



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE FUENTE CONTROLADORA DE LEDS UV E IR PARA LA ACTIVACIÓN DE MATERIALES LUMINISCENTES

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A UV AND IR
LED DRIVER SOURCE FOR ACTIVATING
LUMINESCENT MATERIALS**

José Abisaid Martínez Mata

Universidad Autónoma de Coahuila, México

Oscar Iván Gómez Zavala

Universidad Autónoma de Coahuila, México

David Alejandro Espinoza Salinas

Universidad Autónoma de Coahuila, México

Eduardo Montes Ramírez

Universidad de Guanajuato, México

Luis Armando Diaz Torres

Centro de Investigaciones en Óptica, México

Carlos Eduardo Rodríguez García

Universidad Autónoma de Coahuila, México

María Guadalupe Godina Cubillo

Universidad Autónoma de Coahuila, México

María del Sagrario Cortés Gaona

Universidad Autónoma de Coahuila, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11246

Diseño y Construcción de Fuente Controladora de LEDs UV e IR para la Activación de Materiales Luminiscentes

José Abisaid Martínez Mata¹

abisaidmartinez@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0006-4098-7622>

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Coahuila
Saltillo, Coahuila, México

Oscar Iván Gómez Zavala

oscar.gomez@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3394-5994>

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Coahuila
Saltillo, Coahuila, México

David Alejandro Espinoza Salinas

d_espinoza@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0001-3886-3165>

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Coahuila
Saltillo, Coahuila, México

Eduardo Montes Ramírez

Emontes.e@ugto.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8665-3536>

Universidad de Guanajuato
División de Ciencias e Ingenierías León, Gto.,
México

Luis Armando Díaz Torres

ditlacio@cio.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1281-9916>

Centro de Investigaciones en Óptica
A. C León, Gto.
México

Carlos Eduardo Rodríguez García

crodriguezgarcia@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6983-8798>

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Coahuila
Saltillo, Coahuila, México

María Guadalupe Godina Cubillo

guadalupe.godina@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4931-8303>

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Coahuila
Saltillo, Coahuila, México

Maria del Sagrario Cortés Gaona

m.cortesgaona@uadec.edu.mx

<http://orcid.org/0009-0000-7861-8001>

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Coahuila
Saltillo, Coahuila, México

RESUMEN

En este trabajo se diseñó y construyó una fuente de poder de bajo costo para el control de la operación de Diodos emisores de luz (LEDs por sus siglas en inglés) de alta potencia de diversas longitudes de onda (365, 940 y 980 nm, UV e IR). Utilizando los LEDs, operados con la fuente de poder, se realizaron pruebas de caracterización del espectro de emisión de estos y se probó la emisión de los LEDs para activar distintos materiales luminiscentes (MLs). También se registraron los espectros de emisión de los MLs utilizando diferentes valores de voltaje con el fin de analizar el comportamiento del LED en función del voltaje de entrada.

Palabras Clave: bajo costo, caracterización, fuente de poder, LEDs, materiales luminiscentes

¹ Autor principal

Correspondencia: abisaidmartinez@uadec.edu.mx

Design and Construction of a UV and IR LED Driver Source for Activating Luminescent Materials

ABSTRACT

In this study, we designed and constructed a low-cost power source to regulate the operation of high-power light-emitting diodes (LEDs) emitting at various wavelengths (365, 940, and 980 nm, UV). Utilizing these LEDs controlled by the power source, we conducted tests to characterize their emission spectrum and evaluate their efficacy in activating different luminescent materials (MLs). Additionally, we measured the emission spectra of the MLs at different voltage values to analyze the LED's behavior in response to varying input voltages.

Keywords: low cost, characterization, power source, LEDs, luminescent materials

*Artículo recibido 28 marzo 2024
Aceptado para publicación: 30 abril 2024*



INTRODUCCION

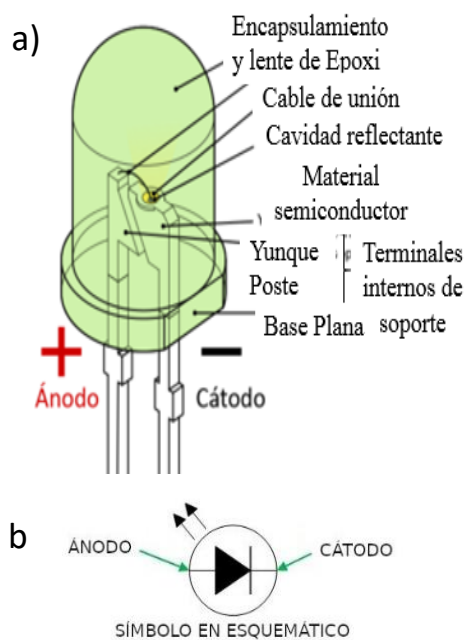
¿Alguna vez te has preguntado cómo es la generación de luz en la naturaleza? Entre las primeras formas conocidas por el ser humano de la emisión de luz es el descubrimiento del fuego (que es un tipo de emisión de luz producida por medio de reacciones químicas). La luz producida por el fuego fue utilizada en gran parte de la historia por la humanidad, así también tuvo usos en diferentes herramientas para hacer factible el traslado del fuego por medio de velas, lámparas de aceite, iluminación a gas, etc. Hasta el descubrimiento de la electricidad, que se dio a conocer hasta inicios del siglo XIX, se inventó el bombillo de luz que funcionaba con electricidad por parte de Thomas Edison y Humphry Davy a finales del mismo siglo (1799-1800). Este bombillo de luz eléctrica se convertiría en el descubrimiento más importante, siendo el elemento con el que podemos generar un tipo de emisión de luz por medio de corriente eléctrica. El uso de fuentes de luz a lo largo de la historia (ver figura 1 para una esquematización de las fuentes de luz) ha estado estrechamente relacionado con el progreso tecnológico; hoy en día se ha optimizado las formas de emitir la luz, por medio de diodos emisores de luz LEDs (cuyo acrónimo en inglés significa light-emitting diodes); una de las aplicaciones en la que este tipo de elementos eléctricos tienen bastante utilidad es los laboratorios de investigación, especialmente hablando en la caracterización de materiales (física y química de materiales).

