UNIVERSIDAD Rafael Belloso Chacín

Revista Electrónica de Estudios Telemáticos
TÉLÉMATIQUE

Lineamientos para la Implementación de la Tecnología Li-Fi en la Red de Bibliotecas Públicas del Departamento del Magdalena

Guidelines for the Implementation of Li-Fi Technology in the Network of Public Libraries in the Department of Magdalena

Jorge González
Orcid: 0000-0003-4501-2980
Corre: jorgonart@hotmail.com

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo proponer lineamientos para la implementación de la tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena. El estudio se sustenta en los aportes teóricos de autores como Haas y Di Renzo (2017), Pohlman (2017), Smith (2014), Meneses (2016), Stallings (2005), Turan (2019), Villasmil (2016), LIFX (2020) y PureLiFi (2020), quienes destacan la relevancia de las tecnologías de comunicación inalámbrica, en especial Li-Fi, para optimizar los servicios de red en instituciones dedicadas a la gestión de la información. La población de estudio estuvo conformada por la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena, en la República de Colombia. Se diagnosticaron limitaciones inherentes al uso de Wi-Fi, como lentitud en la conexión, latencia y pérdida de datos, sumadas a la ausencia de reglas de firewall para restringir páginas no autorizadas. A partir de estos hallazgos, se determinaron los requerimientos tecnológicos y se diseñó una arquitectura que favorece la adopción de Li-Fi en un entorno bibliotecario, lo cual permitiría robustecer la conectividad, mejorar la calidad del servicio y responder a la demanda creciente de recursos en línea.

Palabras claves: Tecnología Li-Fi, Bibliotecas Públicas, Comunicación Inalámbrica, LED.

Abstract

This research aimed to propose guidelines for the implementation of Li-Fi technology in the network of public libraries in the Department of Magdalena. The study is based on the theoretical contributions of authors such as Haas and Di Renzo (2017), Pohlman (2017), Smith (2014), Meneses (2016), Stallings (2005), Turan (2019), Villasmil (2016), LIFX (2020), and PureLiFi (2020), who highlight the relevance of wireless communication technologies, particularly Li-Fi, in optimizing network services in institutions dedicated to information management. The study population consisted of the public library network of the Department of Magdalena in the Republic of Colombia. Limitations inherent to Wi-Fi usage were diagnosed, including slow connection speeds, latency, and data loss, along with the absence of firewall rules to restrict unauthorized web pages. Based on these findings, technological requirements were determined, and an architecture was designed to facilitate the adoption of Li-Fi in a library environment, which would enhance connectivity, improve service quality, and meet the growing demand for online resources.

Keywords: Li-Fi Technology, Public Libraries, Wireless Communication, LED.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

Introducción

En el mundo globalizado actual, las organizaciones enfrentan la necesidad de contribuir al beneficio de la sociedad, además de potenciar el desenvolvimiento y desempeño laboral de sus integrantes. Por lo tanto, el uso de nuevas tecnologías de telemática se constituye en una herramienta que fomenta un servicio óptimo. En este sentido, las instituciones gubernamentales, especialmente las bibliotecas públicas, buscan adaptarse de manera constante a los cambios generados por la creciente demanda y las necesidades de los usuarios, quienes recurren cada vez más a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y al Internet.
Por consiguiente, las bibliotecas requieren incursionar en el contexto digital, respaldadas por la gran cantidad de información disponible en Internet, donde la gestión del conocimiento adquiere vital importancia en las actividades humanas de cualquier edad. Esto obedece a la necesidad de indagar, proponer proyectos, resolver problemas y emplear la creatividad para lograr objetivos. En consecuencia, quienes deseen optimizar la gestión del conocimiento se apoyan en las TIC y en el servicio de Internet.

En este sentido, Colombia, por medio de sus distintos entes gubernamentales, promueve en la sociedad el direccionamiento hacia la investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), ya que estos elementos facilitan la evolución y el crecimiento del país. Sin embargo, dentro del Departamento de Magdalena, múltiples bibliotecas públicas adscritas a la Red Nacional de Bibliotecas Públicas (RNBP), coordinadas por el Ministerio de Cultura y la Biblioteca Nacional de Colombia, precisan un sistema de red innovador que ofrezca un servicio de Internet óptimo para que los usuarios gestionen sus inquietudes investigativas de manera eficaz.

De esta manera, la evolución de las TIC ha impulsado el desarrollo e innovación de tecnologías emergentes. En el ámbito de la comunicación inalámbrica, la tecnología Fidelidad de Luz (Li-Fi) se perfila como una alternativa prometedora para estructurar un sistema de red mediante dispositivos capaces de transmitir y recibir datos, audio y video con rapidez, utilizando la luz LED como medio de transporte.

Metodología de la investigación

Según La investigación se enmarca en un paradigma interpretativo-aplicado, pues busca comprender la realidad de las bibliotecas públicas y, al mismo tiempo, ofrecer una solución práctica fundamentada en la implementación de la tecnología Li-Fi. Se clasifica como proyectiva y de tipo documental-descriptiva, ya que el propósito principal consiste en elaborar una propuesta basada en la recopilación, análisis y síntesis de información. El diseño es no experimental y transversal, dado que no se manipulan variables deliberadamente y la recolección de datos ocurrió en un único momento, lo cual permite describir y analizar la realidad tal como se presenta.

La población de estudio está conformada por las bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena, en la República de Colombia. Cada biblioteca se considera unidad de análisis, tomando en cuenta sus condiciones de infraestructura tecnológica, necesidades de conectividad y potencial para adoptar nuevas tecnologías. Para recabar la información, se aplicó la revisión documental, orientada a manuales, artículos científicos y normativas sobre redes inalámbricas y Li-Fi. Además, se elaboraron matrices de análisis que facilitaron la organización de los datos alrededor de la caracterización tecnológica existente, la identificación de servicios de red y la evaluación de requerimientos técnicos.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

A lo largo de la investigación, se desarrollaron cinco fases con miras a proponer lineamientos claros y viables. En la primera, se caracterizaron las tecnologías de comunicación inalámbricas presentes en las bibliotecas, mientras que en la segunda se identificaron los volúmenes de información y servicios de red disponibles. La tercera fase se centró en determinar los requerimientos tecnológicos para la implementación de Li-Fi, seguida de una cuarta orientada a seleccionar la arquitectura más conveniente para su adopción. Finalmente, en la quinta fase se formularon los lineamientos necesarios para introducir esta tecnología, incluyendo la planificación de acciones y recomendaciones específicas para el personal a cargo de la gestión de la red.

