



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y  
COMPUTACIONALES**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN VÍA LUZ LI-FI, PARA LA  
TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE UN WEB SERVICE”**

**Autor:**

Moreno Iza Gino Paúl

**Tutor:**

Ing. MSc. Rubio Jorge

Latacunga - Ecuador

2018



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Informática Y Sistemas  
Computacionales

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **MORENO IZA GINO PAÚL** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN VÍA LUZ LI-FI, PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE UN WEB SERVICE”**, siendo el Ing. MSc. Jorge Rubio tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

**Moreno Iza Gino Paúl**

**C.I: 0503891772**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Informática Y Sistemas  
Computacionales

### AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de tutor de investigación sobre el título: **“PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN VÍA LUZ LI-FI, PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE UN WEB SERVICE”**. De **Gino Paúl Moreno Iza** de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a evaluación del tribunal de validación de proyecto que el honorable consejo académico de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 07 de Febrero de 2018

Ing. MSc. Jorge Rubio

C.I: 0503232292



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Informática Y Sistemas  
Computacionales

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Estimado(a)

Ing. MsC. Mayra Albán

**Director de Carrera**

Presente.

En cumplimiento con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título **“PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN VÍA LUZ LIFI, PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE UN WEB SERVICE”**, propuesto por el estudiante **MORENO IZA GINO PAÚL** de la Carrera de **INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES**, me permito indicar que el estudiante ha incluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Sustentación Final de su Proyecto de Investigación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

**Lector 1 (Presidenta)**

Nombre: *Mayra Iza*  
CC: *0501957617*

**Lector 2**

Nombre: *Edwin Lajin*  
CC: *0502563572*

**Lector 3**

Nombre: *Ben Cevallos*  
CC: *0502554427*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme la vida y las capacidades necesarias para culminar una etapa importante en mi crecimiento como persona y como profesional.

A mis docentes por guiarme en la formación de mis actitudes y aptitudes, por haberme compartido sus conocimientos, sus experiencias, y a mi querida universidad por ser testigo de mi desarrollo personal.

Paúl

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres y a mi hermana que siempre de alguna u otra forma están apoyándome, motivándome a seguir adelante luchando por alcanzar mis sueños. Eterno agradecimiento a ellos por ser pilares fundamentales para cumplir mis propósitos.

Paúl

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR FR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
1. INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS.....	4
6.1. Objetivo general.....	4
6.2. Objetivos específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1. Antecedentes.....	6
8.2. Tecnologías de Comunicación Inalámbrica.....	9
8.3. Las técnicas de acceso múltiple.....	9
8.3.1. FDMA.....	10
8.3.2. TDMA.....	10
8.3.3. CDMA.....	10
8.3.4. WI-FI.....	11
8.4. La linealidad de la luz.....	11
8.5. Li-Fi.....	12
8.5.1. ¿Cómo funciona la tecnología Li-Fi?.....	12
8.5.2. Ventajas.....	13
8.5.3. Desventajas Li-Fi.....	13
8.5.4. Futuro de Li-Fi.....	14
8.5.5. Dispositivos de recepción Li-Fi.....	14
8.5.6. Normas del Li-Fi.....	15

8.6. Transmisión de Datos en Serie .....	16
8.7. Transmisión Serial y Paralelo.....	16
8.8. Sincronización .....	17
8.8.1. Transmisión asincrónica.....	17
8.8.2. Transmisión sincrónica .....	17
8.9. Diodo Led .....	18
8.10. Fotodiodo.....	18
8.11. Arduino Uno .....	19
8.12. Arduino Ethernet Shield .....	20
9. HIPÓTESIS.....	21
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
10.1. Metodología descriptiva.....	22
10.2. Población .....	22
10.3. Muestra .....	22
10.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
10.4.1. Diseño del sistema emisor .....	23
10.4.1.1. Lógica de transmisión de datos .....	23
10.4.2.1. Lógica de recepción de datos.....	25
10.5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN LIFI .....	26
10.5.1. Montaje del módulo shield Ethernet en el Arduino Uno.....	26
10.5.2. Implementación del sistema emisor.....	27
10.5.3. Implementación del sistema receptor.....	27
10.5.4. Implementación del sistema emisor – receptor .....	28
10.5.5. Codificación del emisor .....	29
10.5.6. Codificación del receptor.....	30
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	30
11.1. Encuesta .....	31
11.1. Análisis de la encuesta aplicada.....	32
11.3. Análisis técnico operativo .....	35
11.3.1. Pruebas de comunicación .....	35
11.3.2. Señal del transmisor.....	38
11.3.3. Señal del receptor.....	38
12. IMPACTOS TÉCNICOS Y SOCIALES.....	39

12.1. Impacto técnico .....	39
12.2. Impacto social .....	39
12.3. Impacto ambiental.....	39
12.4. Impacto económico .....	39
13. PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	39
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
14.1. Conclusiones .....	41
14.2. Recomendaciones.....	41
15. BIBLIOGRAFÍA.....	42
16. ANEXOS.....	45

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	5
Tabla 2. Equipos y costo de mano de obra.....	40
Tabla 3. Material utilizado por el investigador para el prototipo Li-Fi.....	40

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La linealidad de la luz .....	11
Figura 2. LI-FI.....	12
Figura 3. Diodo Led.....	18
Figura 4. Modulo Fotodiodo.....	19
Figura 5. Modulo Arduino Uno .....	20
Figura 6. Módulo Shield Ethernet .....	21
Figura 7. Esquema del sistema emisor .....	23
Figura 8. Lógica de transmisión de datos.....	24
Figura 9. Esquema de sistema de recepción .....	25
Figura 10. Esquema de sistema de recepción .....	26
Figura 11. Montaje del módulo shield Ethernet en el Arduino Uno .....	27
Figura 12 Implementación del sistema emisor .....	27
Figura 13. Implementación del sistema receptor.....	28
Figura 14 Implementación del sistema emisor – receptor.....	28
Figura 15. Codificación del emisor .....	29

Figura 16. Codificación del receptor .....	30
Figura 17. Representación del porcentaje de la primera pregunta.....	32
Figura 18. Representación del porcentaje de la segunda pregunta.....	33
Figura 19. Representación del porcentaje de la tercera pregunta.....	33
Figura 20. Representación del porcentaje de la cuarta pregunta.....	34
Figura 21. Representación del porcentaje de la quinta pregunta.....	34
Figura 22. Representación del porcentaje de la sexta pregunta.....	35
Figura 23. Disposición del transmisor y receptor a una distancia de 10 cm .....	36
Figura 24. Visualizadores del transmisor y receptor servidor y cliente web.....	366
Figura 25. Disposición del transmisor y receptor a una distancia de 40 cm .....	377
Figura 26. Visualizadores del transmisor y receptor servidor y cliente web, a distancia máxima .....	377

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.

**TÍTULO:** “Prototipo de comunicación vía luz Li-Fi, para la transmisión de datos mediante un web service”

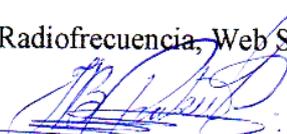
**Autor:** Moreno Iza Gino Paúl

## RESUMEN

La transmisión de datos vía luz Li-Fi es una alternativa que se da para el Wi-Fi, es decir, se pretende tener como punto de acceso a datos a una lámpara que de luz a un ambiente y de esta manera tener una dualidad, es decir, iluminación e información. Esta nueva tecnología pretende ser la revolución de las comunicaciones, dando índices de transmisión de datos a grandes velocidades, prometiendo ser un duro rival para la comunicación Wi-Fi. La importancia de remplazar el espectro de radiofrecuencia con el de la luz es una investigación que pretende desarrollar el tema de seguridad y velocidad en la comunicación de datos, el cual será base para futuras indagaciones de grupos investigativos o estudiantes sumergidos en los sistemas de comunicación. El problema se palpa en la saturación de la existente red Wi-Fi, debido a la alta demanda de conexión por parte de los usuarios. Mediante un prototipo de comunicación Li-Fi se comprobará la comunicación mediante luz visible, el cual se sustenta en la investigación descriptiva y finalmente la visualización del resultado a través de un web service. El grado de conocimientos acerca de la tecnología Li-Fi en la universidad Técnica de Cotopaxi, se verifico mediante el instrumento de investigación a una determinada muestra de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas, el cual indica la aceptación de la nueva tecnología. Los impactos mencionados en el presente proyecto indican el efecto que provoca el estudio y desarrollo de comunicación a través de a luz led, se menciona su aceptación y controversia en cuanto a costo y servicio. Se comprueba que es posible utilizar como medio de comunicación a la luz, teniendo como resultado que la tecnología Li-Fi posee ventajas e inconvenientes, todo depende del lugar o espacio donde se pretenda ubicar.

### Palabras claves:

- Comunicación, Li-Fi, Espectro de Radiofrecuencia, Web Service, Tecnología.

  
**Ing. MSc. Jorge Rubio**

**C.I: 0503232292**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.

**THEME: “Prototype of communication via Li-Fi light, for data transmission by a web service”**

**Author:** Moreno Iza Gino Paúl

## ABSTRACT

The via Li-Fi light, data transmission, is an alternative which is given for the wifi, so it is intended to take as an access point to data to a light bulb to an environment and in this way have a duality, that is to say, lighting and information. This new technology is intended to be the communications revolution, giving data transmission rates at high speeds, promising to be a tough opponent for communication. The importance of replacing the radio frequency spectrum of the light is a research that aims to develop the security and speed in data communication, which will be the basis for future investigations of research groups or students immersed in communication systems. The problem is palpable in the saturation of the existing Wi-Fi network, due to the high demand for connection on the part of the users. Using a Li-Fi prototype communication will test the communication using visible light, which is based on the descriptive research and finally the display of the result through a web service. The knowledge level about Li-Fi Technology at the Technical University of Cotopaxi was verified by the research tool to a particular sample of Systems Engineering students, which indicates their acceptance of the new technology. The impacts cited in this research indicate the effect that causes the study and development of communication through a led light, mention is made of their acceptance and controversy in terms of cost and service. It is found that it is possible to use as a means of communication in the light, with the result that the Li-Fi technology has advantages and disadvantages; it all depends on the place or space where you intend to locate.

### Key words:

- Communication, Li-Fi, Radio Frequency Spectrum, Web Service, Technology.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales: **MORENO IZA GINO PÁUL**, cuyo título versa **“PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN VÍA LUZ LI-FI, PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE UN WEB SERVICE”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero del 2018

Atentamente,

Lic. Lidia Rebeca Yugla Lema  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050265234-0**



## **1. INFORMACIÓN GENERAL:**

### **Título del proyecto:**

Prototipo de comunicación vía luz Li-Fi, para la transmisión de datos mediante un web service.

### **Fecha de Inicio:**

Octubre de 2017

### **Fecha de finalización:**

Febrero de 2018

### **Lugar de ejecución:**

Latacunga -Ecuador

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computacionales

### **Equipo de Trabajo:**

Datos personales del coordinador de proyecto de investigación:

Nombres: Jorge Bladimir

Apellidos: Rubio Peñaherrera

Fecha de nacimiento: 16 de mayo de 1976

Teléfonos: 0995220308

E-mail: jorge.rubio@utc.edu.ec

Estudios: Universidad Técnica de Cotopaxi

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato.

Títulos obtenidos:   Ingeniero en Informática y Sistemas Computacionales  
Diploma Superior en Gerencia Informática  
Magister en Gerencia Informática mención Desarrollo de Software y  
Redes

Datos Personales del Autor:

Nombres: Gino Paúl

Apellidos: Moreno Iza

Fecha de nacimiento: 03 de diciembre de 2017

C.C: 0503891772

Teléfono: 0939872386

Correo electrónico: gino.moreno2@utc.edu.ec

Estudios: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)

**Área de conocimiento:**

Diseño de Producto.

**Línea de investigación:**

Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS)

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad dar a conocer la comunicación de datos mediante luz visible, también conocido como Li-Fi, donde se sustenta en la investigación descriptiva y en el diseño experimental para obtener como resultado final un prototipo, el cual demuestre el proceso de transmitir datos a través de un web service.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La sociedad actual ha gozado de grandes avances en el tema de telecomunicaciones, ya sean alámbricas o inalámbricas, transmisión a grandes velocidades, los sistemas de telecomunicaciones se han saturado de usuarios lo cual afecta enormemente el desempeño de las mismas; adicionalmente entran en juego temas de conservación del medio ambiente, de conservación energética, y un aspecto muy importante es el del colapso del campo electromagnético usado en este caso por las redes inalámbricas a través de señales de radiofrecuencia.

Por lo tanto se propone transmitir datos inalámbricamente en un web service, mediante un prototipo de comunicación Li-Fi. Dentro de las características se encuentra que no maneja el espectro radioeléctrico como lo hacen en su mayoría las actuales redes inalámbricas sino que su difusión y transmisión se realiza a través del espectro de la luz visible, partiendo del uso de un elemento cotidiano como lo son las bombillas tipo led como medio de transmisión. Esta nueva tecnología se convierte en un factor determinante para el desarrollo del tema de seguridad, toda vez que el acceso de los dispositivos que se encuentren bajo la luz directa del bombillo tipo led para establecer la comunicación. Por lo tanto el acceso es mucho más fiable y libre de accesos malintencionados.

Es así como, el desarrollo de este proyecto de investigación se trae a colación esta tecnología. La analizaremos y entenderemos su diseño y estructura de comunicación. Dentro de este marco de ideas es fundamental profundizar en el conocimiento y las experiencias adquiridas hasta el momento para lograr comprender en qué consiste su desarrollo y como se podría implementar, como contribución de los investigadores para el fomento de la gestión del conocimiento tecnológico, utilizando para esto los recursos físicos y humanos para lograr el éxito de la investigación.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

##### **Beneficiarios directos:**

- Los beneficiarios directos del presente proyecto son 150 estudiantes y 17 docentes de la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.

##### **Beneficiarios indirectos:**

- Grupos de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, servicios informáticos.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El presente sistema de conexión inalámbrica Wi-Fi de la universidad Técnica de Cotopaxi tiene algunas limitaciones relacionados a la velocidad de transmisión y seguridad. Entre las desventajas que se pueden clasificar está:

La velocidad de transmisión, a pesar de la gran velocidad de conexión de las redes inalámbricas estas pueden perder rapidez debido a que el router está muy lejos, mientras más lejos estás, más lenta es la conexión y la capacidad de transmisión. Ya que la velocidad de transferencia de datos del Wi-Fi es 11 Mbps (802.11b) se busca mejoras debido a la gran demanda de tráfico de información, este problema se lo identifica en horas pico en el cual los estudiantes se aglomeran en los corredores de las instalaciones de la universidad, así como al ser un espectro que cruza paredes otras personas exteriores hacen uso de la red el cual perjudica aún más el desempeño de la transmisión de datos.

#### **6. OBJETIVOS**

##### **6.1. Objetivo general**

- Demostrar la comunicación Li-Fi mediante un prototipo emisor de luz y un foto receptor para la transmisión de datos a través de un web service.

