

EST, Concurso de Trabajos Estudiantiles

## Comunicaciones por luz visible: ¿complemento o suplemento?

Alumno: Guillermo Casey, [guillermogcasey@gmail.com](mailto:guillermogcasey@gmail.com)

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario

Zeballos 1341, Rosario - Santa Fe – Argentina. Teléfono: 0341-4481871

Cátedra de Comunicaciones, Ingeniería en Sistemas de Información

Docente: Mg. Cristian Fernando Medín, [cmedin@frro.utn.edu.ar](mailto:cmedin@frro.utn.edu.ar)

**Palabras claves.** Li-Fi, Wi-Fi, LED, VLC

**Resumen.** Partiendo de las necesidades de la sociedad y de los avances que tienen las tecnologías de las comunicaciones, surge la tecnología inalámbrica Li-Fi (Light - Fidelity) y lentamente se está posicionando como una alternativa a Wi-Fi (Wireless - Fidelity), pretendiendo tener como punto de acceso a internet una lámpara led que emite luz a un ambiente. Con el fin de mostrar el alcance que puede tener la tecnología Li-Fi, el presente trabajo tiene como objetivo principal realizar el desarrollo de las características, funciones y aplicaciones de la tecnología Li-Fi utilizando como base comparativa la tecnología inalámbrica Wi-Fi.

En este proyecto se incorporan nuevos conceptos relacionados con la utilización del espectro en comunicaciones con redes inalámbricas, como factor clave para la mejora de la tecnología de comunicaciones, en seguridad, confiabilidad en el tráfico de información, y también en la transferencia de información que se realiza a través del sistema de comunicaciones Li-Fi, rompiendo así con el esquema de ondas de radio con el cual funciona Wi-Fi; partiendo desde la utilización de una lámpara led, cuyas características de funcionamiento permiten diversas mejoras en el sistema de comunicaciones, como ahorro de energía, seguridad, velocidad de transmisión y la reutilización de infraestructura edilicia, entre otros.

## 1 Introducción

Actualmente, la tecnología de comunicaciones, principalmente las redes inalámbricas, han avanzado a pasos agigantados y es en la sociedad donde podemos observar. Las comunicaciones, ya sean alámbricas o inalámbricas, se transmiten a grandes velocidades, contenidos multimedia y demás. Además, debido a la masificación tecnológica, los sistemas de telecomunicaciones han sido saturados de usuarios, lo cual afecta enormemente el desempeño de las mismas; adicionalmente entran en juego temas como la conservación del medio ambiente, la conservación energética, y el colapso del campo electromagnético usado en este caso por las redes inalámbricas a través de señales de radiofrecuencia.

Sabemos que la seguridad en las redes inalámbricas, específicamente en la tecnología Wi-Fi, se ha convertido en un asunto delicado, ya que en pocos casos, solo es posible el acceso seguro

a la red, debido a la complejidad en la configuración además de los problemas en la interferencia de la señal<sup>1</sup>.

De aquí se parte con el estudio y profundización en el conocimiento de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica como es el sistema Li-Fi (en inglés, Light Fidelity), siendo una tecnología determinante para mejorar la seguridad en el tráfico, manejo y control de datos e información, mejorar las condiciones de comunicación y asegurar la reducción significativa de factores de riesgo ante una eventual pérdida de información o robo.

Li-Fi nace como alternativa a Wi-Fi, pretendiendo tener como punto de acceso a internet una lámpara LED que emite luz a un ambiente; por esto, en este trabajo nos disponemos a mostrar el alcance que puede tener la tecnología Li-Fi, desarrollando características, funciones y aplicaciones utilizando como base comparativa la tecnología inalámbrica Wi-Fi.

Con este objetivo planteado surgen los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo puedo conectarme a internet a través de una lámpara LED?
- ¿Por qué es más segura la tecnología Li-Fi que la tecnología Wi-Fi?
- ¿A qué ambientes es aplicable la tecnología Li-Fi?