Este enfoque metodológico articula un planteamiento proyectivo que exige describir la realidad existente y, tras dicho diagnóstico, estructurar una propuesta de carácter innovador. Al no alterarse de manera intencional las variables y aplicarse un corte temporal único, se resalta la naturaleza no experimental de este estudio, el cual se sustenta en fuentes documentales y en la organización de la información mediante matrices, útiles para guiar cada etapa descrita. Esto permite delinear una alternativa técnica capaz de optimizar el servicio de Internet en las bibliotecas públicas, atendiendo las demandas de conectividad y acceso a la información de sus usuarios.

Fundamentación teórica

La presente fundamentación teórica expone las bases conceptuales y los enfoques teóricos que sustentan la investigación sobre la implementación de la tecnología Li-Fi en bibliotecas públicas. Se parte de una revisión integral de las tecnologías de comunicación inalámbricas, abarcando su clasificación y características principales, para luego explorar los servicios que ofrecen estas redes y el manejo de los volúmenes de información transmitida y recibida en sus entornos. Finalmente, se profundiza en los aspectos teóricos y prácticos de la tecnología Li-Fi, destacando su relevancia como una solución emergente para optimizar las redes de comunicación en estos espacios, en respuesta a las necesidades crecientes de conectividad y gestión eficiente de datos en el ámbito bibliotecario.

Tecnología Li-Fi

Di Renzo y Haas (2017) describen Li-Fi como una tecnología de conexión inalámbrica basada en luz visible, capaz de alcanzar velocidades del orden de los gigabits por segundo gracias al uso de bombillas LED que modulan y demodulan la intensidad lumínica. Pohlman (2017) agrega que esta innovación forma parte de las comunicaciones ópticas inalámbricas (OWC), mientras que Smith (2014) destaca que la intensidad de la luz varía tan rápido que el ojo humano no lo percibe, lo cual posibilita transmitir datos al mismo tiempo que se ilumina el entorno.

Bibliotecas Públicas

Las bibliotecas públicas son instituciones de carácter gubernamental o comunitario, dedicadas a proveer acceso libre y gratuito a la información, así como a promover la cultura y la formación ciudadana. Su función ha evolucionado hacia la adopción de tecnologías emergentes para mejorar el servicio a los usuarios, lo cual demanda redes de comunicación confiables y robustas (Meneses, 2016). De este modo, la implementación de infraestructuras avanzadas (por ejemplo, Li-Fi) contribuye a la modernización de sus procesos, optimizando la experiencia de búsqueda y consulta de información.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

Comunicación Inalámbrica

La comunicación inalámbrica comprende la transmisión de datos a través de ondas electromagnéticas, sin cables físicos que unan emisor y receptor (Ciubotaru & Muntean, 2013; Flickenger, 2015). Este tipo de tecnología abarca redes de área local (WLAN) y personal (WPAN), con estándares como Wi-Fi y Bluetooth, y posibilita la conectividad de múltiples dispositivos dentro de una cobertura determinada (Guerra, 2014). En consecuencia, se favorece la movilidad y el acceso a Internet, elementos esenciales para las bibliotecas públicas orientadas a la transformación digital.

Resultados de la investigación

En este apartado se describe de manera detallada los resultados de la investigación analizando la información recolectada en las fases propuestas, con la finalidad de proponer lineamientos para la implementación de la tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena. Por lo tanto, se muestra a continuación el desarrollo de estas:

FASE I: Caracterizar las tecnologías de comunicación inalámbricas de las bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena.

Las particularidades de la biblioteca pública, las relaciones promovidas con el contexto social y las comunidades con las cuales interactúa, así como su desarrollo histórico, le otorgan características específicas, permitiéndole actuar de manera diferenciada en diversos contextos y ante variadas necesidades y demandas sociales. En el caso colombiano, además de la participación del Estado, el desarrollo de los servicios bibliotecarios públicos ha contado con un aporte importante de organizaciones populares y comunitarias mediante la creación de bibliotecas populares, comunitarias, parroquiales, y del sector productivo con la implementación de bibliotecas adscritas a empresas y cajas de compensación familiar. Según Jaramillo, O. y Montoya, M. (2011), es posible identificar tres tipos de biblioteca pública, cuya tipología está determinada fundamentalmente por condiciones vinculadas al organismo del cual dependen y las fuentes de financiación:

Cuadro 1. Tipología de bibliotecas públicas.

TIPO DE BIBLIOTECA	CARACTERÍSTICAS
Biblioteca pública estatal	Financiación y dependencia de un organismo estatal de carácter nacional, regional o local.
Biblioteca pública privada	Financiación y dependencia de un organismo de carácter privado.
Biblioteca pública popular	Financiación y dependencia de un grupo organizado de la sociedad civil.

Fuente: González, J. (2022).

En este marco, la biblioteca pública ha cimentado su lugar en la sociedad desde una triple naturaleza institucional: como institución social, vinculada a la tradición discursiva y práctica de las ciencias sociales y, en particular, de la sociología; como organización, relacionada con la tradición discursiva y práctica de la economía, la administración y la gerencia; y como unidad de información, asociada a la tradición discursiva y práctica de la bibliotecología y la ciencia de la información.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

Cada una de estas condiciones institucionales se dinamiza a partir de la realización de funciones. En el marco de su naturaleza como institución social, tienen espacio las funciones sociales; en el marco organizacional, las funciones de orden administrativo; y en el marco de unidad de información, las funciones técnicas. Las funciones sociales y administrativas se enuncian someramente, por no ser objeto de la presente investigación, mientras las funciones técnicas se describen más ampliamente.

