

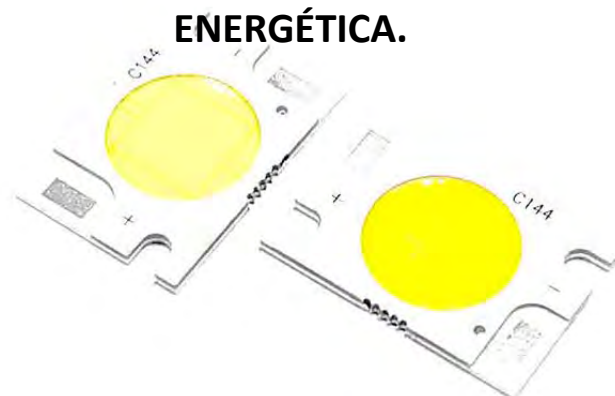
ILUMINACION

LED

220V 3.6W 3000K
50/60Hz 2013-C

UNA GUÍA PARA DISTINGUIR CALIDADES

**CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS Y COMPARTIDOS PARA AYUDARLE A
TOMAR LA DECISIÓN ADECUADA EN SU PROYECTO DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA.**



René van Gemert

TABLA DE CONTENIDOS

	Página N.
Prólogo	3
1. Equipos de medida necesarios y sus alternativas	5
2. El driver de LED	6
2.1. Interno/Externo	6
2.2. Rizo o parpadeo: amplitud y frecuencia	6
2.3. Pico de arranque	7
2.4. Sistemas de atenuación (dimerización)	8
2.5. Factor Potencia y Distorsión Armónica (COS ϕ y THD)	8
2.6. Voltajes y Frecuencias de CA soportados	9
3. El Chip del Diodo Emisor de Luz (LED)	9
3.1. Composición del LED	10
3.2. La fase de pigmentación y tratamiento con resina de epoxi en la fabricación del LED	10
3.3. El proceso del “binning” (“categorización”)	11
3.4. Más sobre Lúmenes por Vatio	14
4. Ángulos de haz luminoso y difusores	14
4.1. El Efecto Cebra	14
4.2. UGR (Unified Glare Rating) Clasificación Unificada de Deslumbramiento	15
4.3. LOS LUMENES no significan nada por si mismos, lo que importa son los LUX emitidos	15
5. El Calor y su Disipación	15
5.1. Los componentes que generan calor	16
5.2. Los componentes afectados por el calor	16
6. Los beneficios y los efectos tóxicos del espectro luminoso	16
7. Reuniéndolo todo para configurar un producto útil y utilizable	16
7.1. Cubierta Transparente u Opal (lechosa)	16
7.2. Ficheros IES y LDT	17
7.3. Niveles de Certificación	17
7.4. LM70 y otras pruebas	17
8. Mención especial a los productos retrofit para tubos fluorescentes	18
SOBRE EL AUTOR	19
AGRADECIMIENTOS	19
LA PÁGINA PUBLICITARIA	20

PRÓLOGO

En los últimos cinco años, la tecnología LED ha avanzado a un ritmo similar a las Tecnologías de la Información en los años noventa, en cuanto a la velocidad con la que se suceden las innovaciones, caen los precios, y lo que hoy es Nuevo, mañana ya está obsoleto. Requiere energía para mantenerse a la última.

Mi propia experiencia en la iluminación se limita a diez años de intensa batalla en la distribución europea de adaptadores para fluorescentes T5, diseñados para ser instalados en luminarias configuradas para lámparas T8, desde nuestra sede en Gijón, Asturias. Se trata de un nicho de mercado muy específico, llamado “retrofit” en inglés (retro adaptación), aportando un 50% de ahorro energético para una luz equivalente y costes de instalación reducidos.

También mencionaré 8 años aprendiendo a discernir y contratar lo bueno y rechazar lo malo en los mercados asiáticos, que no fue labor fácil.

Hace aproximadamente 4 años hicieron su primera aparición tubos T8 retrofit de LED, que poco a poco me fueron arañando cuota de Mercado. Entonces yo publicaba las 15 razones por las que opinaba que las soluciones LED que se ofrecían no eran dignas de ser distribuidas bajo la marca Eco-Tubo. Por supuesto, seguía con atención el desarrollo de la tecnología LED, observando cómo, poco a poco, se iban superando mis reticencias.

Finalmente vislumbré una forma de desarrollar iluminación LED que no tuviera ninguno de los 15 inconvenientes antes mencionados. El proyecto ya está prácticamente terminado, y SalesCraft anunciará en breve una serie de productos, de diseño propio, que nos darán una ventaja técnica muy importante frente a la competencia existente.

Para llegar hasta aquí (tengo ya prototipos funcionales sobre mi mesa), he tenido que hacer muchos estudios, entrevistas, comparativas, visitar muchas fábricas y en definitiva, acumular muchas millas de viajes a China. Esa experiencia acumulada es lo que comparto en esta guía.

Repaso todos los aspectos que pueden fallar en la tecnología, como evitarlos, y he evitado introducir cuñas publicitarias dentro del texto: he concentrado todo al final del documento para que su lectura sea optativa y no influir en la comprensión del cuerpo de la materia.

He visto tantos folletos, presentaciones y páginas web donde los diseñadores plasman sus sueños técnicos en vez de la verdad. También he visto pliegos de condiciones de concursos públicos que reproducen esas mentiras, con unas expectativas imposibles de cumplir. Es por eso que me decidí a publicar esta pequeña guía: un intento de acercar las expectativas a las realidades.

Como ocurre en todas las nuevas tecnologías, hay mucho intruso Kamikaze, con mucha ignorancia y pocos escrúpulos, dispuesto a hacer un beneficio rápido y salir corriendo cuando surgen los fallos. Espero que con esto se reduzca el número de víctimas inocentes, y los desaprensivos lo tengan más difícil.

La tecnología LED para iluminación es el resultado de la fusión de 7 especialidades técnicas dispares:

- Electrónica de rectificación (drivers CA a CC)
- Electrónica de semiconductores (el propio diodo emisor de luz)
- Óptica (para conseguir abrir el haz de luz y proyectarlo)
- Gestión de calor y su disipación (para prevenir la degradación prematura del LED y alargar la vida del driver)
- Materiales especiales: la utilización de resina de epoxi con pigmentos de tierras raras (para conseguir el color de luz y una correcta representación de los colores)
- Radiación electromagnética y sus efectos biológicos (una luz correcta sin causar daños)
- Diseño mecánico (para montar el conjunto)

Repasaré todas estas disciplinas y explicaré donde pueden fallar, a la vez que aportaré sistemas para detectar, medir y controlar, con el fin de evitar sorpresas desagradables. También indicaré, con la mejor voluntad, como evitar esas sorpresas. **Lo único que tiene que recordar es que los productos LED buenos y honestos no se venden a precio de saldo.**

Esta guía se ciñe al uso de la tecnología LED como remplazo más eficiente de la iluminación convencional para ambientes de trabajo, estudio o vial. El uso de LED para decoración, automoción y otras aplicaciones no se contempla aquí.

