



Sin duda el campo de la iluminación con LEDs es una de las tecnologías más emergentes que poco a poco se está empleando en un gran número de aplicaciones. Gracias a PHILIPS, que ha tenido la cortesía de permitir la publicación de este documento de su propiedad, os hacemos llegar información técnica muy interesante sobre este campo desde la perspectiva de una empresa desarrolladora.

# Los LEDs en el campo

## INTRODUCCIÓN

El término “**Solid State Lighting**” (SSL, Iluminación en estado sólido) hace referencia a un tipo de iluminación que utiliza **diodos emisores de luz (LEDs)**, diodos emisores de luz **orgánicos** o diodos emisores de luz fabricados con **polímeros** como fuentes de luz en vez de filamentos eléctricos o gas.

Cuando hablamos de “Solid State” (**estado sólido**) queremos resaltar el hecho de que la luz en un LED es emitida desde un objeto sólido – un bloque de **semiconductor** – en vez de desde un tubo de vacío o de gas, como es el caso de las bombillas o los fluorescentes.

Al contrario del alumbrado tradicional, los LEDs generan luz visible con **apenas disipación de calor** o **energía residual**.

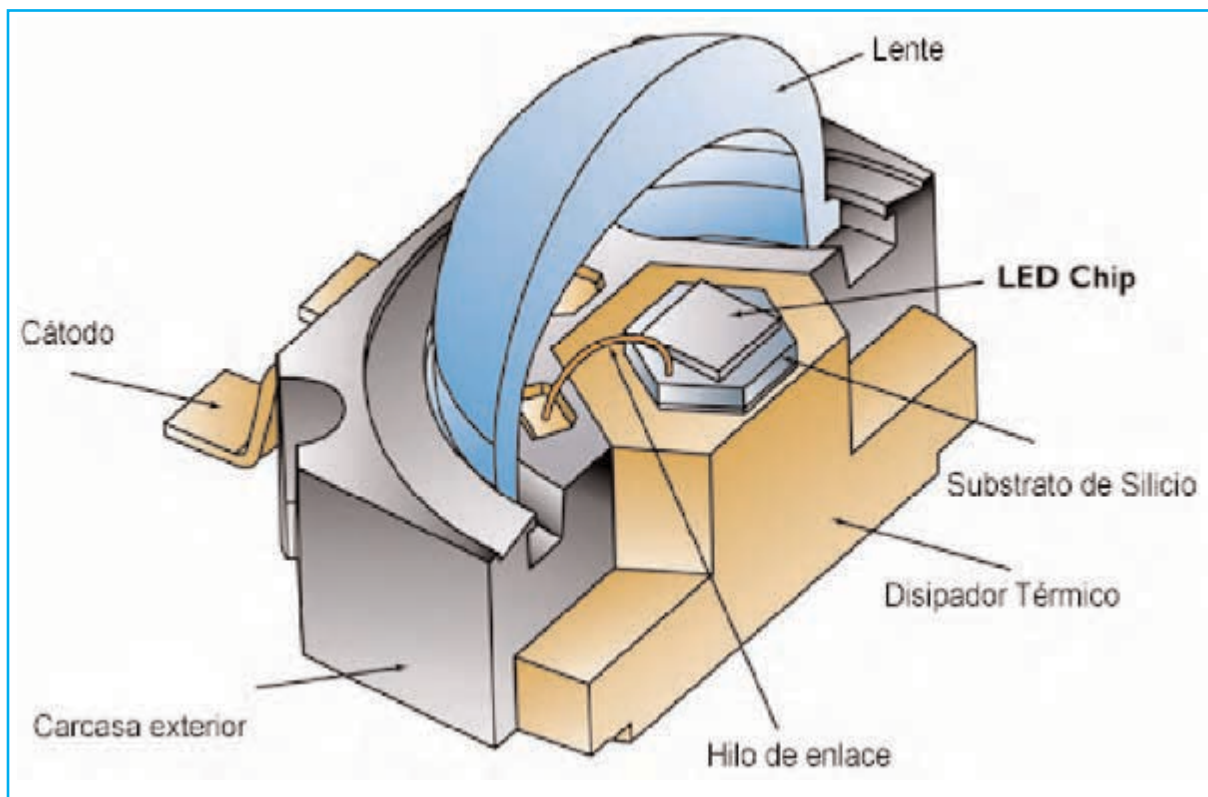
Además, su naturaleza de estado sólido proporciona una **gran resistencia a los**