Cuadro 2. Análisis para actividades técnicas.

TIPO DE BIBLIOTECA	FUNCIONES	PROCESOS
Recopilación de información	• Selección. • Adquisición: compra, canje y donación. • Traducción de textos.	• Restauración, encuadernación y conversión a otros formatos.
Análisis, representación, organización y evaluación de colecciones	• Catalogación. • Clasificación. • Preparación física. • Evaluación de Colecciones. • Inventario. • Descarte.	• Verificación de la existencia del material en la biblioteca. • Realización de la descripción física del material. • Asignación de encabezamientos de materia, autor y título. • Asignación de la notación de clasificación y de autor (signatura topográfica). • Asignación de descriptores. • Control de autoridades. • Elaboración de listado de términos no normalizados. • Metadatos. • Ubicación de la banda de seguridad y código de barras, hojas de vencimiento, sellos y fecha de adquisición. • Asignación de la signatura topográfica y elaboración de la etiqueta. • Ingreso del material a la base de datos. • Ubicación del material en la colección. • Elaboración del plan de evaluación.
Conservación de las colecciones	• Restauración, encuadernación y conversión a otros formatos	• Recepción de materiales en mal estado • Valoración de su estado • Realización de informes • Restauración, encuadernación o conversión del material a otros formatos

Fuente: González, J. (2022).

En este orden, se señala que, considerando estas características, dentro de la RNBP en el Departamento de Magdalena existen trece (13) bibliotecas públicas con estas características técnicas. Las bibliotecas públicas objeto de investigación corresponden a aquellas con TIC incorporadas en las funciones técnicas, específicamente el servicio de internet inalámbrico. Por otro lado, veinticuatro (24) de estos establecimientos educativos poseen tecnología incorporada, pero carecen de servicios de comunicación inalámbrica. A continuación, mediante la matriz de análisis referida al análisis técnico para los servicios, se realizará una revisión de lo incorporado y las deficiencias a la fecha:

Cuadro 3. Matriz de análisis para servicios de biblioteca con incorporación de TIC.

	CARACTERISTICAS
Personal Calificado	• No tienen una buena experiencia de navegación. • No existe buena cobertura para establecer una adecuada conexión por medio de la red inalámbrica Wi-Fi con los dispositivos de computación y de comunicaciones • Retraso en sus actividades laborales.
Gestión	• El sistema de red propicia un servicio de internet en unas bibliotecas

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

	de dos (2) megabit por segundo (Mbps) y en otras de cuatro (4) Mbps, para todas las áreas y a los equipos tecnológicos **que** se encuentran en estas. • La red de cada biblioteca maneja una carga de aproximadamente de 30 usuarios, las cuales en momentos evidencia lentitud generando malestar e incomodidad en los usuarios, sean estos empleados de la biblioteca o a**que**llas personas asiduas a estas. • Los equipos de red se encuentran vinculados directamente al router del proveedor del servicio de internet.
Control	• No existe un control del ancho de banda. • No se proponen reglas en los firewalls para prohibir el acceso a páginas, redes sociales, entre otros. Por lo tanto, se observó el alto consumo del ancho de banda, las cuales causaba lentitud en la comunicación y retardo a las consultas realizadas para las actividades laborales por los empleados y a**que**llas **que** generan los usuarios asiduos a la biblioteca. • No cuentan con un diseño topológico de la red, por ende, desconocen la estructura de intercomunicación de la red para transmitir datos entre los dispositivos **que** se conectan al sistema de comunicación inalámbrico en la biblioteca. El control de las direcciones IP lo maneja la empresa **que** propicia el servicio de internet, por ende, el área de Tecnología de la Oficina de Cultura de la Gobernación del Magdalena no administra la red.
Equipos de Telecomunicaciones	• Cuentan con un modem Wi-Fi que lo proporciona el Proveedor de Servicios de Internet (en sus siglas en ingles ISP) contratada por RNBP. • La red se evidencia un router de línea hogar que se conecta en uno de los puertos LAN al ISP. • Cuentan con dos (2) puntos de acceso conectados al switch principal. • Los equipos multifuncionales e impresoras no están como recursos compartidos. • Lentitud en las búsquedas de información. • Alto Consumo energético

Fuente: González, J. (2022).

De acuerdo con lo presentado en la matriz, se evidencia la ausencia de una gestión óptima de las tecnologías de comunicación inalámbricas en las bibliotecas referenciadas. Considerando necesario establecer un análisis sobre las bibliotecas públicas de la RNBP del Departamento de Magdalena sin tecnología de comunicación inalámbrica, con el objetivo de puntualizar las causas detectadas, caracterizadas según su origen en causas principales y secundarias, se describe a continuación lo siguiente:

Cuadro 4. Matriz de análisis para servicios de biblioteca sin incorporación de TIC.

	CARACTERISTICAS
Personal Calificado	• Moderada claridad y consistencia en las actividades asignadas en los procesos operativos. • Atrasos en las actividades. • Exceso en el manejo de información. • Falta de comunicación en tiempo real.
Gestión	• No hay un óptimo proceso de comunicación entre el personal. • Información redundante. • Información no disponible. • Problemas en el análisis e interpretación de la información.
Control	• Complicaciones en la administración.

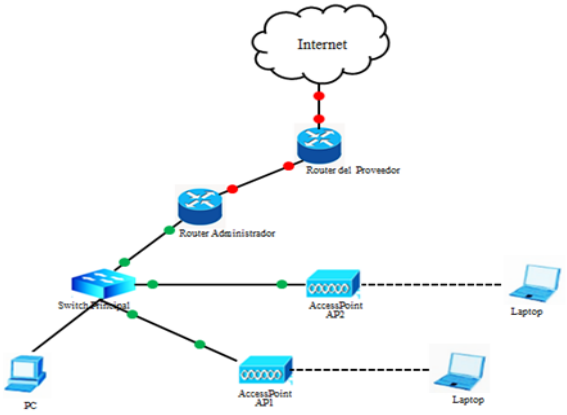
Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

	• No cuenta con un sistema de red. • Actualización de la información
Equipos de Telecomunicaciones	• No existe gestión de información. • No cuentan con el registro digitalizado de sus procesos. • Lentitud en las bús**que**das de información.

