

Recibido: Jul. 28, 2023 | Aceptado: Sep. 08, 2023 | Publicado: Oct. 5, 2023

Factores determinantes para el despliegue de tecnología Li-Fi en instalaciones hospitalarias colombianas: un estudio exploratorio

Determining factors for the deployment of Li-Fi technology in Colombian hospital facilities: an exploratory study

DOI: <https://doi.org/10.21803/ingecana.3.3.631>

Jorge Mauricio Sepúlveda Castaño¹ y José Luis Lira Turriza²

Magister en Ingeniería. Decano de la Facultad de Ingenierías de la Corporación Universitaria Remington. Medellín (Colombia). E-mail: jsepulveda@uniremington.edu.co. ORCID: 0000-0003-0520-7396.

Doctor en Ciencias Computacionales. Docente investigador tiempo completo del Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche (México). E-mail: jlira@itescam.edu.mx. ORCID: 0000-0003-3182-542X.

Resumen

La tecnología Wi-Fi es ampliamente utilizada para facilitar la conectividad inalámbrica, sin embargo, diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a sus ondas electromagnéticas puede representar riesgos para la salud humana, interferir con dispositivos médicos e implicar problemas de seguridad y privacidad de datos. Por lo tanto, su uso en hospitales es poco apropiado. Las ondas de alta frecuencia emitidas por el Wi-Fi provocan la vibración de las moléculas de agua en el cuerpo humano, lo que plantea interrogantes sobre su impacto en la salud. Algunos estudios vinculan el Wi-Fi con problemas de salud como cáncer, infertilidad y trastornos inmunes. Ante esto, ha surgido el Li-Fi como una alternativa segura para la transmisión inalámbrica de datos en hospitales. El Li-Fi mitiga la interferencia electromagnética del Wi-Fi y mejora la conectividad dentro de los hospitales. Su implementación en hospitales colombianos es aún limitada, por lo que se requiere comprender los factores que influyen en su adopción. Una aplicación futura del Li-Fi es la transmisión de datos en hospitales para mitigar las interferencias del Wi-Fi en equipos biomédicos y proteger la salud de los pacientes. Según la literatura, factores técnicos, económicos, regulatorios y de gobernanza pueden influir en la adopción de Li-Fi en hospitales. Este estudio explora tales factores en Colombia para orientar la implementación de Li-Fi y mejorar la conectividad inalámbrica segura en centros de salud. Los resultados sugieren que migrar de Wi-Fi a Li-Fi en hospitales de Medellín - Colombia mejoraría la seguridad, eficiencia y calidad del servicio.

Palabras clave: Hospitales colombianos; LIFI; WIFI; Riesgos en salud; Tecnología de la Información.

Abstract

Wi-Fi technology is widely used to facilitate wireless connectivity, however, several studies have shown that prolonged exposure to its electromagnetic waves can pose risks to human health, interfere with medical devices, and involve security and data privacy issues. Their use in hospitals is therefore inappropriate. The high-frequency waves emitted by Wi-Fi cause vibration of water molecules in the human body, raising questions about their impact on health. Some studies link Wi-Fi to health problems such as cancer, infertility and immune disorders. In response, Li-Fi has emerged as a safe alternative for wireless data transmission in hospitals. Li-Fi mitigates electromagnetic interference from Wi-Fi and improves connectivity within hospitals. Its implementation in Colombian hospitals is still limited, so it is necessary to understand the factors that influence its adoption. A future application of Li-Fi is data transmission in hospitals to mitigate Wi-Fi interference in biomedical equipment and protect patients' health. According to the literature, technical, economic, regulatory and governance factors can influence the adoption of Li-Fi in hospitals. This study explores such factors in Colombia to guide the implementation of Li-Fi and improve secure wireless connectivity in healthcare facilities. The results suggest that migrating from Wi-Fi to Li-Fi in hospitals in Medellín - Colombia would improve safety, efficiency and quality of service.

Keywords: Colombian hospitals; LIFI; WIFI; Health risks; Information Technology.

Cómo citar este artículo:

J.M. Sepúlveda-Castaño, J.L. Lira-Turiza. «Factores determinantes para el despliegue de tecnología Li-Fi en instalaciones hospitalarias colombianas: un estudio exploratorio». *Ingente Americana*, vol. 3, n°3, e-631, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21803/ingecana.3.3.631>



Introducción

En la actualidad, la tecnología Wi-Fi es reconocida a nivel mundial, debido a que facilita la conexión de múltiples dispositivos de manera inalámbrica. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que la exposición prolongada a ondas electromagnéticas de Wi-Fi puede causar riesgos para la salud humana [1], generar interferencia con dispositivos médicos vitales [2], así como problemas de seguridad [3] y privacidad de datos [4], por lo que es poco apropiado su uso en centros hospitalarios. Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia que genera el Wi-Fi, ocasionan la vibración de las moléculas de agua [5]. Dado que el agua comprende entre 60% y 70% del cuerpo humano, esto plantea interrogantes sobre el impacto del Wi-Fi en la salud humana [6]. Diversos estudios indican que el Wi-Fi puede ocasionar problemas de salud a largo plazo como cáncer, infertilidad, desregulación hormonal y trastornos del sistema inmune [7] [8] [9].

Para abordar estas problemáticas, ha surgido la tecnología Li-Fi (Light Fidelity) como una alternativa segura y efectiva para la transmisión inalámbrica de datos en entornos sensibles como hospitales. La implementación de Li-Fi puede mitigar la interferencia electromagnética generada por tecnologías como el Wi-Fi que pueden interferir en los objetivos de prestación de servicio de calidad en los hospitales [10]. Sin embargo, la adopción de Li-Fi en centros hospitalarios

colombianos sigue siendo limitada, lo que requiere comprender los factores importantes para una implementación exitosa [11].