1. Equipos de medida necesarios y sus alternativas

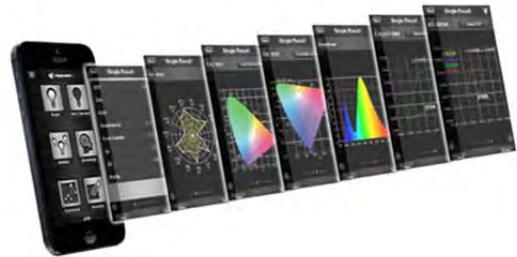
Si domina la técnica, o tiene acceso a alguien que pueda realizar las pruebas y mediciones a domicilio, necesitará los equipos siguientes:

- Una pinza amperimétrica para medir lo básico: factor Potencia, Vatios, Miliamperios. Si la pinza incluye la función de medir armónicos, mejor.
- Alternativamente un osciloscopio con sondas de corriente le dará mucha más información necesaria.



- Para medir temperaturas de color, índice de reproducción de color, conocer el espectro y la veracidad del blanco, lo ideal sería una esfera integradora.

No obstante, me compré un espectrómetro de mano que funciona junto con mi smartphone, y los resultados son bastante exactos. Se llama "Lighting Passport".



- Finalmente, para determinar si la generación de calor y su disipación están dentro de unos valores aceptables, una cámara termográfica será necesaria.

Si no dispone de estos aparatos, hay organismos independientes que pueden hacer las pruebas por Ud. Un buen ejemplo son los amigos de Olinio.org. Si el producto que le ofrecen no ha sido ya probado por ellos, verá que sus honorarios no son exorbitantes.

2. El driver de LED

Este es el corazón de la iluminación LED. El driver es el componente que determinará la vida útil del sistema en su conjunto, luego analicémoslo con detenimiento y cuidado.

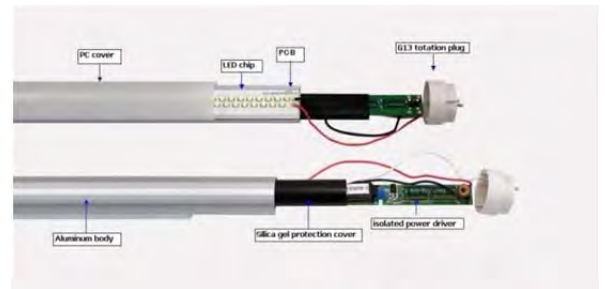
Ya que los LEDs de corriente alterna no están disponibles comercialmente, su driver de LED es básicamente un convertidor de Corriente Alterna a Corriente Continua., CA a CC, con más o menos sofisticación.

2.1. Interno/Externo

Teniendo en cuenta que la mayor Eficiencia que se puede esperar de un driver de LED es del 80%, nos encontraremos siempre con un 20% de su consumo convertido a calor.

También sabemos que los chips de LED son muy sensibles al calor.

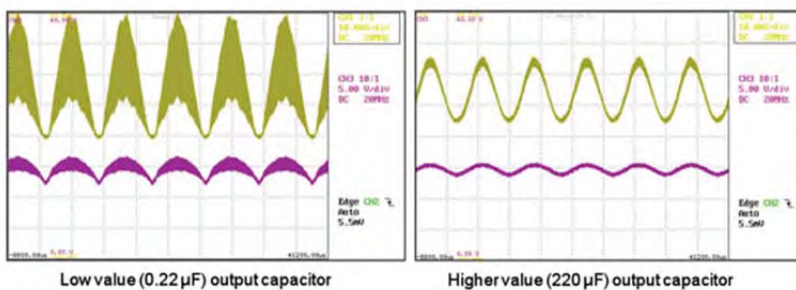
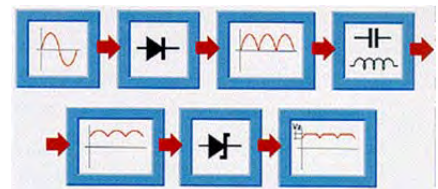
Siempre que sea posible, recomiendo drivers externos: no afectan a los LEDs que tendrían como concubinos, no afectan a su vez a los LEDs con el calor que generan, y pueden controlar y alimentar a más de una fuente de luz simultáneamente. Además, si son externos son más fáciles de reemplazar, disponen de más espacio para albergar componentes de mayor calidad y gestionan de forma autónoma su disipación del calor generado. Todo lo anterior ayuda a alargar su vida útil. Además, si su envoltorio es de aluminio, la disipación térmica será más efectiva que si es de plástico o de acero pintado.



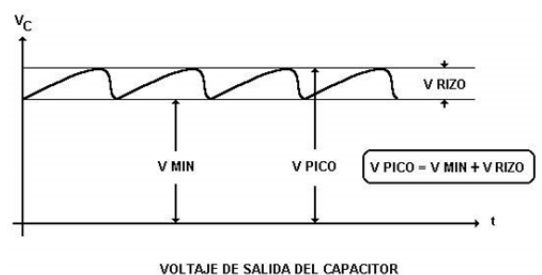
Los drivers internos solo deben considerarse cuando el espacio y la facilidad de instalación son prioritarios... **¡pero no espere que duren para siempre!**

2.2. Rizo o parpadeo: amplitud y frecuencia

Cuando uno convierte CA a CC, es prácticamente imposible obtener una salida CC lineal, plana y estable, ya que habría que usar condensadores de valor infinito, y estos no existen. Cada diseño de driver tiene su propia "firma": la amplitud del rizo, que puede variar entre el 50% y el 2%, donde obviamente



el menor porcentaje es beneficioso para su propia vida útil, y estresará en menor medida los chips de LED.



Además de la amplitud del rizo, tenemos su frecuencia, que será n veces la frecuencia de 50 o 60 Hz de la entrada de CA. Las frecuencias bajas, aunque no son perceptibles visualmente, si lo registra el cerebro, y suele provocar migrañas con una exposición prolongada, incluso ataques epilépticos. A partir de 1 KHz, ya no afecta biológicamente, igual que en los balastos electrónicos aplicados a la fluorescencia tradicional. Evitemos mantener el conocido efecto estroboscópico del balasto electromagnético de la fluorescencia tradicional.

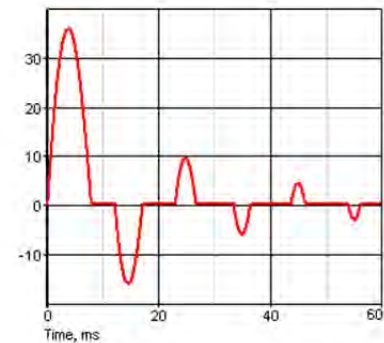
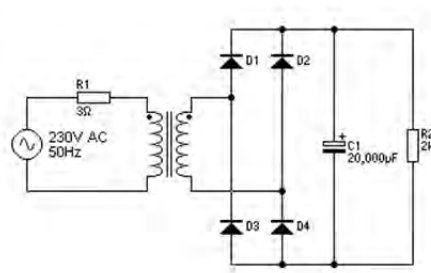


Para distinguir un LED con efecto estroboscópico de otro sin ese efecto, basta apuntar con la cámara de fotos de su móvil hacia la luminaria. Si ve que en la imagen fluyen rayas hacia arriba, tenemos una frecuencia demasiado baja.