Fuente: González, J. (2022).

Por lo cual, sobre este particular y en la documentación observada, se evidencia la ausencia de gestión en las tecnologías de comunicación inalámbricas de las bibliotecas referenciadas. Ahora bien, con relación a lo presentado y analizando los esquemas de conectividad de las bibliotecas con incorporación de tecnologías, se observa que las bibliotecas públicas pertenecientes a la RNBP del Departamento de Magdalena poseen un sistema de comunicaciones inalámbrico, pero no están propiciando una operatividad óptima. Esto se debe a que el aforo de las bibliotecas exige un mejor servicio, y el regente no cumple con las expectativas de los usuarios. Así mismo, las bibliotecas sin este sistema brindan aún menos oportunidades de acceso a la información, dado que este servicio no es una opción sino una necesidad en toda organización. En este sentido, se muestra el gráfico 1 con el diagrama de red correspondiente a cada biblioteca con el servicio presente.

Gráfico 1. Diagrama de red de las bibliotecas públicas de la RNBP del Departamento del Magdalena.



Fuente: Departamento TIC oficina de cultura – Gobernación del Magdalena (2021).

Es preciso destacar que las bibliotecas analizadas en el Departamento de Magdalena, a excepción de la Biblioteca de Empresas Públicas, se asumen como sistemas de bibliotecas y no como bibliotecas individuales, debido a los procesos centralizados en las funciones técnicas. La presente investigación detalla los resultados correspondientes a las variables: procesos, recursos e infraestructura de las bibliotecas públicas, apoyándose en las matrices de análisis.

Los resultados de este análisis permiten observar cómo la incorporación de las TIC en las funciones técnicas presenta las siguientes características generales en dos aspectos: software y hardware. Este conjunto de aplicaciones tecnológicas, incorporado y usado en las funciones técnicas, se denomina infraestructura tecnológica. Es desde esta infraestructura que se examina

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

la incorporación y uso de las TIC en las bibliotecas públicas del Departamento, lo cual sirve como base para identificar volúmenes de información y servicios que serán analizados en la siguiente fase.

FASE II: Identificar los volúmenes de información y servicios de red que ofrecen las bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena, mediante las tecnologías de comunicación inalámbricas.

Basado en el análisis anterior, se identificó que el departamento de TIC de la Gobernación del Magdalena no dispone de un sistema de gestión de red capaz de ofrecer un servicio efectivo a las bibliotecas públicas, tanto para sus empleados como para los usuarios. Estas instituciones operan con una red de datos limitada a servicios puntuales y carecen de aplicaciones que permitan a los empleados realizar labores administrativas y operativas, además de un entorno web que facilite la interacción con los usuarios.

Por otro lado, estas bibliotecas no cuentan con servidores de red para almacenar los datos generados tanto por actividades operativas como por solicitudes de los usuarios. Esto genera dificultades en el resguardo de información administrativa y operativa. Así, se evidencia que la infraestructura tecnológica de estos establecimientos no se administra de manera adecuada para atender la demanda de servicios de internet, afectando tanto a empleados como a usuarios, ya que no existe una gestión adecuada de dispositivos ni una priorización de paquetes de datos.

En este contexto, el enlace de conectividad en las bibliotecas públicas analizadas presenta debilidades, con latencia y pérdida de datos o archivos, especialmente cuando la red de servicio de internet se satura debido a un incremento en el tráfico de usuarios y el uso intensivo de multimedia. Esta situación provoca un comportamiento inestable del ancho de banda, insuficiente para cubrir las necesidades actuales, debilitando el sistema de red.

El equipo especializado del departamento considera que, debido al creciente uso de las TIC, tanto empleados como usuarios de las bibliotecas públicas de la RNBP en el Departamento de Magdalena deben contar con un sistema de red apoyado en la computación en la nube. Actualmente, la falta de servidores y aplicaciones para uso interno dificulta la operatividad en los distintos puestos de trabajo dentro de la red de bibliotecas.

Asimismo, no disponen de entornos de ejecución que faciliten la comunicación entre el personal. Aunque cuentan con un servicio de correo electrónico, carecen de herramientas como telefonía IP, mensajería, conferencias o videollamadas, entre otros componentes de comunicación que podrían integrarse en un entorno web. Es esencial que estas bibliotecas implementen un gestor de plataformas, datos y control de integración para optimizar la utilización de software y ofrecer un servicio de comunicación más eficiente.

En atención a lo señalado, las bibliotecas públicas de la RNBP del Departamento de Magdalena representan una población considerable y esencial, capaces de propiciar un escenario idóneo para que la comunidad emprenda cambios sustanciales en beneficio propio y en favor del desarrollo del Departamento y del país en general. Por lo tanto, el impacto de las innovaciones tecnológicas en estos establecimientos facilitará la formulación de nuevas propuestas para el direccionamiento estratégico enfocado en la ejecución de I+D+I.

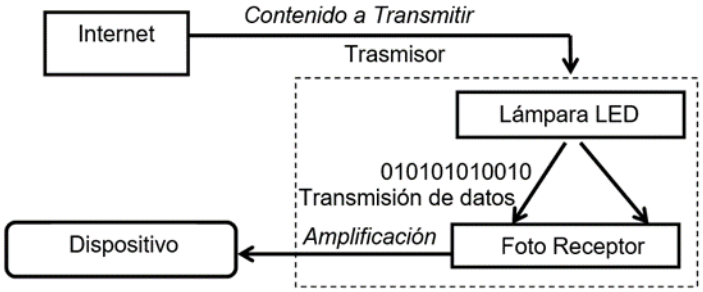
Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

FASE III: Determinar los requerimientos tecnológicos para la implementación de la Tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena.

El sistema Li-Fi se basa en la Comunicación de Luz Visible, apoyándose en luz visible entre 400 y 800 Tera Hertz (THz) como portadora óptica para la transmisión de datos y la iluminación. En este contexto, el principal componente de este sistema es la lámpara LED blanco de alto brillo, la cual actúa como fuente de transmisión, complementada por un fotodiodo de silicio que responde eficientemente a luz visible como elemento receptor.