**golpes, vibraciones**, y su propio **uso, incrementado** de esta manera **su vida considerablemente**.

La iluminación de estado sólido ha sido definida como una **tecnología emergente** primordial que promete alterar la **iluminación del futuro**. Se trata de la primera nueva tecnología que emerge en 40 años y que con sus **eficiencias energéticas** y **ahorro de costes**, tiene el potencial de ser una tecnología que rompe con la tendencia del alumbrado tradicional en el mercado de alumbrado.

## ¿Qué es un LED?

**LED** proviene de las siglas en inglés **Lighting Emitting Diode**, Diodo emisor de Luz. El LED es un tipo especial de **diodo semiconductor** que **emite luz** en una banda muy estrecha del espectro cuando una **corriente eléctrica** pasa a través suyo en un determinado **sentido**. El efecto es una forma de electroluminiscencia.



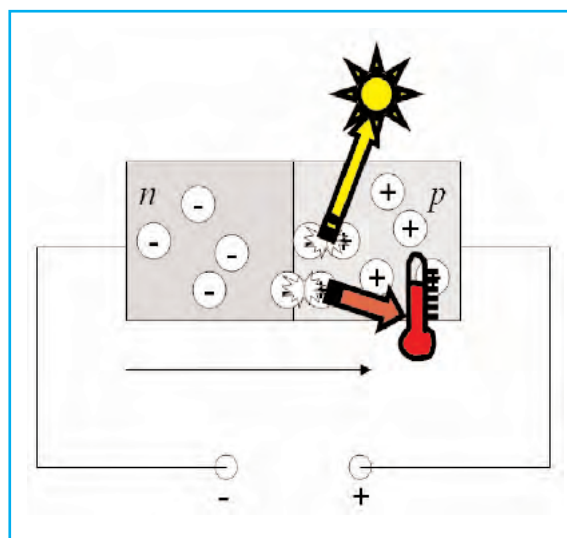
# de la ILUMINACIÓN

La **longitud de onda** de la luz emitida y por tanto el **color** depende básicamente de la **composición química** del material **semiconductor** utilizado.

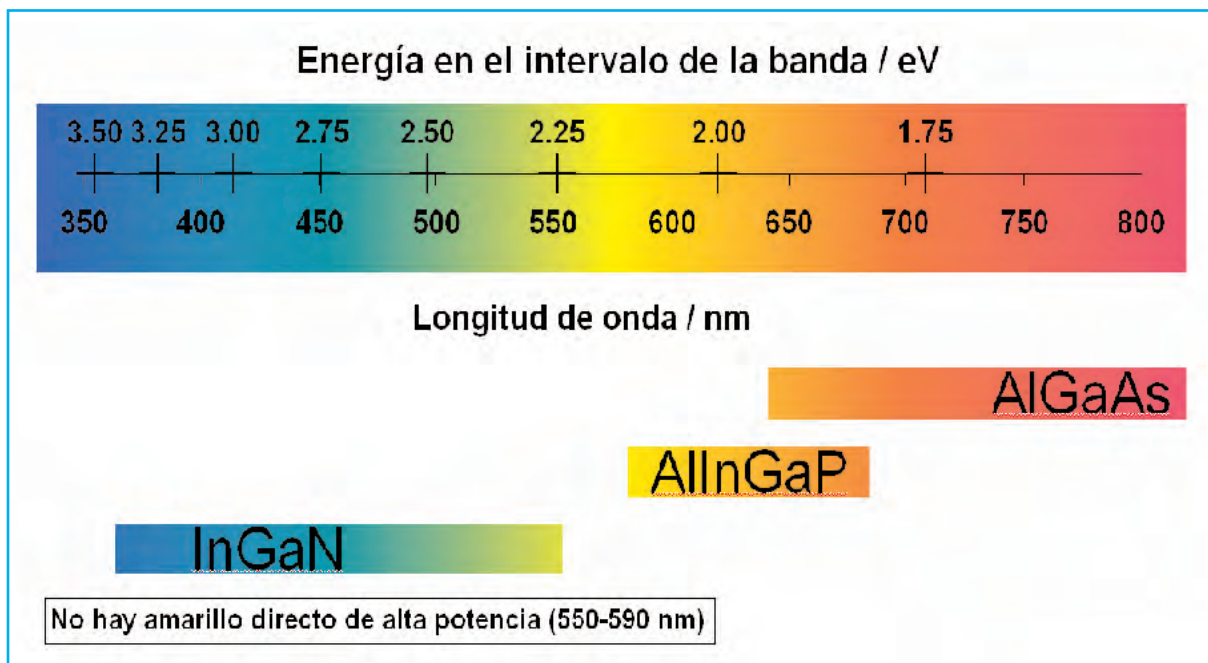
Este material está impregnado o dopado con **impurezas** para crear una estructura llamada "**unión P-N**", que como en otros diodos permite que la corriente fluya fácilmente desde la unión **P (ánodo)** hasta la unión **N (cátodo)**, pero no al revés.