La frecuencia debe ser por lo menos de 1 KHz si le importa el bienestar de las personas que pretende iluminar.

2.3. Pico de arranque

Dado que pretendemos conseguir un rizo de CC menor posible, usaremos condensadores de capacidad significativa. En el momento del encendido, estos condensadores se tienen que cargar. Esta carga inicial causa que la demanda de corriente sea muy intensa durante los primeros 20 ms del encendido. Esto se conoce como el “pico de arranque”, y puede llegar a ser entre 50 y 80 veces la corriente normal de funcionamiento.



Cuando se instalan muchos drivers en un mismo circuito, se suman los picos de arranque, pudiendo exceder la capacidad de los automáticos y limitadores, así como causar un efecto adverso en los contactos de los interruptores (quemarlos o soldarlos causando riesgo de incendio). **Esta circunstancia es el nuevo quebradero de cabeza del instalador de iluminación con LED, y puede encarecer el coste de instalación significativamente.** El coste en tiempo, mecanismos y cable de dividir un circuito en dos o tres circuitos independientes ¡puede llegar a doblar el coste presupuestado!

Hay varias formas de evitar estos sobrecostes de instalación:

- Hay limitadores de pico de arranque disponibles en el Mercado por unos 75,00 Euros.
- Compruebe con osciloscopio el pico de arranque del producto que le ofrecen antes de instalar decenas de ellos en el mismo circuito.

2.4. Sistemas de atenuación (dimerización)

Algunos drivers de LED incorporan sistemas de atenuación/dimerización. En algunos países y/o Comunidades Autónomas no se dan ayudas/subvenciones por la mejora energética si el sistema nuevo no incorpora atenuación para aprovechar la luz diurna o detectores de presencia que reduzcan la luminosidad cuando no sea necesaria.

Uno de los sistemas de atenuación más común es el de 0-10 V. consta de una señal de CC que varía entre cero y diez voltios, de forma que cuando hay 10 V, la iluminación estará al 100% de su capacidad y con 0 V debería estar apagado. Los dispositivos de atenuación pueden responder de diferentes maneras en los voltajes intermedios, dando curvas casi lineales para voltaje de salida, lúmenes producidos, potencia de salida o luminosidad percibida.

La sencillez del sistema de iluminación ayudará a su comprensión, implementación y diagnóstico, y su baja potencia (típicamente 1 mA) permite su transporte por tiradas de cable de poca sección con poca caída de tensión. No obstante, como requiere un cable por canal de control más un cable común de retorno, una instalación compleja podría necesitar centenares de cables, con sus mangueras y conectores sofisticados. En tiradas largas de cable, la caída de tensión necesita la calibración del dispositivo receptor para compensar dicha caída de tensión. La posible interferencia causada por cables de CA cercanos puede afectar la señal a la luminaria y causar parpadeo. El cableado de estas señales deberá ser apantallado si este es el caso.

Un sistema de atenuación más sofisticado sería un sistema con control centralizado por radiofrecuencia, como el sistema DALI. En este caso, prepare un presupuesto superior para implementarlo.

Un aspecto importante que deberá controlar: muchos drivers atenuables presentan una caída acentuada de su Factor Potencia y un aumento de sus valores de Distorsión Armónica (ver siguientes secciones) cuando se encuentran en modo atenuado. Esto podría significar que al bajar el consumo por atenuación, aumentemos la energía reactiva producida, ¡incurriendo en penalizaciones por reactiva!

2.5. Factor Potencia y Distorsión Armónica (COS ϕ y THD)

Los driver de LED de bajo precio no son generalmente muy destacables por sus valores FP y THD.

Un valor de FP (o Cos ϕ) inferior a 0.95 acarreará penalizaciones por parte de su suministrador de energía en Europa.

La Distorsión Armónica Total (THD) no debería superar el 15%. Por encima de este valor puede sufrir caídas de los diferenciales, averías prematuras en los motores eléctricos e interferencias en equipos de Tecnologías de la Información o equipos médicos.

2.6. Voltajes y Frecuencias de CA soportados

Muchos drivers de LED se denominan “Universales”, aptos para los voltajes y frecuencias Europeos (230 V CA 50 Hz) y Americanos (110/277 V AC 60 Hz). Esta universalidad suele ir en beneficio del fabricante y en detrimento del usuario, presentando valores FP y THD peores en uno de los dos sistemas.

Compruebe los valores con el voltaje y frecuencia existentes en el lugar de instalación. ¡Ojo, por ejemplo con el centro de la ciudad de Barcelona: el voltaje suele ser de 220 V CA en vez de 230 V CA! No se fie de lo que pone en la etiqueta, pues la imprenta aguanta muchas inexactitudes.

3. El Chip del Diodo Emisor de Luz (LED)

Los desarrollos recientes permiten usar los LEDs en todo tipo de iluminación. Los LEDs tienen muchas ventajas frente a las fuentes de luz incandescentes, como menor consumo, mayor vida útil, robustez física mejorada, tamaño reducido y soportan ciclos más cortos de encendido-apagado. Los diodos emisores de luz se utilizan en aplicaciones tan diversas como iluminación aeronáutica, faros de automoción, publicidad, iluminación general, señales de tráfico y flashes fotográficos. No obstante, los LEDs con suficiente potencia para iluminar una sala son todavía relativamente caros y requieren una gestión más precisa de la corriente y la disipación del calor que las fuentes de luz fluorescentes de potencias equivalentes.

Hay dos formas primarias para obtener diodos emisores de luz blanca (WLEDs), LEDs que generen luz blanca de alta intensidad. Una de esas formas es el uso de LEDs individuales que emitan los tres colores primarios - rojo, verde y azul - y luego se mezclan esos colores para formar luz blanca. La otra forma es usar un material de fósforo para convertir una luz monocromática de un LED azul o ultra violeta en luz blanca de amplio espectro, de forma muy similar a la técnica usada en fluorescencia.



Los LEDs se fabrican en una variedad de formas y tamaños. El color de la lente de plástico es a menudo del mismo color que el color de la luz emitida, pero no siempre. Por ejemplo, se usa plástico morado para los LEDs infrarrojos, y la mayoría de los dispositivos tienen cubierta sin color. Los LEDs modernos de alta potencia como los que se usan para iluminación y retroiluminación suelen presentarse con tecnología de montaje en superficie (SMT) – que también se llaman SMD (Surface Mounted Devices) – como la imagen de la derecha.

Por cierto, si los LEDs del dispositivo de iluminación se parecen a los de la imagen de la izquierda, está ante un producto bastante obsoleto.

