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, 54 personas sabían qué es la tecnología Li-Fi o tenían una idea de qué es y 56 personas no sabían qué es; con ello se puede concluir que la tecnología Li-Fi es nueva para más de la mitad de la población; lo mejor sería realizar conferencias y ejemplos varios, en el país, para dar a conocer la tecnología de innovación Li-Fi.

En la figura 6 se observa de manera gráfica el porcentaje y el número de personas que respondieron a la pregunta 1.

Figura 6. **Representación gráfica de las respuestas a la pregunta 1**



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **¿Ha escuchado de la tecnología Li-Fi anteriormente?**

Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Sí	39
No	71

Fuente: elaboración propia.

En la tabla V se puede observar que 39 personas contestaron que sí habían escuchado respecto de Li-Fi anteriormente y 71 que no; es decir un 35 % sí y un 65 % no; con ello se puede concluir que más de la mitad no ha escuchado y desconoce respecto de la tecnología Li-Fi; por ello esta tecnología debe darse a conocer, tanto en Guatemala como en otros países, para poder desarrollarla, mejorarla y por supuesto aplicarla para bienestar en los hogares, empresas, lugares públicos, electrodomésticos, entre otros.

En la figura 7 se observa de manera gráfica el porcentaje y el número de personas que respondieron a la pregunta 2.

Figura 7. **Representación gráfica, pregunta 2**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **¿Por qué Li-Fi es seguro al transmitir la información?**

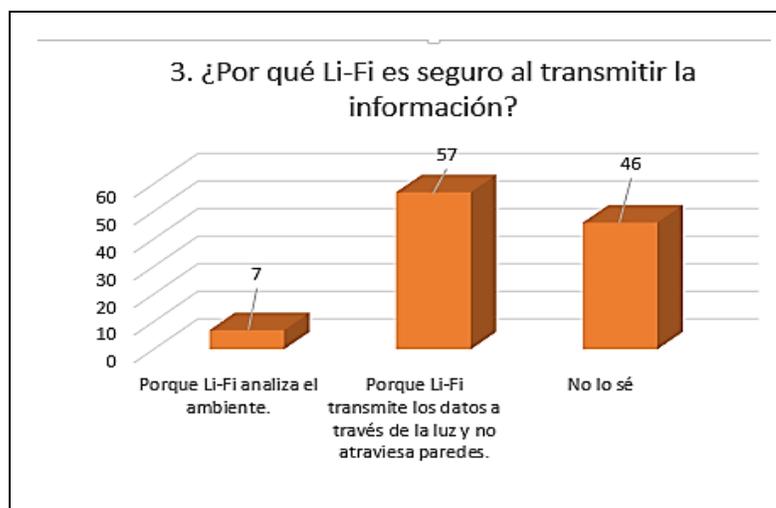
Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Porque Li-Fi analiza el ambiente	7
Porque Li-Fi transmite los datos a través de la luz y no atraviesa paredes	57
No lo sé	46

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla VI, 7 personas marcaron la primer respuesta, al no conocer respecto del tema, 57 personas marcaron la segunda respuesta, ya sea porque verdaderamente la sabían porque les pareció la más indicada y 46 respondieron la tercera respuesta con un sincero no lo sé; con ello se puede concluir que casi la mitad de las personas no conoce cuán seguro es Li-Fi, y la otra mitad sí conoce o cree conocer una de las ventajas de Li-Fi en términos de seguridad; gracias a esta tecnología y la característica principal que impide que la señal atraviese paredes, permite al usuario ser invulnerable a ataques ajenos al cuarto en el que está actualmente.

En la figura 8 se puede observar de manera gráfica el número de encuestados respecto de la pregunta 3.

Figura 8. **Representación gráfica, pregunta 3**



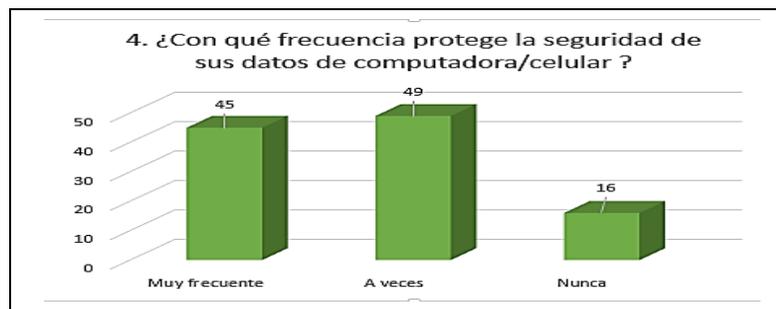
Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **¿Con qué frecuencia protege la seguridad de sus datos de computadora/celular?**

Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Muy frecuente	45
A veces	49
Nunca	16

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Representación gráfica, pregunta 4**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla VII, 45 personas protegen la seguridad de sus datos con frecuencia; 49 si se da la ocasión, y 16 ni se preocupan; con ello se puede concluir que gracias a la seguridad que proporciona Li-Fi, casi la mitad de las personas se beneficiarían y sentirían mayor seguridad con su utilización; otra gran parte, de la misma manera pero con menos satisfacción, y otra menor parte no les causaría cambio alguno.

En la figura 9 se observa de manera gráfica, el número de encuestados por respuesta en relación con la pregunta 4.

Tabla VIII. **¿De qué forma transmite Li-Fi la información o datos?**

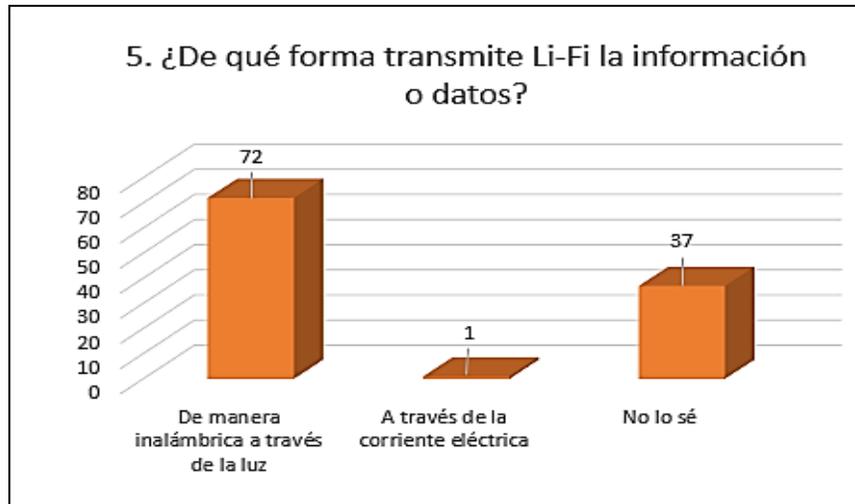
Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
De manera inalámbrica a través de la luz	72
A través de la corriente eléctrica	1
No lo sé	37

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se observa que 72 personas respondieron correctamente, 1 persona respondió a través de la corriente eléctrica (lo cual es incorrecto) y 37 respondieron no lo sé, con ello se observa que la mayoría de las personas respondieron correctamente, ya sea por conocimiento previo o solo por contestar, y otra parte no sabe respecto del tema; por lo tanto, conforme al desarrollo de la tecnología Li-Fi y su publicidad en diferentes países, el funcionamiento, características y más, Li-Fi será conocido por casi todas las personas.

En la figura 10 se observa de manera gráfica el número de encuestados por respuesta respecto de la pregunta 5.

Figura 10. **Representación gráfica, pregunta 5**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **¿Qué opina respecto de que mediante la utilización de Li-Fi, se podrá descargar una película de alta resolución en tan solo 30 segundos?**

Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Muy impresionante	79
Impresionante	17
Que bien	14

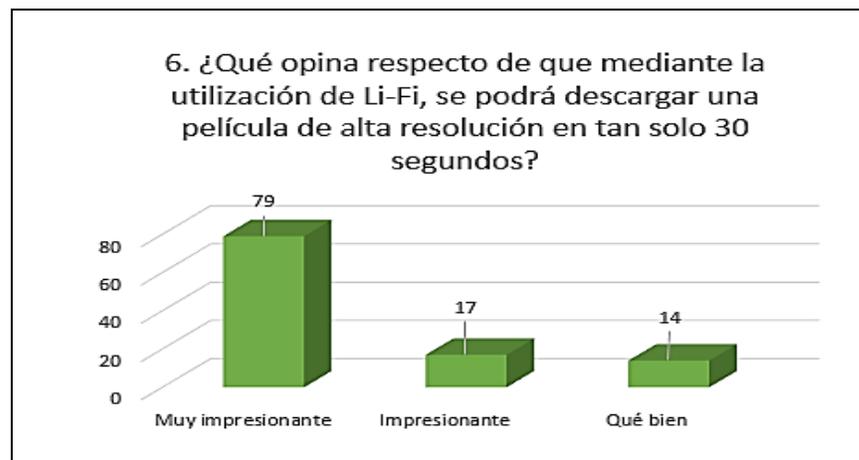
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla VIII, 79 personas respondieron muy impresionante, 17, impresionante y 14 personas que bien, respecto de la pregunta 6; con ello se puede concluir que a la mayoría de personas les impacta la gran velocidad que la tecnología Li-Fi proporciona; características

que animan a la mayoría de personas a utilizar y experimentar las nuevas experiencias de Li-Fi, que en poco tiempo será utilizado en casi todo lugar y país.