## 6.2. Objetivos específicos

- Recopilar información técnica del estado del arte.
- Elaborar un prototipo de transmisión de datos inalámbricamente desde un emisor de luz a un foto receptor.
- Diseñar un web service que presente los datos transmitidos por el prototipo.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo de comunicación Li-Fi.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

La tabla 1 que se presenta a continuación describe la correlación directa entre cada uno de los objetivos, las actividades que los mismos involucran, los resultados de estas actividades y sus respectivos medios de verificación con el fin de obtener una secuencia lógica en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

**Tabla 1.** Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivo	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Recopilar información técnica del estado del arte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información bibliográfica de:</li> <li>• Libros, artículos científicos, tesis, páginas web.</li> <li>• Lectura crítica de la información recogida.</li> <li>• Escritura de la fundamentación teórica del proyecto de investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentación teórica del proyecto de investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros</li> <li>• Investigación Documental</li> </ul>
Elaborar un prototipo de transmisión de datos inalámbricamente desde un emisor de luz a un foto receptor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de un circuito de control de iluminación.</li> <li>• Implementación de un circuito de recepción de luminosidad.</li> <li>• Programación de códigos de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envío de información entre dos dispositivos inalámbrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipos</li> <li>• Investigación Documental</li> </ul>

	transmisión.		
Diseñar un web service, para visualizar los datos enviados y recibidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de un sitio web para la emisión y uno para recepción de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envió de información desde un entorno amigable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipos</li> <li>• Investigación Documental</li> </ul>
Implementar el prototipo de comunicación Li-Fi en el laboratorio de redes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envió de información entre dos dispositivos inalámbrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipos</li> <li>• Investigación Documental</li> </ul>
Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo de comunicación Li-Fi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar los datos que envía el emisor hacia el receptor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envió de información entre dos dispositivos inalámbricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipos</li> <li>• Investigación Documental</li> </ul>

**Fuente:** El investigador

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1. Antecedentes

La historia de la utilización de la luz como medio de transmisión de información se remonta al año 1880, cuando Alexander Graham Bell realizó, por primera vez en la historia, la transmisión de un mensaje de voz utilizando las ondas de la luz solar como medio de transporte, a una distancia de 213 metros. (SCRIBD, 2017)

El Li-Fi es un sistema de comunicación inalámbrica que utiliza el espectro visible de la luz como medio de transmisión de datos. Es un tecnología muy nueva, ya que se dio a conocer en el año 2011, en la charla TED Global en Edimburgo, donde el doctor Harald Haas dio una charla sobre los beneficios de usar tecnologías que usen el espectro visible de luz, demostrando su uso, en un experimento en el cual con una linterna LED, logro transmitir datos a 10 Mb/s a un computador. En esta misma charla el doctor Hass bautizo a esta tecnología como Li-Fi, nombre con el que es conocida actualmente. Si bien aún no existe el Li-Fi comercialmente, la empresa francesa Oledcomm planea lanzar al mercado los primeros dispositivos Li-Fi a mediados del 2014. A su vez, países como Japón y Francia, han invertido recursos en su investigación, para llegar a usarlo de manera práctica y real, en lugares públicos, de modo de lograr ahorrar tiempo y energía. (SCRIBD, 2017)

En la Feria Internacional de Electrónica de Consumo (Consumer Electronics Show) de 2012, celebrada en la ciudad estadounidense de Las Vegas, se mostró esta tecnología, utilizando un par de teléfonos inteligentes para intercambiar datos y variando la intensidad de la luz de sus pantallas, con una separación máxima de diez metros. (SCRIBD, 2017)

Se ha demostrado, además, que el Li-Fi es más seguro que el Wi-Fi y no interfiere con otros sistemas, por lo que podría usarse sin problemas por ejemplo en un avión, pero aún tiene un gran inconveniente, y es que la luz no puede atravesar paredes. (SCRIBD, 2017)

En cuanto a investigaciones relacionadas al tema Evelyn Aravena (2013) también al realizar su investigación “Un análisis a Li-Fi y otras tecnologías”. Es por esto que la ciencia y la tecnología se han visto obligadas a entregar herramientas innovadoras. Es por eso que muestra que hay nuevas tecnologías que son nuevas e innovadoras pero debido a la confianza y la costumbre depositada en ciertas líneas de productos, generan desconfianza en cualquier tecnología que se salga mucho del estereotipo. Por eso concluye que será un desafío para las personas, debido a la falta de conocimiento que muchas veces se da acerca del tema, y también debido a estereotipos tecnológicos que les hacen desconfiar de tecnologías diferentes.

La tecnología de comunicación de luz visible se expuso en el año 2012 utilizando el novedoso Li-Fi. En agosto del año 2013, se demostró que con un solo led se podían transmitir más de 1,6 Gbps. En septiembre del año 2013, se publicó una noticia en los periódicos que anunciaba que la tecnología Li-Fi y los sistemas de comunicación de luz visible en general, no dependen de una línea directa para la transmisión. En octubre del año 2013, se conoce que hay empresas de nacionalidad China que están trabajando en kits de desarrollo de Li-Fi. (SCRIBD, 2017)

En abril del año 2014, la empresa rusa Stins Coman anunció el desarrollo de una red local inalámbrica Li-Fi llamado BeamCaster. Sus módulos transfieren datos a una velocidad de 1,25 gigabytes por segundo, aunque tienen previsto alcanzar velocidades de hasta 5 GB/segundo en un futuro próximo. (SCRIBD, 2017)

En febrero del año 2015 un nuevo récord fue establecido por la Universidad de Oxford, alcanzando una velocidad de transmisión de datos de 224 Gbps a través de un espectro de luz emitida por las lámparas led. (SCRIBD, 2017)

También viendo el punto de vista de un Ingeniero en electrónica Jesús Estuardo Peñafiel Peñafiel (2015) muestra “Análisis de la tecnología Li-Fi: comunicaciones por luz visible

como punto de acceso a internet, una alternativa a la transmisión de datos en las comunicaciones inalámbricas.” En el cual muestra diferentes alternativas de modelos para Li-Fi para analizar las ventajas y desventajas del uso de esta nueva tecnología. Logrando concluir que son una buena alternativa para utilizar e implementarlos, no como un remplazo para Wi-Fi, sino como una alternativa que el usuario sabrá escoger dependiendo del lugar y la necesidad, y deja en claro que debemos abrir las puertas a nuevas tecnologías y no cerrarnos en la misma como es Wi-Fi, ayudara a utilizar y aprovechar de una mejor manera el Internet. (SCRIBD, 2017)

En otro documento elaborado por Luis Andrés Combariza (2015) demuestra otro punto interesante que se debe tomar en cuenta en esta nueva tecnología en su investigación “Redes Li-Fi Comunicaciones inalámbricas rápidas y de bajo costo”. En donde muestra lo que es un hecho y solo limitamos a las tecnologías existentes hasta el día de hoy pero debido al incremento en la demanda de usuarios de internet se ha hecho necesario explorar nuevas formas de transmisión de datos donde haya una mayor velocidad de lo que las actuales tecnologías inalámbricas como Wi-Fi pueden ofrecer a los usuarios. (SCRIBD, 2017)

Recientemente en México las investigaciones y resultados sobre esta tecnología se ha dado a conocer gracias al desarrollo y pequeña implementación de Arturo Campos matemático por parte de la UNAM y fundador de la empresa Sisoft de México empresa responsable del desarrollo y que planea comercializarla en este año, Arturo Campos, plantea que algunas de las ventajas del uso de Li-Fi son, por ejemplo, que en los museos ya no será necesario comprar folletos informativos, sino que por medio de headphones enviarán información sobre las exposiciones en turno, toda vez que los visitantes caminen bajo lámparas LED programados para enviar los datos. En la industria será posible sistematizar la maquinaria de tal manera que cuando alguna no sea necesaria, por medio del LED, ésta se apague, ahorrando así energía y costos. En hospitales se utilizará para transmitir las imágenes de resonancias magnéticas, así como en los vuelos donde está prohibido el uso de teléfonos móviles en algunos momentos durante los vuelos; los semáforos y el alumbrado público podrán comunicarse con los autos para notificar de posibles riesgos y accidentes; en suma, esta tecnología contribuirá a la construcción de ciudades inteligentes. En cuanto a seguridad, la transmisión de datos no puede ser hackeada, ya que las partículas como los fotones son incapaces de ser interceptadas. Con estos ejemplos que el menciona podemos ver algunas de su ventajas y así concluir que esta tecnología podría reducir la brecha digital que padecen

México gracias a que en una comunidad hay un sólo punto Wi-Fi, si adaptamos las luminarias LED de las casas se podría distribuir la señal en cada una, permitiendo así el acceso a Internet de manera más económica, y es que cualquier lámpara con tecnología LED puede ser adaptada para recibir datos. (SCRIBD, 2017)

## **8.2. Tecnologías de Comunicación Inalámbrica**

Las comunicaciones móviles han demostrado ser una alternativa a las redes cableadas para ofrecer nuevos servicios que requieren gran ancho de banda, pero con otros beneficios como la movilidad y la ubicuidad, estar comunicado en cualquier lugar, en cualquier momento. (Meneses, 2016)

Algunos de los beneficios que brindan las comunicaciones inalámbricas en comparación con las redes cableadas son las siguientes:

- Capacidad para un gran número de suscriptores
- Uso eficiente del espectro electromagnético debido a la utilización repetida de frecuencias
- Compatibilidad a nivel nacional e internacional, para que los usuarios móviles puedan utilizar sus mismos equipos en otros países o áreas
- Prestación de servicios para aplicaciones de datos, voz y video;
- Adaptación a la densidad de tráfico; dado que la densidad de tráfico es diferente en cada punto de la zona de cobertura.
- Calidad del servicio en el caso de la voz comparable a servicio telefónico tradicional y accesible al público en general

## **8.3. Las técnicas de acceso múltiple**

Las estrategias más importantes para aumentar el número de usuarios en un sistema basado en celdas radican principalmente en la técnica de acceso múltiple que el sistema emplee. Las técnicas de acceso múltiple en un sistema inalámbrico permiten que varios usuarios puedan estar accediendo simultáneamente un canal o un grupo de frecuencias, lo que permite el uso eficiente del ancho de banda. (Turmero, 2014)

### **8.3.1. FDMA**

Los sistemas celulares basados en FDMA formaron la base de los primeros sistemas celulares en el mundo. FDMA fue implementada en la banda de 800 MHz utilizando un ancho de banda de 30 kHz por canal.

FDMA subdivide el ancho de banda en frecuencias, cada frecuencia sólo puede ser usada por un usuario durante una llamada. Debido a la limitación en ancho de banda, esta técnica de acceso es muy ineficiente ya que se saturan los canales al aumentar el número de usuarios alrededor de una celda. (Obiols, 2012)

### **8.3.2. TDMA**

Los sistemas bajo TDMA utilizan el espectro de manera similar a los sistemas FDMA, con cada radio base ocupando una frecuencia distinta para transmitir y recibir. Sin embargo, cada una de estas dos bandas es dividida en tiempo (conocidas como ranuras de tiempo) para cada usuario en forma de round-robin. Por ejemplo, TDMA de tres ranuras divide la transmisión en tres periodos de tiempo fijos (ranuras), cada una con igual duración, con una asignación particular de ranuras para transmisión para uno de 3 posibles usuarios. Este tipo de metodología requiere una sincronización precisa entre la terminal móvil y la radio base. Como puede verse en este esquema de tres ranuras por canal, se incrementa en un factor de tres la capacidad de TDMA con respecto a FDMA. (Obiols, 2012)

### **8.3.3. CDMA**

La tecnología de espectro disperso está diseñada para intercambiar eficiencia en ancho de banda por confiabilidad, integridad y seguridad. Es decir, más ancho de banda es consumido con respecto al caso de la transmisión en banda angosta, pero el "trueque" ancho de banda/potencia produce una señal que es en efecto más robusta al ruido y así más fácil de detectar por el receptor que conoce los parámetros (código) de la señal original transmitida. Si el receptor no está sintonizado a la frecuencia correcta o no conoce el código empleado, una señal de espectro disperso se detectaría solo como ruido de fondo. (Obiols, 2012)

### 8.3.4. WI-FI

El Wi-Fi es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi (como una computadora personal, un televisor inteligente, una videoconsola, un teléfono inteligente o un reproductor de música) pueden conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso tiene un alcance de unos veinte metros en interiores, alcance que incrementa al aire libre. (Asale, 2017)

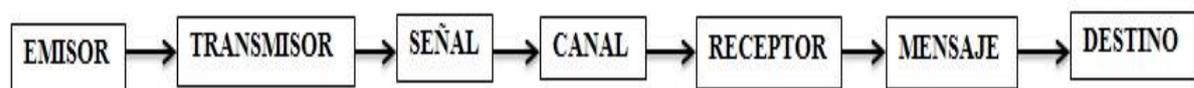
Wi-Fi es una marca de la Alianza Wi-Fi, la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen con los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local. (Asale, 2017)

### 8.4. La linealidad de la luz

En todo proceso de comunicación visual la luz es un elemento que está presente y las valoraciones que se pueden hacer de la misma son múltiples. Si bien la luz se conoce fundamentalmente por su naturaleza energética, y por su carácter imprescindible para que dicha comunicación se pueda producir, también es cierto que la luz participa directamente en el proceso comunicativo porque, desde este punto de vista, la luz contiene denotaciones y connotaciones que se integran en el mensaje. (Susperregui, 2010)

Las denotaciones y connotaciones atribuidas a la comunicación visual dependen de la naturaleza del sistema comunicativo en uso. Siguiendo el modelo clásico de la comunicación compuesto por los elementos véase la figura 1. (Susperregui, 2010)

**Figura 1.** La linealidad de la luz



**Fuente:** El investigador

Y todos estos elementos formulados a través de un código, se puede garantizar que la luz puede participar en todos y cada uno de los elementos antes señalados.

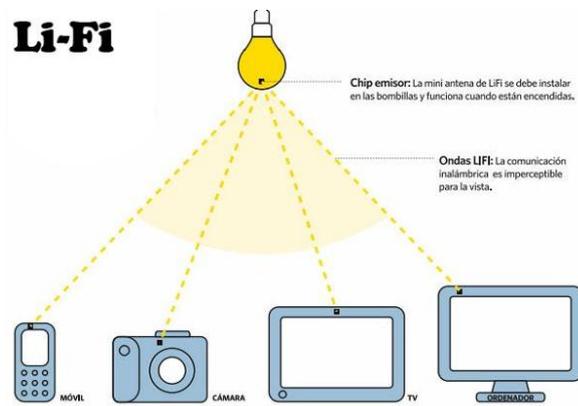
## 8.5. Li-Fi

Li-Fi hace referencia al término Light Fidelity en inglés, o lo que sería lo mismo en español Fidelidad de la Luz, es la comunicación mediante luz visible, sí, luz visible. Esta luz lo que hace es transmitir datos ultra-rápidos de luz que son recibidos por un router óptico. Es un sistema de comunicación inalámbrico al igual que el Wi-Fi pero usando como medio la luz visible en lugar de ondas electromagnéticas. (Meneses, 2016)

### 8.5.1. ¿Cómo funciona la tecnología Li-Fi?

Li-Fi significa comunicación a través de impulsos de luz visible mediante los que se transfiere información, es decir, transmitir información a través de la luz. Veamos cómo funciona esta nueva tecnología (Figura 2). (Asale, 2017)

**Figura 2. LI-FI**



**Fuente:** (Asale, 2017)

Para conseguir disfrutar de esta tecnología tenemos en la imagen una bombilla que posee un chip emisor o mini antena transmisora (parecida a la que llevan los routers tradicionales para wifi) que la convierte en un router luminoso y así esa bombilla es capaz de emitir las ondas Li-Fi que será captada por los receptores luminosos como pueden ser móviles, cámaras, televisores, ordenadores o incluso otros electrodomésticos inteligentes. Las ondas o impulsos luminosos que emite la bombilla sólo se emiten cuándo la bombilla está encendida y son imperceptibles para la vista humana.