Figura 1. Diferentes tipos de iluminación a lo largo de la humanidad.



En principio los primeros LEDs contaban con un espectro cromático más estrecho (de luz monocromática) lo que se relaciona a los materiales luminiscentes (MLs). La tecnología de LEDs con emisión blanca requiere el uso de LEDs de espectro ultravioleta o azul (este tipo de LEDs están compuestos por un diodo de semiconductor de GaInN) con recubrimientos de materiales luminiscentes que se activan con esta luz ultravioleta o azul y pueden emitir en los colores azul, amarillo, verde y rojo. Así también existen materiales luminiscentes que convierten (o se activan para convertir) la luz infrarroja a visible, este último campo de investigación posee muchas oportunidades de mejora (Boylestad, 2004). En la Figura 2 el diagrama de la arquitectura de un LED tradicional que consta de un material semiconductor, un ánodo y cátodo, una cavidad reflectante. Asimismo, también está compuesto de una capucha encapsulante y lente por donde saldrá la emisión de la luz que dependerá del tipo de semiconductor utilizado.

Figura 2. a) Componentes que constituyen a un LED. b) Símbolo esquemático de un LED.



El esquema anteriormente mostrado es en principio el modelo más común de LED (Cho , Park , Kim, & Schubert, 2017). Particularmente, en esta investigación se trabajará con LEDs comerciales con este modelo y con longitudes de onda de emisión en la región del ultravioleta (UV) y el Infrarrojo (IR).

Materiales luminiscentes (MLs) y su activación con luz LED

Un material luminiscente (ML) es aquel que absorbe energía de cierto tipo y la convierte en luz (generalmente en la región visible) por medio de procesos de transiciones electrónicas (Blasse & Grabmaier, 1994). Los MLs pueden ser sólidos impurificados con átomos dopantes que activan la luminiscencia del material, entre los átomos dopantes se han encontrado que los que les proveen buena propiedad luminiscente son las tierras raras y los metales de transición. Por ejemplo, se tiene el ML $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{Eu}^{3+}$ el cual emite luz roja (en 611 nm) al excitarse con luz ultravioleta (UV) de longitud de onda de 254 nm (Blasse & Grabmaier, 1994). La idea de este trabajo de investigación es desarrollar una fuente para operar LEDs con voltajes variables con la finalidad de excitar (activar) a MLs de tal manera que éstos emitan luz visible bajo luz proveniente de LEDs de UV o IR.

Problemática en la investigación con LEDs en Universidades y Centros de Investigación e involucramiento de los estudiantes

Por otro lado, hoy en día en diferentes universidades y centros de investigación de países del tercer mundo están enfrentándose a la siguiente problemática.

1. El costo elevado de empresas comerciales (ThorLabs, OceanOptics, entre otras), en países como México y America Latina. Hay dificultades con los presupuestos para la ciencia en laboratorios de investigación.
2. Una de las soluciones puede ser elaborar los propios LEDs de forma modular.
3. Se puede tener más control de los parámetros eléctricos o electrónicos de los LEDs al ser contruidos en los laboratorios de física.
4. El involucramiento de los estudiantes en la construcción y diseño de los LEDs hace que su aprendizaje en electrónica, óptica, diseño mecánico, sea basado en proyectos, eso resultará en una ampliación de su experiencia profesional como ingenieros.

Por lo tanto, el desarrollo de una fuente de iluminación LED a diferentes emisiones del espectro electromagnético de intensidad regulable de bajo costo resulta de gran utilidad para la investigación de materiales.

Las distintas fuentes de luz LEDs tienen distintos comportamientos cromáticos y desempeños en términos de eficiencia y potencia. Llegando a ser útiles en el ámbito de la investigación. Por lo que es



importante contar con instrumentos controlados y funcionales a bajo costo. De tal modo que la luz monocromática que emiten algunos LEDs puede activar los materiales luminiscentes (MLs) upconversion o downconversion, para experimentos de emisión luminiscente.