En TED<sup>2</sup> (Organización sin ánimo de lucro dedicada a las “Ideas dignas de difundir” en materias de Tecnología, Entretenimiento y Diseño) el profesor Harald Hass<sup>3</sup> de la Universidad de Edimburgo, en Julio de 2011 expone un proyecto de investigación, sobre una nueva tecnología de telecomunicaciones llamada “Li-Fi”, que llega como desafío en las telecomunicaciones inalámbricas, buscando encontrar la solución a problemáticas como la saturación del espectro electromagnético, conservación del medio ambiente, mejor seguridad en el tráfico de información, etc.

### 1.1 Antecedentes y justificación

La principal característica que ofrece esta tecnología es que ya no utiliza el espectro radioeléctrico, como lo hacen en su mayoría las redes inalámbricas, otra parte del espectro electromagnético ya que su difusión y transmisión se realiza a través del espectro de la luz visible por el ojo humano, utilizando una lámpara tipo led como medio de transmisión, lo cual da a entender que la infraestructura para el desarrollo de esta tecnología ya se encuentra instalada en la sociedad como un elemento de fácil acceso. A esto se suman características como el bajo consumo de energía eléctrica y la conservación del medio ambiente, debido a que la transmisión de datos se realiza a través de la incandescencia de las lámparas.

Esta nueva tecnología se convierte en un factor determinante para el desarrollo del tema de seguridad, toda vez que el acceso de los dispositivos que se encuentren bajo la luz directa de la lámpara incandescente tipo led para establecer la comunicación. Por lo tanto, el acceso es mucho más fiable y libre de accesos malintencionados.

Temas importantes como el no poder acceder a la red cuando nos encontramos en un avión, o la prohibición del uso de dispositivos que usen el espectro radioeléctrico en los hospitales, son puntos oportunos que marcan y promueven la diferencia en el desarrollo de “Li-Fi”.

---

<sup>1</sup> [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/12\\_es\\_seguridad-inalambrica\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/12_es_seguridad-inalambrica_guia_v02.pdf)

<sup>2</sup> <https://www.ted.com>

<sup>3</sup> [http://www.ted.com/speakers/harald\\_haas](http://www.ted.com/speakers/harald_haas)

## 1.2 Reseña histórica

El profesor Harald Haas de la Universidad de Edimburgo en el Reino Unido, se lo conoce como el padre de la tecnología Li-Fi, a pesar de que las investigaciones comienzan en los países Alemania, Japón, Corea, en el año 1990, presentando 3 categorías de LEDs: Infrarrojos, Luz visible y Ultravioletas. Haciendo foco en los LEDs con espectro de luz visible para comenzar a enviar información.

En el año 2003 se profundizan las investigaciones sobre la comunicación a través de luz visible haciendo foco sobre los LEDs; que trabajan en el espectro de luz visible para el ojo humano. Luego, en 2007 el profesor Hass envía por primera vez información por medio de la luz, a través de pequeñas variaciones, que no puede percibir el ojo humano, en la intensidad de los LEDs. Dentro de la luz visible, modulando y codificando, Hass, envía información a una frecuencia de 100MHz.

En 2011 en una charla en TED Global, Harald Hass promueve la tecnología demostrando como se puede tener acceso a internet y ver un video en alta definición al mismo tiempo que sirve como iluminación, y además ayuda a la empresa PureVLC Ltd<sup>4</sup>. Para comercializarlo. PureVLC es una empresa creada para la comercialización de productos Li-Fi existentes para la integración con sistemas de iluminación tipo LED. Además, Hass comentó que podría incrementar la velocidad hasta 500Mbps.

En octubre de 2011, cuatro organizaciones formaron el Consorcio de Li-Fi, para promover las comunicaciones ópticas e inalámbricas de alta velocidad y superar la cantidad de espectro inalámbrico basado en el radio disponible, a través de la explotación de una parte completamente diferente del espectro electromagnético, la luz.

En 2013, se demostraron en un solo LED, tasas de datos mayores a 1,6Gbps. Además, se informó que fabricantes chinos estaban trabajando en kits de desarrollo de Li-Fi.