Lógicamente es imprescindible tener una conexión a internet para que la antena de la bombilla transmita la información al resto de receptores de una vivienda u oficina.

Lo único que necesitamos hacer es encajar un pequeño microchip a cada dispositivo de iluminación (bombilla LED). Luego combinar dos funciones básicas: la iluminación y la transmisión inalámbrica de datos. (Asale, 2017)

### **8.5.2. Ventajas**

- Puede ofrecer velocidades de 500 mbps (megabits por segundo), es decir, casi 10 veces más rápido que la fibra óptica empleada por el Wi-Fi.
- Es más barato que el Wi-Fi, se dice que hasta 10 veces más barato.
- Cualquier bombilla o farola puede convertirse en un hotspot o router luminoso de forma barata y sencilla, poniéndole un simple emisor Li-Fi.
- La luz, al no atravesar paredes, es mucho más segura que el Wi-Fi. Se puede utilizar en sitios muy preocupados por la seguridad como en los bancos.
- No requiere las cotizadas frecuencias radioeléctricas que requiere el Wi-Fi. La comunicación por radiofrecuencia requiere circuitos de radio, antenas y receptores complejos, mientras que Li-Fi es mucho más simple y utiliza métodos de modulación directas similares a las utilizadas en los dispositivos de comunicaciones de infrarrojos de bajo costo, tales como los mandos a distancia.
- Ausencia de cables.
- La luz eléctrica no molesta ni interfiere en la comunicación, no provoca interferencias con otros sistemas.
- No satura las bandas de frecuencia empleadas para la transmisión de información vía Wi-Fi.
- Es energéticamente más eficiente que el Wi-Fi

### **8.5.3. Desventajas Li-Fi**

- No funciona bajo la luz solar directa.
- No atraviesa tabiques o paredes.
- No funciona con la luz apagada lo que puede dar a un aumento en tu tarifa de luz.
- Solo funciona con aquellos dispositivos (tablets, móviles, etc.) que tengan un receptor para tal tecnología, es decir, que cuenten con un receptor capaz de descodificar la señal luminosa.

#### **8.5.4. Futuro de Li-Fi**

Según van avanzando las investigaciones en este campo podemos casi afirmar que esta tecnología puede reemplazar al Wi-Fi sin ningún tipo de duda. Esta tecnología está en fase experimental pero estamos casi seguros con lo rápido avanza todo, más rápido casi que la propia luz, no nos extrañará nada que en unos pocos años pueda cambiar para siempre la forma en que nos conectamos a internet en nuestros hogares. No estaría mal dejar nuestro móvil debajo de una simple lámpara mientras está cargando, o mientras estamos navegando sin tener problemas de conectividad como pasa muchas veces con el Wi-Fi. Todo se verá con el tiempo...pero os lanzamos una pregunta al aire. (Rodríguez, 2015)

#### **8.5.5. Dispositivos de recepción Li-Fi**

Aunque la tecnología de Li-Fi puede aplicarse a cualquier dispositivo de comunicaciones fijo y móvil, es en el teléfono inteligente donde puede encontrar un gran potencial, tanto dentro como fuera del hogar. Dentro porque permite redes sencillas, potentes y teóricamente baratas que pueden llegar a todos los rincones de una habitación por medio de una bombilla en el techo. (Rodríguez, 2015)

Y fuera porque son una estupenda opción para desplegar sistemas de información ad-hoc sin usar WiFi, con información personalizada que llegará directamente a nuestros terminales. Por ejemplo, hace unos días os comentábamos una alternativa a los códigos QR que podría usar esta tecnología por luz visible para llevar información a los móviles.

Pero ya se piensa en instalar Li-Fi en lugares de gran afluencia de público, como en bibliotecas, museos, estadios deportivos, centros comerciales, etc. Por ejemplo, imaginad el caso típico de que vamos a la compra y al pasar por un pasillo, bajo una luz que aparentemente es normal, o junto a un producto específico nos llega una alerta al móvil de que está rebajado.

O si queremos conocer más detalles sobre sus características y funcionamiento, simplemente estando bajo la luz que lo ilumina podemos entrar en su ficha técnica y ver vídeos demostrativos del producto. Pero además, Li-Fi puede usarse en elementos del mobiliario urbano, como en farolas, marquesinas, etc. y como sistema de publicidad en los negocios del barrio.

Por supuesto, para que todo esto sea posible es necesario que los móviles cuenten con sistemas de recepción de esta luz LED instalados preferiblemente en la parte frontal de los terminales. (Rodríguez, 2015)

#### **8.5.6. Normas del Li-Fi**

Como la tecnología Wi-fi, la Li-Fi es inalámbrica y utiliza protocolos similares IEEE 802.11; con la diferencia de que se comunica mediante luz visible, que tiene un ancho de banda mucho más amplio, en lugar de las ondas de radiofrecuencia.

El protocolo de comunicación mediante luz visible es el que establece el IEEE 802. Aunque el estándar IEEE 802.15.7 está obsoleto ya que no considera los últimos avances tecnológicos sobre comunicaciones ópticas inalámbricas, en particular con la introducción de métodos de modulación óptica múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDM) que se han optimizado para velocidades de datos, acceso múltiple y eficiencia energética.<sup>33</sup> La introducción de OFDM significa que se requiere una nueva unidad para la normalización de las comunicaciones inalámbricas ópticas. (Llori, 2016)

No obstante, el estándar IEEE 802.15.7 define la capa física (conocido por las siglas PHY del inglés physical layer) y la capa de control de acceso al medio (conocido por las siglas MAC del inglés Media Access Control). El estándar es capaz de ofrecer suficiente velocidad de datos para transmitir servicios de audio, vídeo y multimedia. Teniendo en cuenta la movilidad de transmisión óptica, su compatibilidad con la iluminación artificial presente en infraestructuras, y la interferencia que pueda generarse por la iluminación ambiente. Los permisos de capa MAC utilizando el enlace con las otras capas como con el protocolo TCP/IP. (Llori, 2016)

El estándar define tres capas PHY con diferentes tipos:

- La capa PHY que se estableció para uso al aire libre y trabaja desde 11,67 kbit/s a 267,6 kbit/s.
- La capa PHY II permite alcanzar velocidades de datos a partir de 1,25 Mbit/s a 96 Mbit/s.
- La capa PHY III se utiliza para muchas fuentes de emisiones con un método de modulación particular llamada modulación por desplazamiento de color (CSK). PHY III puede ofrecer velocidades de 12 Mbit/s hasta 96 Mbit/s

Los formatos de modulación reconocidos por PHY I y PHY II son de modulación digital de amplitud (conocidos como OOK, acrónimo en inglés de “on-off keying”, Manipulación Encendido-Apagado) y modulación por posición de pulso variable (conocido como PPM, acrónimo de “Pulse Position Modulation”). La codificación Manchester utilizada para las capas PHY I y PHY II incluye la señal reloj dentro de los datos transmitidos mediante la representación de un valor 0 con un símbolo OOK “01” y un valor 1 con un símbolo OOK “10”. (Llori, 2016)

### **8.6. Transmisión de Datos en Serie**

En este tipo de transmisión los bits se trasladan uno detrás del otro sobre una misma línea, también se transmite por la misma línea.

Este tipo de transmisión se utiliza a medida que la distancia entre los equipos aumenta a pesar que es más lenta que la transmisión paralelo y además menos costosa. Los transmisores y receptores de datos serie son más complejos debido a la dificultad en transmitir y recibir señales a través de cables largos. (Pauling, 2016)

La conversión de paralelo a serie y viceversa la llevamos a cabo con ayuda de registro de desplazamiento.

La transmisión serie es síncrona si en el momento exacto de transmisión y recepción de cada bit está determinada antes de que se transmita y reciba y asíncrona cuando la temporización de los bits de un carácter no depende de la temporización de un carácter previo. (Pauling, 2016)

### **8.7. Transmisión Serial y Paralelo**

Los dos tipos de transmisión que se pueden considerar son serie y paralelo. Para transmisión serial los bits que comprenden un carácter son transmitidos secuencialmente sobre una línea; mientras que en la transmisión en paralelo los bits que representan el carácter son transmitidos serialmente. Si un carácter consiste de ocho bits, entonces la transmisión en paralelo requerirá de un mínimo de ocho líneas. Aunque la transmisión en paralelo se usa extensamente en transmisiones de computadora a periféricos, no se usa aparte que en transmisiones dedicadas por el costo que implica el uso de circuitos adicionales. (Martínez, 2011).

La transmisión serial es más lenta que la paralela puesto que se envía un bit a la vez. Una ventaja significativa de la transmisión serial en relación a la paralela es un menor costo del cableado puesto que se necesita un solo cable se tiene un octavo del costo que se ocuparía para transmisión paralela. Este ahorro en costo se vuelve más significativo conforme sean mayores las distancias requeridas para la comunicación. (Martínez, 2011)

## **8.8. Sincronización**

La sincronización es el proceso de temporización de la transmisión serie para identificar los datos que se envían correctamente. (Vialfa, 2017)

### **8.8.1. Transmisión asincrónica**

Es también conocida como Star/stop. Requiere de una señal que identifique el inicio del carácter y a la misma se la denomina bit de arranque. También se requiere de otra señal denominada señal de parada que indica la finalización del carácter o bloque.

Generalmente cuando no hay transmisión, una línea se encuentra en un nivel alto. Tanto el transmisor como el receptor, saben cuál es la cantidad de bits que componen el carácter.

Los bits de parada son una manera de fijar qué delimita la cantidad de bits del carácter y cuando se transmite un conjunto de caracteres, luego de los bits de parada existe un bit de arranque entre los distintos caracteres. (Vialfa, 2017)

### **8.8.2. Transmisión sincrónica**

En este tipo de transmisión es necesario que el transmisor y el receptor utilicen la misma frecuencia de clock en ese caso la transmisión se efectúa en bloques, debiéndose definir dos grupos de bits denominados delimitadores, mediante los cuales se indica el inicio y el fin de cada bloque.

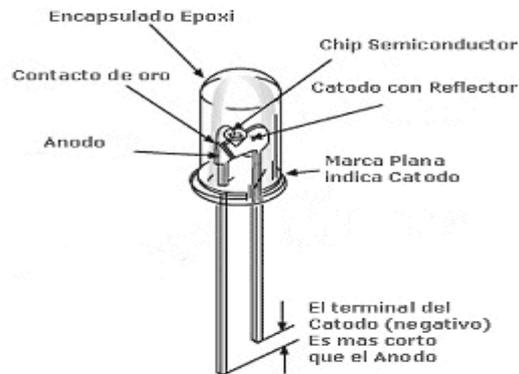
Este método es más efectivo por que el flujo de información ocurre en forma uniforme, con lo cual es posible lograr velocidades de transmisión más altas.

Para lograr el sincronismo, el transmisor envía una señal de inicio de transmisión mediante la cual se activa el clock del receptor. A partir de dicho instante transmisor y receptor se encuentran sincronizados. (Vialfa, 2017)

### 8.9. Diodo Led

Diodo emisor de luz (LED) transparente. Emite luz blanca ultra brillante debido a su composición GaN (Nitruro de galio), ideal para proyectos electrónicos, anuncios luminosos, reparación de instrumentos y más (figura 3). (Resendiz, 2015)

**Figura 3.** Diodo Led



**Fuente:** (Resendiz, 2015)

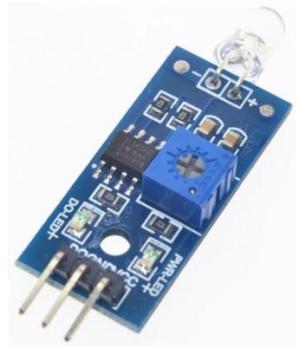
#### Características:

- Voltaje: 3,5 a 4 Vcc
- Intensidad luminosa: 600 a 800 mcd
- Corriente: 20 mA
- Angulo de iluminación: 30° respecto a la horizontal
- Diámetro: 5 mm
- Largo: 8,6 mm

### 8.10. Fotodiodo

Detección de nivel de luz (Figura 4), el brillo de la luz del sensor direccional, sólo sensor inductivo delante de la fuente de luz se utiliza para encontrar la luz mejor. (Bejarano, 2015)

**Figura 4.** Modulo Fotodiodo



Fuente: (Bejarano, 2015)

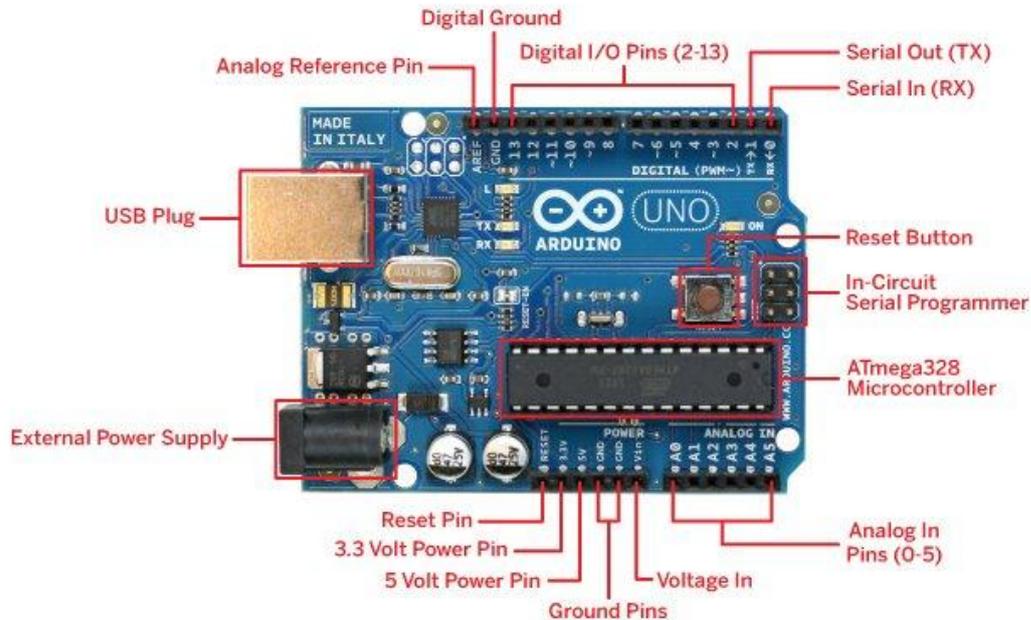
#### **Características del módulo:**

- El brillo del entorno y la intensidad de la luz puede ser detectado (comparar con la fotorresistencia, directividad es relativamente buena, puede percibir la dirección fija de la fuente de luz)
- Ajuste de Sensibilidad ajustable del potenciómetro digital azul (Figura)
- Voltaje de Funcionamiento 3.3 V-5 V
- Salidas de conmutación Digital (0 y 1)
- Con agujero de perno fijo para una fácil instalación
- Tamaño Pequeño placa PCB: 3.2 cm \* 1.4 cm/1.25 " \* 0.55"

#### **8.11. Arduino Uno**

Es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales. El elemento principal es el micro controlador ATmega328 un chip sencillo y de bajo coste que permite el desarrollo de múltiples diseños. La tarjeta Arduino, contiene para interacción con el usuario trece entradas/salidas digitales, seis entradas analógicas y un puerto serial que permite realizar comunicación con periférico, además de un puerto serial una conexión USB (figura 5). (Massimo Banzi, 2005).