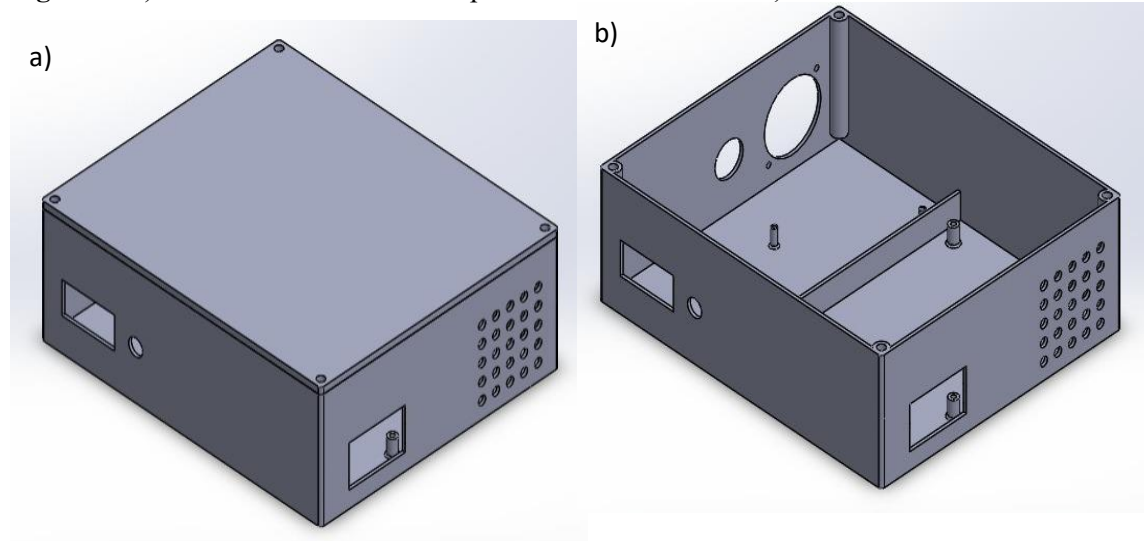
El objetivo de este trabajo consistió en desarrollar un ensamble de fuente de poder para LEDs de alta potencia, siendo una fuente regulable para un diodo de 980 nm (IR), y otro de 373 nm (UV), los cuales pueden ser utilizados como activadores de la luminiscencia de materiales luminiscentes (MLs).

METODOLOGIA

Diseño

Para poder construir el sistema de la fuente de poder eléctrica, se realizó el diseño mecánico en el software de SolidWorks, como se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. a) Diseño mecánico exterior para fuente conmutada. b) Diseño mecánico interior.

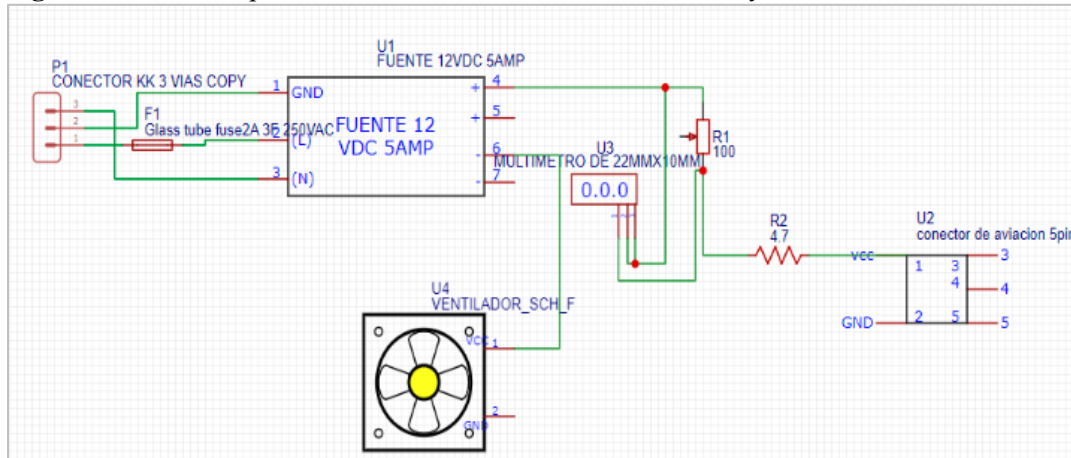


Las dimensiones del diseño propuesto son de 17x13x6 cm y el tipo de material recomendado para la carcasa es de Nylamid/Acetal (Una aleación de plástico) con el objetivo de evitar cortocircuito en el sistema al momento de colocar los pines sobre la caja.

En la figura 4 se puede observar el sistema esquemático propuesto hecho en el software EasyEDA para la construcción de la fuente eléctrica que conecta a los LEDs.

Este diseño electrónico fue aplicado para todos los sistemas de las fuentes de los LEDs elaborados en nuestra investigación

Figura 4. Diseño esquemático fuente eléctrica realizada en EasyEDA.



Construcción

Se realizó el maquinado de ciertas zonas de la carcasa usando un taladro de banco (marca Delta shopMaster) de la fuente con el propósito de obtener un sistema de ventilación adecuado (véase fig 5). Para colocar el sistema del voltímetro se produjeron diferentes soportes por medio de impresión en 3D como podemos observar en la siguiente figura 6.