Cuando la corriente atraviesa el diodo se **libera energía** en forma de **fonones**. La luz emitida puede ser **visible**, **infrarroja** o casi **ultravioleta**.

Los primeros desarrollos del **LED** datan del año **1955** cuando se consiguió un dispositivo que emitía **luz infrarroja**. Los primeros **LED** de **luz visible** prácticos fueron desarrollados por **General Electric** en **1962**.



Los LEDs convencionales están realizados sobre la base de una gran variedad de materiales **semiconductores inorgánicos** produciendo los siguientes **colores**:



- Aluminio galio arsenio (**AlGaAs**) - **Rojo e infrarrojo**.
- Aluminio galio fósforo (**AlGaP**) - **Verde**
- Aluminio galio indio fósforo (**AlGaInP**) - **Naranja, rojo de alto brillo, amarillo y verde**.
- Galio arsenio fósforo (**GaAsP**) - **Rojo, naranja-rojo, naranja y amarillo**.
- Galio fósforo (**GaP**) - **Rojo, amarillo y verde**.
- Galio Nitrógeno (**GaN**) - **Verde, verde puro (esmeralda) y azul**.
- Indio Galio Nitrógeno (**InGaN**) - **Casi ultravioleta, verde azulado y azul**.
- Silicio Carbono (**SiC**) como sustrato - **Azul**.
- Silicio (**Si**) como sustrato - **Azul** (en desarrollo).
- Zafiro (**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**) como sustrato - **Azul**.
- Zinc selenio (**ZnSe**) - **Azul**.
- Diamante (**C**) - **Ultravioleta**.
- Aluminio nitrógeno (**AlN**), aluminio galio nitrógeno (**AlGaInN**) - Cerca del **ultravioleta**.

### LED Azules y Blancos

Los **LEDs azules** comercialmente viables fueron inventados por **Shuji Nakamura** mientras trabajaba en Japón en **Nichia Corporation** en **1993** y se hicieron ampliamente disponibles a  **finales de los años 90**.

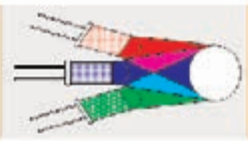
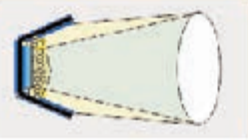

Añadiéndolos a los **LEDs rojos y verdes** pueden generarse  **luz blanca** aunque para conseguir un LED blanco rara vez se utiliza este principio.

La mayoría de los **LEDs blancos** de hoy en día utilizan un **LED azul GaN** (Nitruro de Galio) emitiendo en un espectro entre **450 nm - 470 nm** a los que se les cubre con una capa de **fósforo amarillento** hecho a base de cristales de Aluminato de Ytrio dopado con Cerio (**Ce<sup>3+</sup>:YAG - Yttrium Aluminium Garnet**). El chip emite  **luz azul**, parte de la cual se convierte eficientemente en un espectro más amplio centrado en **580 nm (amarillo)** gracias al **Ce<sup>3+</sup>:YAG**. Este método fue desarrollado por **Nichia** y utilizado por ellos desde **1996** en la fabricación de **LEDs blancos**.