En la figura 11 se observa de manera gráfica el número de personas por respuesta, respecto de la pregunta 6.

Figura 11. **Representación gráfica, pregunta 6**



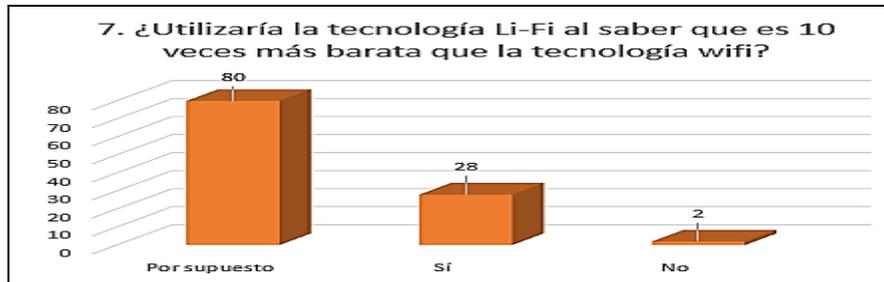
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **¿Utilizaría la tecnología Li-Fi, al saber que es 10 veces más barata que la tecnología wifi?**

Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Por supuesto	80
Sí	28
No	2

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Representación gráfica, pregunta 7

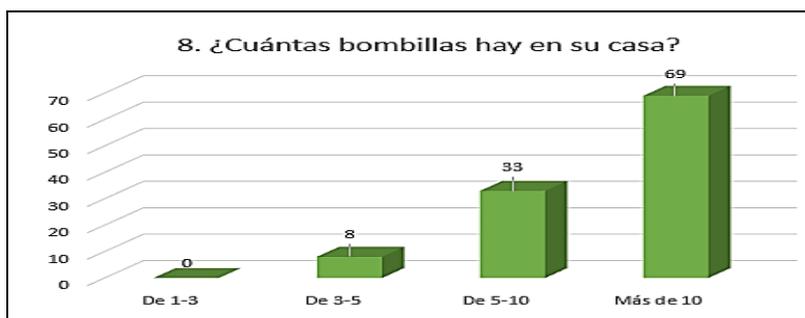


Fuente: elaboración propia.

En la tabla X se observa que, 80 personas sin duda utilizarían Li-Fi dado su precio, 28 personas con menos seguridad responden sí y solo 2 no les convence la tecnología; con ello se puede concluir que las personas en su mayoría se fijan en la economía y las grandes ventajas que la tecnología Li-Fi proporciona, casi asegurando su utilización en el hogar, empresas y demás lugares, al estar disponible.

En la figura 12 se observa de manera gráfica el número de personas por respuesta en relación con la pregunta 7.

Figura 13. Representación gráfica, pregunta 8



Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se observa de manera gráfica el número de encuestados por respuesta de la pregunta 8.

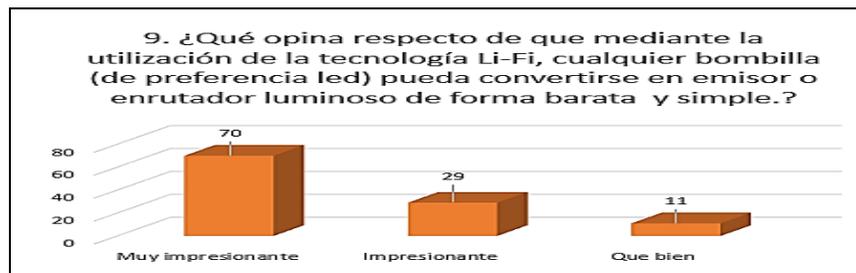
Tabla XI. **¿Cuántas bombillas hay en su casa?**

Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
de 1-3	0
de 3-5	8
de 5-10	33
más de 10	69

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se observa que, ninguna persona posee de 1-3 bombillas, 8 personas poseen de 3-5 bombillas, 33 poseen de 5-10 bombillas y 69, poseen más de 10 bombillas; con ello se puede mencionar que las personas si lo desean, podrían transformar las bombillas convencionales en emisores de datos Li-Fi y en su mayoría tienen varias opciones (más de 10 bombillas) para la transformación y utilización en diferentes cuartos.

