

Los LED de luz azul y blanca: La iluminación moderna y otras aplicaciones desde Japón

Freddy A. Ramos

フレディ・アレハンドロ・ラモス・ロドリゲス

Profesor del Departamento de Química de la

Universidad Nacional de Colombia

化学科准教授 コロンビア国立大学

<https://doi.org/10.53010/kobai04.2022.06>



Damián Alejandro
Trujillo González
[Ilustración digital],
2022.

El cambio que ocurrió desde los primeros LED comerciales que operan en los controles remotos de nuestros televisores hasta el led blanco de los bombillos actuales y el Blu-ray se lograron gracias al desarrollo de películas de semiconductores realizado por el profesor Isami Akasaki y Hiroshi Amano de la Universidad de Nagoya, y por Shuji Nakamura en Nichia Corporation, de Anan, una pequeña ciudad en la Prefectura de Tokushima. Estos desarrollos fueron reconocidos con el Premio Nobel de Física en 2014.

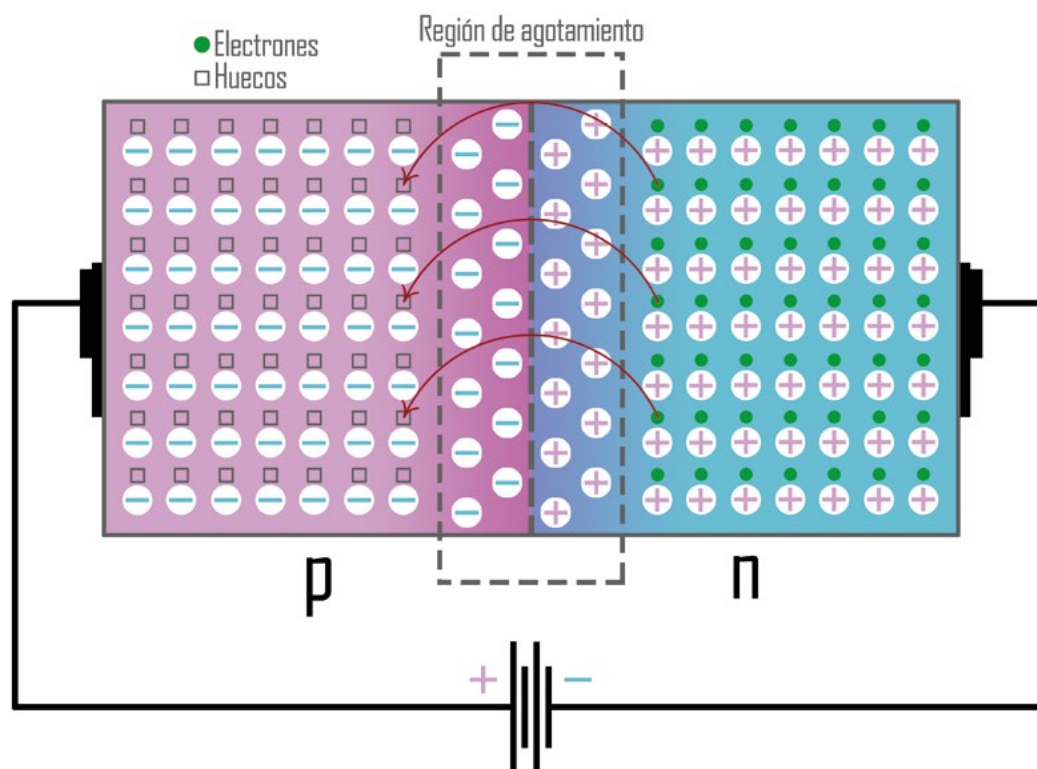


Si usted está leyendo este artículo en su versión digital, es posible que lo esté haciendo en una pantalla LED, como la de su computador, una *tablet* o su teléfono celular. Si lo lee en papel, probablemente la iluminación del lugar sea por medio de bombillos LED.

La sigla LED fue originalmente usada para describir a los diodos emisores de luz (*Light-Emitting Diodes*). Son dispositivos que, a través del fenómeno de la

electroluminiscencia, convierten la electricidad en luz a bajas temperaturas, a diferencia de los bombillos antiguos que emiten luz por incandescencia, un fenómeno en el que un filamento de tungsteno o de vapores de mercurio emiten luz al calentarse a temperaturas sobre 250 °C.

¿Cómo funcionan? Se requiere la unión de dos semiconductores, uno con *exceso de electrones* llamado *semiconductor N*-y otro con *deficiencia de*



Damián Alejandro Trujillo González [Ilustración digital], 2022.

electrones llamado *semiconductor P*-, los cuales, al unirse, forman un semiconductor PN. En el semiconductor *P* la ausencia de electrones en los enlaces genera *huecos*, es decir enlaces en los que faltan algunos de los electrones que los componen. Finalmente, se requiere de un material de unión entre los dos semiconductores, conocido como la *zona activa*, donde se logra una alta concentración tanto de los electrones como de los huecos. La recombinación de los electrones y los huecos en la *zona activa* genera una emisión de energía en forma de fotones: luz. Para obtener esta recombinación, se aplican tensiones de entre 2 a 3 voltios (V). El color de la luz emitida depende principalmente del tipo de material semiconductor empleado en la unión PN y del material usado en la *zona activa*. Finalmente,

se usan recubrimientos del LED con compuestos fluorescentes de itrio, aluminio y cerio ($Y_3Al_5O_{12}:Ce$) que absorben luz ultravioleta (UV) y emiten luz amarilla, que, al combinarse con la luz azul, produce la luz blanca.