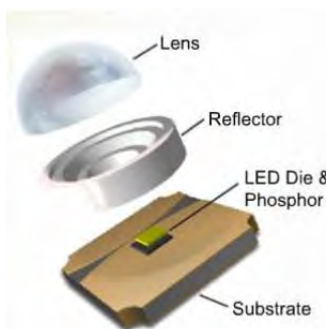
Hay tres métodos principales de mezclar colores para producir luz blanca con un LED:

- LED azul + LED verde + LED rojo (mezcla de colores; se puede usar como retroiluminación en pantallas TV)
- LED cercano a ultravioleta o directamente ultravioleta + fósforo RGB (Red Green Blue – Rojo Verde Azul); un LED que emite luz con una longitud de onda más corta que el azul excita el fósforo RGB.
- LED azul + fósforo amarillo (dos colores complementarios se combinan para formar luz blanca; este método es más eficiente que los dos anteriores y es el que más se usa).

Nos concentraremos en los LEDs SMD donde se aplica este último método.

3.1. Composición del LED

Los LEDs convencionales se fabrican usando una variedad de materiales semiconductores inorgánicos.



El proceso empieza por la producción de un lingote cilíndrico de material

semiconductor, como la sílice o el germanio, mono cristalino de alta pureza. Átomos de impurezas donantes, como el boro o el fósforo se pueden añadir en medidas muy precisas a la mezcla fundida para dopar el cristal para cambiarlo en semiconductor extrínseco tipo n o tipo p.

Ese lingote luego se corta en lonchas con una sierra de hilo, para luego pulirlo y formar obleas.

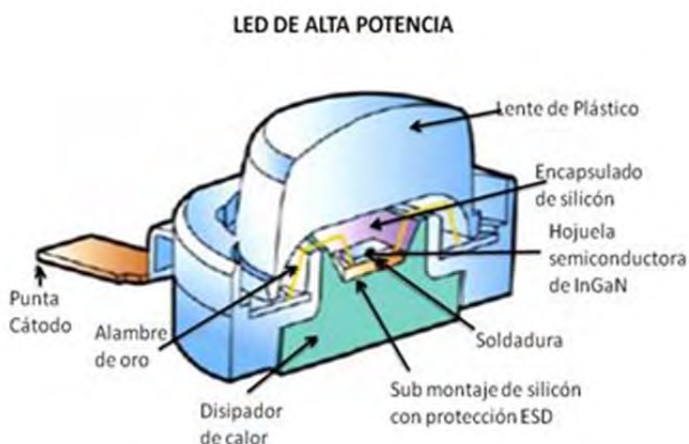
La oblea sirve de sustrato para dispositivos de microelectrónica que se posicionan sobre la superficie para luego someterse a varios procesos como la implantación de iones.

Al final de los procesos, la oblea se corta en varios cuadrados o rectángulos que se denominarán chips.

3.2. (Revisión 2) La fase de encapsulado, pigmentación y tratamiento con resina de epoxi en la fabricación del LED

Esta fase consiste en darle a los LEDs de un color (generalmente LEDs azules de InGaN) con fósforos de diversos colores para conseguir luz blanca; el LED resultante se llamará LED con base de fosforo o LED convertido con fósforo (pcLEDs).

Este proceso es **el secreto mejor guardado del Fabricante**, equiparable a la fórmula magistral de la “Coca-Cola”. Requiere el uso de resina de epoxi (material difícil de trabajar donde los haya e imposible de automatizar), mezclado con diversos fósforos, aplicado por capas, para terminar poniendo una lente sobre la última capa para abrir el ángulo del haz luminoso. El proceso es además muy sensible a la temperatura ambiente y a la calidad de la resina de epoxi. Muy pocos fabricantes de LED dominan este proceso a la perfección, y prácticamente ninguno de la República Popular China. Las grandes marcas de calidad provienen de Japón, EEUU y Taiwán.



Lo que diferencia estos pocos fabricantes de sus imitadores reside generalmente en la estabilidad de la resina que usan: **una resina inestable se deteriora rápidamente por el calor generado por el dispositivo, perdiendo color e Índice de Reproducción del Color (IRC - o CRI en inglés) a las 2.000 horas de uso.**

¡Atención! Aquí viene la trampa: muchos “fabricantes de LED” compran los chips sin encapsular a fabricantes como Epistar, Everlight, etc. de Taiwan, para luego encapsularlos en uno de los más de 1000 talleres artesanales de encapsulado en la República Popular China. Al producto final le denominan con la marca del sustrato semiconductor, pero el proceso complicado y sensible lo realizan artesanos con poca experiencia. El resultado es que se encuentran chips con “marca” Epistar, Everlight y otras a una décima parte de coste que si el encapsulado lo hubiera realizado el fabricante original del semiconductor. El resultado se traduce en variaciones del color CCT en las primeras 1000 horas de uso así como una caída dramática del IRC (CRI). Ambas degradaciones producirán fatiga visual y puede dejar la fuente de luz fuera de normativas en sus primeros meses de uso.

3.3. El proceso del “binning” (“categorización”)

Debido a lo impredecible que resulta el proceso anterior, los fabricantes implementan un proceso de categorización, llamado “binning” (separación entre varios recipientes) en el argot de la tecnología LED.

Es muy importante poder fabricar un producto final de iluminación con LED, contar con componentes homogéneos en cuanto a la consistencia del color y de las calidades ópticas.

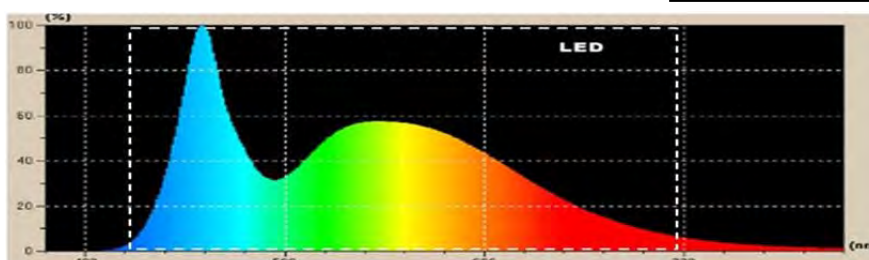
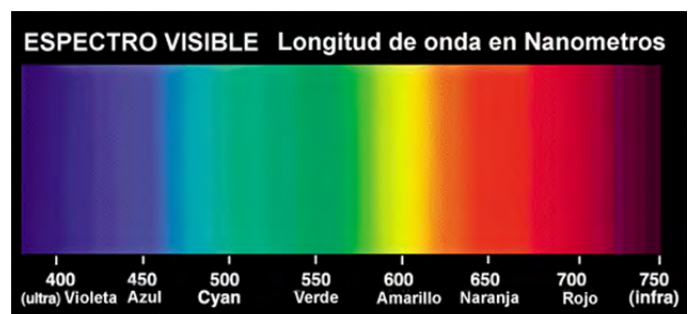
Dependiendo de las características del chip de LED terminado, se categorizará de acuerdo con 4 criterios, dándole una referencia según lo cercano o alejado de dichos criterios salga el chip.

Cada categoría tendrá sub-categorías, y cada referencia determinará el precio y el destino de cada chip individual.