Figura 14. **Representación gráfica, pregunta 9**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se puede observar de manera gráfica el número de encuestados por cada respuesta, respecto de la pregunta 9.

Tabla XII. **¿Qué opina respecto de que mediante la utilización de la tecnología Li-Fi, cualquier bombilla (de preferencia led) pueda convertirse en emisor o enrutador luminoso de forma barata y simple?**

Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Muy impresionante	70
Impresionante	29
Que bien	11

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XII se observa que 70 personas quedaron muy impresionadas con la pregunta; a 29 personas les impresionó en cierta manera y a 11 no les causó mayor impacto el dato; con ello se puede mencionar que la mayoría de personas se fija en el factor económico y en la simpleza de la instalación de los dispositivos; la utilización de esta tecnología en poco tiempo estará en todo lugar y la manera de utilizar los dispositivos electrónicos revolucionará.

Tabla XIII. **¿Utilizaría la tecnología Li-Fi en su hogar?**

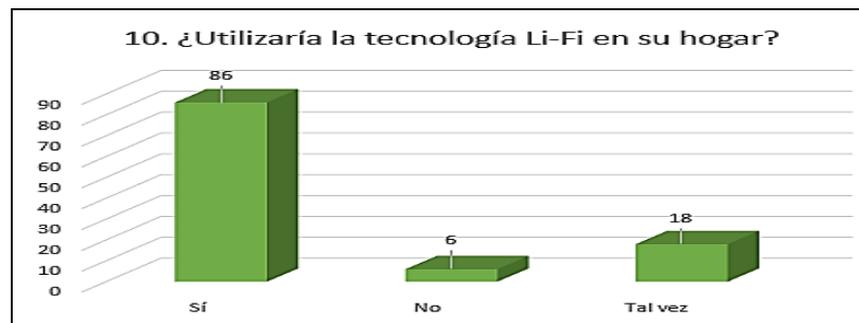
Respuesta	Cantidad de personas de 110 encuestadas
Sí	86
No	6
Tal vez	18

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIII se puede observar que de los 110 encuestados, 86 , sí utilizarían la tecnología Li-Fi; 6 no la utilizarían y 18, tal vez (tienen dudas); con ello se puede concluir que la tecnología Li-Fi, por mayoría, es aceptada por las personas, ya que reconocen las grandes ventajas, características y beneficios que traería a sus vidas; en poco tiempo la tecnología estará en todo lugar; mediante su desarrollo y mejora; la tecnología Li-Fi será utilizada por diversos dispositivos en su totalidad.

En la figura 15 se observa de manera gráfica el número de personas por respuesta respecto de la pregunta 10.

Figura 15. **Representación gráfica, pregunta 10**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. **Discusión de resultados**

Gracias a la tabulación de datos y al análisis que se realizó respecto de los resultados obtenidos por las encuestas realizadas a las 110 personas, se observan diferentes comportamientos, en su mayoría positivos en relación con la tecnología Li-Fi.

Debido que la tecnología Li-Fi no ha sido mencionada frecuentemente por los medios de comunicación, la mayoría de personas desconoce qué es, cómo funciona, ventajas, desventajas y demás aspectos relacionados con la misma. Al observar los resultados de las personas después de comentarles ciertas características innovadoras de la tecnología, en su mayoría respondieron con un gran impacto positivo.

En los resultados de las personas encuestadas se observó un patrón, en el que lideraba la preferencia de las personas, por el ahorro en la economía y la velocidad sorprendente, que Li-Fi proporciona.

Entonces, con los resultados obtenidos se puede concluir que la mayoría de personas utilizaría Li-Fi sin dudarlo, debido a los beneficios en seguridad, facilidad de uso, grandes velocidades, entre otros; gracias a los nuevos avances tecnológicos y conceptos como el internet de las cosas, la tecnología Li-Fi revolucionará en el mercado tecnológico, marcando una nueva tendencia en la forma de transmitir los datos e información; la utilización de la comunicación por luz visible y el surgimiento de nuevos servicios pronto será inminente.