Frente a las ya existentes tecnologías, los LED tienen varias ventajas, dentro de las cuales vale la pena resaltar la eficiencia y el impacto ambiental. Respecto a la eficiencia, estamos hablando de diodos capaces de convertir entre el 80% y el 90% de la energía suministrada en luz mientras que las bombillas incandescentes utilizan solo entre el 10% y el 15% de esta energía. Otra manera de evaluar esta eficiencia es que, mientras un LED emite 300 lúmenes por vatio (lm/W), los bombillos incandescentes y las lámparas halógenas emiten



Damián Alejandro
Trujillo González
[Ilustración digital],
2022.

70 y 16 lm/W, respectivamente (Nakamura, 2015), perdiendo mucha de la energía suministrada como calor. La vida útil de un LED está entre 20.000 y 50.000 horas mientras que la de un bombillo incandescente está cerca de las 2000 horas.

De otro lado, los LED son dispositivos sólidos que no usan gases que, como el mercurio y los halógenos, son contaminantes, y su duración es mucho mayor. Los LED se pueden hacer muy pequeños (menos de 1 mm²) y se les puede dar un control inteligente, permitiendo así las innumerables aplicaciones que tienen estos dispositivos. Su impacto ambiental

se estima en un ahorro de electricidad de aproximadamente el 40% para 2030, que evitaría la generación de 185 millones de toneladas de CO₂ a la atmosfera (Nakamura, 2015).

El LED no es tan reciente como lo imaginamos y su desarrollo dependió, en gran medida, del desarrollo de nuevos materiales semiconductores. En 1907, en el laboratorio de Guillermo Marconi, Henry Joseph Round detectó por primera vez la emisión de luz amarilla a partir de un cristal hecho de carburo de silicio (SiC). El primer trabajo académico que habló de estos materiales como emisores de luz

fue realizado en 1927 por el ruso Oleg Vladimirovich Losev, quien publicó varios artículos describiendo el fenómeno físico y logró varias patentes. Pero no fue sino hasta 1962 cuando Robert Hall y Nick Holonyak Jr., trabajando en laboratorios independientes de la General Electric Co., obtuvieron el primer LED de uso comercial que emitía luz roja a partir de cristales de fosfuro de Galio (GaP) y arseniuro de Galio (GaAs), por lo que algunos consideran a Holonyak Jr. como el padre de los LED. Para 1968 la conocida empresa Monsanto comenzó con la producción comercial de estos dispositivos. Desde allí, varias aplicaciones —como la comunicación óptica que nosotros usamos en el control remoto del televisor o la alarma de nuestros vehículos—, así como las pantallas de algunos dispositivos —como las calculadoras de la década de los 70 y 80— usaron esta tecnología, que se caracterizaba por emitir luz roja, amarilla o verde y de poca o moderada intensidad (Ned, 2021; Zheludev, 2007).

Sin embargo, desde estas primeras aplicaciones en los años 70, la carrera en el desarrollo de estos dispositivos buscó generar un LED de luz azul de alta energía y controlar la conductividad eléctrica del material. Las investigaciones, por mucho tiempo, se centraron en el desarrollo de semiconductores PN de fosfuro de galio (GaP) y arseniuro de galio (GaAs), mientras que el uso de nitruro de galio (GaN), el cual, por sus propiedades se debería comportar como un buen material para LED azul¹¹, se mantuvo elusivo por dificultades técnicas y económicas.

En la segunda mitad de la década de los 80, por una parte, el profesor de la Universidad de Nagoya Isami Akasaki y su alumno Hiroshi Amano y, por otra, Shuji Nakamura¹², investigador de la compañía Nichia, concentraron sus investigaciones en la obtención de GaN, aun cuando estos materiales habían sido considerados como un tema sin futuro (Akasaki, 2015; Amano, 2015; Nakamura, 2015). El reto consistía en lograr la obtención de cristales de alta pureza de GaN, lo cual había sido pocas veces logrado y con muy poco éxito, pues los cristales obtenidos no tenían las características requeridas de pureza y homogeneidad. Sus contribuciones en el periodo entre 1985 y 1993 consistieron principalmente en la modificación de los reactores empleados hasta ese entonces y en cambiar las

condiciones de reacción usadas para la formación de los cristales. El resultado fue la obtención de un semiconductor p-GaN —nunca antes logrado— y otro semiconductor n-GaN, con una *zona activa* hecha con nitruro de galio e indio (GaInN), donde se concentra la recombinación de electrones y huecos para producir los fotones de alta energía (luz azul) con alta eficiencia. Estos logros le permitieron a Shuji Nakamura, optar por el título de Ph.D. en Ingeniería de la Universidad de Tokushima y, en su conjunto, el trabajo de estos tres investigadores fue reconocido en 2014 con el Premio Nobel de Física por la invención de diodos emisores de luz azul eficientes, que han permitido fuentes de luz blanca intensas y ahorradoras de energía.