Figura 4. Fotografía del maquinado de carcasa para sistema de ventilación.

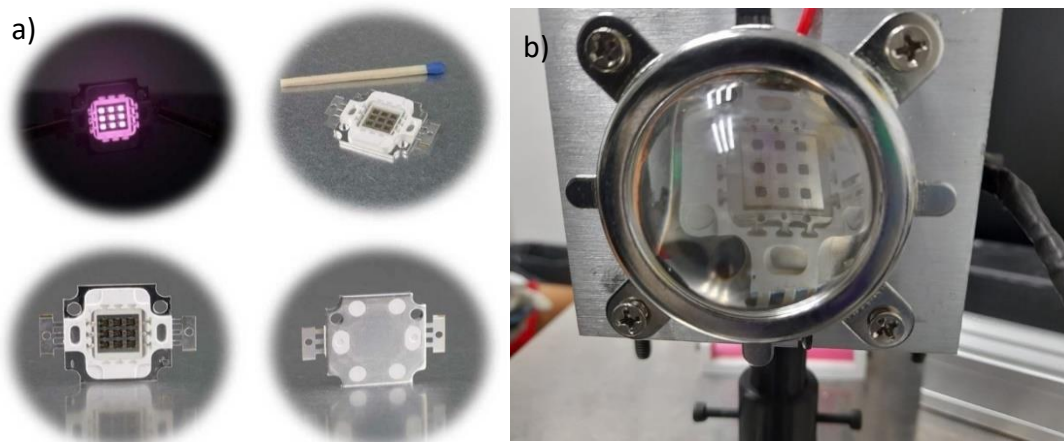


Figura 5. Imagen de soportes para voltímetro realizados por sistema de impresión 3D.



Los LEDs utilizados fueron comerciales marca lightkiwi (365/980 nm), para comprobar su funcionamiento se realizó un pequeño circuito, una vez comprado esto (figura 7a), se ensambló el sistema con un disipador de calor con una lente con los propósitos de evitar el sobrecalentamiento del sistema generado por el LED, así como la mejora en su intensidad luminiscente por parte del LED (Peñaherrera Aguilar, 2014).

Figura 6. Imágenes de: a) LED comercial en diferentes ángulos, así como comprobación de funcionamiento del mismo antes de su integración a la configuración final. b) Sistema LED final.



Para los diferentes LEDs comerciales, según las especificaciones determinadas, el de emisión UV está conformado de un semiconductor chip de Nitruro de Galio Aluminato (AlGa₃N), el cual tiene un voltaje mínimo ($3.1 V \leq \Delta V \leq 3.4 V$). De la misma manera el LED de IR este hecho de Arseniuro de Galio (GaAs) con un voltaje mínimo ($\Delta V \geq 1.9 V$) [4-8].

En la Tabla 1 se puede observar la cotización de los materiales utilizados para la construcción de la fuente eléctrica, así como del ensamble de los LEDs.

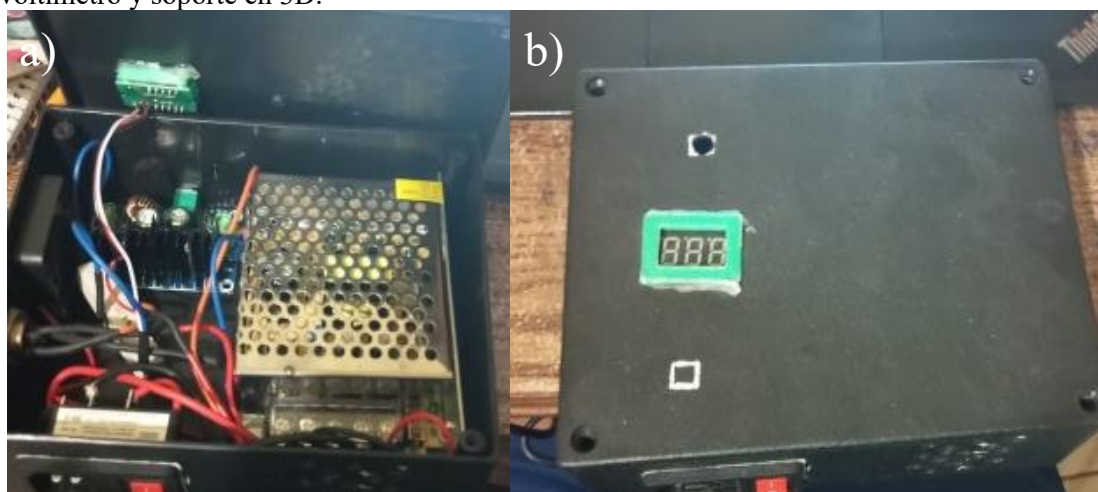
Tabla 1. Listado de la cotización de precios para la fuente de poder, realizada el 20/04/2022.