Una de las futuras aplicaciones de Li-Fi es la transferencia de datos en espacios hospitalarios que permita mitigar las interferencias generadas por las tecnologías Wi-Fi en el equipo biomédico y proteger la salud de los pacientes [12]. La literatura sugiere que factores técnicos, económicos, regulatorios y de gobernanza pueden influir en la adopción de la tecnología Li-Fi entre los hospitales [13]. Este estudio busca explorar tales factores en el contexto colombiano para orientar una futura implementación de Li-Fi que pueda mejorar la conectividad inalámbrica segura y confiable en los centros de salud del país.

MARCO TEÓRICO

El WI-FI (Abreviación de Wireless Fidelity) es un sistema de comunicación inalámbrico que permite generar una conexión entre dispositivos sin la utilización de ningún tipo de cable, los elementos que componen el Wi-Fi son: Punto de acceso, que es el dispositivo que permite la conexión de los diversos equipos inalámbricos a la red; clientes Wi-Fi: son los dispositivos que contienen tarjetas Wi-Fi como los ordenadores y teléfonos; SSID: se define como el nombre que identifica a la red Wi-Fi, Roaming: permite a los usuarios tener movilidad

e ir alternando de diferentes puntos de acceso dependiendo de la intensidad de la señal [14].

La tecnología LI-FI, también conocida como Light Fidelity o fidelidad de la luz, se refiere a la comunicación a través de la luz visible. Esta tecnología transmite datos a alta velocidad mediante pulsos de luz que son recibidos por un enrutador óptico. Es un sistema de comunicación inalámbrico similar al Wi-Fi, pero utiliza la luz visible en lugar de ondas electromagnéticas para transmitir datos. La tecnología LI-FI se basa en la tecnología VLC (Visible Light Communication) o Comunicación de luz visible, la cual utiliza rápidos pulsos de luz para transmitir datos en forma binaria (1: encendido, 0: apagado). Esta tecnología tiene el potencial de ofrecer mayores velocidades de transmisión de datos y una mayor seguridad, ya que la luz no atraviesa las paredes y por lo tanto es difícil de interceptar, además, LI-FI tiene aplicaciones en el ámbito de la iluminación inteligente y la comunicación en entornos donde el uso de ondas electromagnéticas está restringido, en especial en los hospitales [15].

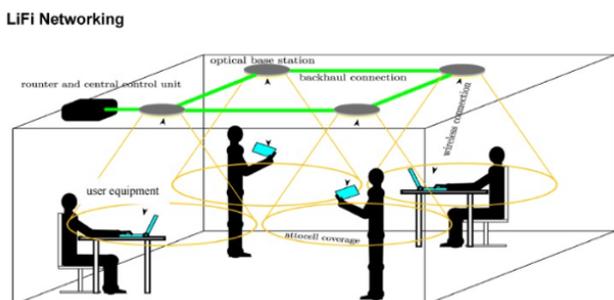


Fig. 1. Esquema de tecnología LI-FI. [16]

La tecnología LI-FI, presentada por el profesor Harold Haas de la Universidad de Edimburgo en julio de 2011, surge como una nueva tecnología de telecomunicaciones inalámbricas que busca hacer frente a los retos de la era tecnológica. Las primeras versiones de LI-FI propuestas por Haas transmitían información a una velocidad de 100 Mbps, pero desde entonces se han logrado avances

en la velocidad de transmisión, como los 500 Mbps y 800 Mbps mostrados por el Fraunhofer Institute de Berlín [17]. Actualmente, se están proponiendo velocidades de hasta 26 Gbps/s [18]. LI-FI utiliza la luz en lugar del espectro electromagnético para transmitir datos, lo que le permite aprovechar la luz generada para generar energía. La implementación de LI-FI está cada vez más extendida y el protocolo 802.15.7 de la IEEE está definido para las comunicaciones inalámbricas en LI-FI [19].

Li-Fi utiliza diodos emisores de luz (LEDs) para transmitir datos de forma inalámbrica. El funcionamiento de esta tecnología es sencillo: en un extremo se encuentra una fuente de luz, como un LED, y en el otro extremo un fotodetector (sensor de luz). El LED está conectado a Internet a través de un módem y el receptor decodifica la información recibida, que luego se muestra en el dispositivo. Al aplicar una corriente constante a un LED, se emite un flujo constante de fotones que se observan como luz visible. Si la corriente varía lentamente, la intensidad de la luz emitida se atenúa hacia arriba y hacia abajo. Debido a que los LEDs son dispositivos semiconductores, la corriente y, por lo tanto, la intensidad de la luz emitida se puede modular a velocidades extremadamente altas que pueden ser detectadas por un fotodetector y convertidas nuevamente en corriente eléctrica [20].

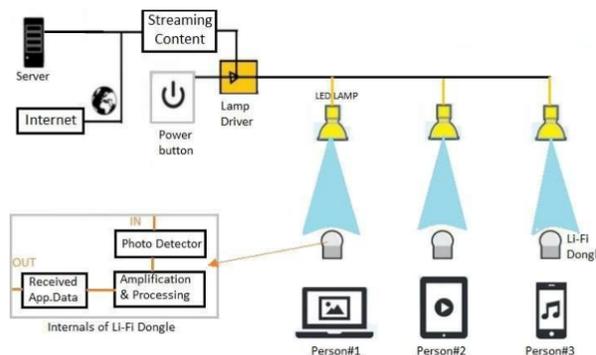


Fig.2. Funcionamiento de tecnología Li-Fi. [21]

La tecnología Li-Fi presenta diversas aplicaciones en diferentes ámbitos. En la industria

aeronáutica, donde el uso del Wi-Fi está restringido en la mayoría de las aerolíneas, el Li-Fi puede utilizarse como sustituto en las conexiones por cable, lo que se traduce en un menor costo, menor peso y mayor eficiencia [22]. Además, en el ámbito de los electrodomésticos de interior, el sistema Li-Fi puede instalarse en dispositivos como congeladores, sistemas de calefacción central, televisores, entre otros, para reducir el consumo y la gestión de la energía Fi [21].