Los **LEDs blancos** pueden realizarse también utilizando LEDs con emisión cerca del **Ultravioleta** y usando una mezcla de **fósforos rojos y azules** con otros elementos. Este método es **análogo** al que se usa en las **lámparas fluorescentes**, sin embargo este método es **menos eficiente** que el comentado anteriormente.

El **método más novedoso** para generar  **luz blanca** no utiliza fósforos en absoluto y está basado en la **emisión simultánea** de  **luz azul** desde la región activa de la estructura del LED y  **luz amarilla** desde el sustrato del mismo.

**Otra técnica** utiliza un **LED azul** recubierto con **puntos cuánticos** que emiten  **luz blanca** en respuesta a la luz del LED. Esta técnica produce  **luz blanca cálida** similar a la que generan las lámparas incandescentes.

	Técnica	Pro's & contra's
	Mezcla de Rojo-Verde-Azul (RGB)	++ se puede controlar el color. --conseguir el blanco es difícil. --índice de reproducción cromática pobre.
	LED Azul con un fósforo blanco/amarillo	++ No es necesario control + buen índice de reproducción cromática. - solo puede obtenerse blanco frío y cálido. -- envejecimiento del fósforo.
	LED Azul con un fósforo RG	++ No es necesario control ++ Índice de reproducción cromática muy bueno. --LED más caro.

### Ventajas de utilizar LEDs

- Los **LEDs** son capaces de emitir luz de un determinado **color sin el uso** de los **filtros** que los métodos tradicionales requieren.

- La forma del **encapsulado** de un **LED** permite que la luz se **enfoque** en una determinada **dirección**. Las **fuentes Incandescentes** y **fluorescentes** a veces requieren un **reflector externo** para recoger la luz y dirigirla de una forma útil.

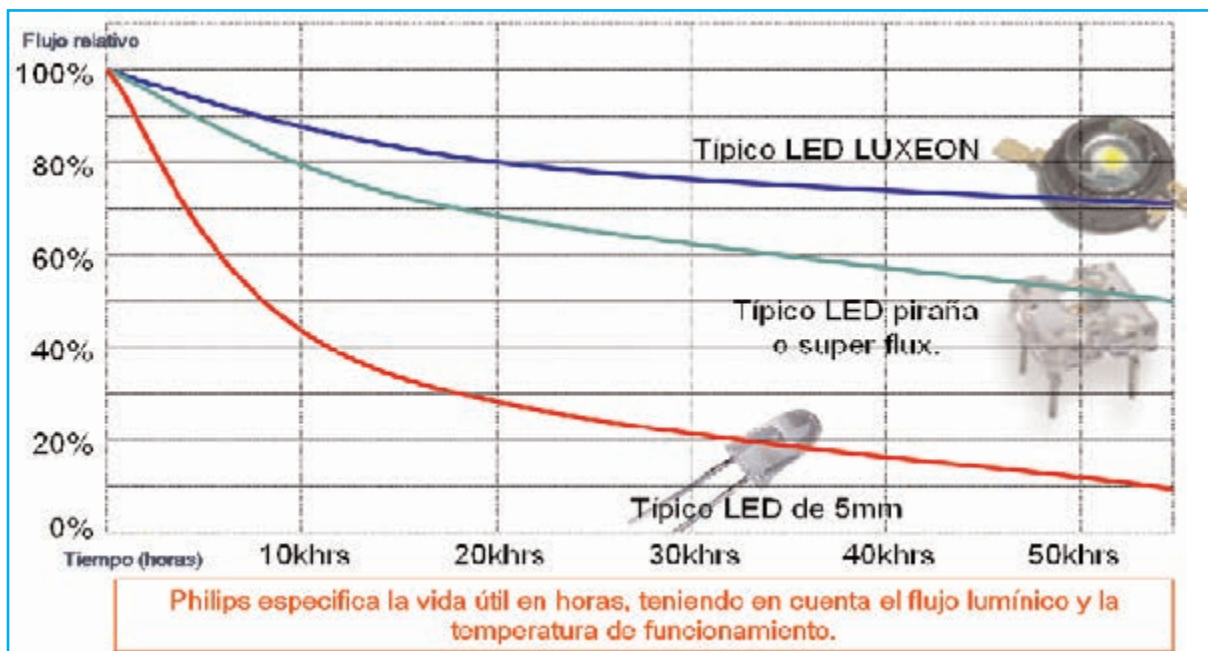
- Los **LEDs** son **insensibles** a los **golpes** y a las **vibraciones**, al contrario que las fuentes incandescentes y de descarga.