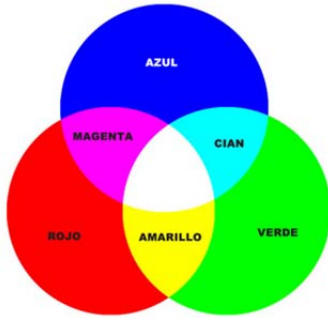
Su problema es que los chips del producto que está a punto de adquirir no tienen esa referencia grabada (ni siquiera la marca). Tampoco se deje engañar por la marca que figure impreso en la placa de circuito impreso que alimenta los chips: la imprenta soporta cualquier clase de inexactitudes. En este caso no queda más remedio que medir la unidad con un espectrómetro para saber el nivel de calidad, y volver a medir transcurridas 2.000 horas. La marca del chip será siempre una incógnita, salvo que el producto final sea de una marca conocida y diga la verdad.

Repasemos primero unos conceptos básicos sobre el espectro de la luz visible:

Dependiendo de los fósforos y otros pigmentos usados para teñir la resina de epoxi, la emisión de luz visible se medirá según el ejemplo de espectro de colores siguiente:



Cada fuente de luz o chip de LED emitirá los colores en diferentes intensidades:



El primer objetivo es obtener el color blanco con la mezcla correcta de Rojo, Verde y Azul, (RGB, -Red, Green and Blue-):

Los 4 criterios del proceso de “binning” son:

- **Temperatura de Color (CCT- Correlated Color Temperature-)**

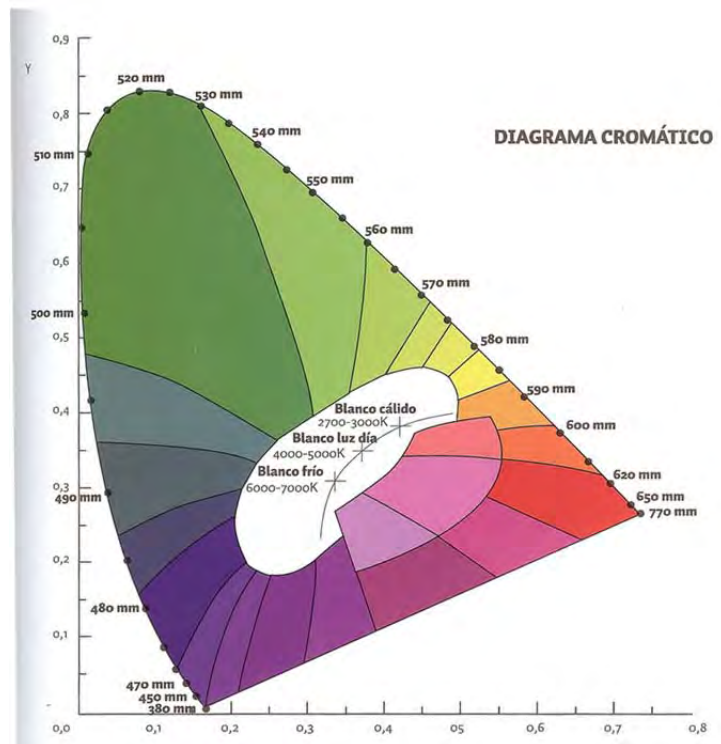
Bueno, hemos obtenido un blanco aceptable, pero algunos usuarios prefieren “blanco cálido”, otros “blanco natural” y otros “blanco frío, o blanco luz día”. Esto se conoce como temperatura de color, o CCT. Se suele medir en grados Kelvin y el blanco puede variar entre 2.600°K (blanco muy cálido) hasta 25.000°K (blanco muy muy frío), como se ilustra a la derecha:

- **El “blanco verdadero”**

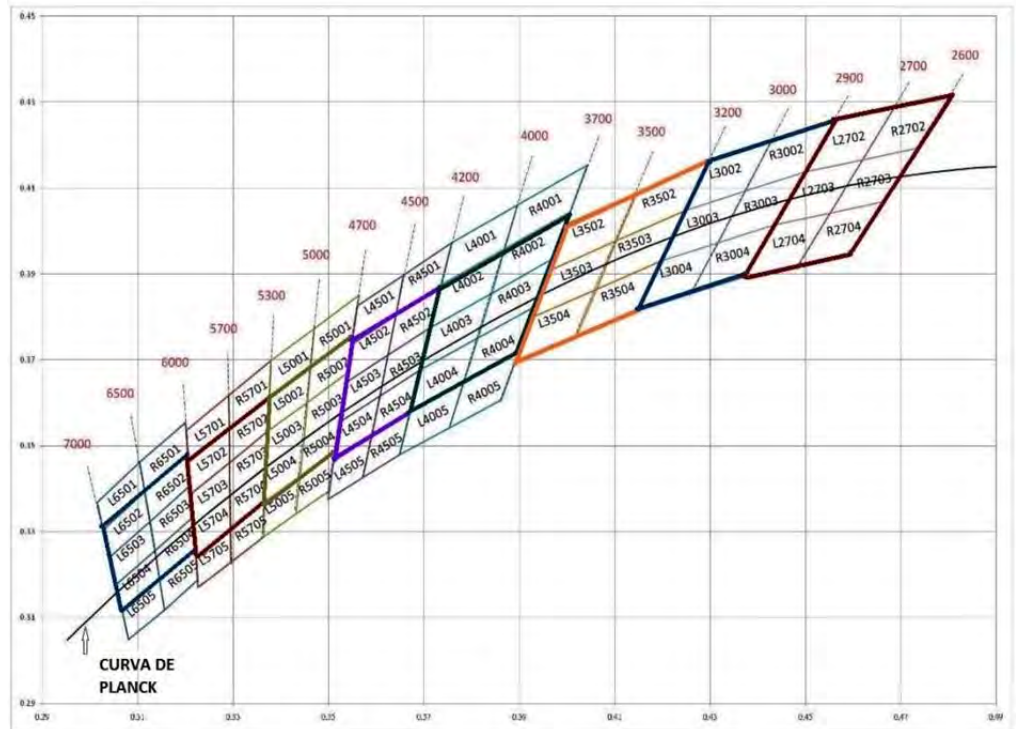
A veces una luz blanca puede hacer que las paredes de la estancia aparezcan grisáceas, rosáceas, amarillentas, verdosas, etc. Esto significa que los LEDs usados son de una categoría alejada de la curva “Blanco Verdadero” en el espectro.

En colorimetría, es posible tener espectros muy distintos que aparecen como blancos. Sin embargo, la apariencia de los objetos iluminados por esa luz puede variar según el espectro.

Las Fuentes de luz con el blanco más verdadero se situarán encima o muy cerca de la curva conocida como Black Body Locus (también denominada Plankian Locus, en referencia a las teorías cuánticas de Max Planck). Es la curva verde en la siguiente ilustración:



Las categorías L3502, R3004, R4003, etc. son los recipientes donde irán los chips según sus coordenadas, y se les asignará diferentes referencias.



• **IRC Índice de Rendimiento de Color**

(En inglés, como siempre: al revés, CRI). Aprovecho para contar una anécdota: un comerciante de bombillas de LED me dice un día “todas las bombillas que vendo son de CREE. Mira, en todas la caja pone cri”.