De este modo, es conveniente explicar que el sistema emisor de esta tecnología consta de cuatro (4) elementos principales: a) La lámpara LED; b) Un circuito amplificador de potencia para radio frecuencia; c) Una placa de circuito impreso y d) Un receptor. En este sistema, la placa controla la entrada y salida eléctrica de la lámpara, siendo el factor primordial del proceso. En consecuencia, se presenta a continuación el gráfico con el diagrama de bloques del sistema Li-Fi.

Gráfico 2. Diagrama de bloque sistema Li-Fi.



Fuente: Manual técnico LIFX (2020).

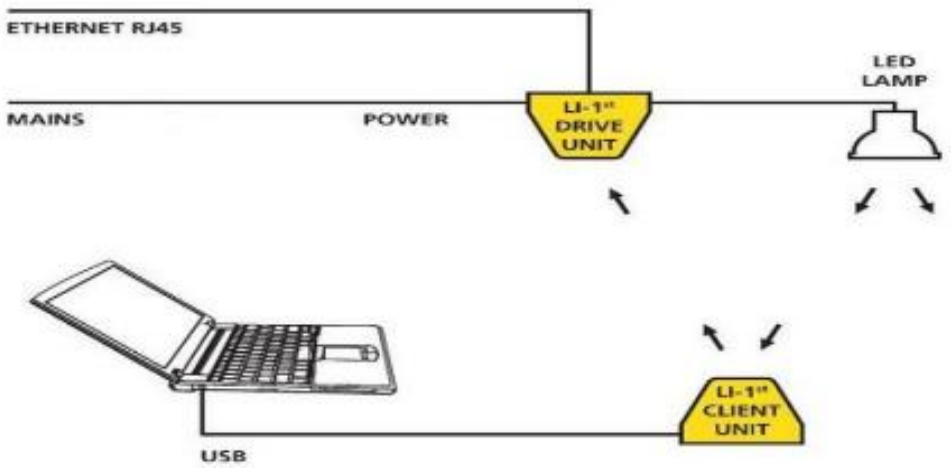
En el gráfico 2 se evidencia el proceso del sistema Li-Fi, conectado a un servidor remoto que transmite paquetes de datos. Este flujo se procesa por medio de un router Li-Fi, diseñado para alimentar el sistema de iluminación, es decir, las lámparas LED. La lógica de funcionamiento de cada bombilla es la siguiente: si el LED está encendido, transmite un alto lógico (1), y si está apagado, transmite un (0) binario.

Ahora bien, es importante señalar que, para el presente estudio, se tomó en cuenta el transmisor Li-Fi basado en el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (en sus siglas en inglés, OSI), establecido para esta tecnología. En el caso de las bibliotecas públicas de la RNBP del Departamento de Magdalena, se recomienda la subcapa física PHY II, debido a su capacidad para alcanzar velocidades de datos entre 1.25 y 96 Mbps en ambientes internos, haciéndola ideal para el sistema de red de las bibliotecas.

Posteriormente, el sistema se completa con la capa de acceso, referida a dispositivos finales como PC, impresoras, teléfonos IP, cámaras, smartphones, entre otros, que permiten acceder a la red. Sobre la base de esta idea, el gráfico 3 muestra el esquema de conectividad de la tecnología Li-Fi.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

Gráfico 3. Esquema de conectividad de la tecnología Li-Fi.



Fuente: Manual técnico LIFX (2020).

El transmisor para la tecnología Li-Fi está compuesto por dos factores importantes: el emisor y el fotoreceptor o detector directo, los cuales hacen posible la comunicación mediante una modulación óptica. Turan (2019) explica que esta "se basa en las comunicaciones ópticas inalámbricas (OWC), la cual está formada por un emisor que es la fuente de luz por donde enviará la información, además por un receptor el cual captará las diversas intensidades de luz" (p. 15). Por lo tanto, la modulación recomendada para la futura red Li-Fi en las bibliotecas públicas sujetas de estudio es la modulación de amplitud en cuadratura (en sus siglas en inglés, QAM).

Esto implica que los datos estarán tanto en la amplitud como en la base de la señal portadora a transmitir. Es importante resaltar que, dentro de esta tecnología, se pueden usar diversos sistemas de modulación entre las constelaciones de 4-QAM a 128-QAM. Sin embargo, a partir de 64-QAM, se genera una tasa de error más elevada, y la curva de probabilidad refleja un error de bit. De esta manera, para implementar una zona con cobertura Li-Fi dentro de las bibliotecas públicas sujetas de estudio, se deberán considerar los siguientes elementos:

Cuadro 5. Matriz de análisis para definir arquitectura Li-Fi.

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Transmisor LiFiCup	Luminaria empotrable fija Li-Fi LED, de Potencia de 30W, Flujo lumineux de 1900lm, índice de protección de temperatura de couleur de 4000K y de alimentación Regulable DALI por POE + / UPOE
Switch	TP-Link, 24 Puertos, Gigabit 10/100/1000
Punto de acceso	LiFiCup
Adaptadores USB Li-Fi	Actúa como un transceptor para permitir la comunicación inalámbrica entre el dispositivo y el transmisor Li-Fi. Capaz de alcanzar velocidades de transmisión de enlace descendente de hasta 108 Mbps y velocidades de enlace ascendente de hasta 53 Mbps. Dimensiones de 59 x 35 x 10,8 mm (2,32 x 1,38 x 0,42 pulgadas). Compatible con los sistemas operativos Windows XP/ Vista / 7/ 8/ 10, Mac OS y Linux
Cable	UTP Categoría 6ª
Interruptor de luminaria	Adaptador para los cambios entre corriente continua y alterna
Planta eléctrica	Generador de inversor portátil a gas Westinghouse iGen2200

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

Sistema de alimentación ininterrumpida	SAI UPS APC Pro BR1500M2-LM 1500VA, Interfaz LCD

Fuente: González, J. (2022).