**Figura 5.** Modulo Arduino Uno



**Fuente:** (Massimo Banzi, 2005)

### Características del módulo:

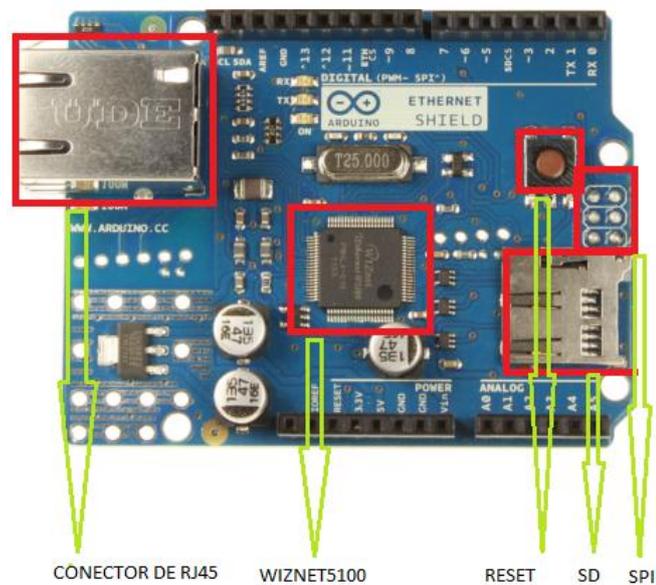
- Micro controlador: ATmega328P
- Chip USB: ATmega16U2
- Voltaje de Operación: 5V
- Voltaje de alimentación: 6-20V (7-12V recomendado)
- Pines digitales I/O: 14 (6 salidas PWM)
- Entradas analógicas: 6
- Corriente máxima entrada/salida: 40mA
- Memoria flash: 32K
- Memoria SRAM: 2K
- Memoria EEPROM: 1K
- Velocidad de reloj: 16Mhz

### 8.12. Arduino Ethernet Shield

Posibilita conexión a Internet o red local de una manera fácil y rápida con Arduino (Figura 6), controlador W5100, 10/100 Mbps, provee un stack de red (IP) con capacidad para TCP y

UDP, soporta hasta 4 conexiones de socket simultáneas, conector RJ-45 estándar, conector para tarjetas de memoria microSD. (Massimo Banzi, 2005)

**Figura 6.** Módulo Shield Ethernet



**Fuente:** (Massimo Banzi, 2005)

### Características del módulo:

- Shield para Arduino basada en el controlador de Ethernet W5100 de Wiznet
- Buffer de memoria interna de 16 kB
- 10 baseT/100BaseTX
- Stack de red (IP) con capacidad para TCP y UDP
- Soporta hasta 4 sockets independientes y simultáneos
- Posee jack RJ-45 estándar y transformador de línea integrado
- Conector para memoria microSD (Memoria no incluida) para almacenar y servir archivos en la red
- Habilitado para PoE (Power Over Ethernet = Alimentación del cable de red) (Módulo no incluido)
- Botón de reset que resetea tanto la shield como la board Arduino

## 9. HIPÓTESIS

¿El prototipo Li-Fi permitirá establecer comunicación través de un web service?

## 10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 10.1. Metodología descriptiva

Determinar las características más importantes acerca de los problemas que tiene el sistema inalámbrico de transmisión de datos Wi-Fi, y presentar las diferencias a través de los resultados emitidos por el prototipo Li-Fi.

Los resultados de la investigación se sustentan en información recolectada a través de una encuesta a una muestra de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.

### 10.2. Población

La población total es de 150 estudiantes de sexto a décimo nivel de la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales de la Universidad Técnica de Cotopaxi la matriz.

### 10.3. Muestra

Para obtener la muestra de personas a la cual se aplicará la encuesta se aplicó la siguiente fórmula:

- Población de estuantes:  $N=150$
- Nivel de confianza:  $Z=90\%$  (1,65) (Véase Anexo 2. Tablas de niveles de confianza)
- Probabilidad de acierto:  $p=50\%$
- Probabilidad de fracaso  $q=50\%$
- Error estimado= $10\%$

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1,65)^2 * (0.5) * (0.5) * (150)}{(0.1)^2 * (150 - 1) + (1,65)^2 * (0.5) * (0.5)}$$

$$n = \frac{102.09}{(1,49 + 0.68)}$$

$$n = 47(\text{Muestra de la población})$$

La encuesta se debe aplicar a 47 estuantes de la carrera.

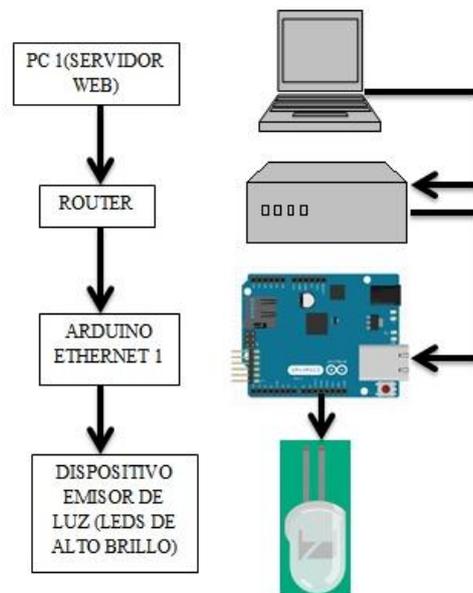
## 10.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el diseño experimental, para realizar el proyecto de investigación de transmisión de datos mediante luz led, se realizó indagaciones sobre los avances de la tecnología Li-Fi.

### 10.4.1. Diseño del sistema emisor

En esta parte se realiza el diseño esquemático del sistema emisor, el cual comprende elementos de conexión a la red y de dispositivos electrónicos según el esquema que se presenta en la figura 7.

**Figura 7.** Esquema del sistema emisor

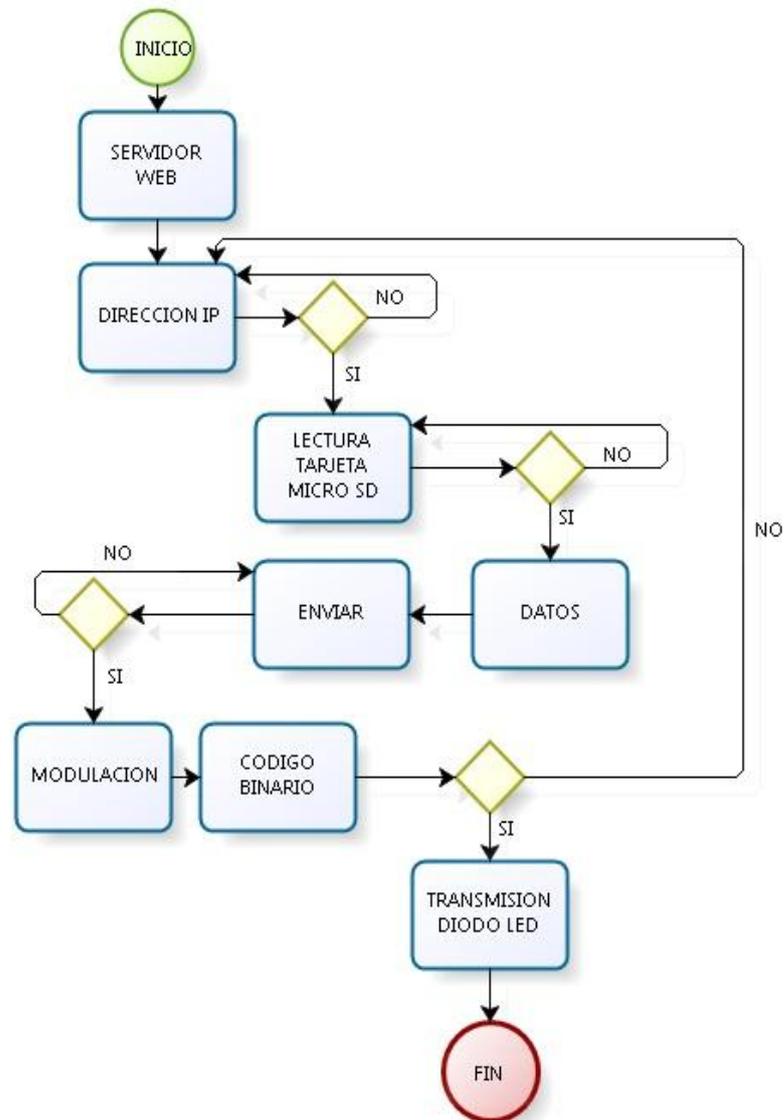


**Fuente:** El investigador

#### 10.4.1.1. Lógica de transmisión de datos

Mediante la codificación de un servidor web en lenguaje HTML, que se encuentra grabada en la tarjeta electrónica Arduino y el cual emite información modulada por medio de un diodo led hacia un receptor, (Ver figura 8).

**Figura 8.** Lógica de transmisión de datos

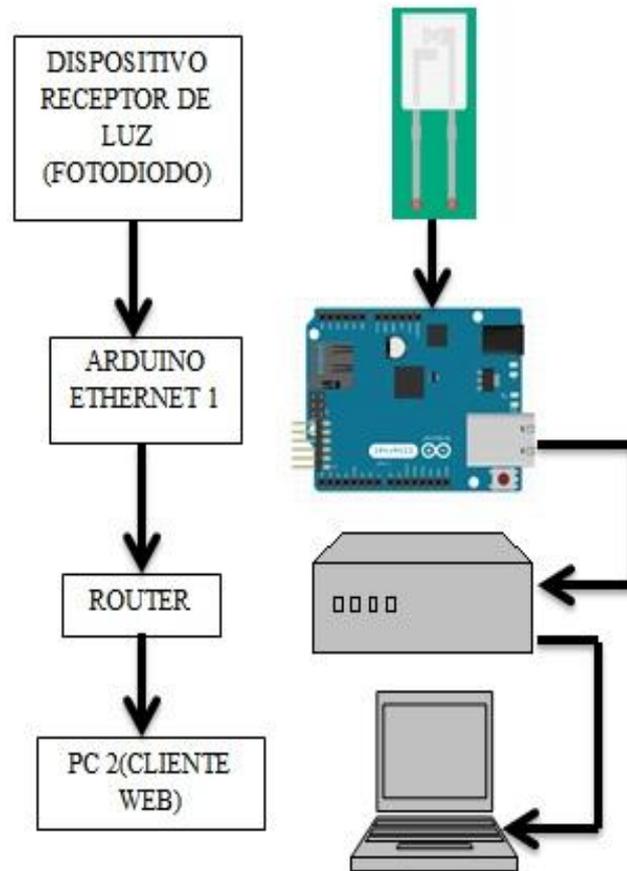


Fuente: El investigador

#### 10.4.2. Diseño del sistema receptor

El receptor (Ver figura 9), un foto receptor capta las intermitencias de luminosidad del diodo led del transmisor y se registra en la tarjeta electrónica Arduino y lo envía al cliente web.

**Figura 9.** Esquema de sistema de recepción

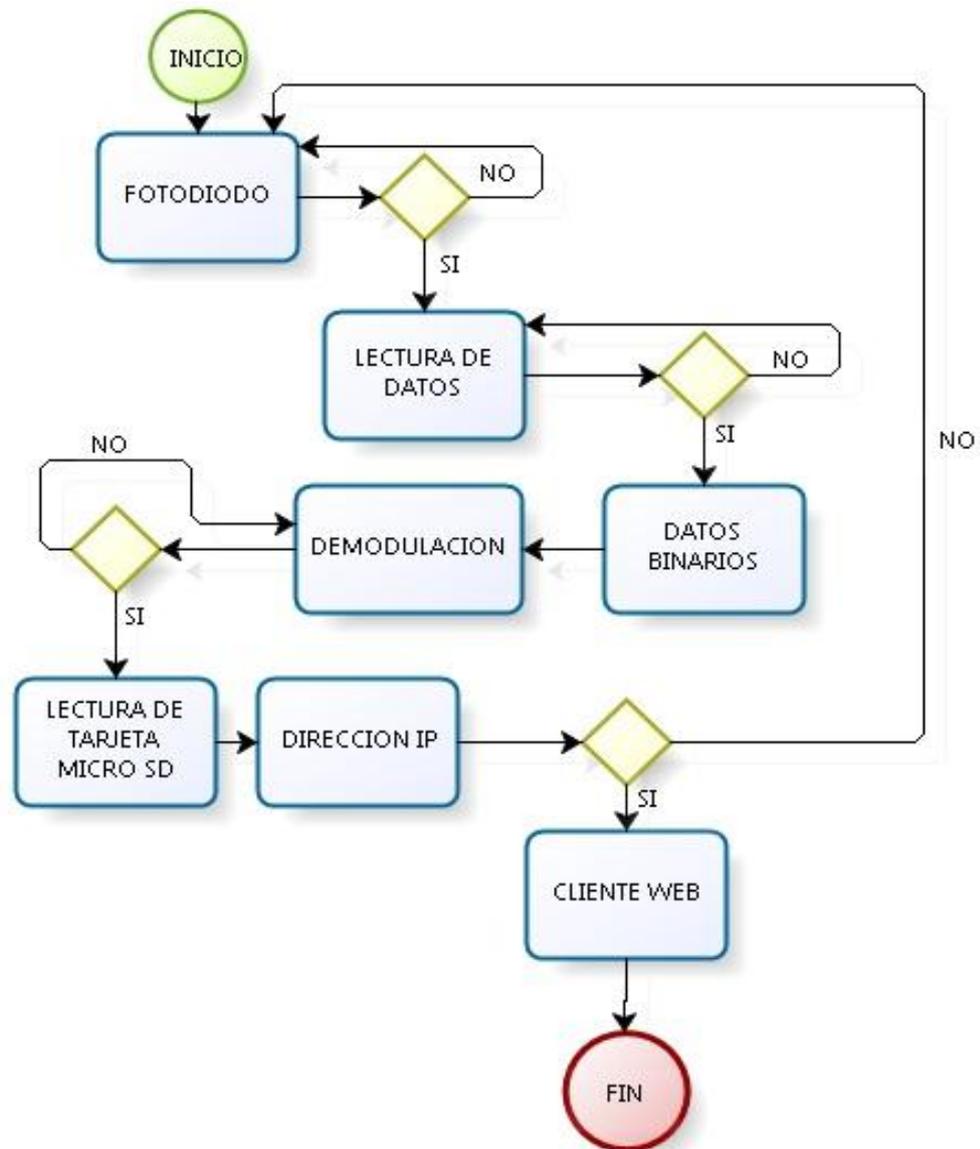


**Fuente:** El investigador

#### 10.4.2.1. Lógica de recepción de datos

Recibe la señal luminosa del transmisor, estas señales se registran en la tarjeta electrónica Arduino en códigos binarios, por lo cual se utiliza el método demodulación el cual convierte el lenguaje binario a un lenguaje común, para posterior enviar al cliente web y lo pueda visualizar en el monitor, véase la figura 10.

**Figura 10.** Esquema de sistema de recepción



Fuente: El investigador

## 10.5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN LIFI

Una vez realizado el diseño, verificado los materiales y componentes, se procede a la implementación y montaje del prototipo Li-Fi.

### 10.5.1. Montaje del módulo shield Ethernet en el Arduino Uno

Tanto para el sistema emisor y receptor se necesita Arduino shield Ethernet y Arduino uno véase la figura 11.