El rendimiento de color es el efecto de una fuente de luz en la apariencia de objetos por comparación, consciente o inconsciente, de la apariencia del color bajo una fuente de luz de referencia. En cristiano: un jersey puede aparecer marrón en la tienda y resulta ser verde bajo la luz diurna.

Numéricamente, el CRI más alto posible es 100 para una bombilla incandescente, cayendo hasta valores negativos para algunas Fuentes de luz. La iluminación con lámparas de sodio a baja presión tiene una CRI negativo; las luces fluorescentes van desde 50 para las básicas hasta 90 para las mejores que contienen tri-fósforo. El LED corriente tiene un CRI de 80+, mientras algunos fabricantes se vanaglorian de haber conseguido hasta 98 de CRI.

Los valores normales para diversas Fuentes de luz son:

Dependiendo del color del LED original, se pueden emplear fósforos de diversos colores. Si se aplican varias capas de colores distintos, el espectro emitido se amplía, realzando de forma efectiva la rendición de color LED de un LED dado.

Para los objetivos de esta guía, recordemos que un CRI de Ra 100 no es económicamente alcanzable con LEDs, siendo Ra 90 posiblemente lo mejor que se puede conseguir y Ra entre 80 y 85 se considera aceptable. Cualquier valor por debajo de Ra 80 causará fatiga visual y no se recomienda en ambientes de trabajo o estudio.

Recuerde que los valores de estos criterios pueden degradarse rápidamente con chips de LED de baja calidad, por lo que se recomienda que vuelva a hacer mediciones después de 2.000 horas de encendido.

Fuente de Luz	CCT (K)	CRI
Sodio baja presión (LPS/SOX)	1800	-44
Vapor de mercurio	6410	17
Sodio alta presión (HPS/SON)	2100	24
Mercurio halogenado	3600	49
Fluorescente halogenado blanco cálido	2940	51
Fluorescente halogenado blanco frío	4230	64
Fluorescente tri-fósforo blanco cálido	2940	73
Fluorescente halogenado blanco luz día	6430	76
Sodio alta presión blanco	2700	82
Halogenuro metálico de cuarzo	4200	85
Fluorescente tri-fósforo blanco frío	4080	89
Halogenuro metálico cerámico	5400	96
Bombilla incandescente o halógena	3200	100

• Eficacia LM/W

No todos los chips de LED de la misma partida tendrán la misma eficacia y rendimiento. Por ejemplo, si el objetivo era de 105 Lm/W, unos pueden emitir solo 103 lúmenes, mientras que otros darán 107 lúmenes.

Resumamos los efectos colaterales del proceso de categorización:

- Los chips de LED de los recipientes alejados de la curva Plankiana serán más económicos que los "premium".
- Los chips de LED de los recipientes de bajo valor CRI tendrán un precio inferior.
- Los chips de LED de los recipientes de un CCT con poca demanda pueden suponer una ganga.
- Los chips de LED con menor eficacia se reservan para productos menos onerosos.

¿De qué recipiente proceden los chips contenidos en el producto que está pensando comprar?

Incluso las grandes marcas venden chips de LED alejados de los valores ideales.

Como verán, las posibilidades de que un fabricante desaprensivo le dé gato por liebre son infinitas. Cuando se va a comprar un coche, lo prueba ¿verdad?...pues compruebe.

3.4. Más sobre Lúmenes por Vatio

Cree remitió un anuncio de prensa el 3 de febrero de 2010 sobre un prototipo de LED en laboratorio que alcanzaba los 208 Lm/W, a temperatura ambiente. En diciembre de 2012 remitió otro anuncio sobre la disponibilidad a nivel comercial de un LED de 200 Lm/W LED, a temperatura ambiente.

Tenga en cuenta que los valores anunciados de lúmenes por vatio son exclusivamente inherentes al chip. Una vez instalado en el producto final, como puede ser un tubo LED o un downlight, estos valores bajan considerablemente por las tapas de policarbonato, pérdidas en los drivers, por lo que la eficacia real es más baja. **Cuando no se especifica claramente, el valor Lm/W se refiere al chip desnudo y con driver perfecto de laboratorio, por lo que tendrá que rebajar los valores publicados en un 15 a 20%.**

4. Ángulos de haz luminoso y difusores

En la mayoría de casos el ángulo del haz luminoso de una fuente de luz LED se situará entre 120º y 150º, dependiendo de la lente usada.

Un ángulo correcto es importante para evitar los siguientes inconvenientes:

4.1. El Efecto Cebrá

En instalaciones retrofit, por ejemplo cuando se remplazan tubos fluorescentes por tubos de LED, las luminarias originales habrán sido distribuidas de forma a evitar zonas oscuras en las superficies de trabajo o en el suelo. Si su producto retrofit de LED tiene un ángulo de proyección menor que la fuente de luz remplazada, obtendrá zonas de luz y zonas de sombra, esto se llama el efecto “cebrá”.

4.2. UGR (Unified Glare Rating) Clasificación Unificada de Deslumbramiento

El Deslumbramiento Incomodante en Iluminación Interior. La CIE (Commission Internationale de l'illumination) define el Deslumbramiento Incomodante como “el deslumbramiento que incomoda sin llegar a impedir la visión de objetos”.

Los valores de UGR tienen un rango de 10 a 30, donde un valor alto indica incomodidad significativa por deslumbramiento, y un valor bajo poca incomodidad.

Las ilustraciones siguientes le darán la filosofía general detrás del concepto:

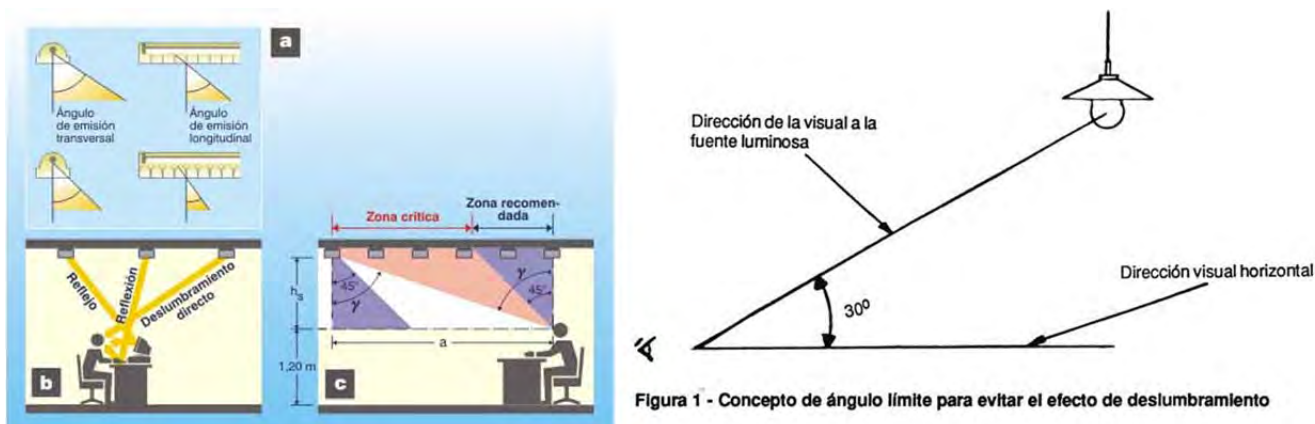


Figura 1 - Concepto de ángulo límite para evitar el efecto de deslumbramiento

Asegúrese de que su Nuevo sistema de iluminación no cause más incomodidad visual que el anterior, de lo contrario acabará con usuarios descontentos.