En la gestión de catástrofes, se ha desarrollado LiBNet, una red de globos Li-Fi interconectados que utiliza la luz visible para la transmisión de datos a mayor velocidad y también proporciona iluminación en los entornos afectados [21]. Por otro lado, el Li-Fi puede utilizarse en alumbrado público como sistema de enlace descendente, donde la luz de la calle se utiliza como transmisor y la cámara del teléfono móvil como receptor a través de la modulación de la información. Además, en el ámbito de la salud, el Li-Fi puede utilizarse para la transmisión rápida de datos en algunos equipos médicos avanzados, y a través de dispositivos como relojes de pulsera LED, pendientes, entre otros, instalados con transmisores Li-Fi, se puede monitorizar la salud del cuerpo humano e informar al médico de cabecera inmediatamente si se detecta alguna anomalía a través de Internet, además, de la implementación de Li-Fi en hospitales para evitar las sondas de radiofrecuencia alta que pueden afectar la salud de los pacientes [23].

Otra aplicación interesante del Li-Fi es en la transmisión de datos bajo el agua de mar, donde la interferencia de la luz es posible y las radiofrecuencias no pueden propagarse debido a la naturaleza salada y a la alta conductividad del agua de mar. Como los cables pueden crear amenazas en la comunicación bajo el agua, se pueden sustituir por transmisores Li-Fi que pueden enviar información de los submarinos a la superficie, viceversa, así como a los buceadores con sus faros [24].

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico por conveniencia, en el que la población objeto de estudio está conformada por expertos del área TI pertenecientes a instituciones hospitalarias.

El proceso de recolección de información para el estudio se llevó a cabo utilizando dos cuestionarios estructurados para análisis de la funcionalidad y productividad de las redes Wi-Fi en las instituciones.

La metodología propuesta para la realización de este estudio constó en primer lugar, de la realización de una indagación exhaustiva de fuentes directas e indirectas para analizar las buenas prácticas de seguridad, gobierno de tecnología de la información y tecnología Li-Fi en entornos hospitalarios en Colombia. Esta etapa fue fundamental para establecer el marco teórico y conceptual que permitió guiar el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se implementó la tramitación de permisos en las entidades hospitalarias involucradas como actores centrales de la investigación. Esta medida permitió garantizar la transparencia y el cumplimiento de las normas éticas y legales en el proceso de recolección de información.

Con el objetivo de obtener los datos de interés, se diseñaron instrumentos de recolección de información. Estos incluyeron cuestionarios y guías temáticas para entrevistar a los jefes de tecnología de la información y recolectar información de los usuarios y pacientes de los hospitales seleccionados. Una vez diseñados los instrumentos de recolección de información, se procedió a validarlos para garantizar su confiabilidad y validez. Esta etapa fue crucial para asegurar que los datos obtenidos fueran precisos y confiables.

Posteriormente, se llevó a cabo la recolección y validación de la información, utilizando

los instrumentos diseñados y validados previamente. Se realizó una prueba piloto para validar los instrumentos de medición con una muestra reducida de usuarios de los hospitales seleccionados. Los datos recolectados fueron analizados e interpretados con el objetivo de respaldar la investigación. Este proceso de análisis incluyó la aplicación de estadística descriptiva y análisis de contenido para identificar patrones y relaciones entre las variables de interés.

Se validaron los aspectos éticos del proceso investigativo, asegurando que el proceso de recolección de información y análisis de datos se llevará a cabo de manera ética y respetando los derechos de los participantes. Finalmente, se validaron y discutieron los resultados obtenidos. La socialización de resultados fue llevada a cabo con el objetivo de difundir los hallazgos y contribuir al desarrollo de políticas y prácticas efectivas en la implementación de tecnología Li-Fi en hospitales colombianos.

Población y muestra

Se reconoce que la tecnología Wi-Fi es utilizada en la actualidad en los centros hospitalarios colombianos para apoyar la práctica médica activa, pero su uso produce ondas electromagnéticas que pueden afectar la calidad de vida de los pacientes y usuarios, así como interferencias radioeléctricas que afectan los equipos tecnológicos utilizados en la atención médica.

Con el objetivo de comprender esta problemática en el contexto local, se planteó como población de interés las instituciones hospitalarias en Colombia, incluyendo a los usuarios, pacientes y equipos tecnológicos involucrados. Para llevar a cabo la investigación, se seleccionaron 10 Instituciones hospitalarias de la ciudad de Medellín de las cuales cuatro a través de sus líderes TI, dieron respuesta a los cuestionarios enviados. Estos hospitales fueron seleccionados de forma aleatoria.

Las fuentes directas e indirectas de información para la investigación se encontraron relacionadas con los departamentos de tecnología de la información de los hospitales seleccionados. La metodología propuesta se enfocó en la recolección y análisis de información a través de encuestas y entrevistas, y se validó a través de un riguroso proceso de análisis y discusión de resultados.

Se aplicó un cuestionario con diez (10) preguntas generando a su vez la prueba de validez y confiabilidad del instrumento de medición con la prueba alfa de Cronbach de 0.860, la cual es altamente recomendable para obtener la confiabilidad requerida para este fin.