Con ello lo mejor sería realizar un seguimiento respecto de los avances que durante los últimos años se han realizado, motivando a las personas por medio de conferencias, charlas informativas, entre otras, para que se adentren a esta nueva tecnología de comunicación inalámbrica.

Con inversión económica para su desarrollo, mejora y aplicación en los diversos ámbitos del país, las personas se beneficiarían con las grandes ventajas que proporciona la tecnología, facilitando la realización de las actividades diarias, con una nueva forma de conectarse al internet, a través de

los dispositivos que actualmente se conocen y que en un futuro cercano se conocerán.



## CONCLUSIONES

1. Li-Fi, al transmitir la información a través del haz de luz, permite alcanzar velocidades de transmisión de gran rapidez y debido a su corto alcance de transmisión, es una tecnología casi invulnerable.
2. Gracias a la implementación de la tecnología Li-Fi, disminuirá la saturación del espectro electromagnético, permitiendo así su utilización en lugares que prohíben las ondas o señales que afectan este espectro.
3. El uso de la tecnología Li-Fi y el internet de las cosas, estarán relacionados para innovar la realización de las actividades del día a día.
4. Gracias a las encuestas realizadas, se mostró que la tendencia de las personas a la utilización de la tecnología Li-Fi es inminente debido a los beneficios económicos, seguridad, grandes velocidades y demás que proporciona la tecnología.



## RECOMENDACIONES

1. Dar a conocer la tecnología Li-Fi en las diversas zonas del país, mediante conferencias o congresos, e influenciar en las personas en la mejora o utilización de la tecnología en beneficio del país de Guatemala.
2. Obtener apoyo en inversión de conocimiento y aporte económico, para experimentar, crear y aportar mejoras en dispositivos que apliquen la utilización de la tecnología Li-Fi.
3. Implementar la venta de dispositivos con Li-Fi; asimismo, zonas Li-Fi en puntos estratégicos del país, para que las personas puedan adentrarse y experimentar con la tecnología.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Actualidad. *Llega Li-Fi, el internet que viaja por la luz*. [en línea]. <<http://actualidad.rt.com/ciencias/view/148093-lifi-wifi-conexion-internet>>. [Consulta: marzo de 2015].
2. ARCHIVE, Jonathan. *Qué es la tecnología flexible y sus ventajas*. [en línea]. <<http://como-hago.org/que-es-la-tecnologia-flexible-y-sus-ventajas/>>. [Consulta: abril de 2015].
3. Área tecnología. *Nuevas tecnologías: Li-Fi*. [en línea]. <<http://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/li-fi.html>>. [Consulta: abril de 2015].
4. Aula Clic. *WIFI la comunicación inalámbrica*. [en línea]. <<http://www.aulaclic.es/articulos/wifi.html>>. [Consulta: mayo de 2015].
5. BALSECA, Vanessa. *Descripción del funcionamiento del sistema LiFi*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/electronicatc/funcionamiento-del-sistema-lifi>>. [Consulta: marzo de 2015].
6. CALZADILLA, Cristina. *VLC o comunicaciones por luz visible*. [en línea]. Disponible en: <<http://blogthinkbig.com/vlc-comunicaciones-por-luz-visible/>>. [Consulta: abril de 2015].

7. CHIN ROSADO, José Roberto. *Tecnología*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos11/tecnol/tecnol.shtml>>. [Consulta: abril de 2015].
8. CONDLIFE, Jamie. *Will Li-Fi be the new Wi-Fi*. [en línea]. <<http://www.newscientist.com/article/mg21128225.400-will-lifi-be-the-new-wifi.html#.VQZfh2iG9pw>>. [Consulta: marzo de 2015].
9. *EcuRed*. *Li-Fi*. [en línea]. <<http://www.ecured.cu/index.php/Li-Fi>>. [Consulta: abril de 2015].
10. El Universal. *Li-Fi: Transmite internet a través de la luz*. [en línea]. <<http://www.eluniversal.com.mx/computacion-tecno/2013/transmiten-internet-luz-80835.html>>. [Consulta: abril de 2015].
11. GARCÍA ÁLVAREZ, José Antonio. *Qué es un led*. [en línea]. <[http://www.asifunciona.com/fisica/ke\\_led/ke\\_led\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/fisica/ke_led/ke_led_2.htm)>. [Consulta: abril de 2015].
12. Informática moderna. *Las redes inalámbricas*. [en línea]. <[http://www.informaticamoderna.com/Redes\\_inalam.htm](http://www.informaticamoderna.com/Redes_inalam.htm)>. [Consulta: abril de 2015].
13. Ingeniatic. *PowerLine Communications*. [en línea]. <<http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/552-plc-power-line-communications>>. [Consulta: mayo de 2015].