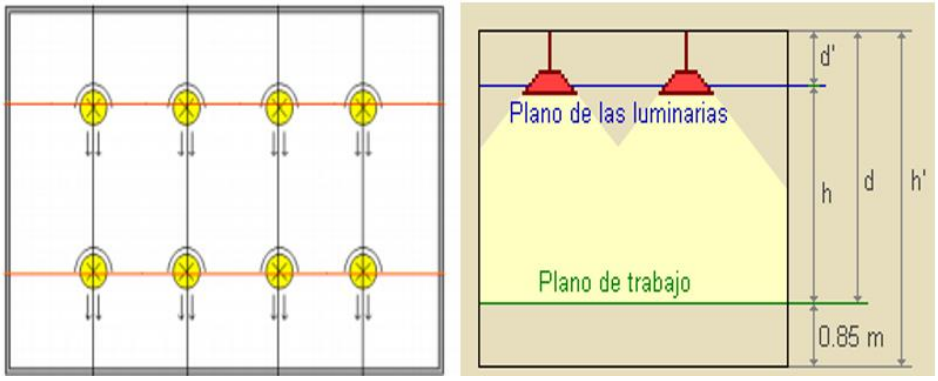
Ahora bien, también deben considerarse las normas arquitectónicas establecidas por el Ministerio de Cultura, según las cuales las bibliotecas públicas deben disponer de un espacio territorial no menor a 600 metros cuadrados (m²), con una infraestructura de un solo nivel y aproximadamente 365 m² de área de construcción física. Este criterio de diseño responde a la necesidad de contar con un espacio capaz de atender aproximadamente a 150 usuarios de manera simultánea. Por esta razón, las áreas de las bibliotecas se dividen de la siguiente manera:
a) Área de recepción para el ejercicio del bibliotecario donde tiene cubrimiento total de toda la biblioteca.
b) Zona de computación ubicada en la parte central de la biblioteca, con computadoras disponibles para permitir a los usuarios identificar los libros a consultar.
c) Área de lectura equipada con mesas y sillas, destinada a que los usuarios puedan revisar los libros consultados.
d) Zona de libros, ubicada cerca del área de lectura para facilitar la búsqueda a los lectores.
e) Zona infantil, donde esta área se desarrollan actividades de lectura, juegos didácticos, entre otras acciones recreativas e investigativas para los niños, niñas y adolescentes.
f) Área de almacén, dispuesta para el almacenamiento de distintos recursos materiales en insumos.
g) Área exterior, destinada a actividades al aire libre, como obras de teatro, cuentacuentos y otras que requieran un espacio abierto.
h) Área para personas con discapacidad.
i)Área de servicios sanitarios.

Por lo tanto, considerando la estructura física de las bibliotecas públicas de la RNBP del Departamento de Magdalena, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:
a) Calcular el flujo luminoso del espacio requerido para instalar los puntos de acceso. Para garantizar el correcto funcionamiento de la tecnología Li-Fi, es imprescindible determinar el flujo luminoso total del área destinada al uso de la red. Este cálculo debe incluir las dimensiones de ancho, largo y altura del área, siguiendo lo establecido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, Resolución No. 180540 del 30 de marzo de 2010, específicamente el Capítulo 4, que detalla el diseño y los cálculos de iluminación interior, en la Sección 410 sobre los requisitos generales del diseño de alumbrado interior.
b) El apartado 410.1 establece los niveles de iluminación o iluminancias y la distribución de luminancias necesarios para cumplir con la norma de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), específicamente la ISO 8995. Además, es importante considerar la sección 420.1.2, que se refiere al alumbrado en instituciones educativas, salas de lectura y auditorios.
c) En Colombia, la corriente eléctrica opera a una frecuencia de 60 Hertz (Hz) y un voltaje de 110 voltios. Dado que la tecnología Li-Fi transmite datos a frecuencias significativamente superiores, en el orden de decenas de megahercios, y con un voltaje mucho menor, es necesario emplear un adaptador PLC. Este dispositivo separa ambas señales, evitando interferencias y asegurando que cada una siga su trayectoria adecuada.
d) Donde se requiera instalar luminarias LED con inclinación para llegar a ciertos lugares de la biblioteca pública, es necesario apoyarse en la Ley del Coseno, con la finalidad de calcular el ángulo de inclinación, donde la iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidente, es decir el ángulo formado por la trayectoria del rayo incidente y la normal a la superficie en el punto de incidencia.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

e) Evaluar los equipos disponibles en el mercado según los proveedores.
f) Fortalecer el nivel académico e investigativo del equipo técnico del departamento de las TIC perteneciente de la Oficina de Cultura de la Gobernación del Magdalena, en cuanto al diseño de nuevas redes para transmisión de datos, específicamente, sobre la tecnología Li-Fi**.**

Gráfico 4. Distribución y altura de las luminarias LED con tecnología Li-Fi.

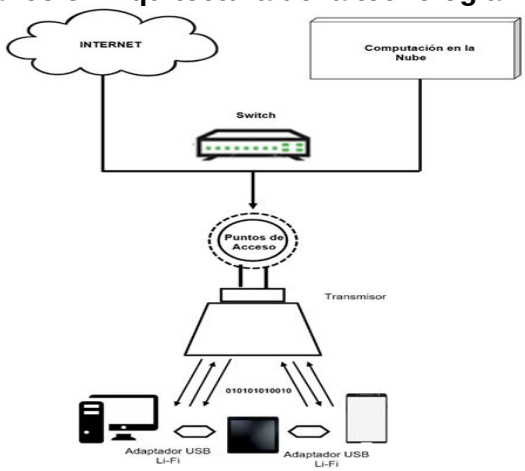


Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (2010).

FASE IV: Seleccionar la arquitectura adecuada para la implementación de la Tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena.

En este apartado se diseña la arquitectura de red basada en la tecnología Li-Fi para las bibliotecas públicas pertenecientes a la RNBP en el Departamento de Magdalena. Este diseño se fundamenta en los datos recabados durante las fases previamente descritas y en el análisis de bibliografías que facilitaron una comprensión más detallada del sistema propuesto como solución a la problemática identificada en dichas bibliotecas. A continuación, se presenta el esquema correspondiente en la gráfica 5:

Gráfico 5. Arquitectura de la tecnología Li-Fi.