- Los **LEDs** están contruidos dentro de **carcasas sólidas** que los protegen, haciendo que sea **muy difícil** que se **rompan** y sean **extremadamente duraderos**.

- Tiene una **vida muy larga**: Típicamente **10 años**, dos veces más larga que el mejor fluorescente y 20 veces más que la mejor lámpara incandescente.

- Los **LEDs no se funden** al finalizar su vida, su luz va disminuyendo con el paso del tiempo.

- Los **LEDs** emiten **menos calor** que las lámparas incandescentes con similar salida lumínica.





- Los **LEDs** tienen **encendido inmediato**. Un sistema de iluminación por LED alcanzará su flujo máximo en aproximadamente **0,01 s.**, 10 veces **más rápido** que una **lámpara incandescente (0,1 s)** y mucho más rápido que una **lámpara fluorescente compacta** que arranca entre **0,5 y 1 s.**, pero no alcanza el máximo flujo hasta transcurridos **30 s.** o más.

### Desventajas de utilizar LEDs

- Los **LEDs** son actualmente **más caros** que una gran mayoría de las técnicas de alumbrado convencional. El coste adicional parcialmente se origina por el relativamente **poco flujo lumínico** que generan y por los **alimentadores/controladores** que se necesitan. La mejor técnica para comparar tecnologías de alumbrado es utilizar **Lumen/Euro**.

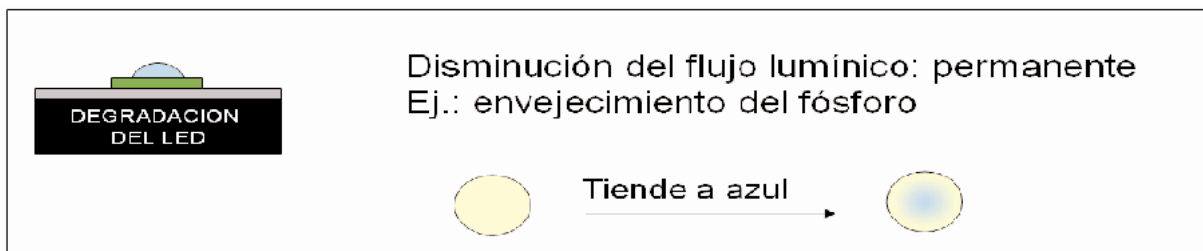
- El **rendimiento** de un **LED** depende bastante de la **temperatura ambiente** y del **entorno de operación**. Utilizando el LED en entornos de **altas temperaturas** de ambiente puede llevar al LED a un **sobrecalentamiento** y a un

eventual fallo del mismo. Para conseguir larga vida se necesita **disipadores de calor** adecuados. Esto es especialmente importante en aplicaciones con amplios rangos de temperaturas.