## 2 ¿Qué es el VLC?

Debido a la saturación del espectro de radiofrecuencia, en la última década se ha estudiado mucho la transmisión de datos por medio del espectro de luz visible. Visible Light Communications (VLC) o Comunicaciones por Luz Visible es una de las modalidades de las comunicaciones ópticas que lleva investigando más de 100 años y se basa en transmitir datos a frecuencias de entre 400 y 800 THz (espectro visible) en espacio abierto.

El principal factor, que ha hecho que este medio de comunicación evolucione y despierte el interés de muchos, es la tecnología LED (en inglés, Light Emitting Diode), que está reemplazando lámparas comunes. Estos dispositivos tienen la capacidad de brindar iluminación a diferentes ambientes y conectividad al mismo tiempo; encendiéndose y apagándose con una velocidad que es imperceptible para el ojo humano.<sup>5</sup>

Como se observa en la Figura 1, el espectro de luz visible está en el rango de 400-800 THz.

---

<sup>4</sup> <http://www.purevlc.com>

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Visible\\_light\\_communication](https://en.wikipedia.org/wiki/Visible_light_communication)

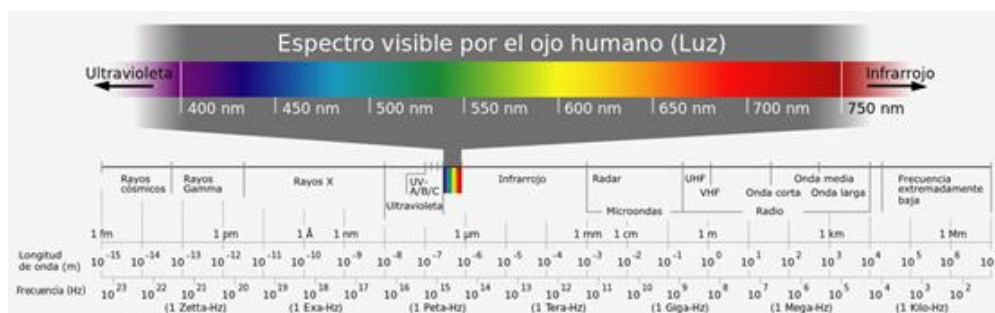


Fig. 1. Espectro de luz visible

Dentro de las comunicaciones por luz visible se pueden encontrar diversas aplicaciones, por ejemplo, pantallas de cristal líquido (LCD) o de diodos emisores de luz (LED), detectores térmicos, sensores, fotoconductores, hornos de microondas, etc.

## 2.1 Estándar IEEE802

IEEE 802 fue un proyecto creado en 1980 con el fin de crear estándares para que diferentes tipos de tecnologías pudieran integrarse y trabajar juntas. El proyecto 802 define aspectos relacionados con el cableado físico y la transmisión de datos.

IEEE 802.15 es un grupo de trabajo incluido en IEEE 802, donde se encuentran todas las especificaciones sobre redes inalámbricas; su vez, dentro de este grupo de trabajo se encuentra el estándar IEEE 802.15.7 donde se definen protocolos que se utilizan para las comunicaciones inalámbricas en Li-Fi, así como en IEEE 802.11 podemos encontrar las definiciones de Wi-Fi.

En el estándar IEEE 802.15.7 se pueden encontrar 2 características fundamentales; la capa física (PHY) y la capa de control de acceso de medios (MAC). Además, el estándar es capaz de ofrecer velocidades de datos suficientes para transmitir servicios de audio, video y multimedia.<sup>6</sup> La capa MAC permite utilizar el enlace con las otras capas, como el protocolo TCP / IP. El estándar define tres capas PHY con diferentes tipos:

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

## 3 ¿Qué es el Li-Fi?

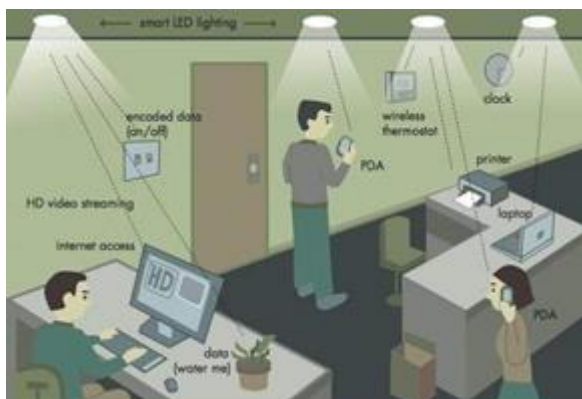
Li-Fi es el término usado para etiquetar a los sistemas de comunicaciones inalámbricas rápidos y de bajo coste, el equivalente óptico al Wi-Fi. El término fue usado por primera vez en este contexto por Harald Haas en una conferencia en TED sobre la comunicación con luz visible<sup>7</sup>.