14. Marius. *PLC (Power Line Communications)*. [en línea]. <[http://html.rincondelvago.com/plc\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/plc_1.html)>. [Consulta: mayo de 2015].
15. PÉREZ GRAU, Luis. *Ventajas y desventajas del LIFI*. [en línea]. <<http://ellifiultimatetecnologia.blogspot.com/2013/10/ventajas-y-desventajas-del-lifi.html>>. [Consulta: marzo de 2015].
16. RODRÍGUEZ, Paco. *Tecnología Li-Fi: qué es y cómo puede revolucionar las comunicaciones móviles*. [en línea]. <<http://www.xatakamovil.com/futuro/tecnologia-li-fi-que-es-y-como-puede-revolucionar-las-comunicaciones-moviles>>. [Consulta: abril de 2015].
17. VICUÑA EGÜES, María Verónica. *Tecnología Li-Fi*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/tecnologia-li-fi-light-fidelity/tecnologia-li-fi-light-fidelity.shtml>>. [Consulta: abril de 2015].
18. Weebly. *Ventajas y desventajas de las redes WiFi*. [en línea]. <<http://seguridad-en-redes-wifi.weebly.com/ventajas-y-desventajas-de-las-redes-wi-fi.html>>. [Consulta: mayo de 2015].
19. WiFi Notes. *Features of "WiFi" Technology – A new aspect in networking*. [en línea]. <<http://www.wifinotes.com/wifi-features.html>>. [Consulta: mayo de 2015].

20. Wikipedia. *IEEE 802.3*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.3](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3)>. [Consulta: abril de 2015].
21. \_\_\_\_\_. *IEEE 802.11*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)>. [Consulta: abril de 2015].
22. \_\_\_\_\_. *Internet de las cosas*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Internet\\_de\\_las\\_cosas](http://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas)>. [Consulta: abril de 2015].
23. \_\_\_\_\_. *Power Line Communications*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Power\\_Line\\_Communications#Caracter.C3.ADsticas](http://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications#Caracter.C3.ADsticas)>. [Consulta: mayo de 2015].
24. \_\_\_\_\_. *WiFi*. [en línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Wifi>>. [Consulta: mayo de 2015].
25. Xataca. *Redes PLC*. [en línea]. <<http://www.xatakahome.com/la-red-local/redes-plc-i-que-son-y-para-que-sirven>>. [Consulta: mayo de 2015].

## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Conferencia realizada**

La conferencia realizada para dar a conocer respecto a la tecnología Li-Fi fue realizada de 10:00 am-12:00 pm, en el salón 202 del edificio T-7 de la facultad de Ingeniería, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, el título de la conferencia fue: Li-Fi: el futuro de la comunicación inalámbrica.

A la conferencia asistieron 65 alumnos; durante la conferencia realizada, se explicaron diversas características, ventajas y desventajas de la tecnología Li-Fi, entre otros. En el apéndice 1a se puede observar la presentación del conferencista explicando el concepto de Li-Fi.

### Apéndice 1a. **Presentación inicial**



Fuente: salón 202, edificio T-7, Facultad de Ingeniería, USAC.

En el apéndice 1b se puede observar el salón con los estudiantes que asistieron a la conferencia.

Apéndice 1b. **Personas que asistieron a la conferencia**



Fuente: salón 202, edificio T-7, Facultad de Ingeniería, USAC.

En el apéndice 1c se puede observar el salón con los estudiantes que asistieron a la conferencia desde otro ángulo.

Apéndice 1c. **Personas que asistieron a la conferencia**



Fuente: salón 202, edificio T-7, Facultad de Ingeniería, USAC.

Al inicio de la conferencia se pasó una encuesta a las personas presentes, con una serie de preguntas; por cada pregunta se realizó análisis, observaciones y conclusiones que fueron planteados y plasmados en el capítulo 4. A continuación se observa el formato de la encuesta realizada en la conferencia.