Análisis de los datos

Se utilizaron diversas técnicas de análisis de información para interpretar la información obtenida a través de los cuestionarios, entrevistas y guías temáticas aplicadas a los hospitales seleccionados. Para la validación de los datos obtenidos a través de los formularios cerrados, se utilizó la estadística descriptiva y el análisis gráfico para visualizar las ventajas y desventajas encontradas en el proceso de recolección de información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la funcionalidad y productividad de las redes Wi-Fi en los hospitales seleccionados, se aplicaron encuestas a los líderes de tecnología de la información (TI) de cada institución. Los resultados demostraron que el 100% de los hospitales encuestados utilizan redes Wi-Fi (Figura 3), y el 75% de la muestra las utiliza de manera frecuente el servicio Wi-Fi, mientras que el 25% restante de la muestra se muestra indeciso ante su uso (Figura 4). Sin embargo, el 50% de los encuestados indicó que la conexión no es estable en ciertas zonas del hospital y la velocidad del Wi-Fi es un factor importante que genera inconvenientes en su uso

(Figura 5). Esta situación afecta la atención al paciente, ya que la conectividad inadecuada puede retrasar la transmisión de información importante. Es necesario que los hospitales implementen soluciones para mejorar la estabilidad de la conexión Wi-Fi en todas las áreas del hospital.

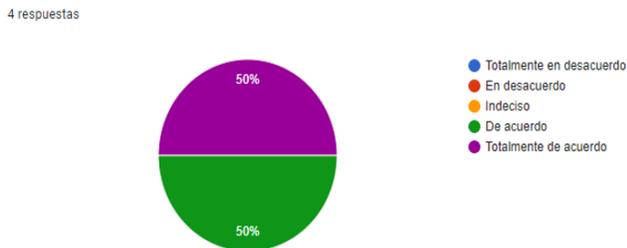


Fig.3. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Utiliza usted el servicio de Wi-Fi en el hospital?

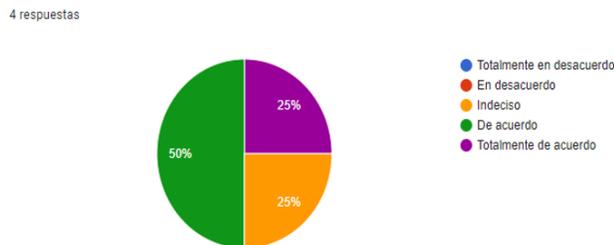


Fig.4. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Utiliza de manera frecuente el servicio de Wi-Fi en el hospital?

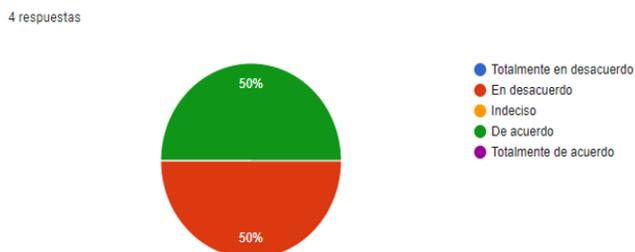


Fig.5. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Cuándo se conecta al Wi-Fi, desde cualquier lugar de las instalaciones del hospital, ¿la conexión es estable?

En cuanto al uso de dispositivos en los centros hospitalarios, los resultados obtenidos indican que el 100% de la muestra (Figura 6) está de acuerdo

con la utilización de dispositivos como tabletas, celulares y PC para conectarse a la red Wi-Fi, lo que sugiere que estos dispositivos son ampliamente utilizados en los hospitales para la transmisión de datos y la comunicación.

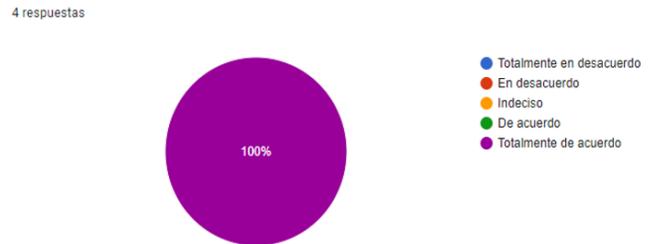


Fig.6. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Utiliza dispositivos como Tablet, celulares, PC para conectarse a la red Wi-Fi?

Además, el 75% de la muestra está de acuerdo en que cuando se aleja de un área específica en el interior del hospital, nota que la señal del Wi-Fi disminuye o se pierde (Figura 7). Esta situación puede ser un problema para los pacientes, visitantes y el personal médico que necesitan moverse por diferentes áreas del hospital mientras mantienen la conectividad. Es importante que los hospitales trabajen en la implementación de soluciones de conectividad ubicuas para garantizar una conectividad constante y estable en todas las áreas del hospital.

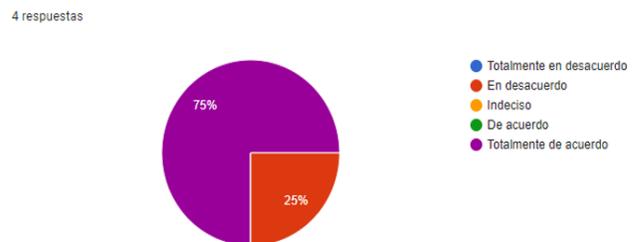


Fig.7. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Cuándo se aleja de un área específica en el interior del hospital nota que la señal del Wi-Fi disminuye o se pierde?

En cuanto a la seguridad de la red Wi-Fi, los resultados indican que el 100% de la muestra percibe la red Wi-Fi del hospital como segura (Figura

8). Sin embargo, es importante que los hospitales implementen medidas de seguridad adecuadas para proteger la información confidencial del paciente y garantizar la privacidad de los datos. En este sentido, es necesario que los hospitales implementen políticas de seguridad robustas y que capaciten al personal en el uso seguro de la red Wi-Fi.

4 respuestas

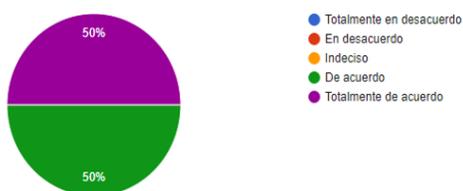


Fig.8. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Considera segura la red WI-FI del hospital?

