

Guía práctica para Facility Managers

La tecnología LED

El uso de diodos emisores de luz (LED) ha supuesto una revolución en el mundo de la iluminación aunque la tecnología avanza tan rápido que es difícil pronosticar si, tal y como aseguran algunos expertos, es el futuro de la iluminación. A día de hoy la iluminación LED ofrece una reducción drástica del consumo eléctrico otorgando una eficiencia lumínica superior a la del alumbrado convencional, sin embargo, la tecnología LED no está exenta de inconvenientes, que vamos a analizar junto con las ventajas en este artículo.

Un LED (del acrónimo inglés *Light-Emitting Diode*) es un dispositivo semiconductor con determinada composición de materiales que, al ser recorrido por la corriente eléctrica, emite luz. En 1962 se consiguió el primer LED que produjo luz con un espectro visible para el ojo humano. Estos primeros LEDs eran rojos y se utilizaban en pantallas alfanuméricas e indicadores. Desde entonces se han creado LEDs que emiten luz azul, verde y violeta, centrándose la investigación principalmente en reducir costes y aumentar la eficiencia de la luz emitida. Para crear la luz blanca necesaria en la iluminación general, los LEDs se recubren de sustancias fosforescentes que transforman la luz monocroma de un LED azul o casi UV en luz blanca de amplio espectro.

Veremos a continuación un análisis de los aspectos generales que se usan para comparar la tecnología LED con otras existentes en el mercado. No queremos pronunciarnos si son ventajas o inconvenientes, ya que lo que para unos puede ser bueno y aplicable puede que para otros sea un inconveniente o no aplique.

▲ Vida útil

Los LEDs no tienen filamentos u otras partes mecánicas que puedan “fundirse” o fallar, no existe un momento en el que dejen de funcionar, su degradación va siendo gradual a lo largo de toda su vida.

La durabilidad estimada va desde las 15.000 hasta las 50.000 horas, dependiendo de la calidad del LED, no perdiendo apenas luminosidad durante su vida.

Como referencia comparativa se podría indicar que una lámpara tradicional de incandescencia tiene una vida útil estimada de 1.000 horas, una lámpara fluorescente tubular alrededor de 9.000 horas y una lámpara de vapor de sodio a alta presión de 15.000 horas. En el caso de los LEDs si se estima un uso diario de 12 horas, podríamos llegar a hablar de 10 años de vida útil sin ningún tipo de mantenimiento, pero a partir de ese momento es cuando se empieza a perder luminosidad, por debajo del 70%.

Hay que tener en cuenta que los dispositivos LED son más sensibles a

las fluctuaciones del voltaje. Una subida de tensión puede causar que se deterioren antes de tiempo. Esas variaciones en el voltaje, además, suelen causar degradación del propio brillo.

Por lo tanto, esa vida de hasta 50.000 horas, es difícil de demostrar en la práctica ya que estos valores se obtienen en un laboratorio y en condiciones ideales. El tiempo de vida depende en gran parte de la disipación térmica y de la estabilidad del suministro de la corriente y el voltaje. Por ser realistas, no se ha demostrado que un mismo LED encendido las 24 horas, haya aguantado en las mismas condiciones de luminosidad más de 2.083 días seguidos.

Los propios fabricantes se protegen a veces citando en sus garantías que se aseguran, por ejemplo, 30.000 horas de vida útil siempre que no se superen los 28°C como temperatura de trabajo. Estos valores son poco realistas, siendo superados en muchos espacios de trabajo a una altura de 2,20 metros no sólo en verano sino también en invierno.

Algunas fuentes citan como un problema sobre la ecuación de la vida del LED el coste de fabricarlo, siendo el consumo de recursos y el uso de mercurio empleado en la fabricación de los equipos LED los principales elementos disuasorios a la hora de su elección o uso. Este hecho es similar a los que sucede con las placas fotovoltaicas, donde durante muchos años no se ha dicho que costaba más energía “fabricar” los cristales de silicio, que la energía que producía en toda su vida útil.

▲ Calidad de la luz

Existen múltiples aspectos que se deben considerar para poder describir la calidad de la luz de las distintas fuentes de iluminación. Aquí hablaremos del nivel de iluminación, del IRC y de la temperatura del color.