La tecnología fue mostrada y se hizo pública en 2012 en el Consumer Electronic Show; realizando variaciones de intensidad de luz en pantallas de teléfonos inteligentes, en ese entonces se transmitieron datos a 10m de distancia. En los últimos años, gracias a la tecnología LED se puede transmitir datos con alta velocidad y de manera efectiva.

<sup>6</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Li-Fi>

<sup>7</sup> [http://www.ted.com/talks/harald\\_haas\\_wireless\\_data\\_from\\_every\\_light\\_bulb?language=en](http://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb?language=en)

Como se observa en la Figura 2, la tecnología brinda la idea de tener como punto de acceso a internet una lámpara, que, a su vez, está iluminando un ambiente y de esta forma no hace falta realizar cambios en la infraestructura edilicia.



**Fig. 2.** Transmisión de datos por medio de luz

La primera de las ventajas es que no satura la parte del espectro usado hoy en día por otros sistemas como Wi-Fi, ya que emplea la luz de las lámparas LED. Esto permite mayor control sobre a quién están llegando los datos que se están transmitiendo en cada momento y articula redes de corto alcance más seguras. Existe la posibilidad de mandar un vídeo de un dispositivo móvil a un televisor de forma rápida o copiarlo a un disco duro de red con sólo apuntar el teléfono al televisor o al disco duro durante unos segundos. Y es que Li-Fi puede ofrecer velocidades de 500 mbps (megabits por segundo), lo que se traduce en una velocidad 5 veces más rápida que la fibra óptica empleada por Wi-Fi. Además, es hasta 10 veces más barata que esta última. El secreto de su bajo costo reside en el hecho de que cualquier lámpara puede convertirse en un hotspot o router luminoso de forma barata y sencilla, ya que basta con ponerle un simple emisor Li-Fi que no requiere frecuencias radioeléctricas como Wi-Fi; de esta manera estamos reutilizando la infraestructura.

Otra característica que da ventaja y es una de las más atractivas de esta nueva tecnología es que debido a que no provoca interferencias con otros sistemas, puede ser utilizado en áreas hasta ahora restringidas, como, por ejemplo, el interior de un avión.

La tecnología Li-Fi también posee un sinfín de desventajas, algunas son: no funciona bajo la luz solar directa, no atraviesa muros o paredes, no puede usarse con la luz apagada lo que puede significar un aumento en la tarifa de luz y sólo funciona con aquellos dispositivos que tengan un receptor para tal tecnología, es decir, que cuenten con un receptor capaz de decodificar la señal luminosa.

### 3.1 Comparación con WI-FI

Los dispositivos habilitados con la tecnología Wi-Fi, tales como: notebooks, tablets, smartphones, televisores, pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso (en inglés Access Point) de red inalámbrica. Dicho punto de acceso (Access Point o Hotspot) tiene un alcance de unos 30 metros en interiores; al aire libre puede llegar a una distancia mayor. La superposición de múltiples puntos de acceso pueden llegar a cubrir grandes áreas; dependiendo siempre de la tecnología que posean estos puntos de accesos.

1. Seguridad y fiabilidad. Problemas y/o desventajas a los cuales se enfrenta la tecnología Wi-Fi es la saturación del espectro radioeléctrico, debido a la masificación de usuarios. Esta saturación se puede observar mayormente en las conexiones de larga distancia. La mayor cantidad de redes son instaladas sin tener en cuenta muchos aspectos sobre la seguridad, convirtiendo así la red en red abierta, siendo vulnerable a cualquier intento de acceder a ella por terceras personas, quedando desprotegida la información que circula.