Cantidad	Descripción	Precio
1	LED 10 W 940 nm	\$217.21
2	LED 10 W 980 nm	\$1267.04
1	LED 10 W 365 nm	\$1,843.00
3	Fuente conmutada 12 V 5 A 60 W	\$1,860.00
1	Gabinete de Plástico 10x10x8.8 cm	\$109.00
3	Gabinete de plástico 17x13x6 cm	\$237.00
3	Mini voltímetro digital 0-100 V	\$174.00
3	Ventilador 3010 para impresora 3D, 12 V	\$240.00
3	Regulador de Voltaje DC-DC	\$747.00
3	Resistencias cerámicas 10 W 4.7	\$21.00
4	Fusibles Americanos 5 A	\$12.00
3	Ventilador	\$855.45
1	Driver LED 3x3 W 900 mA	\$215.00
	Total	\$5,529.00

Si comparamos otra documentación o páginas oficiales de lugares que producen este tipo de sistemas podemos analizar que la elaboración de este sistema es a bajo costo comparado con los comerciales (\$145 USD/ 2900 MXN), ya que el costo de un sistema individual de este proyecto oscila alrededor de \$80 USD (1600 MXN).

En la figura 8 se puede apreciar una de las fuentes eléctricas construidas para los diversos LEDs

Figura 7. Fotografías de: a) Sistema eléctrico de la fuente conmutada. b) Sistema final añadiendo voltímetro y soporte en 3D.

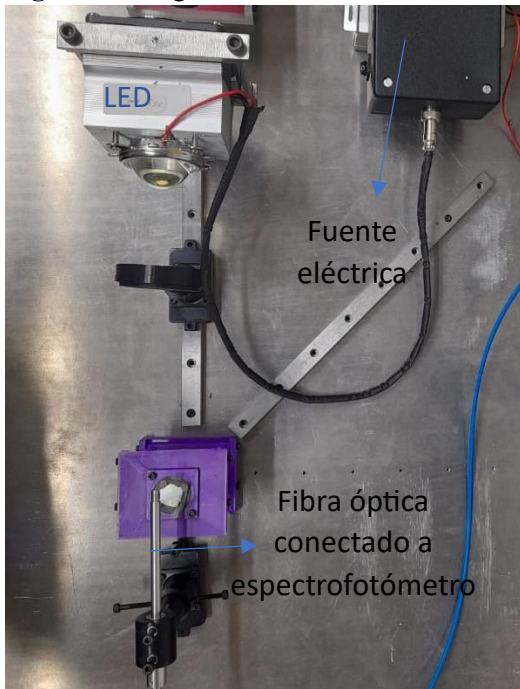


Caracterización

Una vez construido el sistema de fuente eléctrica, así como del acoplamiento del sistema LED-Lente-Disipador, se caracterizaron los espectros de emisión de los LEDs por medio del espectrofotómetro UV-Vis marca OceanOptics modelo USB-2000. En la figura 9 se puede analizar la configuración del sistema

que se utilizó para poder medir tanto los espectros para el sistema de los LEDs como para comprobar su funcionamiento con diferentes MLs.

Figura 9. Imagen de sistema LED asociado al espectrofotómetro para la medición de espectros

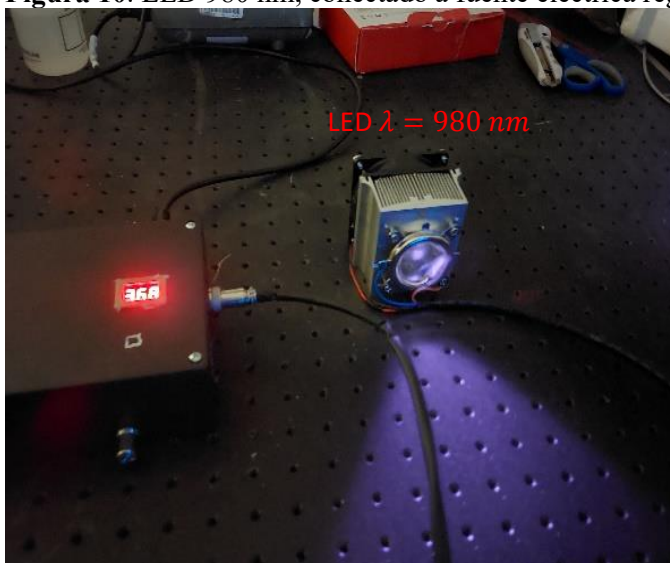


RESULTADOS

Funcionamiento LEDs

En la figura 10 se puede apreciar una imagen sobre el funcionamiento del sistema del LED de 980 nm junto a su fuente eléctrica

Figura 10. LED 980 nm, conectado a fuente eléctrica regulable.



En la figura 11 se aprecia la aplicación de este sistema del LED utilizando un material luminiscente recientemente estudiado el cual se activa con radiación infrarroja SLAO (Lantano aluminato de estroncio codopado con Er, Yb). Para comprobar la emisión de este material (proceso upconversion) se utilizó una lente monocromática donde se puede observar su emisión en verde y que se detecta en su espectro de luminiscencia (García, Mtz-Enrique, Hdz-García, Santibañez, & Chavez, 2022).

En la figura 12 se observa el sistema del LED de UV (365 nm) conectado al sistema de microscopia, aunado al sistema de fibra óptica para la medición de un ML (el material es *TTA: Eu³⁺*).