Cuando se habla de nivel de iluminación, no hay que confundir dos unidades que a veces no son bien usadas: los “Lux” (iluminancia) y los “Lumen” (flujo luminoso): los lux miden la cantidad de luz real que llega a nuestro plano de trabajo útil (a la mesa), y se puede medir con el típico luxómetro de fotógrafo, mientras que el lumen es la magnitud que mide la cantidad de luz que emite la fuente desnuda, sin tener en cuenta otros aspectos como la reflexión, difusores, distancia, etc. Por lo tanto, debemos tener presente que siempre es necesario medir lux, y que los lumen son los que nos da el fabricante en condiciones ideales.

El IRC o Índice de Reproducción Cromática [Ra] (*Colour Rendering Index* en inglés) es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de un objeto en comparación con una fuente de luz natural o ideal, cuanto más elevado es el IRC más reales son los colores. El IRC de la luz del día es de 100, esto quiere decir que toda la gama de colores se reproducen perfectamente. Las lámparas LED, por lo general, tienen un Ra entre 70 y 80, y existen LEDs de alta reproducción cromática con un Ra superior a 90. Estos valores pueden parecer elevados, pero cualquier valor por debajo de 80Ra es una luz bajo la cual

no se recomienda trabajar. Esta característica es muy importante para la iluminación de espacios de oficina y reunión.

Por último, la temperatura de color se puede definir como la sensación que percibe el ojo humano ante una luz, siendo más cálida si predomina el color ámbar o más fría si predomina el azul. Se mide en grados kelvin [K]. Va desde los 1.800K del fuego o una vela, hasta los 10.000K de la luz del alba. Una temperatura de 16.000K sería una luz azulada pura. Este factor también es muy importante en los centros de trabajo, ya que influye de manera considerable en el rendimiento y concentración de los trabajadores.

Los LEDs poseen una amplia gama de tonos con una temperatura de color que va desde los 3.000K hasta los 7.500K, permitiendo incluso cambios de colores en una misma lámpara. La temperatura alta se asemeja a la luz del día y muchas personas se concentran más con ella, sin embargo, si lo que se quiere es conseguir un efecto relajante, la luz de temperatura deberá ser baja, puesto que es más tranquila para los ojos. La iluminación con LEDs se puede usar en cualquier tipo de actividad, desde el uso doméstico o en habitaciones de hoteles con luces más cálidas (3.000K), hasta oficinas o locales donde se usa una luz más fría (6.000K).

La Norma Europea UNE-EN 12464-1 respecto a la iluminación de los lugares de trabajo en interior, define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades.

Para los distintos subespacios dentro del grupo de “oficinas” siempre recomienda un Ra de 80 (menos en los pasillos que baja a 40). Con ese mismo valor, para una zona de trabajo o de reunión recomienda 500 lux, para recepción o archivos 300 lux y para los aseos o salas de descanso sólo 100 lux. Insistimos en todos los casos se recomienda un mismo Ra de 80.

La norma también establece dos medidas que sirven para limitar el deslumbramiento directo (aplicable a cada fuente de luz). Por un lado, describe un ángulo de apantallamiento mínimo para todas las direcciones, que depende de la luminancia de la lámpara, y por otro, determina un índice de deslumbramiento unificado (UGR) máximo para cada tarea visual: los valores normativos van desde un UGR 16 (no deslumbrante) a UGR 28 (deslumbrante). La linealidad de la luz emitida por los LEDs los hace especialmente sensibles en este aspecto.

Si queremos iluminar directamente superficies de trabajo con soluciones LED, sobre todo cuando las distancias son considerables, hay que tener en cuenta que la mayoría de los focos o fuentes con tecnología LED están compuestos de varias unidades de diodos por lo que la luz resultante puede ser no uniforme o desenfocada. Este efecto lo produce el hecho de que cada uno de los LEDs emite un haz de luz que al proyectarse en una superficie plana como una mesa, puede dar la sensación como de pequeños mini rayos. A este efecto se le conoce como luz granulada.

▲ Condiciones de trabajo

El LED puede trabajar de forma normal en un espectro mucho más amplio de temperaturas (entre -35°C y 45°C) que las lámparas de descarga (fluorescencia, vapor de sodio y vapor de mercurio) que son muy sensibles a la temperatura de trabajo, acortando sustancialmente su vida útil. A diferencia de muchos de los otros sistemas de iluminación, los LEDs no tienen problemas de encendido en ambientes fríos y son fuentes de luz fiables en el exterior.