Apéndice 1d. **Formato encuesta, parte 1**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
1863-2013

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ciencias y Sistemas  
Segundo semestre 2012

2015

---

### Encuesta Tecnología Li-Fi

**Nombre de la conferencia:** Li-Fi: el futuro de la comunicación inalámbrica

**Nombre del conferencista:** Carlos Abraham Yoque Rodríguez

Marque con una X la respuesta que considere

1. ¿Sabe qué es la tecnología Li-Fi ?	Respuesta
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

2. ¿Ha escuchado de la tecnología Li-Fi anteriormente?	Respuesta
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

3. ¿Por qué Li-Fi es seguro al transmitir la información?	Respuesta
Porque Li-Fi analiza el ambiente.	<input type="checkbox"/>
Porque Li-Fi transmite los datos a través de la luz y no atraviesa paredes.	<input type="checkbox"/>
No lo sé	<input type="checkbox"/>

4. ¿Con qué frecuencia protege la seguridad de sus datos de computadora/celular ?	Respuesta
Muy frecuente	<input type="checkbox"/>
A veces	<input type="checkbox"/>
Nunca	<input type="checkbox"/>

5. ¿De qué forma transmite Li-Fi la información y/o datos?	Respuesta
De manera inalámbrica a través de la luz.	<input type="checkbox"/>
A través de la corriente eléctrica.	<input type="checkbox"/>
No lo sé.	<input type="checkbox"/>

1 |

Fuente: elaboración propia.