Los resultados obtenidos indican que el 50% de la muestra está de acuerdo con la velocidad actual de su Wi-Fi, mientras que el otro 50% está en desacuerdo con la velocidad del Wi-Fi al interior del centro hospitalario (Figura 9). Es importante destacar que la velocidad de la red Wi-Fi es un factor crucial para la eficiencia de la atención al paciente y la comunicación entre el personal médico.

4 respuestas

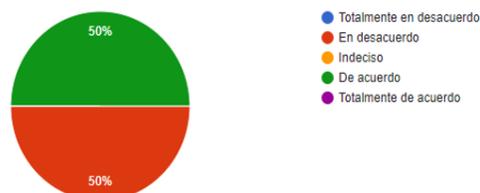


Fig.9. Resultados obtenidos a la pregunta ¿La valoración actual de la velocidad del Wi-Fi dentro del hospital es positiva?

En cuanto a la interferencia de la red Wi-Fi en los equipos biomédicos, el 50% de la muestra válida que la red Wi-Fi genera interferencias en los equipos biomédicos al interior del hospital,

mientras que el 50% restante no válida dicha afirmación (Figura 10). Es necesario que los hospitales realicen pruebas de compatibilidad electromagnética para garantizar que la red Wi-Fi no interfiera en los equipos biomédicos y que se implementen soluciones para minimizar cualquier posible interferencia.

4 respuestas

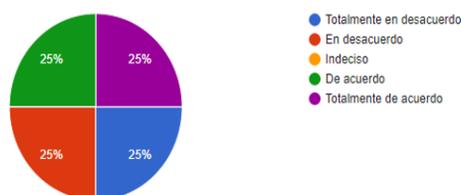


Fig.10. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Considera que la red Wi-Fi genera interferencia en los equipos biomédicos?

En relación con el conocimiento sobre la tecnología Li-Fi, el 50% de la muestra describe no conocer sobre esta tecnología (Figura 11). La tecnología Li-Fi utiliza luz para transmitir datos, lo que puede ser una alternativa a la red Wi-Fi en entornos hospitalarios donde la interferencia electromagnética es un problema.

4 respuestas

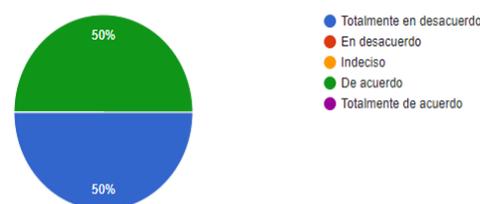


Fig.11. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Conoce usted sobre Tecnología Li-Fi?

Ante la pregunta de si estarían dispuestos a cambiar la tecnología Wi-Fi por una nueva tecnología que cumpla iguales o mejores condiciones de conectividad dentro de las instalaciones del hospital, el 100% de la población encuestada manifiesta estar de acuerdo con este cambio (Figura 12). Es de vital importancia que

los hospitales consideren la implementación de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la seguridad de la conectividad en las instalaciones hospitalarias. Se destaca la necesidad de mejorar la velocidad y la compatibilidad electromagnética de la red Wi-Fi en los hospitales, así como de explorar nuevas tecnologías como Li-Fi para mejorar la conectividad en los entornos hospitalarios.

4 respuestas

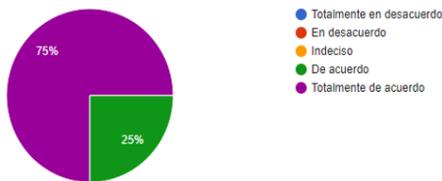


Fig.12. Resultados obtenidos a la pregunta ¿Estaría dispuesto a cambiar la tecnología Wifi por una nueva tecnología que cumpla iguales o mejores condiciones de conectividad dentro de las instalaciones del Hospital?

Adicionalmente, se realizó una identificación de las variables que causan interferencia en la utilización de redes Wi-Fi en los centros hospitalarios, mediante encuestas aplicadas a los líderes de tecnología de la información (TI) de los centros seleccionados en la muestra. Los resultados obtenidos indican que el uso laboral es la actividad más representativa que implica el uso de Wi-Fi en los centros hospitalarios (Figura 13).

Cuál es el tipo de uso que se le da a las redes wifi en el interior de hospital.

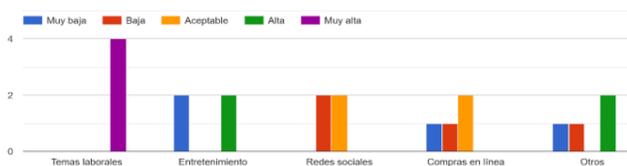


Fig.13. Resultados obtenidos al tipo de uso que se le da a las redes Wi-Fi en el interior del hospital.

En cuanto a los factores que generan inconvenientes en el uso de la red Wifi, la velocidad se presenta como el factor más importante. Es importante que los hospitales trabajen en la mejora de la velocidad de la red Wifi para garantizar una conectividad eficiente y efectiva.

En relación con los espacios donde se presenta mayor interferencia al conectarse a la red Wifi en el interior del hospital, la velocidad es un factor trascendental dentro de las limitantes, seguido de la congestión en la red y la compatibilidad con dispositivos antiguos (Figura 14). Se evidencia

De los siguientes factores cuales son los que se presentan como inconveniente en el uso de la red wifi el hospital

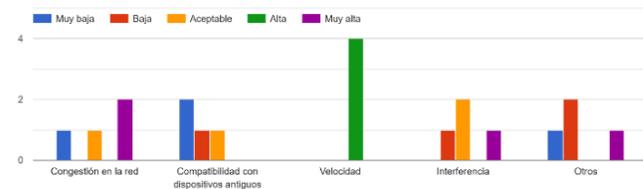


Fig.14. Resultados obtenidos de los factores que se presentan como inconveniente en el uso de la red Wi-Fi en los hospitales.

que los equipos biomédicos críticos son los que presentan mayor interferencia con el uso de Wi-Fi.