Al no tener que producirse la descarga de electrones a través de gases, se puede encender y apagar tantas veces como sea necesario sin ver reducida su vida útil. Esto supone también que el tiempo de respuesta tanto en el encendido como en el apagado en la i

luminación con LEDs es inmediato (microsegundos), obteniéndose el 100% del flujo luminoso tras el encendido, sin periodos de arranque ni parpadeos. Desaparecen las pérdidas de tiempo esperando a que la lámpara alcance la temperatura adecuada o se encienda correctamente. Esto las convierte en el sistema de iluminación idóneo tanto para zonas de paso donde el encendido y apagado es continuo, como para zonas donde requiera muchas horas de funcionamiento.

Los LEDs son resistentes a los golpes: pueden ser adaptados en aplicaciones con vibraciones o impactos debido a que es una fuente de luz en estado sólido.

El diseño es un aspecto que confiere a los LED unas posibilidades que ningún otro sistema pueden alcanzar. Existen

LEDs de todos los tamaños y con casi cualquier diseño. Gracias a su reducido tamaño se pueden integrar en objetos, haciendo que los propios objetos sean los que emitan su propia luz o proyecten imágenes.

El LED permite un ajuste de la iluminación a nuestras necesidades, tanto en cantidad como en intensidad, existiendo la posibilidad de que sean regulables. La dispersión de luz fuera de donde se desea es mínima, debido a la direccionalidad de los LEDs, y en el caso de que se utilicen para la iluminación de exteriores, al ir la luz direccionada se consigue una reducción de la contaminación lumínica.

▲ Consumo de energía

La eficiencia energética en iluminación se mide con el ratio entre lúmenes y vatios [Lm/W] pero como hemos explicado antes, este valor no es del todo efectivo, se recomienda usar el ratio lux por vatio [Lx/W], ya que lo que necesitamos es que se ilumine la superficie o área de trabajo, no si la fuente de luz emite más o menos. El dato [Lm/W] no tiene utilidad práctica, solo da una indicación de la modernidad de un componente aislado, sin entrar en su correcta aplicación. Es un dato que se mide en laboratorio y que no aporta nada al usuario. La verdadera mejora en eficiencia energética consiste en obtener al menos los mismos lux en las zonas que se precisan pero consumiendo menos vatios de energía que con otras soluciones lumínicas.

Uno de los justificantes de venta de los LEDs es que consumen poco y se intenta demostrar al decir que no

producen calor. Hay que aclarar que el diodo LED sí que emite calor, aunque lo hace de una forma diferente a una bombilla incandescente o fluorescente. La diferencia fundamental es que el calor se proyecta en dirección contraria a la luz. Por eso la luz es fría, pero ciertas partes internas del dispositivo (la "unión T") pueden llegar a acumular mucho calor.

En términos generales, una lámpara LED de luz blanca consume menos que sus rivales, convierte entre un 60% y un 80% de la energía consumida en luz, eso significa que entre un 20% y un 40% se convierte en calor. Una lámpara fluorescente convierte el 20% de la energía consumida en luz, el 40% en calor y cerca del 40% restante en radiación infrarroja (IR). Una bombilla tradicional (tecnología incandescente) sólo convierte alrededor del 10% en luz, un 20% en calor y la energía restante en radiación infrarroja.

La iluminación con LED opera normalmente con voltajes bajos (desde 1,5 hasta 24 voltios), consumiendo poca potencia y no emitiendo proporcionalmente tanto calor de disipación como la iluminación tradicional, por lo que se produce un ahorro en el consumo de energía directo e indirecto: directo al consumir menos el propio dispositivo, e indirecto al reducir el porcentaje de energía que no se dedica a iluminar.

Esta característica hace también que se precise menos energía para climatizar las salas iluminadas con tecnología LED y que las lámparas LED sean ideales para grandes espacios de reuniones u hoteles que

requieran refrigeración mientras se usan. Al no aumentar la temperatura del local se produce un ahorro significativo respecto al consumo de energía que sería necesario para la climatización de dicho espacio con iluminación tradicional. Hay que mencionar que existen sistemas LED que funcionan directamente a 220 voltios, donde esta ventaja queda algo reducida.

Independientemente de lo que se consuma, se debe comparar como las distintas soluciones cubren nuestras necesidades de iluminación (Lux), ya que si el menor consumo se debe a que el nuevo sistema produce menos intensidad lumínica, se habría conseguido lo mismo apagando algunas de las fuentes existentes y se habría ahorrado la inversión.