**Figura 11.** Montaje del módulo shield Ethernet en el Arduino Uno

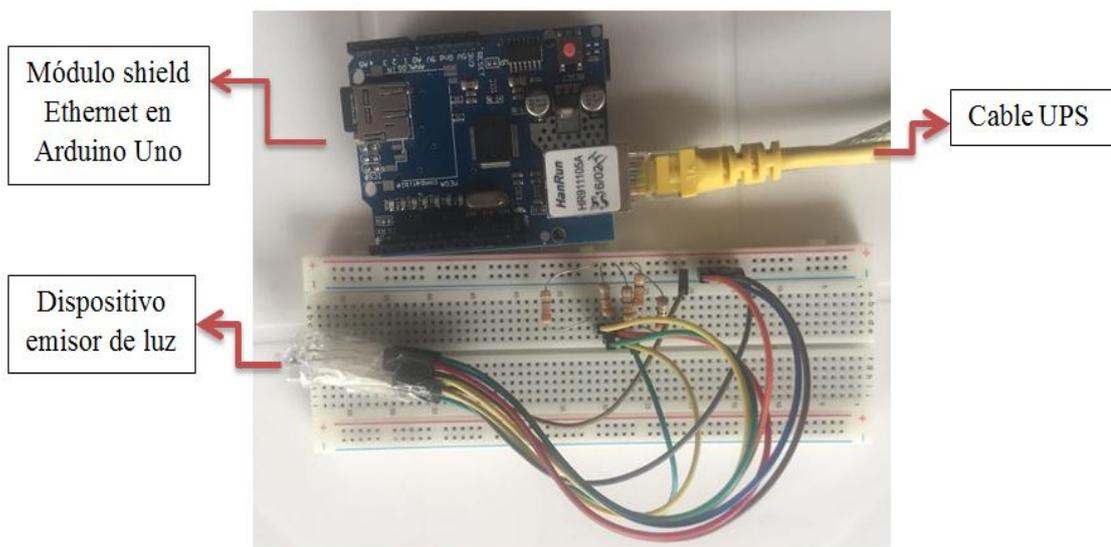


**Fuente:** El investigador

### 10.5.2. Implementación del sistema emisor

En la figura 12, se encuentra la tarjeta electrónica Arduino con el módulo shield Ethernet en la cual se encuentra conectada el cable UPS y en una salida digital se acopla el dispositivo emisor de luz (Lámpara Led).

**Figura 12** Implementación del sistema emisor

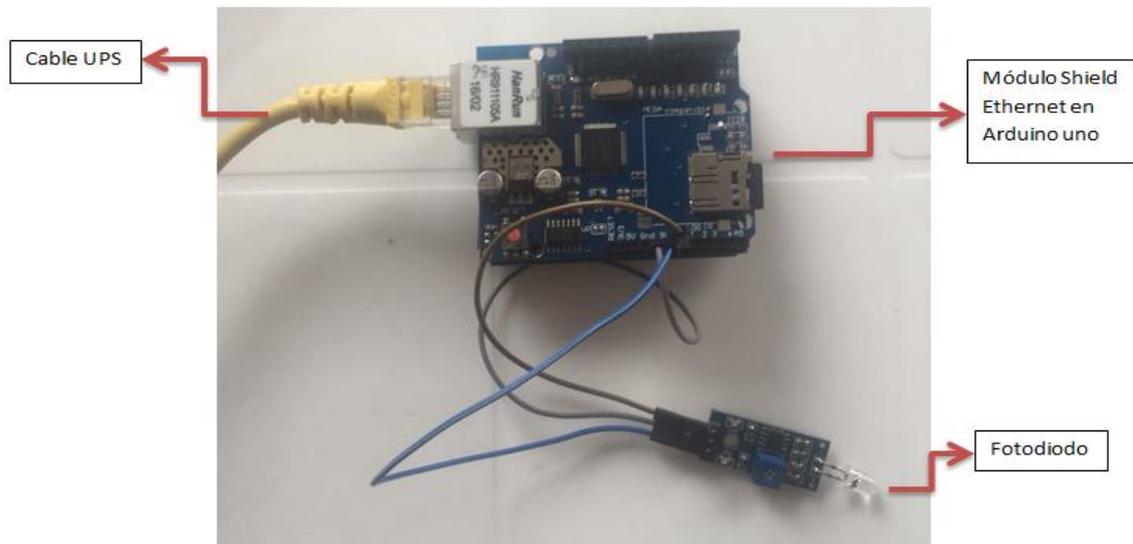


**Fuente:** El investigador

### 10.5.3. Implementación del sistema receptor

En la figura 13, se encuentra el foto receptor que recibe las intermitencias de la luz y la transforma en niveles de voltaje que se registran en la tarjeta Arduino Ethernet.

**Figura 13.** Implementación del sistema receptor

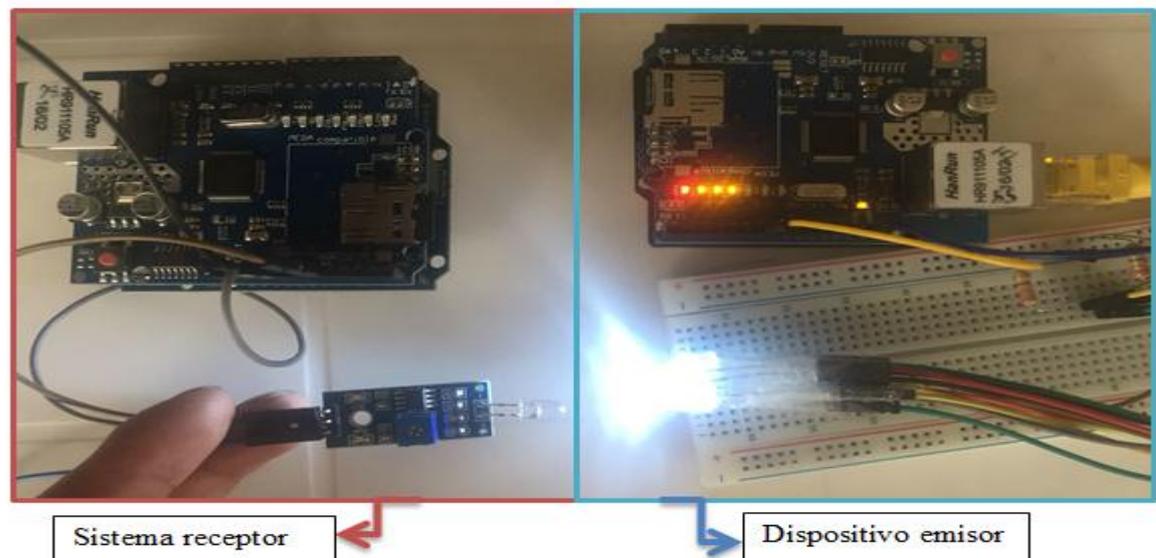


Fuente: El investigador

#### 10.5.4. Implementación del sistema emisor – receptor

En la figura 14, El emisor por medio de la técnica de modulación envía datos utilizando un diodo de luz hacia un receptor.

**Figura 14.** Implementación del sistema emisor – receptor



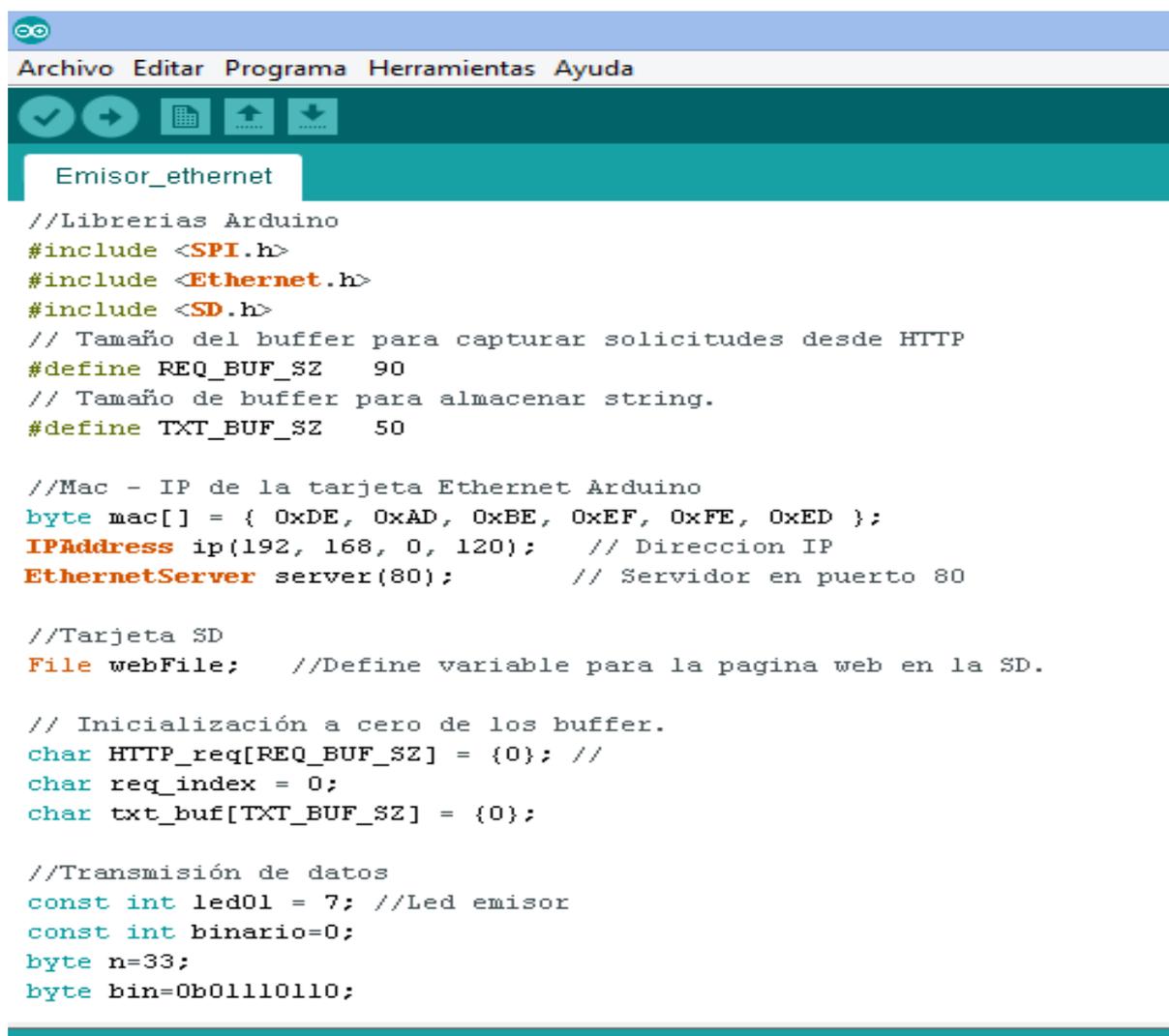
Fuente: El investigador

### 10.5.5. Codificación del emisor

Para la programación, se utilizó el Arduino en el cual debemos declarar las librerías de red Ethernet y registro de datos SD, se establece una dirección IP y un servidor, para transmitir datos se declaró una salida digital (pin 7).

Para enviar datos se utiliza la técnica de modulación, que se refiere a la velocidad de activación y desactivación del diodo led, véase la figura 15.

**Figura 15.** Codificación del emisor



```

//Librerias Arduino
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <SD.h>
// Tamaño del buffer para capturar solicitudes desde HTTP
#define REQ_BUF_SZ  90
// Tamaño de buffer para almacenar string.
#define TXT_BUF_SZ  50

//Mac - IP de la tarjeta Ethernet Arduino
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192, 168, 0, 120);    // Direccion IP
EthernetServer server(80);        // Servidor en puerto 80

//Tarjeta SD
File webFile;    //Define variable para la pagina web en la SD.

// Inicialización a cero de los buffer.
char HTTP_req[REQ_BUF_SZ] = {0}; //
char req_index = 0;
char txt_buf[TXT_BUF_SZ] = {0};

//Transmisión de datos
const int led01 = 7; //Led emisor
const int binario=0;
byte n=33;
byte bin=0b01110110;

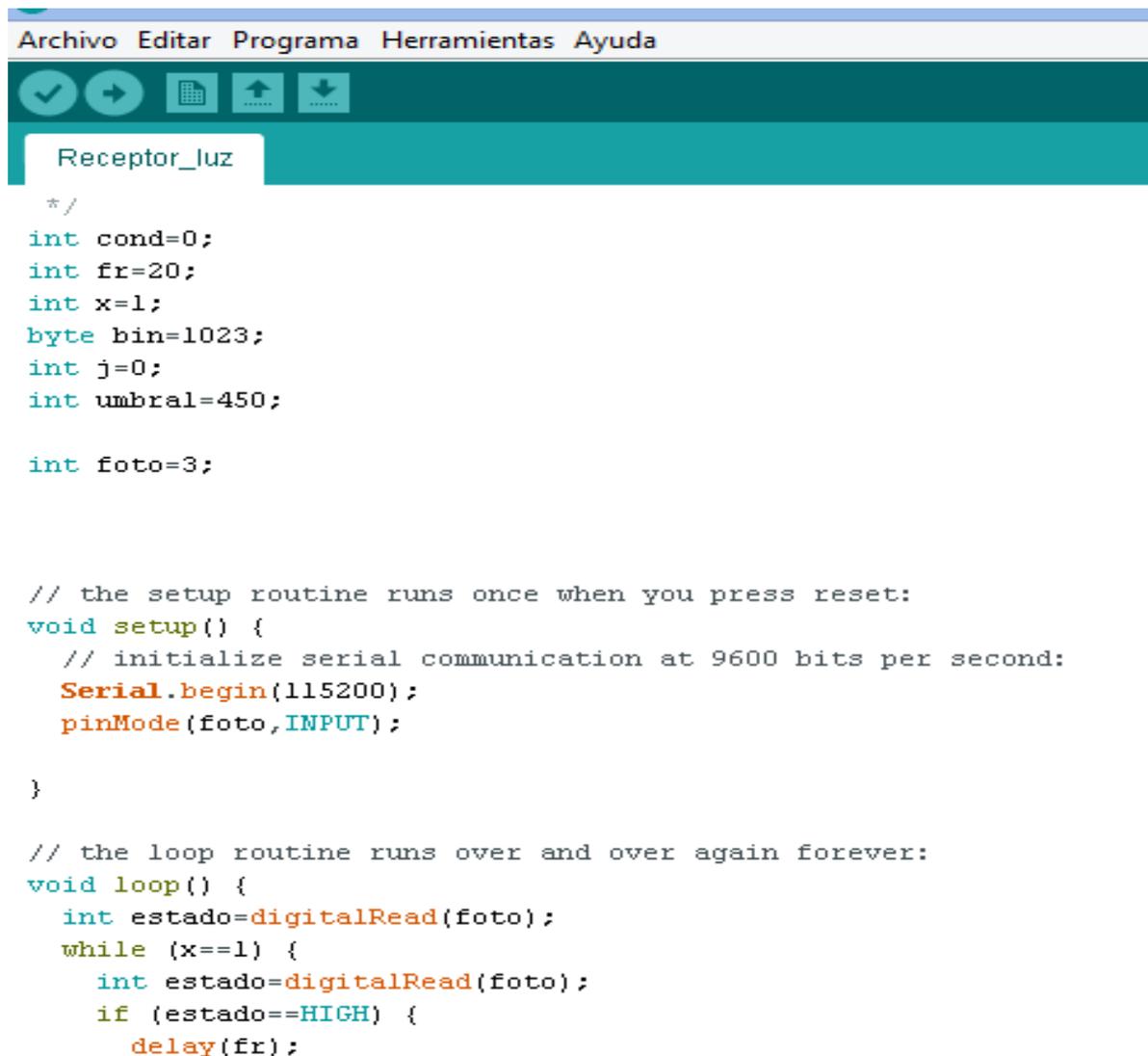
```

**Fuente:** El investigador

### 10.5.6. Codificación del receptor

Para recibir datos, un dispositivo receptor capta las intermitencias de luz y las convierte en señales eléctricas (1 y 0 digital), estas señales deben ser procesadas utilizando la técnica de demodulación es decir que los niveles lógicos sean convertidas a un lenguaje común, véase la figura 16.