En cuanto a la distancia de un dispositivo conectado Wi-Fi donde se genera mayor interferencia con el dispositivo médico, la cafetería, equipos biomédicos y lugares abiertos se establecen como las zonas en las cuales se presentan mayor problema (Figura 15). Se evidencia que las zonas aisladas del hospital construidas con hormigón son las zonas donde se presenta mayor interferencia en los dispositivos biomédicos por el uso del Wi-Fi. Es necesario que los hospitales implementen soluciones para minimizar la interferencia en estas zonas y garantizar una conectividad constante y estable en todas las áreas del hospital.

¿De los siguientes espacios cuales considera usted es donde mayor interferencia se presenta al conectarse a la red wifi en el interior de hospital?

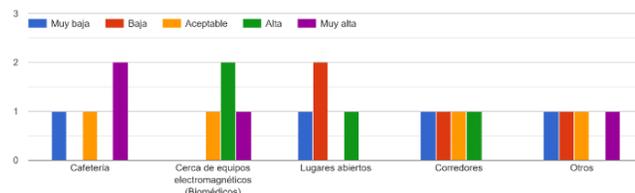


Fig.15. Resultados obtenidos de los espacios que son considerados donde se presenta mayor interferencia al conectarse a la red Wi-Fi en el interior del hospital.

Los equipos biomédicos son los dispositivos de estimulación que presentan mayor interferencia con el uso de Wi-Fi (Figura 16).

En cuales de los siguientes dispositivos biomédicos se genera mayor interferencia por la red wifi al interior del hospital



Fig.16. Resultados obtenidos dispositivos biomédicos generan mayor interferencia por la red Wi-Fi al interior del hospital.

En cuanto a la distancia de un dispositivo conectado Wi-Fi donde se genera mayor interferencia con el dispositivo médico, se determinó que a distancias de 300 y 200 cm se presenta mayor interferencia (Figura 17). Se evidencia que las zonas aisladas del hospital construidas con hormigón son las zonas donde se presenta mayor interferencia en los dispositivos biomédicos por el uso del Wi-Fi (Figura 18). La interferencia en estas zonas puede ser un problema para los pacientes y el personal médico que necesitan moverse por estas áreas.

A que distancia de un dispositivo conectado wifi se genera mayor interferencia con el dispositivo médico.

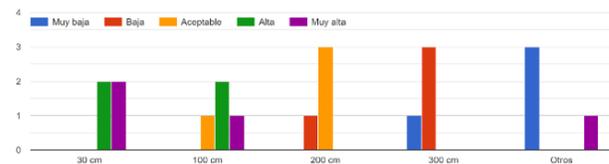


Fig.17. Resultados obtenidos de las distancias de un dispositivo conectado Wi-Fi genera mayor interferencia con el dispositivo médico.

En las Zonas aisladas del hospital construidas con los siguientes materiales donde se presenta mayor interferencia en los dispositivos biomédicos por el uso del wifi

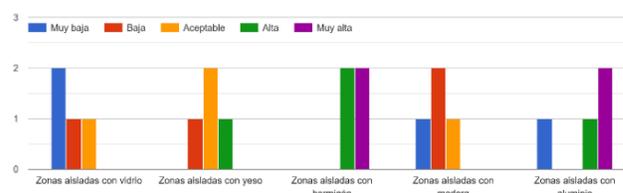


Fig.18. Resultados obtenidos en zonas aisladas del hospital construidas con los siguientes materiales donde se presenta mayor interferencia en los dispositivos biomédicos por el uso del Wi-Fi.

Es importante implementar soluciones de conectividad ubicuas para garantizar una conectividad constante y estable en todas las áreas del hospital, incluso en las zonas aisladas construidas con materiales que generan interferencia.

Como se ha venido evidenciando es de gran importancia el uso de tecnologías inalámbricas en los centros hospitalarios, especialmente el Wireless Fidelity (WI-FI) para la transmisión de datos. No obstante, se determinaron una serie de limitaciones de esta tecnología, como la producción de ondas electromagnéticas que pueden afectar la calidad de vida de los pacientes y usuarios del centro hospitalario, generación de interferencias radioeléctricas en los equipos médicos y otros equipos no médicos, y la necesidad de aplicar estándares de compatibilidad electromagnética para equipos médicos.

En este sentido, en este estudio se propone uso de la tecnología Light Fidelity (LI-FI), la cual ofrece ventajas técnicas como una mayor capacidad de transmisión, mayor eficiencia y menor costo frente a las transmisiones realizadas por radiofrecuencias, privacidad y seguridad en la transmisión de datos, y un medio de transmisión sin contaminantes de radiaciones para los usuarios finales. Además, la tecnología LI-FI no produce interferencias eléctricas con otros sistemas, lo que propiciaría un ambiente de protección a los pacientes y usuarios, y un mejor funcionamiento a los equipos médicos [25].

A pesar de estas ventajas, es importante tener en cuenta que la tecnología Li-Fi aún está en desarrollo y no se ha implementado ampliamente en los centros hospitalarios. Además, el uso de la luz visible como medio de transmisión puede presentar algunas limitaciones en términos de accesibilidad y alcance, ya que requiere de una línea de visión clara y no puede penetrar en paredes u obstáculos [23].

La tecnología Li-Fi ofrece ventajas técnicas significativas en comparación con otras tecnologías inalámbricas, como el Wi-Fi. Con LIFI, se puede lograr una mayor capacidad de transmisión y mayor eficiencia a un menor costo que las transmisiones de radiofrecuencia. Además, Li-Fi ofrece privacidad y seguridad en la transmisión de datos, y no produce contaminantes de radiaciones para los usuarios finales. Esta tecnología es accesible para personas en cualquier parte del mundo donde exista emisión de luz LED. Es útil en diferentes entornos, como aeropuertos, hospitales, aviones y escuelas [21]. Según [26], una de las principales características de Li-Fi es que es segura para evitar robos de información y garantizar la vida de las personas en ambientes hospitalarios donde existen equipos que no toleran interferencias. La seguridad que ofrece Li-Fi es diferente a las redes inalámbricas actuales, ya que la dirección y visibilidad de la tecnología permite detectar cualquier dispositivo que no esté autorizado en la red. Además, a diferencia de las redes Wi-Fi que viajan a través de las paredes, Li-Fi tiene un alcance

limitado de hasta 10 metros, lo que permite un mejor control y monitoreo de quiénes acceden a la red.