Figura 8. SLAO con proceso upconversion junto a sistema de lente monocromática, observando emisión sobre verde

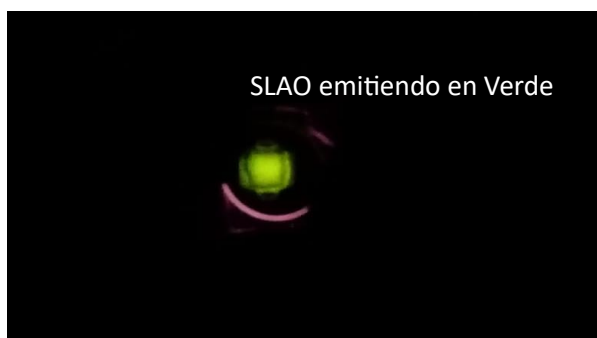
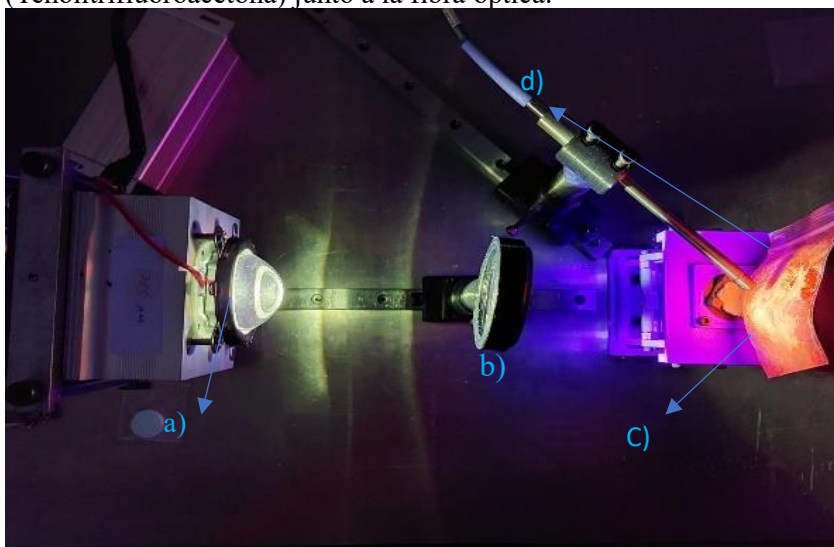


Figura 9. LED 365 nm realizando sistema downconversion excitando ML *TTA: Eu³⁺* (Tenoiltrifluoroacetona) junto a la fibra óptica.



a) LED 365 nm b) Lente c) *TTA: Eu³⁺* (Tenoiltrifluoroacetona) d) Fibra Óptica conectado a espectrofotómetro

Espectro de los LEDs

Se caracterizaron algunas muestras sobre los LEDs de ambos espectros de emisión (980 nm y 365 nm, respectivamente) con el fin de observar la emisión de los espectros de los diferentes LEDs. Además de

elucidar la aplicación de los procesos de upconversion y downconversion sobre diferentes materiales luminiscentes (MLs).

En la figura 13 se puede observar el espectro de LED 980 nm, con un $\Delta V = 3.21 V$.

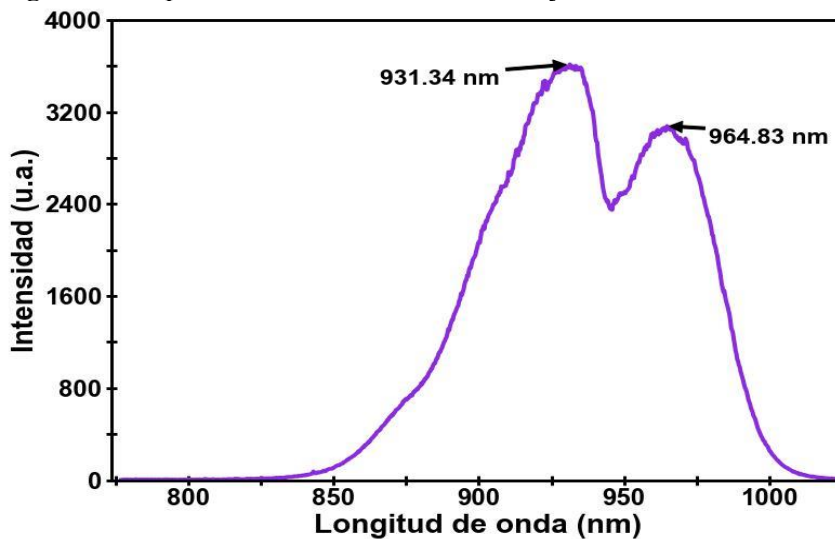
Como se puede observar en la figura 13 (figura anterior), las especificaciones del LED comercial obtienen un error de (1.135%), esto debido a que su emisión máxima es en 969 nm

Figura 13. Espectro LED 980 nm $\Delta V = 3.21 V$
Espectro de LED de 980 nm con 3.21 V



En la figura 14, se aprecia el espectro del LED (980 nm) a $\Delta V = 4 V$.