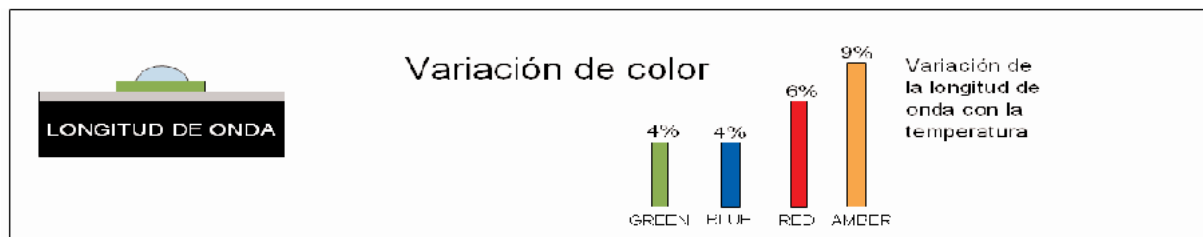
### GESTIÓN del CALOR

Los **LEDs** emiten **luz fría**, es decir **no emiten rayos infrarrojos**, sin embargo los LEDs **no son 100% eficientes** ya que entre un **50%** y un **90%** de la energía que se les aplica se convierte en **calor**. Además los LEDs **no soportan grandes temperaturas** (125° - 150°) y la radiación térmica es muy baja por lo que la mayoría del **calor** debe ser **extraído** por medio de sistemas de **convección** o **conducción**.

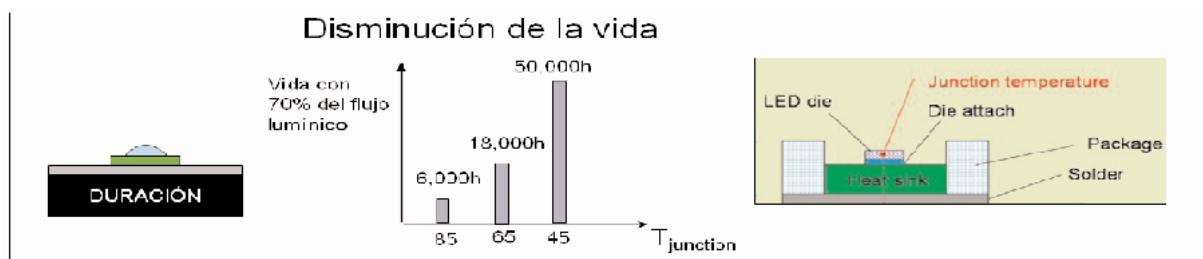
Por un lado y aunque la disminución del flujo lumínico es permanente debido al **envejecimiento** de los **materiales ópticos primarios** y del propio material **semiconductor**, el **calor excesivo** aplicado de forma continuada **acelera la degradación** del LED provocando **cambios de color** en los **LEDs blancos**.

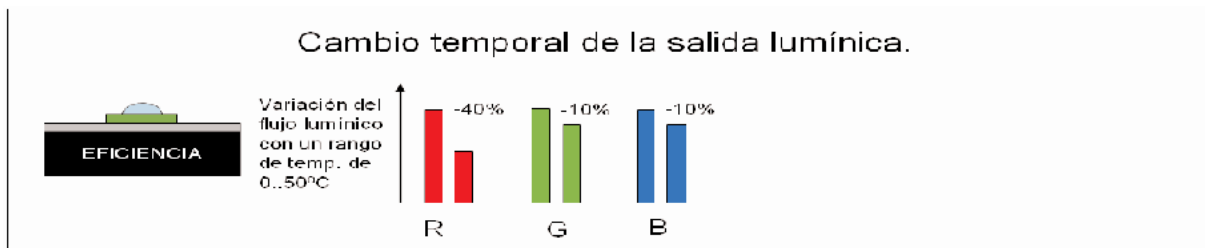


En los **LEDs de colores** el **calor** provoca una **variación** de la **longitud de onda** y por tanto del **color**. Dependiendo del color la variación puede ser más o menos acusada.