Esta tecnología es especialmente importante en entornos médicos, donde la tecnología Wi-Fi puede afectar la calidad de vida de los pacientes y generar interferencias radioeléctricas en los equipos médicos. La tecnología Li-Fi no produce interferencias eléctricas con otros sistemas, lo que propicia un ambiente de protección a los pacientes y usuarios, y un mejor funcionamiento a los equipos médicos. Esto, a su vez, mejora la calidad de vida de los pacientes y usuarios del centro médico [27].

Según [26], una de las principales características de Li-Fi es que es segura para evitar robos de información y garantizar la vida de las personas en ambientes hospitalarios donde existen equipos que no toleran interferencias. La seguridad que ofrece Li-Fi es diferente a las redes inalámbricas actuales, ya que la dirección y visibilidad de la tecnología permite detectar cualquier dispositivo que no esté autorizado en la red. Además, a diferencia de las redes Wi-Fi que viajan a través de las paredes, Li-Fi tiene un alcance limitado de hasta 10 metros, lo que permite un mejor control y monitoreo de quiénes acceden a la red [26].

En cuanto a su aplicabilidad en la educación, [28] presenta un estudio de factibilidad para la utilización de redes Li-Fi en las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales y Tecnología de la Información, con el objetivo de fortalecer la formación técnica y científica en el conocimiento sobre redes inalámbricas de menor costo e impacto climático.

En Latinoamérica, existen varios trabajos relacionados con la tecnología Li-Fi. En Ecuador, [29] presentan un estudio de la tecnología Li-Fi como alternativa de comunicación inalámbrica en la biblioteca de la carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones de la Universidad de Guayaquil. Mientras que, en Argentina, [30] presenta

un trabajo de grado sobre el funcionamiento de la tecnología Li-Fi en las comunicaciones inalámbricas del país.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la transición de la red Wi-Fi a Li-Fi en hospitales de Medellín, Colombia, es una estrategia innovadora y necesaria para mejorar la calidad del servicio hospitalario, la seguridad de la información o los datos, y la eficiencia operativa de los procesos. La transición de la red Wi-Fi a Li-Fi es necesaria para garantizar la seguridad y estabilidad dentro del ambiente hospitalario, así como para optimizar procesos internos y externos relacionados con la atención médica. Los principales factores que inciden en la interferencia de la red Wi-Fi en los hospitales son la alta demanda del uso de la red interna para temas laborales y la poca velocidad de navegación dentro de la red. Además, las zonas que presentan mayor interferencia son la cafetería, las zonas abiertas y los corredores, debido a la presencia de objetos metálicos y electrónicos, la alta densidad de usuarios y personal dentro del hospital, la interferencia con otras redes y ondas generadas por equipos de uso hospitalario, y las limitaciones de seguridad.

REFERENCIAS

- [1] H. Danker-Hopfe, A. Bueno-López, H. Dorn, G. Schmid, R. Hirtl and T. Eggert, “Spending the night next to a router – Results from the first human experimental study investigating the impact of Wi-Fi exposure on sleep”. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 228, pp. 113550. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113550>.
- [2] C. Kuila, A. Maji, N. C. Murmu, T. Kuila and S. K. Srivastava, “Recent advancements in carbonaceous nanomaterials for multifunctional broadband electromagnetic interference shielding and wearable devices”. *Carbon*, vol. 210, pp. 118075. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2023.118075>.
- [3] M. Hankappan, H. Rifà-Pous and C. Garrigues, “Multi-Channel Man-in-the-Middle attacks against protected Wi-Fi networks: A state of the art review”. *Expert Systems with Applications*, vol. 210, num. 30. pp. 118401. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118401>.
- [4] A. Boutet and M. Cunche, “Privacy protection for Wi-Fi location positioning systems”. *Journal of Information Security and Applications*, vol. 58. pp. 102635. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2020.102635>.
- [5] T. Zhao, H. Yao, X. Ji, X. Yang and S. Wu, “Molecular dynamics simulation of water condensation with nucleus under electromagnetic wave irradiation”. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, vol. 123. pp. 108513. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jmglm.2023.108513>.
- [6] L. Valenzuela, S. P. O'Grady, y J. R. Ehleringer, “Variations in human body water isotope composition across the United States”. *Forensic Science International*, vol. 327. pp. 110990. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110990>.
- [7] M. Serin, S. Soyulu, S. D. Daştan, S. Koç and A. Kurt, “Investigation of gene expression levels in thyroid tissues of rats treated with Wi-Fi electromagnetic wave (2.4–3 GHz Wi-Fi RF-EMF)”. *Journal of Molecular Structure*, vol. 1288, num. 135741. 2023. [10.1016/j.molstruc.2023.135741](https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.135741)
- [8] J. Martel, S. H. Chang, G. Chevalier, D. M. Ojcius and J. D. Young, “Influence of electromagnetic fields on the circadian rhythm: Implications for human health and disease”. *Biomedical Journal*, vol. 46, num. 1, pp. 48–59. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.01.003>.
- [9] H. Yadav, U. Rai and R. Singh, “Radiofrequency radiation: A possible threat to male fertility”. *Reproductive Toxicology*, vol. 100, pp. 90–100. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2021.01.007>.
- [10] R. Sharma, D. S. Gurjar, E. Rahman, A. Raghav, P. Shukla and V. Mishra, “LiFi Technology: A Breakthrough for Massive Data Rates in Indoor Applications”. In: S. Mukherjee, N. B. Muppalaneni, S. Bhattacharya, A. K. Pradhan, (eds) *Intelligent Systems for Social Good. Advanced Technologies and Societal Change*. Springer, Singapore. 2022. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0770-8_6.
- [11] S. Riurean, T. Antipova, A. Rocha, M. Leba and A. Ionica, “VLC, OCC, IR and LiFi Reliable Optical Wireless Technologies to be Embedded in Medical Facilities and Medical Devices”. *Journal of Medical*

Systems., vol. 43, num. 10, pp. 308. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1434-y>.