**Figura 16.** Codificación del receptor



```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Receptor_luz
*/
int cond=0;
int fr=20;
int x=1;
byte bin=1023;
int j=0;
int umbral=450;

int foto=3;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(115200);
  pinMode(foto,INPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  int estado=digitalRead(foto);
  while (x==1) {
    int estado=digitalRead(foto);
    if (estado==HIGH) {
      delay(fr);
    }
  }
}

```

Fuente: El investigador

## 11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para realizar el análisis se planteó una encuesta a los estudiantes de la Carrera Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computacionales, desde el sexto a decimo nivel.

### 11.1. Encuesta

Se aplicara una encuesta sobre la tecnología Li-Fi a 47 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computacionales, desde el sexto a decimo nivel.

A continuación tenemos el modelo de encuesta aplicada a los estudiantes:



**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE SEXTO A DÉCIMO NIVEL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES PARA OBTENER EL GRADO DE CONOCIMIENTO QUE POSEEN ACERCA DE LA TECNOLOGÍA LI-FI.**

1) ¿Su área de trabajo o de estudio cuenta con iluminación led?

SI

NO

2) ¿Alguna vez usted ha ingresado a una red que no es de su propiedad?

SI

NO

3) ¿Usted apoyaría que se lleve investigaciones acerca de nuevas tecnologías de transmisión de datos?

SI

NO

4) ¿Usted tiene conocimiento sobre la Tecnología Li-Fi?

SI

NO

5) ¿Si la tecnología Li-Fi trata de transmisión de información vía luz led, usted estaría de acuerdo con sustituir al Wi-Fi, ya que es más segura?

SI

NO

6) ¿Si Li-Fi es más costoso que el Wi-Fi, pero evita el uso del espectro de radio frecuencia, la cual causa cáncer a la salud, estaría dispuesto a usarla?

SI

NO

### 11.1. Análisis de la encuesta aplicada

Luego de haber recogido información de la encuesta emitida, nos expone los siguientes resultados:

- En la primera pregunta se obtuvo que el 50 % de los encuestados poseen iluminaria led en sus entornos de trabajo o estudio y el 50 % no cuentan con esta tecnología (véase Figura 17).

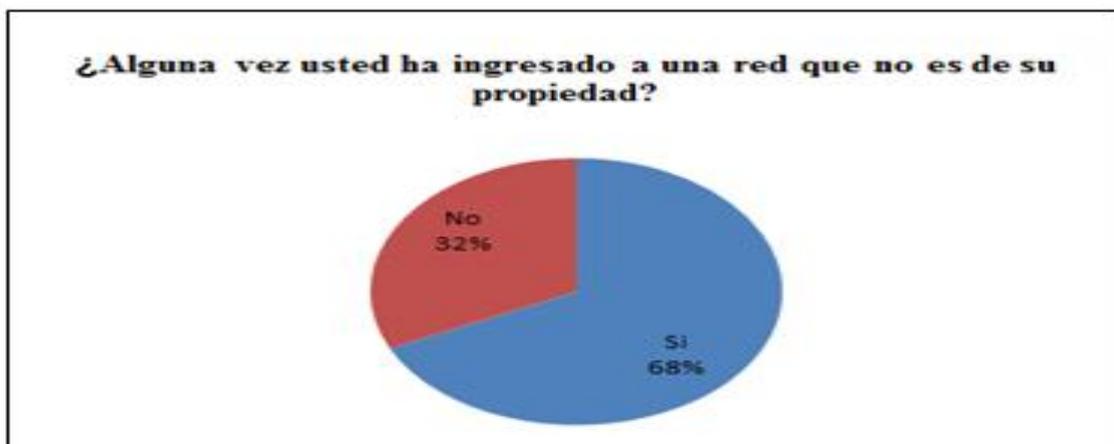
**Figura 17.** Representación del porcentaje de la primera pregunta



**Fuente:** El investigador

- En la segunda pregunta se obtuvo que el 68 % de los encuestados han ingresado a una red que no es de su propiedad y el 32 % no lo han hecho (véase Figura 18).

**Figura 18.** Representación de porcentaje de la segunda pregunta



**Fuente:** El investigador

- En la tercera pregunta se obtuvo que el 95 % de los encuestados apoyaría que se lleve investigaciones acerca de nuevas tecnologías de transmisión de datos y el 5 % no apoya la investigación (véase Figura 19).

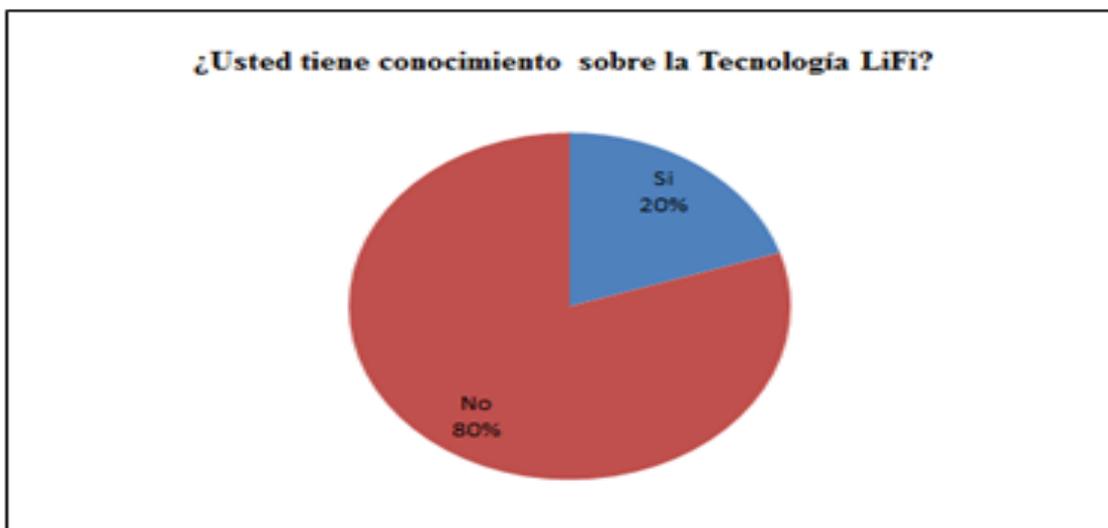
**Figura 19.** Representación de porcentaje de la tercera pregunta



**Fuente:** El investigador

- En la cuarta pregunta se obtuvo que el 20 % de los encuestados tiene conocimiento sobre la Tecnología Li-Fi y el 80 % no saben que es (véase Figura 20).

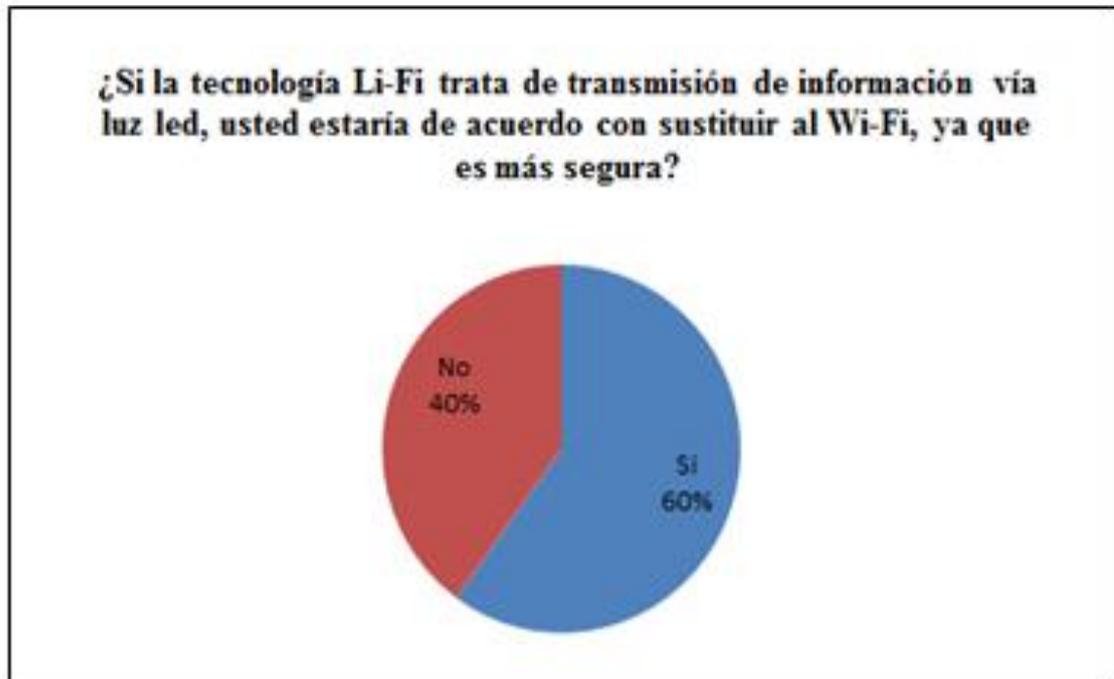
**Figura 20.** Representación de porcentaje de la cuarta pregunta



**Fuente:** El investigador

- En la quinta pregunta se obtuvo que el 60 % de los encuestados está de acuerdo en sustituir la tecnología Wi-Fi por la tecnología Li-Fi ya que es más segura y el 40 % no están de acuerdo (véase Figura 21).

**Figura 21.** Representación de porcentaje de la quinta pregunta



**Fuente:** El investigador

- En la sexta pregunta se obtuvo que el 90 % de los encuestados utilizaría la tecnología Li-Fi ya que no usa espectro de radio frecuencia el cual perjudica la salud y el 10 % no utilizaría esta tecnología(véase Figura 22).

**Figura 22.** Representación de porcentaje de la sexta pregunta



Fuente: El investigador

### 11.3. Análisis técnico operativo

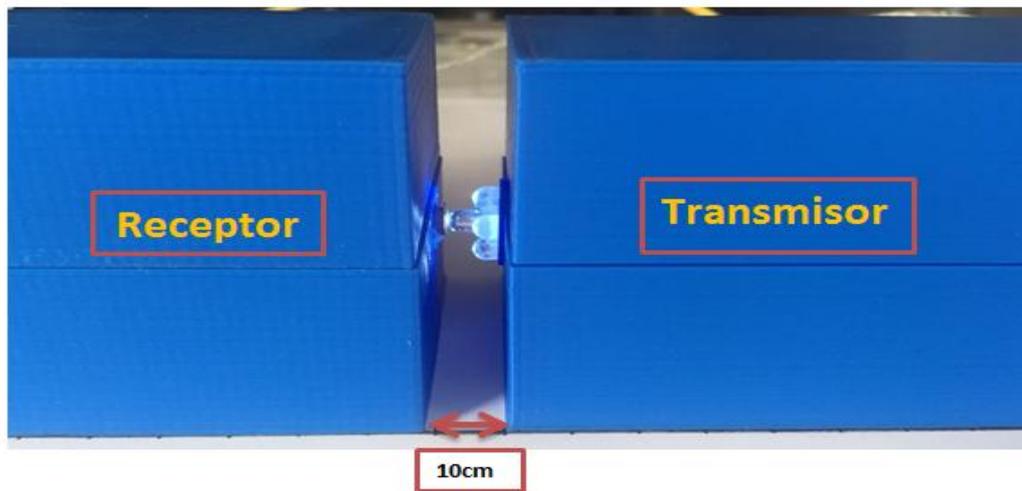
#### 11.3.1. Pruebas de comunicación

Se verifica la distancia de alcance máximo de transmisión del prototipo LiFi, estas pruebas se realizan con la velocidad de transmisión óptima alcanzada en esta investigación (33,33bits/s).

**Prueba 1:** Distancia mínima para comunicar, véase la figura 23 y 24.

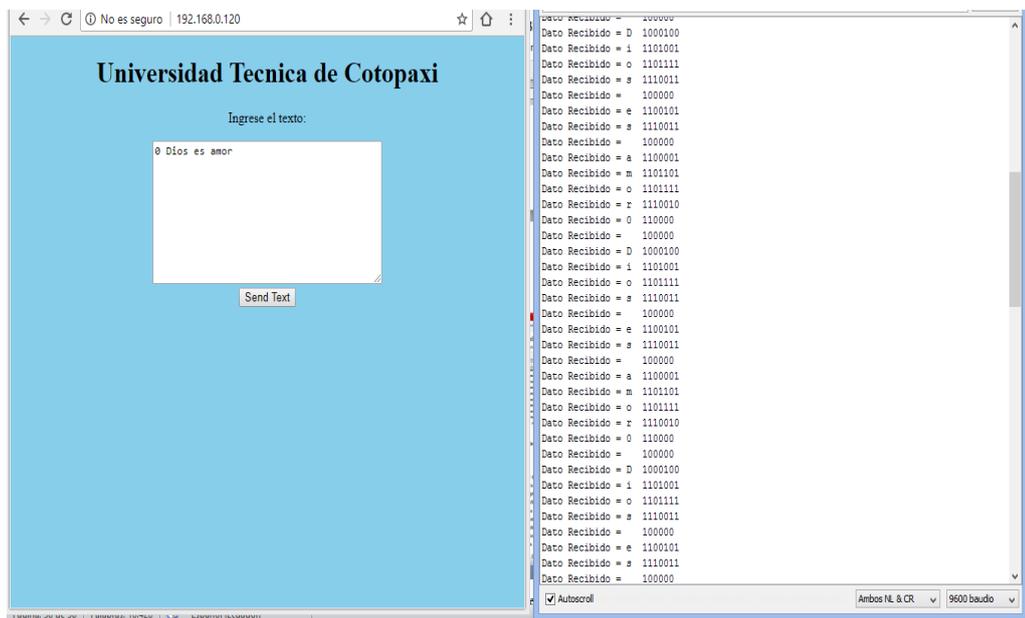
- **Velocidad de transmisión:** 33,33 bits/s
- **Distancia:** 10cm