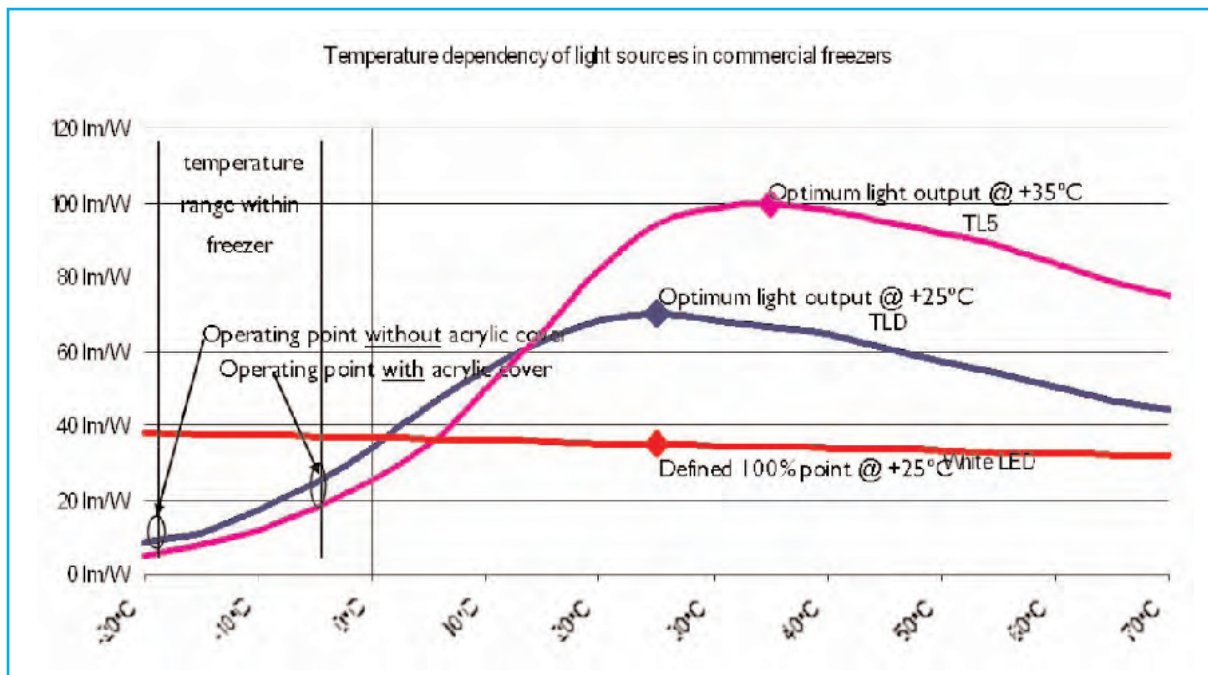
El factor más importante que se ve más afectado por el **calor** es la **vida del LED**. En la gráfica podemos observar las variaciones de la **vida** del LED dependiendo de la **temperatura** de la unión.





Por último, otros elementos a los que le afectan las variaciones de temperatura son el **flujo lumínico** y la **eficacia**.

Las **bajas temperaturas** hacen que el **LED** funcione con **mayor rendimiento**. A menores temperaturas el **flujo** y la **eficacia** son **mayores** que a temperatura ambiente.



### Variaciones de Color

El **binning** debe explicarse debido a su importancia en el **diseño de sistemas LEDs** ya que puede ser poco familiar para la mayoría de los ingenieros de iluminación.