2. Dispositivos de distribución o red. Los puntos de acceso son dispositivos que brindan servicios, podría decirse que arman una "Red Wi-Fi" a la que se pueden conectar otros dispositivos. En resumen, los puntos de acceso permiten conectar dispositivos en forma inalámbrica a una red existente. Pueden añadirse más puntos de acceso a una red para disponer de una cobertura más amplia, o conectar antenas que amplifiquen la señal. Los repetidores inalámbricos son equipos que se utilizan para extender la cobertura de una red inalámbrica, como lo indica su nombre, repiten la señal. Estos repetidores se conectan a una red existente que tiene señal débil y crea una señal limpia a la que se puede conectar los dispositivos dentro de su alcance. Los routers inalámbricos son dispositivos que tienen incorporado un router, un punto de acceso y generalmente un switch que permite conectar algunos equipos a través de un medio físico como es el cable UTP o USB. Su tarea es tomar la conexión a internet, y brindar a través de ella acceso a todos los equipos que conectemos, sea por cable a través del switch o en forma inalámbrica a través del punto de acceso.
3. Ventajas. la comodidad de las redes inalámbricas es una ventaja superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos. Una vez configuradas, las redes Wi-Fi permiten el acceso de varios dispositivos sin ningún problema ni gasto en infraestructura, ni cables. La Wi-Fi Alliance<sup>8</sup> asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wi-Fi es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología Wi-Fi.
4. Desventajas. Una de las desventajas que tiene la tecnología Wi-Fi es la menor velocidad respecto a una conexión cableada, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede generar. Tal vez, la principal desventaja de este tipo de redes existe en el campo de la seguridad informática, ya que existen programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su placa de red Wi-Fi en modo promiscuo, de forma que puedan resolver la contraseña utilizada en la red y así acceder a ella. Se pueden utilizar distintos tipos de claves, las WEP son relativamente fáciles de conseguir con este sistema. La Wi-Fi Alliance solucionó estos inconvenientes implementando el estándar WPA y posteriormente WPA2, basados en el grupo de trabajo 802.11i de IEEE. Las redes protegidas con WPA2 se consideran robustas dado que proporcionan muy buena seguridad.

A modo comparativo y descriptivo se detallan en el siguiente cuadro las características, ventajas y desventajas de las tecnologías Li-Fi y Wi-Fi.

**Tabla 1. LIFI vs WIFI**

PARAMETRO	LI-FI	WI-FI
Standard	802.11	802.15
Velocidad	>1Gbps	150Mbps aprox.
Espectro utilizado	Luz	Radio Frecuencia
Frecuencia	10000 THz	2.4Ghz
Rango	Según la intensidad de la luz	100m aprox.
Seguridad	Alto	Medio
Disponibilidad	Alto	Medio
Transmisión	Alto	Medio
Impacto ecológico	Bajo	Medio
Topología de red	Punto a punto	Punto a punto
Interferencia de objetos	Alto	Bajo
Costo	Económico	Costoso

## 4 Conclusión

Resumiendo lo estudiado anteriormente, esta tecnología de acceso está revolucionando el mundo. Es claro que Li-Fi no llega ni se impone como el reemplazo de las tecnologías inalámbricas actuales, sino que por el contrario llega como complemento para subsanar y mejorar desventajas que se presentan en sistemas Wi-Fi; seguridad, velocidad, implementación, relación costo – beneficio y sobre todo Li-Fi es una solución que va de la mano con la protección al medio ambiente y sobre todo al ser humano; quién se encuentra

<sup>8</sup> <http://www.wi-fi.org/>

expuesto a elementos y artículos tecnológicos, que generan muchos problemas de salud. El tipo de tecnologías que se basa en el espectro de la luz visible, hace que el impacto negativo sea menor y menos perjudicial que la tecnología basada en radiofrecuencia, logrando mayores ventajas y aplicaciones que aún se encuentran en proceso de desarrollo.

Dadas las conocidas problemáticas actuales que aquejan a nuestro país, en lo que respecta al espectro de radiofrecuencia, la aplicabilidad de la tecnología Li-Fi lograría subsanar algunas de ellas, aportando al crecimiento de nuestro país. Se espera que este sea el comienzo de una tecnología que a mediano y largo plazo se vea en uso de una sociedad moderna como la argentina.