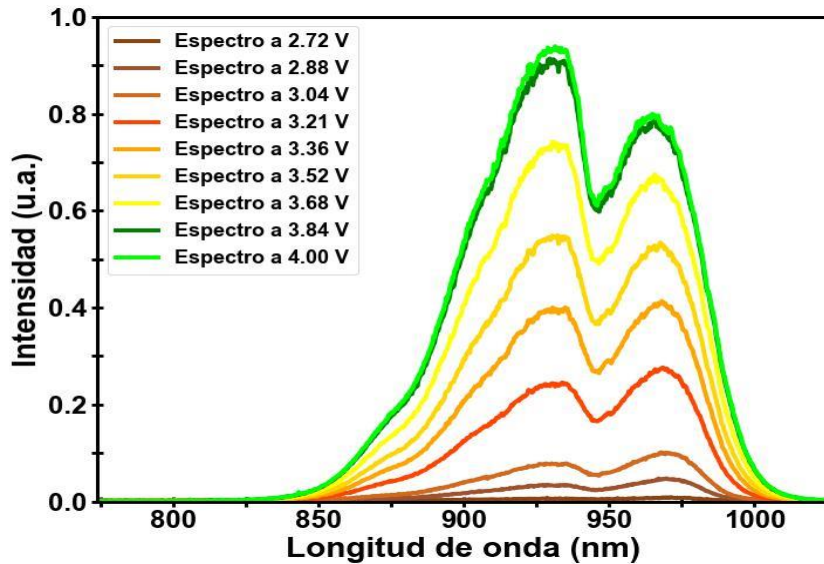
Figura 14. Espectro LED 980 nm con un voltaje de $\Delta V = 4 V$



Como podemos observar de ambas figuras 13 y 14, conforme el voltaje aumenta, su error experimental crece, esto podría deberse gracias a las pérdidas de energía en forma de calor que transmite el LED de 980 nm. Esto se puede apreciar de forma más clara en la figura 15, dado que se enaltece la intensidad del voltaje, el error comercial del LED también se agranda en su valor.

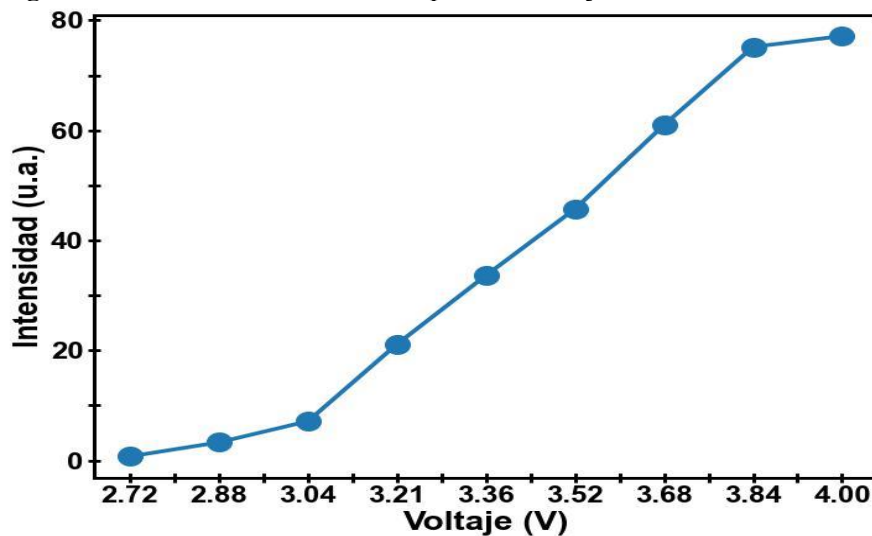
En la figura 15 anteriormente mostrada se observa el espectro de emisión del LED 980 nm a los diferentes voltajes mostrados en gráficas anteriores agregado de otros voltajes diferentes a los observados con el fin de analizar su comportamiento de emisión del espectro.

Figura 15. Espectro LED 980 nm a diferentes voltajes a SLAO.



A partir de los datos observados en la figura anterior (Figura 15), se obtuvo la intensidad integrada como función del voltaje (ver la figura 16).

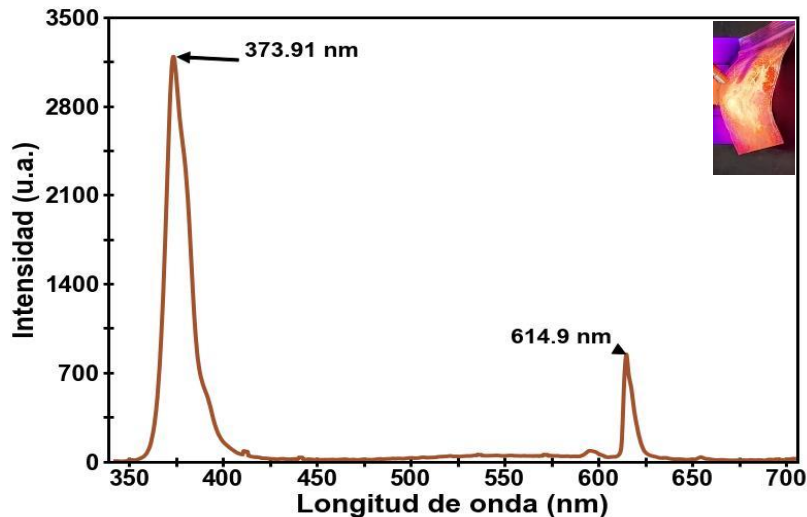
Figura 16. Gráfica de Intensidad respecto al voltaje.