**Figura 23.** Disposición del transmisor y receptor a una distancia de 10 cm



**Fuente:** El investigador

**Figura 24.** Visualizadores del transmisor y receptor servidor y cliente web

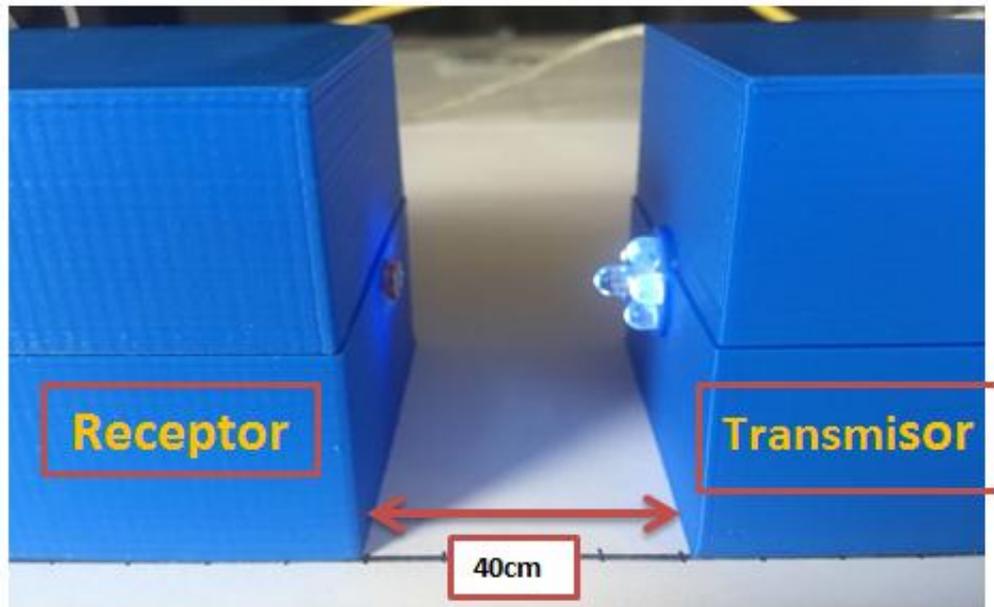


**Fuente:** El investigador

**Prueba 2:** Distancia máxima alcanzada para comunicar, véase la figura 25 y 26.

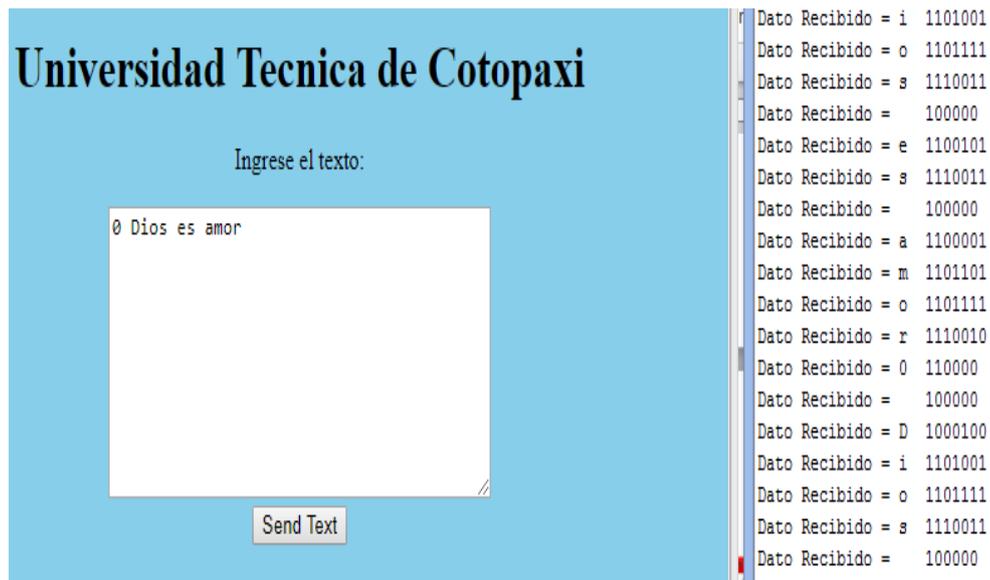
- **Velocidad de transmisión:** 33,33 bits/s
- **Distancia:** 40cm

**Figura25.** Disposición del transmisor y receptor a una distancia de 40 cm



**Fuente:** El investigador

**Figura 26.** Visualizadores del transmisor y receptor servidor y cliente web, a distancia máxima.



**Fuente:** El investigador

Para alcanzar mayores distancias de transmisión, podemos hacer en lugares oscuros o utilizando un conducto por donde pueda viajar la luz sin que se disipe o escape los rayos luminosos.

También en lo que se refiere a la velocidad de transmisión se debería establecer un mayor proceso de acondicionamiento de la señal tanto al momento de modular y demodular la señales.

Por lo tanto se describen los resultados del transmisor y del receptor del sistema Li-Fi basado en Arduino a continuación. La señal propagada resultante es casi idéntica a la señal transmitida. Hay una pequeña diferencia de fase y diferencia en el ciclo de trabajo entre la señal recibida y transmitida. Esta se debe al ruido en el canal inalámbrico y los efectos capacitivos. La eficiencia de transmisión del prototipo diseñado en el trabajo de investigación se puede medir en términos de poder. La potencia transmitida es de 0.5 W y la potencia recibida es de 0.01 W en el fotodiodo. Por lo tanto, la eficiencia es la relación entre la potencia recibida y la potencia de entrada.

Por lo tanto, la eficiencia de transmisión es 0.02% o 2%.

### **11.3.2. Señal del transmisor**

Envío de información hacia el receptor por un canal que representado por una cadena de pulsos.

### **11.3.3. Señal del receptor**

Recepción de información transmitida mediante luminosidad con un cierto desfase en el tiempo debido a la velocidad de transmisión y el estado de acoplamiento de los equipos es decir la distancia de transmisión aun con este inconveniente se recibe información que es aceptable para el usuario.

### **11.3.4. Resultado**

Los mejores resultados se obtuvieron a la vista con 0 grados y 10 cm de distancia a una velocidad de datos de 33,33 bit / s. Pero también se logró establecer comunicación a una distancia de 40cm a la misma velocidad mencionada.

Por lo tanto el prototipo de cumplir los siguientes parámetros para que pueda funcionar:

- Velocidad de transmisión: 33,33 bits/s
- Distancia promedio de alcance: 20cm

- Utilizando una mejor configuración de dispositivos, la velocidad de datos se puede aumentar y la distancia.

## **12. IMPACTOS TÉCNICOS Y SOCIALES**

### **12.1. Impacto técnico**

Se alcanzó la transmisión de datos a una velocidad de 33.33 b/s, lo cual refleja que la comunicación a través de tecnología de luz visible es posible, esto genera grandes expectativas para trabajar en un dispositivo sólido que remplace la radio frecuencia emitida por el Wi-Fi.

### **12.2. Impacto social**

Muchas empresas desearan obtener esta tecnología por la seguridad y velocidad que brinda, este cambio puede verse en la forma en cómo los departamentos de sistemas de información de las entidades laborales se acogen a herramientas que facilitan y aseguran los procesos que realizan en sus respectivas entornos de trabajo.

### **12.3. Impacto ambiental**

El aspecto más considerable es el consumo de energía eléctrica ya que se necesita que el emisor led se encuentre encendido para funcionar, así mismo que este reduce el daño hacia la piel ya que solo es luz que al contrario de las ondas electromagnéticas no contiene radioactividad.

### **12.4. Impacto económico**

Debido a que es una tecnología nueva el Li-Fi en sus primeros años de comercialización será costosa causando una aceptación solo por parte de grandes entidades públicas y privadas, aún no está en el consentimiento de familias de limitados recursos.

## **13. PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

La tabla 2, detalla la mano de obra, equipos y recursos empleados.

**Tabla 2.** Equipos y costo de mano de obra

<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario (\$)</b>	<b>Valor Total</b>
<b>Equipos</b>	1	Laptop	0	0
<b>Materiales y suministros</b>	1	Resma de papel boom y material estudiantil.	30	30
<b>Recursos Básicos</b>	1	Energía eléctrica, internet, agua.	140	140
<b>SUB TOTAL</b>				170
IVA 12%				20.4
<b>TOTAL 2</b>				<b>190.4</b>

**Fuente:** El investigador

Por otra parte, en la tabla 3 se detalla los materiales empleados para la construcción del prototipo Li-Fi

**Tabla 3.** Material utilizado por el investigador para el prototipo Li-Fi

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unit. \$</b>	<b>P. Total \$</b>
1	Arduino Uno	2	20	40
2	Arduino Ethernet Shield	2	18	36
3	Cables de red RJ45	5	2	10
4	Led emisor de luz	5	0,10	0,50
5	Resistencias	5	0,10	0,50
6	Foto receptor	1	5	5
7	Case para Arduinos	2	17	34
8	Router	1	20	20
9	Cables	20	0,15	3
10	Fuentes de voltaje	2	7	14
11	Placas electrónicas	2	10	20
12	Micro SD 2GB	2	5	10
<b>SUB TOTAL</b>				193
IVA 12% %				23,16
<b>TOTAL 1</b>				<b>216,16</b>

**Fuente:** El investigador

Con todos los costos mencionados anteriormente en la tabla 3 y 4, se tiene una inversión total del proyecto de 406,56 USD.

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1. Conclusiones**

- Actualmente existe investigaciones acerca de la tecnología Li-Fi que aportan al crecimiento teórico de aplicación, permitiendo establecer alternativas para la elaboración del prototipo.
- Se realizó una metodología dirigida a la experimentación, que tuvo como finalidad la transmisión de datos en un web service por medio de luminosidad, para la cual se utilizó investigación científica sobre los avances en el mundo acerca de esta nueva tecnología.
- El web service aplicado permite la visualización de la comunicación de datos a través de una interfaz gráfica.
- La velocidad de transmisión de datos alcanzada en este proyecto es de 33,33 bits/s a una distancia promedio de 20 cm.

### **14.2. Recomendaciones**

- La tecnología Li-Fi es potente ya que promete revolucionar las comunicaciones por lo que se sugiere seguir profundizando la investigación acerca de dispositivos más eficientes para la elaboración de este sistema inalámbrico.
- El prototipo Li-Fi es influenciada a no funcionar si es directamente expuesta a la luz solar, por lo que se recomienda implementar el prototipo en un lugar con poca luminosidad y cerrado.
- Para investigaciones futuras se recomienda, que los pulsos generados por la intermitencia de la luz al momento de transmitir datos sean procesados y acondicionados cada uno de las señales, para que no exista pérdida de información.
- En el ámbito de la velocidad se recomienda trabajar con dispositivos electrónicos más potentes ya que los módulos Arduinos son limitados en velocidad al ser de un bajo costo y de uso estudiantil.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- areatecnologia . (3 de 11 de 2017). *Li-Fi Más Barato Más Rápido Más Eficiente Que El Wi-Fi*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de <http://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/li-fi.html>
- Asale. (9 de Diciembre de 2017). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Wifi>
- Bejarano, A. (19 de Agosto de 2015). *Tresdrintech*. Obtenido de <http://tresdprinttech.com/luz-radiacion/281-sensor-de-luz-fotodiodo.html>
- Hurtado, J. (2008). *Metodologia de la investigacióbn*. Zaragoza: Sypal.
- Llori, J. (4 de Junio de 2016). *Innovacion li-fi*. Obtenido de <http://innovacionli-fi.blogspot.com/p/normas-del-lifi.html>
- Lozano, O., Jaimes, J., & Mena, J. (10 de Febrero de 2008). *Geocities*. Obtenido de [http://www.geocities.ws/jjaimes6603/fase2/t2\\_tecno.html](http://www.geocities.ws/jjaimes6603/fase2/t2_tecno.html)
- Martínez, E. (17 de Mayo de 2011). *Eveliux*. Obtenido de <http://www.eveliux.com/mx/Transmision-Serial-y-Paralelo.html>
- Massimo Banzi, D. C. (11 de Junio de 2005). *Arduino*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Meneses. (8 de Abril de 2016). *Area Tecnologica*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/li-fi.html>
- Obiols, A. (12 de Octubre de 2012). *IGN*. Obtenido de <http://www.ign.gob.gt/sistema-satelital.html>
- Pauling, I. (13 de Agosto de 2016). *Enlaces*. Obtenido de <http://www.enlaces.us/hipervinculos/navegadores/transmision-de-datos-en-serie/>
- Resendiz, L. (10 de Enero de 2015). *Electronica CIDEA*. Obtenido de [http://electronicacidea.com.mx/store/index.php?route=product/product&product\\_id=928&search=led&page=3](http://electronicacidea.com.mx/store/index.php?route=product/product&product_id=928&search=led&page=3)
- Rivera, M. (23 de Mayo de 2015). *Oocities*. Obtenido de <http://www.oocities.org/es/marbybca/redes/investigacion.html>

- Rodríguez, P. (5 de Febrero de 2015). *Xatakamovil*. Obtenido de <https://www.xatakamovil.com/futuro/tecnologia-li-fi-que-es-y-como-puede-revolucionar-las-comunicaciones-moviles>
- SCRIBD. (29 de 10 de 2017). *Antecedentes Del Lifi - Scribd*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de <https://www.scribd.com/document/362951851/Antecedentes-Del-Lifi>
- Susperregui, J. (2010). La linealidad de la luz: La comunicación visual moderna., (págs. 5-6). Vasco.
- Turnero, P. (24 de Julio de 2014). *Monografias*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos103/caracteristicas-principales-tecnicas-acceso-al-medio/caracteristicas-principales-tecnicas-acceso-al-medio.shtml>
- Vialfa, C. (14 de Julio de 2017). *CCM*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/688-transmision-de-datos-los-modos-de-transmision>

# ANEXOS

**Anexo1.-** Glosario de términos

<b>Termino</b>	<b>Descripción</b>
<b>LiFi</b>	Fidelidad De Luz / Light Fidelity
<b>WiFi</b>	Fidelidad Inalámbrica / Wireless Fidelity
<b>FDMA</b>	Acceso Múltiple Por División De Frecuencia / Frequency Division Multiple Access
<b>TDMA</b>	Acceso Múltiple Por División De Tiempo / Time Division Multiple Access
<b>CDMA</b>	Acceso Múltiple Por División De Código / Code Division Multiple Access
<b>LMDS</b>	Servicio Local De Distribución Multipunto / Local Multipoint Distribution Service
<b>WLL</b>	Bucle Local Inalámbrico / Wireless Local Loop
<b>OMS</b>	Organizacion Mundial De La Salud / World Health Organization
<b>LED</b>	Diodo Emisor De Luz / Light-Emitting Diode
<b>PCM</b>	Modulación Por Impulsos Codificados / Pulse Code Modulation
<b>PWM</b>	Modulación Por Ancho De Pulsos / Pulse-Width Modulation
<b>MAC</b>	Código De Autenticación De Mensaje / Message Authentication Code
<b>TCP</b>	Protocolo De Control De Transmisión / Transmission Control Protocol
<b>IP</b>	Protocolo De Internet / Internet Protocol
<b>PPM</b>	Modulación Por Posición De Pulso / Pulse Position Modulation
<b>POE</b>	Alimentación Del Cable De Red / Power Over Ethernet
<b>WLAN</b>	Red De Área Local Inalámbrica / Wireless Local Area Network

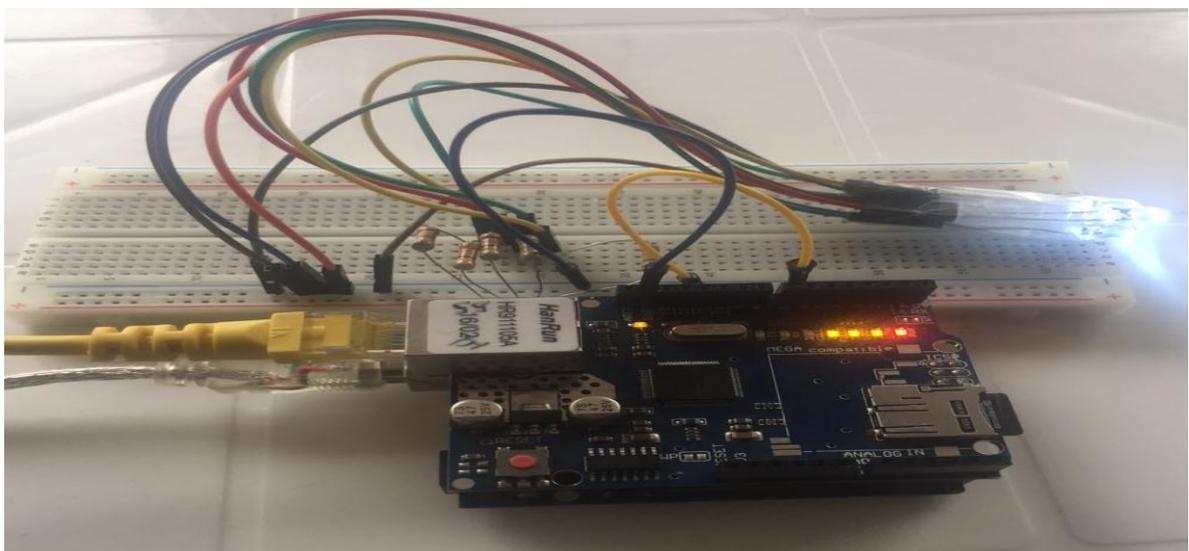
Anexo 2.- Tabla de niveles de confianza.