La tecnología LED ya ha alcanzado actualmente cotas de eficiencia de clase A, superando notoriamente a la gran parte de las tecnologías actuales y con la ventaja de que al LED todavía le quedan grandes posibilidades de mejora mientras que la incandescencia, fluorescencia y las lámparas de descarga son tecnologías muy maduras con escasas perspectivas de evolución.

▲ **Instalación y mantenimiento**

La gran mayoría de instalaciones de iluminación están preparadas para funcionar con corriente alterna y a 220 voltios. Los LEDs, a diferencia de las bombillas incandescentes o fluorescentes, trabajan en corriente continua, y con un menor voltaje por lo cual es necesario un controlador (driver) que convierta la corriente

alterna en continua, además de disminuir el voltaje hasta el necesario de trabajo. El driver va a estabilizar la tensión, lo que a su vez estabilizará el flujo lumínico y la temperatura del LED. Por tanto, los controladores o drivers son esenciales para operar los sistemas de iluminación basados en LED y obtener los beneficios que se les otorgan (larga vida útil, gran eficiencia energética, etc.) En lámparas pequeñas o de uso doméstico el driver suele estar incluido en la propia lámpara y no es visible, pero en lámparas y luminarias LED de alta potencia y aplicaciones destinadas a usos industriales, constituidas por múltiples chips LED, los drivers son generalmente externos.

Aparte de los gastos asociados al propio LED, debemos tener en cuenta el de transformadores, controladores, reguladores y toda la circuitería de apoyo. Lamentablemente estos dispositivos eléctricos tienen la misma vida útil que el resto de sus competidores.

La larga vida del propio dispositivo LED lleva implícito no sólo una reducción de los costes de mantenimiento, por la disminución considerable de los costes de la mano de obra de sustituir la lámpara, sino un aumento de la disponibilidad, aspecto fundamental en los dimensionados de *Facility Management*. Además, es importante señalar que es necesaria menor cantidad de materias primas para lámparas de sustitución, y que al ser un sistema ligero y de fácil transporte se reducen los costes de logística y almacenamiento y hay menos roturas.

Cabe añadir que para que salgan los cálculos de inversión, consumos y amortizaciones, se barajan cifras que pueden ser inciertas. Si, por ejemplo, los LEDS no trabajan en las condiciones idóneas, se puede acortar su vida útil real, y en consecuencia las expectativas de la inversión.

Como ya se ha mencionado, uno de los mayores inconvenientes de la iluminación con LED es que las temperaturas alcanzadas en el interior del elemento (unión T) puede hacer que el equipo se deteriore o falle antes de lo esperado. Si ese calor no se disipa correctamente, provoca una degradación anual mínima del 20%, en forma lineal, del poder lumínico del LED. Si después de media hora de funcionamiento se supera en 20° C la temperatura ambiente no está disipando correctamente y causará degradación lumínica acelerada. A partir de 65°C la mayoría de los LED se estropean. Es vital que los disipadores sean de aluminio y con mucha superficie de disipación, esto nos garantizará mayor tiempo de vida de la lámpara. Esto puede influir en su decisión de usarlas en fábricas o lugares donde se realicen procesos industriales, que suelen conllevar altas temperaturas. No sólo debemos vigilar el LED si no la electrónica que lleva asociada, que suele fallar antes que el propio diodo.

Un aspecto poco considerado de uso de los LED es el de la aparición de los armónicos. En realidad aparecen por el uso de sistemas semiconductores (diodos, triac, etc.) y al tener que convertir la señal sinusoidal alterna en

continua. Por decirlo de forma sencilla es como un “ruido” que se introduce en la red eléctrica y viaja allá donde llega la corriente. Las consecuencias de este ruido pueden provocar desde un sobrecalentamiento de la línea, a caídas de sistemas, errores de medida o consumos, e incluso afectar a las señales de audio y video si no están bien aisladas o en fases distintas del circuito. La denominación es distorsión de armónico total (THD - *Total Harmonic Distorsion*), un valor de THD superior a 15% evidencia una electrónica de control de baja calidad y durabilidad. Una tasa THD alta puede hacer saltar los diferenciales si no están muy bien protegidos. Los armónicos se pueden filtrar, por supuesto, pero es un coste más que hay que añadir a la inversión.