Del comportamiento de la intensidad versus el voltaje se puede notar que conforme el voltaje aumenta, de igual forma la intensidad del LED crece, este comportamiento podemos analizarlo en otros reportes experimentales, donde describe las características no lineales de los LEDs (véase la referencia (Garcia,

Mtz-Enrique, Hdz-García, Santibañez, & Chavez, 2022)). No obstante que el espectro de emisión del LED disminuye, la luz proveniente del LED es suficiente para poder activar su proceso upconversion. Por otra parte, se registró la emisión roja de la muestra *TTA: Eu³⁺* (Tenoiltrifluoroacetona) y del LED de 373 nm los cuales se pueden apreciar en la figura 17.

Figura 17. Espectro de emisión de la muestra de ML *TTA: Eu³⁺* y del LED 365 nm que activa al ML.



Analizando la figura 17 podemos observar dos picos notorios, el primero en $\lambda \approx 374 \text{ nm}$, este pico es ocasionado por la emisión de luz UV por el LED de 365 nm, observando asimismo que este tiene un error de 2.4%. El segundo pico de emisión presentado en el espectro de la figura 17 es el ubicado en 615 nm y corresponde a la emisión del ML debido al proceso de downconversion donde $\lambda \approx 615 \text{ nm}$ (Naranja) esta emisión está asociada a las transiciones electrónicas prohibidas $f-f$ del Eu^{3+} , para mayores detalles sobre la emisión del material *TTA: Eu³⁺* véase la referencia (Medina-Velazquez, y otros, 2022).

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo se pueden listar a continuación:

Las fuentes construidas fueron usadas para fines de caracterización (activación) de materiales luminiscentes. Por lo que, el desarrollo de sistemas de instrumentación de bajo costo para la investigación de materiales luminiscentes es importante para la medición de estos. Esto debido a que en el mercado se dificulta encontrar algunas longitudes de onda requeridas para la investigación de algunos materiales, por ejemplo 980 nm, siendo más común generar este tipo de excitación a partir de láseres.

Los equipos de fluorescencia y luminiscencia robustos tienen costos mucho más elevados, por lo que la excitación con LEDs hechas a medidas (homemade) de los materiales luminiscentes pueden resultar muy económicas, obteniendo resultados análogos que, con un equipo comercial de fluorescencia, generando así mayor accesibilidad de equipo de trabajo a laboratorio.

Es importante mencionar que gracias a la eficiencia de los LEDs genera un menor consumo energético, ayudando en una reducción en la contaminación ambiental, además de tener un tiempo de vida muy prolongado (hasta 5 años de uso continuo); además de mencionar que su diseño electrónico (sistema fuente-LED) es muy compacto, ayudando así a su reparación o reemplazo de componentes.

Finalmente, el aprendizaje de los estudiantes y docentes en el desarrollo de proyectos de electrónica y óptica hace que se practique la enseñanza-aprendizaje basado en proyectos lo que beneficia a los alumnos de ingeniería de nivel superior en su desarrollo profesional en la etapa disciplinaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Blasse, G., & Grabmaier, B. C. (1994). *Luminescent Materials*. Springer Berlin, Springer Verlag Berlin

Heidelberg 1994 ISBN: 978-3-540-58019-5. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79017-1>

Boylestad, R. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Mexico: Pearson Educación.

Cho, J., Park, J., Kim, J., & Schubert, E. (marzo de 2017). white light-emitting diodes: History, progress, and future. *Laser & Photonics Reviews*. doi: <https://doi.org/10.1002/lpor.201600147>

García, C. O., Mtz-Enrique, A., Hdz-García, H., Santibañez, A., & Chavez, D. (2022). Green upconversion of SrLaAlO₄: Yb,Er phosphor and its application for LED illumination. *Journal of Electronics Materials*, 1357-1365. doi: <https://doi.org/10.1007/s11664-022-10091-1>

Medina-Velazquez, D., Osorio, E., Calderon, V., Murillo, A., Romo, F., & Del Rosario Ruiz Guerrero, M. (2022). Evaluation of the morphology and chelating agent excess in the design of luminescent metalorganic framework of Europium thenoyltrifluoroacetone. *Advances in Mechanical Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1177/16878132221095503>

Ordoñez Cassanova, E. G. (2022). Análisis estructural de nanocéculas crecidas por radiación de microondas. *Instituto de Ingeniería y Tecnología*, 246. Obtenido de <http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/25319>



Peñaherrera Aguilar, E. A. (2014). Modelización del diodo led, diseño y construcción de la interfaz del transmisor y receptor para un sistema de comunicación de luz visible mediante un diodo de luz blanca. *Universidad Politécnica Salesiana*, 64. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6871>