## TABLA DEL MUESTREO --- NIVEL DE ERROR Y CONFIANZA

Nivel precisión de error P q-	% Error 0	Nivel de confianza (Z)	Valores de confianza tabla Z (S)
0.01	1%	99%	2.58
0.02	2%	98%	2.38
0.025	2.5%	97.5%	2.24
0.03	3%	97%	2.17
0.035	3.5%	96.5%	2.19
0.04	4%	96%	2.12
0.05	5%	95%	1.96
0.06	6%	94%	1.89
0.07	7%	93%	1.955
0.08	8%	92%	1.76
0.09	9%	91%	1.7
0.1	10%	90%	1.645

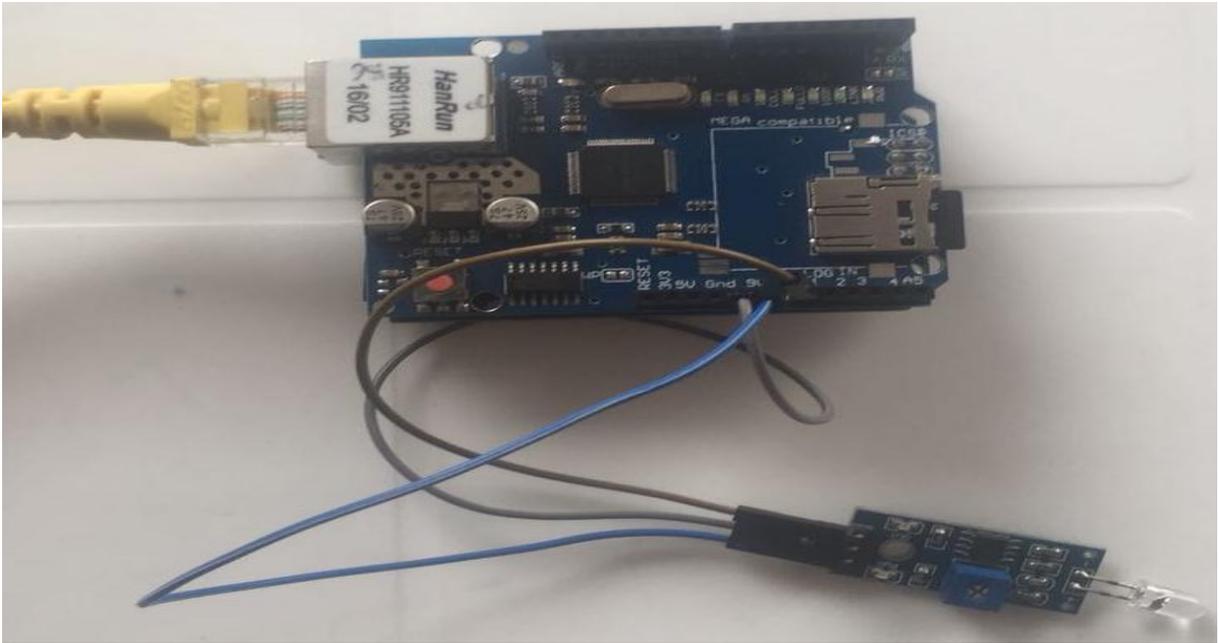
Anexo 3.- Fotografías.

Sistema transmisor de señal con luz



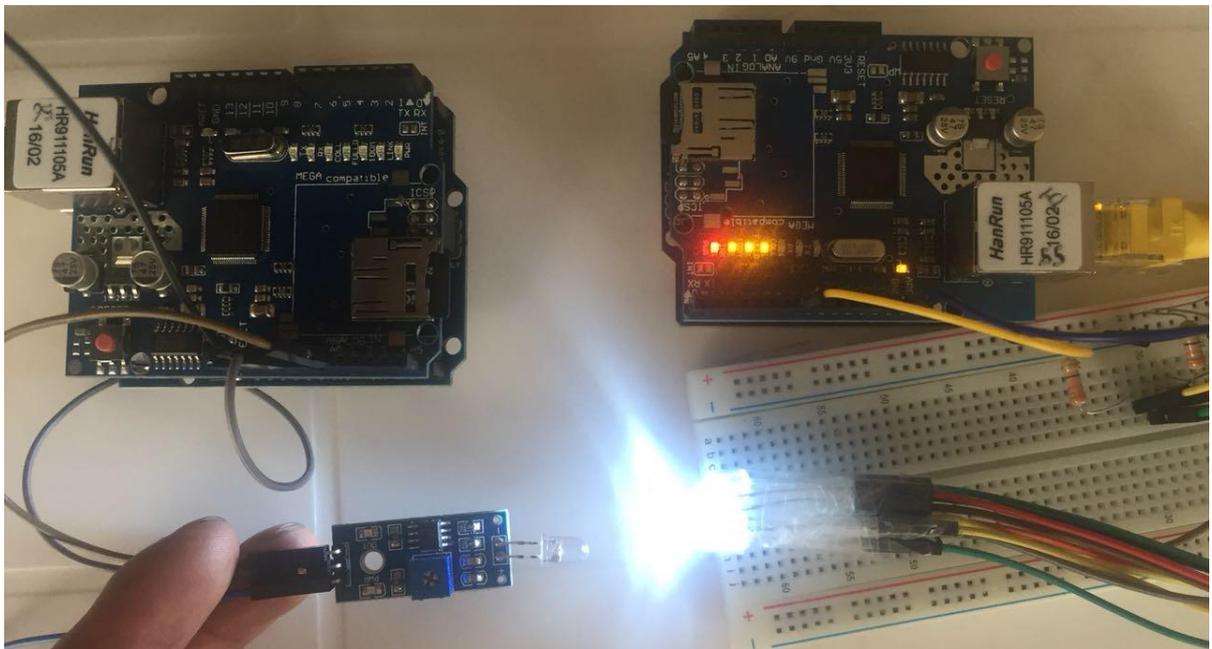
Fuente: El investigador

## Sistema receptor de señal de luz



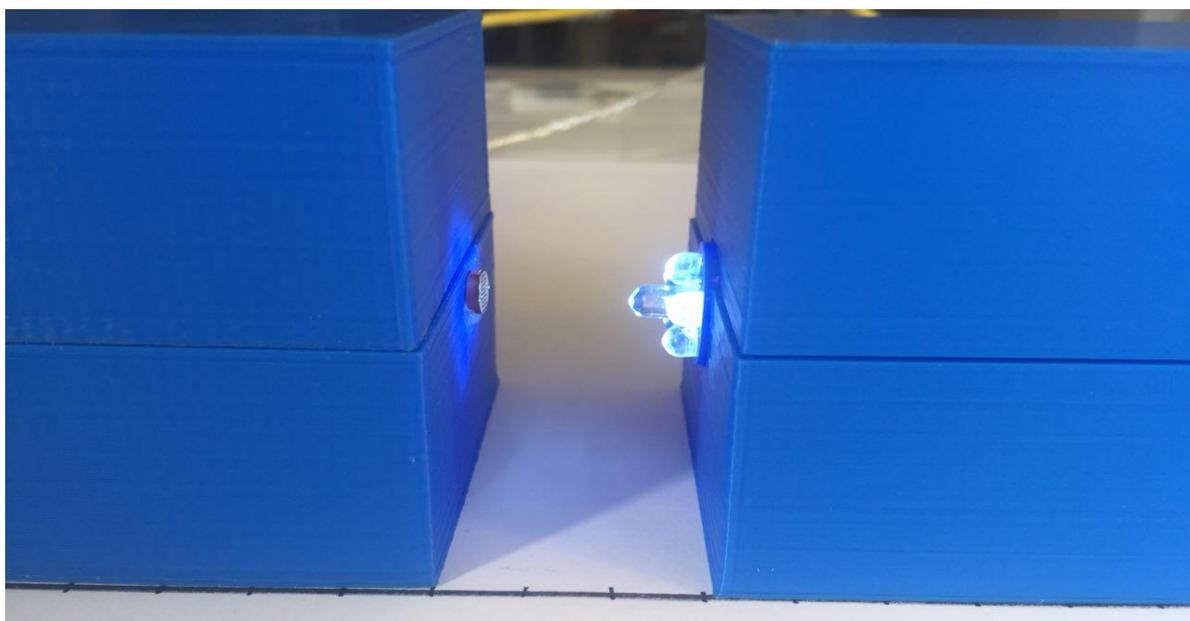
Fuente: El investigador

## Pruebas de comunicación transmisión- receptor



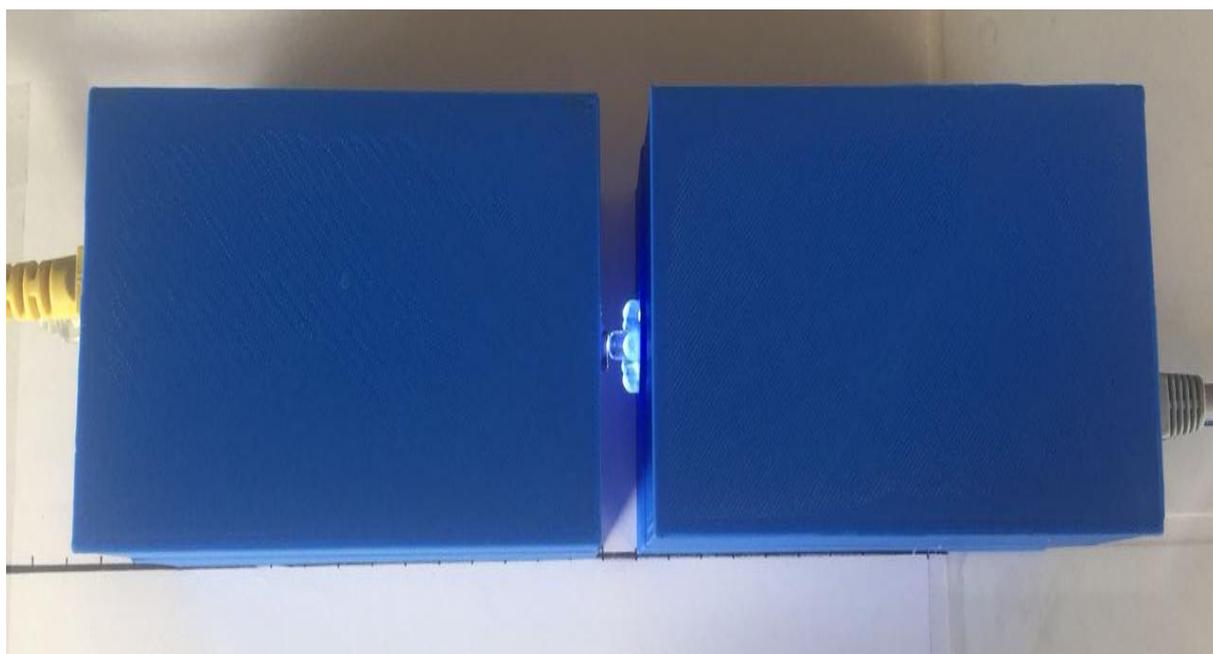
Fuente: El investigado

Disposición para comunicación LiFi



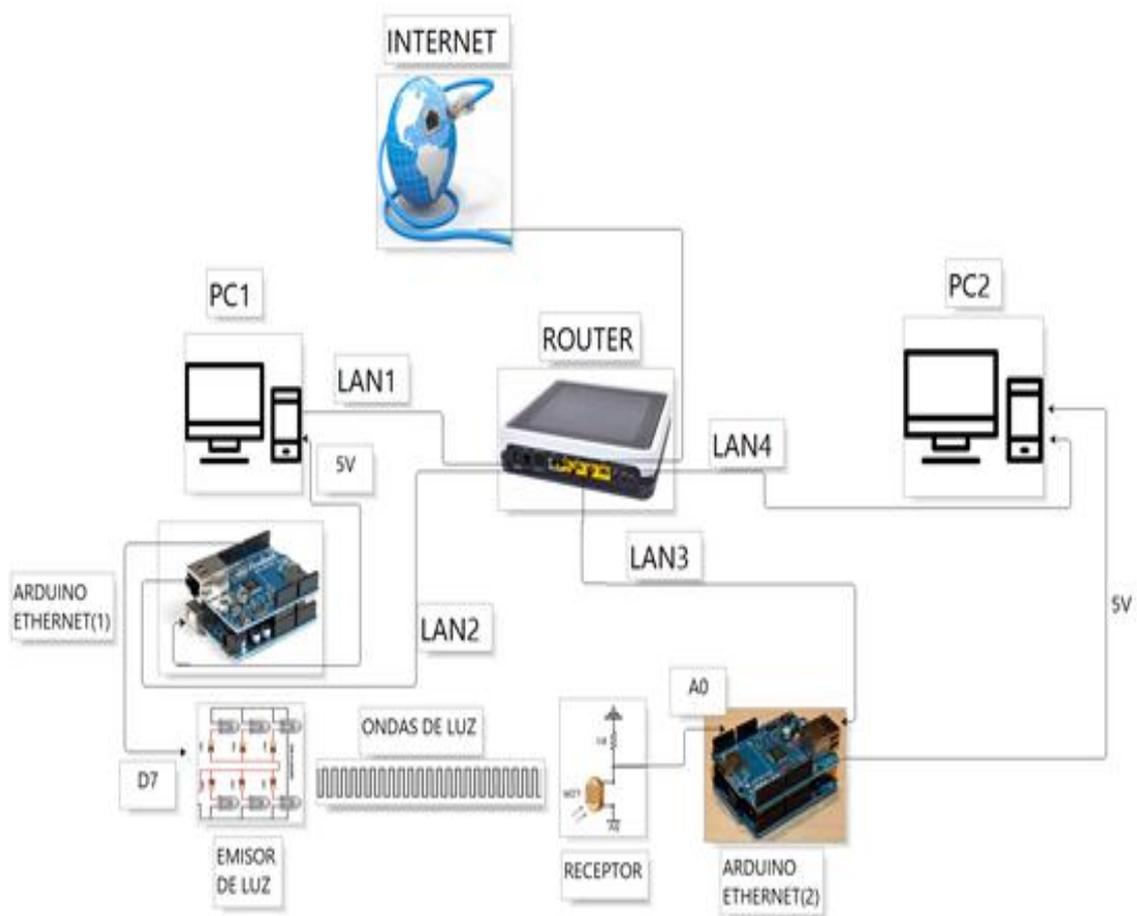
**Fuente:** El investigador

Prototipo de comunicación LiFi



**Fuente:** El investigador

**Anexo 4.-** Diagrama de transmisión de datos mediante web service



**Fuente:** El investigador