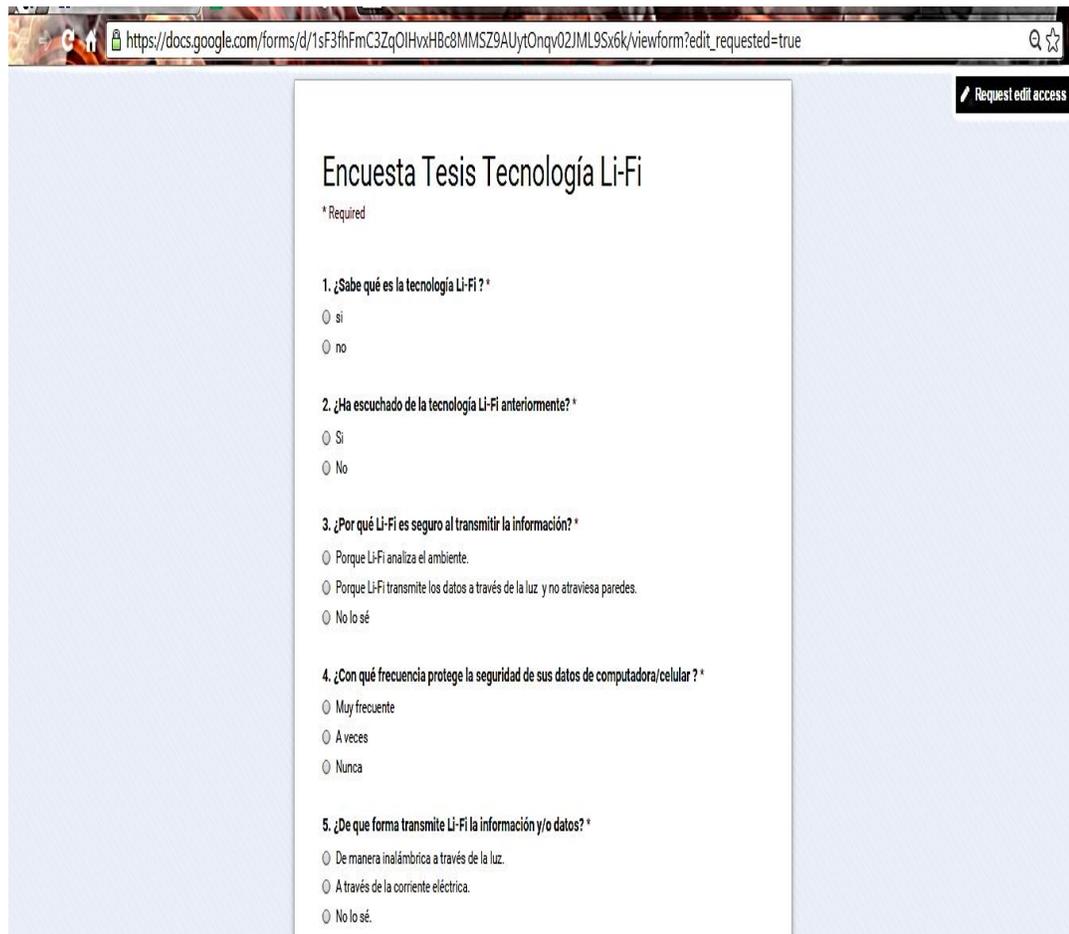
Apéndice 1e. Formato encuesta, parte 2

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ciencias y Sistemas Segundo semestre 2012	2015
<b>6. ¿Qué opina respecto que, mediante la utilización de U-Fi, se podrá descargar una película de alta resolución en tan solo 30 segundos?</b>		Respuesta
Muy impresionante		
Impresionante		
Que bien		
<b>7. ¿Utilizaría la tecnología U-Fi, al saber que es, 10 veces más barata que la tecnología Wi-Fi?</b>		Respuesta
Por supuesto		
Si		
No		
<b>8. ¿Cuántas bombillas hay en su casa?</b>		Respuesta
de 1-3		
de 3-5		
de 5-10		
más de 10		
<b>9. ¿Qué opina respecto que, mediante la utilización de la tecnología U-Fi, cualquier bombilla (de preferencia LED) pueda convertirse en emisor o router luminoso de forma barata y simple?</b>		Respuesta
Muy impresionante		
Impresionante		
Que bien		
<b>10. ¿Utilizaría la tecnología U-Fi en su hogar?</b>		Respuesta
Si		
No		
Tal vez		

Fuente: elaboración propia.

Asimismo se realizó una encuesta de manera electrónica, mediante la utilización de Google Docs. A continuación se observa el formato de la encuesta en línea.

## Apéndice 1f. Formato de encuesta en línea, parte 1



The image shows a screenshot of a Google Forms survey titled "Encuesta Tesis Tecnología Li-Fi". The survey is displayed in a browser window with the URL [https://docs.google.com/forms/d/1sF3fhFmC3ZqOIHvxHBc8MMSZ9AUytOnqv02JML9Sx6k/viewform?edit\\_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1sF3fhFmC3ZqOIHvxHBc8MMSZ9AUytOnqv02JML9Sx6k/viewform?edit_requested=true). The survey contains five questions, each with radio button options. A "Request edit access" button is visible in the top right corner of the form area.

**Encuesta Tesis Tecnología Li-Fi**

\* Required

1. ¿Sabe qué es la tecnología Li-Fi? \*

- si
- no

2. ¿Ha escuchado de la tecnología Li-Fi anteriormente? \*

- Si
- No

3. ¿Por qué Li-Fi es seguro al transmitir la información? \*

- Porque Li-Fi analiza el ambiente.
- Porque Li-Fi transmite los datos a través de la luz y no atraviesa paredes.
- No lo sé

4. ¿Con qué frecuencia protege la seguridad de sus datos de computadora/celular? \*

- Muy frecuente
- A veces
- Nunca

5. ¿De que forma transmite Li-Fi la información y/o datos? \*

- De manera inalámbrica a través de la luz.
- A través de la corriente eléctrica.
- No lo sé.

Fuente: elaboración propia, con hoja de cálculo de Google Docs.

## Apéndice 1g. Formato de encuesta en línea, parte 2

6. ¿Qué opina respecto que, mediante la utilización de Li-Fi, se podrá descargar una película de alta resolución en tan solo 30 segundos? \*

Muy impresionante

Impresionante

Que bien

7. ¿Utilizaría la tecnología Li-Fi al saber que es, 10 veces más barata que la tecnología Wi-Fi? \*

Por supuesto

si

no

8. ¿Cuántas bombillas hay en su casa? \*

de 1-3

de 3-5

de 5-10

mas de 10

9. ¿Qué opina respecto que, con la tecnología Li-Fi, cualquier bombilla (de preferencia LED) pueda convertirse en emisor o router luminoso de forma barata y simple? \*

Muy impresionante

Impresionante

Que bien

10. ¿Utilizaría la tecnología Li-Fi en su hogar? \*

Si

No

Talvez

100%: You made it.

Fuente: elaboración propia, con hoja de cálculo de Google Docs.

La encuesta en línea fue respondida por 62 personas y la encuesta durante la conferencia fue respondida por 48 personas; en total 110 personas contestaron la encuesta.

El *link* para la encuesta fue:  
[https://docs.google.com/forms/d/1sF3fhFmC3ZqOIHvxHBc8MMSZ9AUytOnqv02JML9Sx6k/viewform?edit\\_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1sF3fhFmC3ZqOIHvxHBc8MMSZ9AUytOnqv02JML9Sx6k/viewform?edit_requested=true); el patrón y resultados obtenidos se

enfocaron en que las personas sin dudar utilizarían la tecnología Li-Fi, específicamente por la economía, seguridad y grandes velocidades que proporciona.