Fuente: Manual sistema Li-Fi. PureLiFi. (2020).

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

La arquitectura descrita evidencia que PureLiFi Technology (2020) propone una conexión de servicio de internet cableada hasta el punto de acceso Li-Fi, específicamente al transmisor LiFiCup, encargado de regular y controlar la intensidad del LED instalado en dicho punto de acceso. Además, destaca la importancia del cableado eléctrico utilizado, ya que conecta los diferentes dispositivos que forman parte del sistema de red Li-Fi, permitiendo acceso a Internet de banda ancha y proporcionando alimentación eléctrica para crear una red interconectada.

La topología empleada es punto a punto, donde cada dispositivo puede comunicarse con cualquier otro dentro de su área de cobertura. Para lograrlo de manera efectiva, los dispositivos deben mantenerse en estado de recepción constante o sincronizarse con los demás. En este caso, la transmisión de datos se realiza mediante acceso aleatorio no ranurado.

El dispositivo está compuesto por una capa física (PHY), que incluye el transceptor de luz junto con su mecanismo de control, y una subcapa de control de acceso al medio (MAC), encargada de gestionar el acceso al canal físico para las transferencias de paquetes. Se estableció un tiempo de compensación (encendido y apagado de la fuente de luz), el cual puede ajustarse tanto en el patrón de inactividad como en la trama de datos, permitiendo reducir o aumentar el brillo promedio de la fuente luminosa.

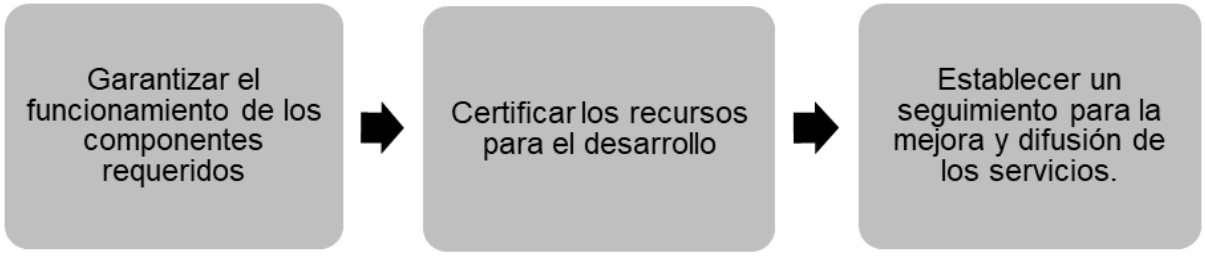
FASE V: Formular lineamientos para la implementación de la Tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena.

Para el desarrollo de la quinta fase, correspondiente a la formulación de lineamientos para implementar la tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena, se diseñará un plan operativo basado en los resultados obtenidos en las fases analizadas previamente. Esto permitirá establecer los lineamientos necesarios para cumplir con el objetivo general de esta investigación.

Es importante destacar que los lineamientos propuestos constituyen un compendio de directrices que pueden servir de base para diferentes empresas u organizaciones en el análisis, diseño y desarrollo de aplicaciones móviles fundamentadas en la mencionada tecnología. Estas directrices facilitan la transferencia tecnológica en diversos sectores de la sociedad, beneficiando a programadores, investigadores y usuarios en general. Su formulación se basa en la experiencia del investigador, sustentada en los aportes de los diferentes autores estudiados a lo largo del proceso investigativo. En este contexto, los lineamientos se estructuran en tres (3) fases, como se muestra en el gráfico 6. Cada fase detalla sus procedimientos a través del plan operativo, que incluye objetivos específicos, pautas a seguir, metas medibles y actividades necesarias para alcanzarlas. Además, se describen los recursos tecnológicos y financieros requeridos, el tiempo estimado y el personal responsable de cada proceso.

Gráfico 6. Fases de los lineamientos para implementación de la Tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

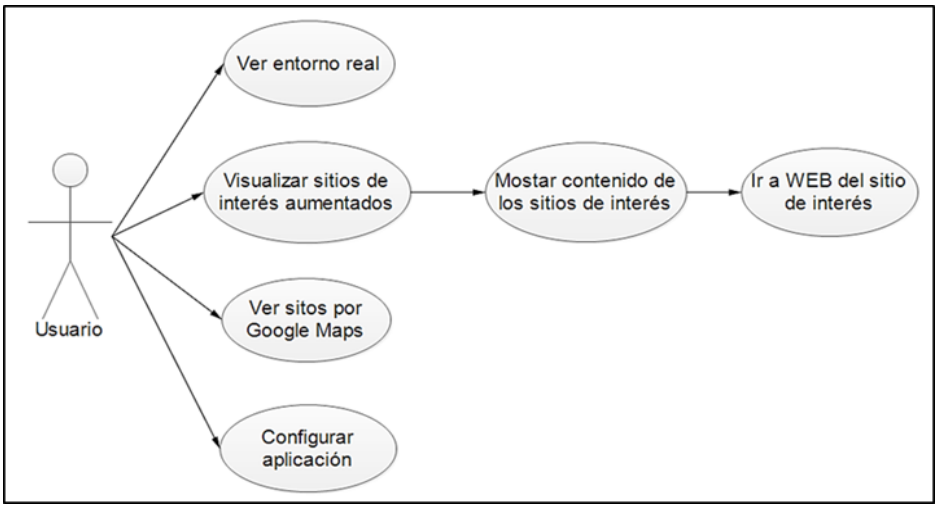


Fuente: González, J. (2022).

En relación con la Fase I, el primer lineamiento contempla un estudio orientado a garantizar el funcionamiento de los componentes básicos disponibles y los requeridos por los usuarios de los servicios. Estas características se enfocan principalmente en las funcionalidades técnicas de las bibliotecas. Por ello, se presenta el cuadro 11, donde se detalla la estructura de ejecución del primer lineamiento a través de un plan operativo, especificando los compendios que integran este proceso, incluyendo metas y actividades necesarias para alcanzar el objetivo principal.