4.3. LOS LUMENES no significan nada por si mismos, lo que importa son los LUX emitidos

Nuestro objetivo es la Eficiencia, no la Eficacia. Por definición, la eficiencia es la obtención de la misma cantidad de luz útil consumiendo menos energía, mientras que la eficacia es producir más fotones con un vatio. Unos sistemas de iluminación son capaces de hacer llegar más cantidad de fotones a la superficie de trabajo que otros, por eso se dice que producen más LUX (útiles). Por normativas de salud en el trabajo, para cada tarea se fijan unos niveles mínimos de LUX. Por ejemplo el pupitre de un alumno debería tener entre 300 y 450 LUX. Compruebe con un luxómetro antes y después del cambio de fuente de luz, teniendo en cuenta la garantía L70 que debería aportar su proveedor: **Si los LUX medidos no superan en 30% el nivel mínimo, antes del ocaso de la vida útil prevista, le tocará desembolsar un nuevo cambio de las fuentes de luz.**

5. El Calor y su Disipación

Algunas frases de fabricantes:

- Philips: Un diseño térmico adecuado es imperativo para mantener el paquete emisor del LED por debajo de su temperatura de funcionamiento definida.
- Cree: La mayoría de las causas de fallo en el LED son derivados de la temperatura. Temperaturas elevadas en las uniones con el sustrato causan reducción en la emisión de luz y degradación acelerada del chip.
- Osram: Para conseguir fiabilidad y rendimiento óptimo, se necesita un correcto diseño y una eficiente gestión térmicos.
- Nichia: Para aplicaciones usando LEDs de alta potencia, el diseñador debe considerar como gestionar el calor para facilitar el rendimiento de los LEDs. Si dicha gestión es deficiente, la vida útil del LED disminuirá considerablemente, o fallará el LED.

5.1. Los componentes que generan calor

Aunque la iluminación LED es más eficaz y a veces más eficiente que otros sistemas tradicionales, todavía dista mucho de la perfección, y por lo tanto, no toda la energía se transforma en luz: posiblemente el 30% de la energía se sigue transformando en calor.

El driver genera calor (la Eficiencia máxima está en torno al 85%).

Los chips de LED disponibles en el mercado generan calor (Eficiencia máxima 90%).

5.2. Los componentes afectados por el calor

Tanto el driver como los chips de LED se verán afectados por su propio calor, luego unos Buenos disipadores térmicos serán obligatorios para su gestión. Asimismo, procuremos que los componentes no se afecten entre sí – mantengámoslos separados, siempre que sea posible-.

6. Los beneficios y los efectos tóxicos del espectro luminoso

Las diferentes longitudes de onda dentro del espectro de la luz visible causan diferentes efectos secundarios en humanos, animales y plantas:

- **Un exceso de luz azul puede dañar irreversiblemente la retina del ojo humano.** Los humanos jóvenes y seniles son los más sensibles. Cuanto más alta la temperatura CCT Kelvin de la fuente de luz, más alta es la concentración de luz azul, por lo que se recomienda usar filtros o temperaturas cálidas en colegios, hospitales y centros geriátricos.
- La luz azul también afecta la producción de melatonina en humanos y animales. Un desorden en los niveles de melatonina puede causar desorientación, alteración del sueño y acarrear muchos otros desordenes relativos a la salud.
- Diferentes plantas pueden verse beneficiadas o afectadas adversamente por diferentes longitudes de onda, dependiendo de sus mecanismos de fotosíntesis.

7. Reuniéndolo todo para configurar un producto útil y utilizable

Bueno, ya tenemos LEDs en una placa PCB (Placa de circuito impreso), un driver, los cables necesarios y los difusores térmicos, vamos a empaquetar el conjunto en un producto mercantil viable:

7.1. Cubierta Transparente u Opal (lechosa)

Una cubierta opal reducirá el UGR y hará que la luz sea menos Incomodante, pero reducirá el rendimiento en Lux.



Las cubiertas transparentes son más eficaces, ¡pero cuidado con el deslumbramiento!



7.2. Ficheros IES y LDT

Su proveedor, consultor, o Ud., mismo deberían hacer una simulación por ordenador de los resultados de iluminancia esperados al final de la instalación. Existen programas de software gratuitos, como Dialux para estas tareas.

Necesitará ficheros específicos en formato IES o LDT para los sistemas determinados de iluminación que pretende instalar, y estos le deberían ser suministrados por el fabricante de la solución.

Sin embargo...he visto, con mis propios ojos, **ficheros IES manipulados en el mercado!** Si dispone de presupuestos, encargue una prueba de una empresa independiente, como Olinio.org, para verificar dichos ficheros, y así evitarse sorpresas desagradables.

7.3. Niveles de Certificación

Además de las certificaciones usuales CE LVD, CE EMC, RoHS, FCC, UL/cUL, ETL, TUV, KEMA, GS, VDE, etc., hay algunos extras que debe conocer:

- Muchas de las certificaciones mencionadas incluyen **una auditoria voluntaria periódica de la fábrica**, para asegurar que los productos que se fabrican siguen cumpliendo las normas a las que se sometieron los prototipos presentados inicialmente. Algunas de las certificaciones mencionadas, por ejemplo la UL, ya incluye una auditoría periódica de la fábrica obligatoria.
- Para los productos LED, una certificación adicional voluntaria es la **EN-62471**, que le dará la seguridad biológica del producto. No obstante, esta norma contempla que la exposición máxima sea de 2 horas diarias, mientras que el uso industrial o educativo contempla una exposición de más de 8 horas diarias.
- En todos los casos, en Europa, una **DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD**, emitida por el importador o fabricante Europeo del producto es OBLIGATORIA, firmada por el importador con nombre, apellidos y dirección. Esto asegura que una persona residente en la Comunidad Europea se hace responsable de haber verificado las certificaciones del producto, su aplicabilidad y validez, y será la persona responsable en caso de inconformidad, accidente o incidente.

7.4. LM70 y otras pruebas

La vida útil de un LED se define como el periodo de tiempo que debe transcurrir, estando el LED encendido, hasta que pierda el 30% de su aportación lumínica, quedándose en el 70% del rendimiento inicial (L70).

Las luminarias de LED actuales, bien diseñadas, con driver externo y chips de LED “premium”, usadas en una temperatura ambiente máxima de 40º C, pueden conseguir una vida útil de aproximadamente 50.000 horas. En ese momento la emisión de luz del LED alcanzará el 70% de su emisión inicial, o cuando falle el driver.

En las fuentes de luz LED, los factores que contribuyen a la degradación de los lúmenes son la corriente del driver y el calor generado y mal disipado dentro del dispositivo. Algunos LEDs de luz blanca pueden sufrir degradación de la capa de fosforo o nubosidad por impurezas en los materiales que encapsulan el chip de LED.