En conclusión, Li-Fi es una tecnología, alternativa a las existentes, que se puede implementar en ambientes indoor, como bibliotecas, oficinas, hospitales, etc; donde se puede aprovechar todas las ventajas que brinda. Abrir las puertas a estas nuevas tecnologías nos ayudará a utilizar y aprovechar de una mejor forma las conexiones a Internet; siendo además otro beneficio la utilización como de la misma como iluminación.

## Referencias

1. HAAS, Harald. Wireless data from every light bulb. [Online] Julio 2011. [Visitado Julio 16, 2020] Disponible en internet: <[http://www.ted.com/talks/harald\\_haas\\_wireless\\_data\\_from\\_every\\_light\\_bulb?language=eng](http://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb?language=eng)>
2. HAAS, Harald. En avance en un nuevo Internet inalámbrico. [Online] Septiembre 2015. [Visitado Julio 16, 2020] Disponible en internet: <[http://www.ted.com/talks/harald\\_haas\\_a\\_breakthrough\\_new\\_kind\\_of\\_wireless\\_internet?language=es](http://www.ted.com/talks/harald_haas_a_breakthrough_new_kind_of_wireless_internet?language=es)>
3. Lificonsortium, GigaBeaam. [Online] Septiembre 2012. [Visitado Julio 23, 2020] Disponible en internet: <<http://www.lificonsortium.org/gigabeam.html>>
4. Lificonsortium, GigaDock. [Online] Septiembre 2012. [Visitado Julio 23, 2020] Disponible en internet: <<http://www.lificonsortium.org/gigadock.html>>
5. Lificonsortium, GigaMIMO. [Online] Septiembre 2012. [Visitado Julio 23, 2020] Disponible en internet: <<http://www.lificonsortium.org/gigaMIMO.html>>
6. Lificonsortium, GigaShower. [Online] Septiembre 2012. [Visitado Julio 23, 2020] Disponible en internet: <<http://www.lificonsortium.org/gigashower.html>>
7. Lificonsortium, GigaSpeed. [Online] Septiembre 2012. [Visitado Julio 23, 2020] Disponible en internet: <<http://www.lificonsortium.org/gigaspeed.html>>
8. La Nación, Ponon a prueba una red Li-Fi, cien veces más rápido que el Wi-Fi. [Online] Noviembre 26, 2015. [Visitado Agosto 13, 2020] Disponible en internet: <<http://www.lanacion.com.ar/1848820-ponon-a-prueba-una-red-li-fi-cien-veces-mas-rapido-que-el-wi-fi>>
9. SABINO, Carlos, (1992), El proceso de investigación. Bueno Aires: Editorial Lumen.
10. STALLINGS, William, (2004). Comunicaciones y Redes de Computadores (7ed). Madrid: Editorial Pearson Education.
11. TANENBAUM, Andrew, (2003), Redes de Computadoras (4ed.). México: Editorial Pearson Education.
12. RODRIGUEZ, PACO, Comunicaciones por luz visible: cuando los bits nos lleguen a las bombillas. [Online] Febrero 13, 2013. [Visitado Marzo 25, 2021] Disponible en internet: <<http://www.xatakahome.com/la-red-local/comunicaciones-por-luz-visible-cuando-los-bits-nos-lleguen-de-las-bombillas>>
13. Electrónicos online Magazine, Li-Fi: Internet a través de luz. [Online] Noviembre 25, 2013. [Abril 29, 2021] Disponible en internet: <<http://www.electronicosonline.com/etiqueta/lifi/>>
14. RIVA, Alvaro, ORMACHEA, Omar, Transmisión inalámbrica de señales mediante el espectro de luz visible. [Online] Junio 03, 2015. [Visitado Visitado Abril 29,

EST, Concurso de Trabajos Estudiantiles  
2021] Disponible en internet:  
<[http://www.upb.edu/sites/default/files/I%26DV1N15-3Art-OOrmachea-Web\\_0.pdf](http://www.upb.edu/sites/default/files/I%26DV1N15-3Art-OOrmachea-Web_0.pdf)>