Estas innovaciones dieron origen a aplicaciones variadas como la luz led azul y blanca usados en iluminación exterior, del hogar y de vehículos, semáforos, en pantallas de publicidad, etc... Dentro de otras, entre las aplicaciones antes impensables, está el láser azul empleado en lectores de Blu-Ray para almacenamiento de datos de alta densidad, en proyectores de video de alta resolución y en la transmisión de información a través de fibra óptica (internet de banda ancha). El LED ultravioleta, empleado en la desinfección por luz UV, tiene efectos contra virus, hongos y otros posibles patógenos. El LED UV es también usado como fotocatalizador en reacciones, como, por ejemplo, en las impresoras láser, en litografía y en catalizadores de resinas dentales, entre otras. Al día de hoy, hablamos de pantallas tipo LED, pantallas flexibles tipo OLED (*Organic LED*) y AMOLED (*Active Matrix OLED*) entre muchas otras nuevas y fascinantes tecnologías.

Hoy en día, la prefectura de Tokushima es reconocida como uno de los centros de investigación, desarrollo e innovación en tecnologías LED más importantes del mundo, concentrando la producción de cerca del 30% del mercado mundial de LED blanco. Allí se concentran más de 100 empresas en una iniciativa de la prefectura que se conoce como el LED VALLEY (<https://led-valley.jp/en/>). Dentro de esta iniciativa, se encuentran vinculadas instituciones educativas como la Universidad de Tokushima y el Anan National College of Techno-logy. También se encuentran empresas como Nichia, la cual, además de ser la creadora del

11. Durante los años 60 y 70, se lograron LED que emitían luz verde, roja e infrarroja. La emisión está relacionada con las propiedades del GaP y GaAs. Estos compuestos tienen en común la presencia de átomos de fósforo y arsénico, elementos del grupo cinco de la tabla periódica con cinco electrones de valencia. El otro elemento de este grupo es el nitrógeno, el cual, al formar semiconductores de GaN, emite luz azul o ultravioleta.

12. Ingeniero electrónico quien para finales de los años 80 tenía un Magister en ciencias de la Universidad de Tokushima. Al día de hoy, Shuji Nakamura es Profesor de la Universidad de California en Santa Bárbara (UCSB).





Damián Alejandro Trujillo González [Ilustración digital], 2022.

led azul, el LED blanco y el Laser LED, fue considerada, en 2020, como la cuarta empresa más importante en la producción de LEDs en el mundo.

Las empresas que hacen parte de esta iniciativa abarcan desde aquellas que investigan en el desarrollo de nuevos materiales y otros dispositivos electrónicos para la industria hasta aquellas que desarrollan nuevos productos para el consumidor final. Dentro de los logros más relevantes de esta iniciativa, están los productos de iluminación case-ros, iluminación sumergida empleada para acuarios, anzuelos y pozos. También están los productos de iluminación de señalización vial y semaforización, de iluminación usada en prevención de desastres, las grandes pantallas publicitarias, la iluminación para el control de insectos, e incluso los ladrillos para construcción con LED empleados en la iluminación de caminos peatonales y salidas de emergencia.

Así, en este texto, le damos un reconocimiento al desarrollo que, desde Japón, se le dio a estos pequeños y eficientes dispositivos de luz azul y blanca, los cuales, tal vez sin habernos dado cuenta, hacen parte de nuestra vida cotidiana desde hace ya algún tiempo.

Bibliografía

Akasaki, I. (2015). Fascinating journeys into blue light (Nobel Lecture). *Annalen der Physik*, 527(5-6), 311-326. <https://doi.org/10.1002/andp.201500803>

Amano H. (2015). Growth of GaN on sapphire via low-temperature deposited buffer layer and realization of p-type GaN by Mg doping followed by low-energy electron beam irradiation (Nobel Lecture). *Annalen der Physik*, 527(5-6), 327-333, <https://doi.org/10.1002/andp.201500802>

Nakamura S. (2015). Background story of the invention of efficient blue InGaN light emitting diodes (Nobel Lecture). *Annalen der Physik*, 527(5-6), 335-349, <https://doi.org/10.1002/andp.201500801>

Ned, A. (10 de marzo de 2021). Why Blue LED Earned a Nobel Prize if Reds and Greens Already Existed for Decades? *Medium*. <https://medium.com/predict/why-blue-led-earned-nobel-prize-if-reds-and-greens-already-existed-for-decades-d03e31a6fd8f>

Zheludev N. (2007). The life and times of the LED — a 100-year history. *Nature Photonics*, 1(4), 189-192. <https://doi.org/10.1038/nphoton.2007.34>