Estos condicionantes varían con el diseño de las luminarias, la gestión térmica de dichas luminarias, y su método de incorporación con la arquitectura.

El diseño electrónico y físico del driver también influye en la vida útil.

8. Mención especial a los productos retrofit para tubos fluorescentes

Unas observaciones sobre el típico “**Tubo T8 de LED**”:

- He visto y he tocado tubos de LED con **difusores térmicos de policarbonato**, en vez de aluminio. Serán tan eficientes como el aluminio, pero presentan un problema: se comban y se doblan! Si no fuera por el difusor de la luminaria, **se caerían al suelo**, después de unas horas de uso con calor moderado. El aspecto era un poco penoso.
- El driver suele ser interno, y tras un par de miles de horas de encendido, uno puede apreciar que **los LED situados en el extremo donde se ubica el driver, lucen algo menos que los del otro extremo**.
- Si incorporan detectores de movimiento o presencia, o cualquier otro invento, acabará con **más probabilidad de fallo** de dichos inventos. Mantenga la sencillez, siempre que sea posible.
- Los tubos T8 de LED suelen usar los reóforos del conector G13 para su alimentación. Asegúrese de que la entrada de corriente CA se realice en un solo extremo, para no contravenir la norma **EN 62776**. Es decir, los pines de un extremo del tubo deben conectar uno a Neutro y otro a Fase, mientras que los pines del otro extremo están puenteados, y el sistema requiere de un “falso cebador”/fusible para cerrar el circuito. **En luminarias de 4 x 18W “Armstrong”, que están cableadas para hacer funcionar cada pareja de tubos T8 en serie con una sola reactancia de 36W, el tubo LED T8 de 60cm no funcionará sin hacer modificaciones en el cableado de la luminaria. Cualquier cambio en el cableado original de la luminaria invalida su homologación, y una incidencia o accidente no estarían cubiertos por la póliza de seguros del local de instalación!**

La alimentación por ambos extremos del tubo presenta un riesgo de electrocución del instalador, y está prohibida en la mayoría de países Europeos, desde la entrada en vigor de la norma EN 62776.

- Cuando el tubo T8 de LED usa los portalámparas G13 para su alimentación eléctrica, puede encontrarse que al desmontar el tubo T8 se le desintegre el portalámparas por haberse quedado frágil por la edad y el calor. En ese caso, al instalador le toca remplazar el portalámparas por otro nuevo. Si lo tiene, compatible, en su maletín de herramientas, o en la furgoneta, ¡estupendo! Pero si lo tiene que ir a comprar, el coste de instalación se acaba de disparar al infinito. Hay remedio, vea más abajo (en azul).

SOBRE EL AUTOR

René van Gemert es en la actualidad gerente fundador de la empresa española SalesCraft, S.L., propietaria de la marca Eco-Tubo®. La compañía se dedica al diseño, fabricación y distribución en Europa de soluciones en iluminación.

SalesCraft, S.L.
Calle María González la Pondala, 10
P.I. Somonte
33393 Gijón – Asturias – España
Tel. +34 985 174916
Fax +34 985 303848
rene@eco-tubo.com
www.eco-tubo.com

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a:

- Paul Stuyver, CEO SMPR, un auténtico gurú de la tecnología LED.
- Kellent Hong, CEO Matic Lighting, un maestro en el mundo de los balastos electrónicos y convertidores CA a CC (drivers de LED).

Gracias también a la enorme riqueza de información disponible en Internet.

LA PÁGINA PUBLICITARIA

Como prometí en el prólogo, he dejado todas las cuñas publicitarias para esta página.

Considérenlo como un pre-anuncio de nuestra futura gama de productos Eco-Tubo LED SERIES.

Sin entrar a describir los productos concretos (eso queda para el anuncio oficial), paso a enumerar, en el mismo orden que los diversos puntos de la guía, los aspectos donde nuestros productos van a destacar, dentro de una filosofía general:

- Nuestra intención como fabricantes y distribuidores es ganar las oportunidades de forma ética, eminentemente técnica, y a un precio justo con garantías responsables que respetaremos como lo hemos venido haciendo hasta ahora.
- Obviamente, si publico los posibles fallos conocidos, no voy a caer en los mismos. En SalesCraft creemos en el comercio ético, en la competencia leal, en publicar características verdaderas, en la buena fe, en el mejor esfuerzo y en honrar las garantías dadas responsablemente.
- Si el cliente necesita que nuestra garantía estándar se extienda, solo lo haremos después de una auditoria del lugar de instalación (temperaturas, calidad del suministro eléctrico y hábitos de uso).
- Todos los productos LED de Eco-Tubo tienen driver externo, también los tubos.
- Todos los driver de Eco-Tubo funcionan a 1 KHz o frecuencias superiores y la amplitud del rizo está por debajo del 5%.
- Los drivers de Eco-Tubo LED SERIES incorporan una patente reciente propia que reduce el pico de arranque del 100% al 20%.
- Los drivers de Eco-Tubo LED SERIES, en su versión PREMIUM incorporan un sistema de atenuación de dos hilos 100%/50%, el sistema 0-10 V, y en opción, compatibilidad con el sistema DALI.
- Todos los productos Eco-Tubo mejoran los límites indicados de FP y THD.
- Los drivers de Eco-Tubo LED SERIES son diferenciados para los diversos mercados, 110/277 V – 60Hz por una parte, y 230V – 50Hz por otra parte.
- Eco-Tubo LED SERIES incluye de forma opcional un filtro de luz azul para aplicaciones específicas, como por ejemplo colegios.
- Los productos Eco-Tubo LED SERIES incorporan una cubierta opal de forma estándar. Los valores Lm/W publicados son los reales, teniendo en cuenta dicha cubierta opal.
- Los ficheros IES y LDT de los productos Eco-Tubo LED SERIES provienen de Olino.org, una organización independiente dedicada a este menester, sin retoques ni ediciones.
- Las certificaciones de los productos Eco-Tubo LED SERIES todavía están realizándose. La intención es la de incluir una auditoría de fábrica periódica y por sorpresa para las certificaciones europeas (para las americanas UL se hace de forma estándar).
- Los parámetros LM70 de los productos Eco-Tubo LED SERIES se publicarán en la fecha del anuncio oficial de la línea de productos.
- ¡Pronto verá como Eco-Tubo LED SERIES ha resuelto el problema de la fragilidad de los porta-lámparas, haciendo más sencilla aún su instalación.

- Un último apunte. Si su presupuesto es muy ajustado y sus expectativas de vida útil muy holgadas, quizás deba considerar una tecnología fluorescente con más solera, en la que podemos ofrecer hasta 8 años de garantía (lámpara excluida): nuestro Adaptador Eco-Tubo T8 a T5 tradicional, ¡la eficiencia energética en fluorescente sigue viva y coleando!

Más información: www.eco-tubo.com (el enlace no funciona, no sé por qué, pero si lo copiáis y pegáis en el browser, sí funciona)

FIN