Por su parte, la Fase II, correspondiente al segundo lineamiento, se centra en la presentación de la plataforma y sus complementos básicos, con el fin de adecuarla para su posterior desarrollo. El diagrama de caso de uso permite describir de forma natural la funcionalidad de la implementación de la tecnología Li-Fi en la red, facilitando al equipo de desarrollo trabajar en la especificación de los requisitos del sistema, como se ilustra en el gráfico 7.

Gráfico7. Diagrama de caso de uso para la implementación de los servicios técnicos.



Fuente: González, J. (2022)

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

El procedimiento se enfoca en la implementación y uso de la plataforma de servicios técnicos, diseñada como un motor de activación disponible para teléfonos inteligentes con sistema operativo Android, PC o tabletas utilizadas en las bibliotecas. La configuración inicial del entorno se basa en la instalación de una plataforma de desarrollo Java, configurada con los complementos y kits de desarrollo de software para Android, y conectada a una base de datos o servidor que almacena los registros de los sitios para su posterior visualización.

En cuanto a la ejecución de este lineamiento, el cuadro 12 presenta la estructura del plan operativo, detallando los objetivos principales en función de las metas previstas, junto con las actividades necesarias para alcanzarlas. Se consideran todos los elementos requeridos para garantizar la puesta en marcha del sistema.

Finalmente, la Fase III, correspondiente al tercer lineamiento, se centra en establecer un mecanismo de seguimiento para la mejora continua y la difusión de la implementación, como se muestra en el cuadro 13. Esta fase incluye un rastreo del entorno donde se realizó la implementación, durante un periodo determinado, para identificar aspectos que requieran ajustes o actualizaciones, así como la incorporación de nuevas herramientas que potencien la funcionalidad de los componentes implementados.

Conclusiones

De la presente investigación se desprenden diversas conclusiones que responden al objetivo general de proponer lineamientos para la implementación de la tecnología Li-Fi en la red de bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena, instituciones pertenecientes a la Red Nacional de Bibliotecas Públicas de Colombia. En este sentido, se concluye lo siguiente:
En primer lugar, respecto a la caracterización de las tecnologías de comunicación inalámbricas de las bibliotecas estudiadas, se identificó que el desempeño de la red es limitado en términos de escalabilidad, con un ancho de banda insuficiente que dificulta un servicio óptimo de internet.

Además, se observó la ausencia de reglas en los firewalls para restringir el acceso a sitios de alto consumo, como plataformas de ocio, y la carencia de un diseño topológico de la red, lo que genera desconocimiento sobre la estructura del sistema actual.

En cuanto a la identificación de los volúmenes de información y servicios de red ofrecidos por estas bibliotecas, se concluyó que la red carece de aplicaciones adecuadas para ofrecer servicios eficientes. La falta de una plataforma de comunicaciones robusta dificulta a los empleados gestionar los datos generados por actividades administrativas y operativas. Asimismo, se evidenció que la red no soporta el aforo máximo de usuarios, lo que genera saturación y latencia. Respecto a los requerimientos tecnológicos para la implementación de la tecnología Li-Fi, se propone un sistema de red con velocidades de transmisión superiores a 10 Mbps, suficiente para atender las necesidades tecnológicas de las bibliotecas. Por otro lado, la selección de la arquitectura de red para esta tecnología busca optimizar el sistema, permitiendo a las bibliotecas manejar y controlar eficientemente recursos pasivos y activos. La arquitectura diseñada incluye dispositivos Li-Fi que aportan robustez, garantizando una transmisión y recepción de datos estable para las demandas de estos entornos.

Finalmente, la formulación de lineamientos para la implementación de la tecnología Li-Fi propicia un proceso técnico-operativo que satisface las exigencias de usuarios y empleados. Este sistema innovador y vanguardista fortalecerá la calidad del servicio, permitiendo búsquedas de

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024

información rápidas, estables y cómodas, alineadas con las tendencias del Internet de las Cosas (IoT).

En este sentido, las bibliotecas públicas del Departamento del Magdalena estarán mejor posicionadas para cumplir sus nuevos objetivos, asegurando un control eficiente de sus operaciones, un factor esencial en su gestión. Adicionalmente, este sistema permitirá a bibliotecarios y empleados mantenerse comunicados en tiempo real, resolviendo las limitaciones del sistema de red anterior y mejorando significativamente su funcionalidad.

Referencias Bibliográficas

- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (6ª ed.). Editorial Episteme, C.A.
- Baptista, P., Fernández, C., & Hernández, S. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Barrera, M. (2013). Metodología proyectiva para proyectos de investigación en bibliotecas.
- Di Renzo, M., & Haas, H. (2017). Li-Fi: The future of wireless communication.
- Hurtado, J. (2012). Metodología de la investigación: Guía para una comprensión holística de la ciencia (4ª ed.). Ediciones Quirón, S.A.
- LIFX. (2020). Manual técnico LIFX. https://support.lifx.com/hc/en-us/articles/14509235803287-Espa%C3%B1ol
- Meneses, J. (2016). Las comunicaciones inalámbricas como alternativa a las redes cableadas en bibliotecas públicas.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa (3ª ed.). Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Pimienta, J., & De la Orden, A. (2017). Metodología de la investigación (3ª ed.). Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Pohlman, T. (2017). The evolution of Light Fidelity (Li-Fi).
- PureLiFi. (2020). Manual del sistema Li-Fi. https://www.purelifi.com/wp-content/uploads/2020/02/LiFi-Indoor-Networking-Concepts.pdf
- Smith, A. (2014). High-speed data transmission with LEDs: Fundamentals of Li-Fi.
- Stallings, W. (2005). Wireless communications & networks (2ª ed.). Pearson Education.
- Turan, G. (2019). Optical wireless communications in smart environments.
- Villasmil, M. (2016). Tecnologías de comunicación inalámbrica en las bibliotecas públicas.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 23 Edición No 01– Año 2024