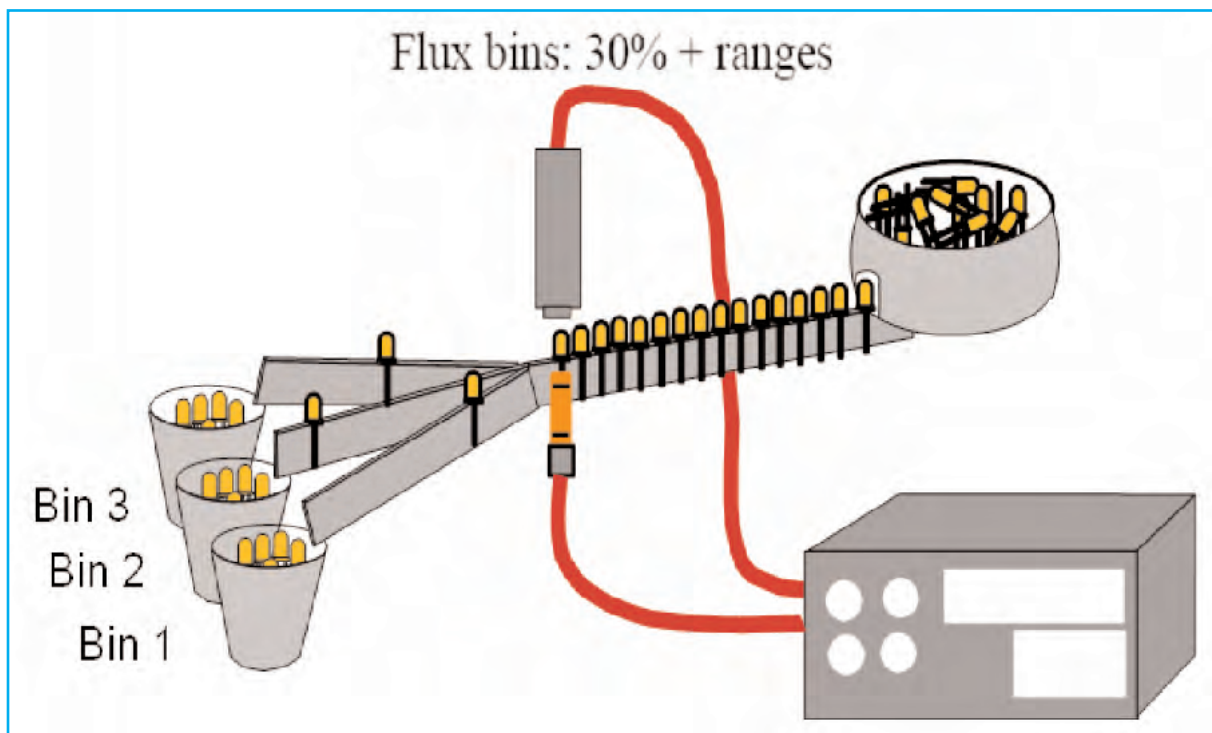
Como en otros procesos de fabricación de semiconductores, en la producción de los LEDs el **número de parámetros** del proceso de **epitaxia** es **muy grande** y la ventana de proceso bastante pequeña (por ejemplo, la temperatura debe ser controlada con un margen de **0,5°C** a lo largo de la oblea con una temperatura de **800°C**).

La dificultad de alcanzar este grado de control significa que las propiedades de los LEDs pueden variar significativamente entre producciones incluso dentro de la misma oblea.

Para obtener un cierto grado de consistencia para una aplicación dada el proceso de **binning** (selección de **bins**) es absolutamente necesario. El **binning** involucra la caracterización de los **LEDs** mediante **medidas** y la subsiguiente categorización de los mismos en varios **bins específicos**.

Para mantener bajo el coste de los LEDs los fabricantes deben **vender toda la producción**, teniendo en cuenta que **no** pueden garantizar la disponibilidad de **todos los bins** en **todo momento**. Hay un balance entre los costes y la logística por un lado y los requisitos de la aplicación por otro.

**Ajustarse estrictamente** a los **requerimientos** supone **elegir los costes** y pueden surgir problemas de suministro.



El diseño del sistema debería por tanto intentar combinar **LEDs** de **diferentes bins** de manera inteligente para obtener el **rendimiento requerido** del sistema a un **precio razonable** y con entregas de **razonable fiabilidad**.

Para seleccionar y garantizar **uniformidad**, **fiabilidad** y **durabilidad** de los **LEDs** dicha selección se hace sobre la base de características o **parámetros técnicos críticos**.

- **Ópticos** (flujo luminoso, color)
- **Eléctricos** (tensión directa, Vf)

Podríamos decir que **cada bin** obtenido de la producción de un determinado **LED** es el color que podemos encontrar en un **patrón RAL** en **pintura** o en un **patrón Pantone** de **tintas**.

Evidentemente la utilización de un **único bin** nos asegura que la **uniformidad** en cuanto al **flujo** y al **color** de una determinada aplicación serán siempre los **mismos** a lo largo del **tiempo**.

#### Futuro de la iluminación con LEDs

Aunque los **avances** son **enormes** en esta **nueva tecnología**, en el momento que se hagan **mejoras considerables** sobre las características de los LEDs en relación a la **eficacia**, **paquete lumínico**, **materiales de encapsulado** y sobre todo el **coste** se habrá dado un gran paso hacia la consecución de **iluminación general** compuesta totalmente por sistemas **LEDs**.

**POR CORTESÍA DE**