[12] N. Reddy, A. Kathula, D. Dharmavaram and L. Sai Bondalapati "Prototype Implementation of Li-Fi based Data Communication System," 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, Coimbatore, India, 2022, pp. 01-04. 10.1109/ICECA55336.2022.10009455.

[13] A. N. Bikos and N. Sklavos, The future of privacy and trust on the Internet of Things (IoT) for healthcare: Concepts, challenges, and security threat mitigations. In Recent advances in security, privacy, and trust for Internet of Things (IoT) and cyberphysical systems (CPS) (1st ed., pp. 28). Chapman and Hall/CRC. 2020. <https://doi.org/10.1201/9780429270567-2>.

[14] M. Schneider, F. Haag, A. K. Khalil and D. A. Breunig, "Evaluation of communication technologies for distributed industrial control systems: Concept and evaluation of 5G and WiFi 6". Procedia CIRP, vol. 107, pp. 588-593. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.030>

[15] G. Devi, N. Jayanthi, S. Rahul, M. S. Karthick, S. G. Raghavendra and M. Anand, "A critical review on Li-Fi technology and its future applications". AIP Conference Proceedings, vol. 2690, num. 1, pp. 8. 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0121967>.

[16] H. Haas, "LiFi is a paradigm-shifting 5G technology". Reviews in Physics, vol. 3, pp. 26-31. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.revip.2017.10.001>.

[17] Y. S. Hussein and A. C. Annan, "Li-Fi Technology: High data transmission securely". Journal of Physics: Conference Series, vol. 1228, num. 1, 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1228/1/012069>.

[18] C. Lee, M. Sufyan, S. Das, A. Spark, S. Videv, P. Rudy, B. Shah, M. McLaurin, H. Haas and J. Raring, "26 Gbit/s LiFi System with Laser-Based White Light Transmitter". Journal of Lightwave Technology, vol. 40, no. 5, pp. 1432-1439, 2022. <https://doi.org/10.1109/JLT.2021.3124942>.

[19] S. Ramachandrapura, F. Ahmad, A. Prosad and V. Raghunathan, "Dual-carrier multiplexed laser-based hybrid transmitter for high data-rate indoor optical wireless communication". Optik, vol. 274, num. 170522. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2023.170522>.

[20] A. Sonawane, J. Pradhan, V. Waghmare, S. Kesari, S. Singh and P. Pal, "Complete Data Transmission using Li-Fi Technology with Visible Light Communication," 2022 International Conference on Futuristic Technologies (INCOFT), Belgaum, India, 2022, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/INCOFT55651.2022.10094453>.

[21] T. Subhaa, T. Subashb, N. Ranic and P. Jananic, "Li-Fi: A Revolution in Wireless Networking". Materials Today: Proceedings, vol. 24, pp. 2403-2413. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.282>.

[22] S. Alfattani, "Review of LiFi Technology and Its Future Applications". Journal of Optical Communications, vol. 42, num. 1, pp. 1-12. 2018.

[23] S. Gatti, N. Kumar, T. Nataraja, S. Sarala, N. Kumar and B. Kumar, "Implementation of Health

Monitoring System for Patients using Li-Fi Technology," International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT), Bangalore, India, pp. 939-942, 2021. doi: 10.1109/RTEICT52294.2021.9573585.

[24] R. Seetharaman, M. Tharun, S. S. Sreeja Mole and K. Anandan, "Application of Li-Fi technique in underwater communication". *Materials Today: Proceedings*, 51(Part 8), 2249-2253. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.387>.

[25] O. E. Villavicencio, J. R. Molina, R. F. Morocho, J. P. Novillo y G. R. Moreno, "Estudio entre las tecnologías WIFI – LIFI en la optimización del servicio de internet". *Journal of Science and Research*. Vol. 2, num. 8, pp. 50. 2017. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol2iss8.2017pp50-53>.

[26] K. D. Alvarado Falcón, y B. A. Litardo Moyano, "Estudio de la factibilidad sobre el uso y seguridad implicados en la tecnología li-fi (light fidelity) contra la tecnología wi-fi(wireless-fidelity)". Guayaquil: Universidad de Guayaquil. 2018.

[27] A. E. Ibhaze, P. E. Orukpe and F.O. Edeko, "Li-Fi Prospect in Internet of Things Network". In: K. Arai, S. Kapoor, and R. Bhatia, (eds) *Advances in Information and Communication*. FICC 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1129. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39445-5_21.

[28] J. J. Choez Aranea, "Estudio de factibilidad para la utilización de redes Lifi a través de un laboratorio en las carreras de ingeniería en sistemas computacionales y tecnología de la información de la universidad estatal del sur de Manabí. jipijapa – Manabí: Universidad Estatal del sur de Manabí. 2018.

[29] I. Oyola Ponce y C. Sañudo Alvarado, "Estudio de la tecnología Li-Fi como alternativa de comunicación de forma inalámbrica en la biblioteca de la carrera de ingeniería en networking y telecomunicaciones". Guayaquil: Universidad de Guayaquil. 2016.

[30] J. C. Galleguillo, "La tecnología Li-fi en las comunicaciones de Argentina". Córdoba: Instituto Universitario Aeronáutico. 2016.