▲ Inversión

La principal desventaja de los LEDs es su coste ya que en comparación con las lámparas convencionales éste es bastante elevado. No se puede dar un intervalo de precios, pues estos dependen de muchos factores como la marca, modelo, calidad, etc. Sin embargo si se puede decir que a pesar del mayor precio de los mismos, su inversión, si el encendido es de más de 8 horas al día, teóricamente se amortiza en unos dos años. Una vez amortizados, los LEDs sólo generan ahorros. En potencias grandes a partir de 100W, es muy poco competitivo siendo su coste muy elevado, existiendo otras alternativas más económicas como la inducción magnética.

Al hacer el cálculo del plazo del retorno de la inversión, y siempre habiendo

considerado una instalación que nos va a proporcionar las mismas condiciones actuales o que se garantice el confort, hay que tener en cuenta que la tecnología LED avanza tan deprisa, que en muchos casos las instalaciones que se están realizando quedan obsoletas antes de su amortización.

A día de hoy existen estudios publicados por el observatorio de productos de iluminación, Lighting Research Center, que demuestran que con la tecnología LED no se ahorra energía en la sustitución de instalaciones en condiciones reales.

▲ Medioambiente y salud

En términos de sostenibilidad, los dispositivos LED deben cumplir la normativa CE y ROHS (*“Restriction of Hazardous Substances”*) Restricción de sustancias peligrosas según directiva 2002/95/CE, por lo tanto, no contienen mercurio ni otros metales pesados.

A pesar de que los LEDs no contienen mercurio, se encuentran estudios como el publicado a finales de 2010 por la revista científica *Environmental Science and Technology*, que se dedica a la publicación de artículos concernientes con el medio ambiente principalmente, en donde los investigadores encontraron plomo, arsénico y más sustancias peligrosas en la composición de los LEDs.

Aun así los investigadores dicen que inhalar los vapores de un LED que se ha roto no representa un riesgo para la salud, pues tienen una baja concentración de metales pesados.

Por otro lado, la Agencia Nacional de Seguridad Sanitaria de la Alimentación,

del Medio Ambiente y del Trabajo (ANSES) francesa, en un estudio realizado en el año 2010 sobre los problemas de salud a considerar ocasionados por los sistemas de iluminación con LED, recomienda, entre otras cosas, que no se usen fuentes de luz que emitan luz brillante fría (luz con alto componente azulado) en lugares frecuentados por los niños (guarderías, salas de maternidad, zonas de juego, etc.) o en los objetos que utilicen (juguetes, consolas, luces de noche, etc.) y que los profesionales muy expuestos a este tipo de luz usen filtros oculares.

También se ha comprobado que la luz blancoazulada es la que más altera los hábitos de las especies animales de vida nocturna. En algunas normativas más avanzadas en lo que se refiere a alumbrado, ya se está exigiendo que la emisión de flujo luminoso no sea superior a los 500 nanómetros, con lo cual el alumbrado con LEDs queda prácticamente descartado.

La iluminación LED como proyecta la luz de forma muy direccional ayuda a que la dispersión de luz fuera de donde se desea es mínima, pero a día de hoy el principal problema que nos encontramos en la iluminación de exteriores es que se están diseñando y utilizando luminarias que permiten alumbrar en todas las direcciones, con lo cual no sólo no se disminuye la contaminación lumínica sino que se aumenta, ya que la luz blancoazulada emitida por una gran parte de los LEDs comercializados actualmente se difunde con mucha eficacia en la atmósfera incrementando el resplandor de las ciudades.

A favor de los LEDs hay que decir que no irradian infrarrojos ni ultravioletas y el 99% de sus componentes son reciclables. Además, al ser más eficientes producen menos emisiones de CO2 para conseguir la misma iluminación.

▲ Conclusiones

No podemos olvidarnos que el objetivo es iluminar, ya que hay actividades que no se pueden realizar a oscuras. Tras esta básica premisa, es necesario conocer cuáles son las necesidades del cliente, cuales los rangos de tolerancia y condicionantes a tener en cuenta, y una vez expuestas las posibles soluciones sopesar las soluciones con pros y contras antes de elegir una.

Después de ver las ventajas y desventajas de la iluminación con LED, es imposible concluir cuál es el sistema de iluminación ideal en todos los casos, y no se puede aconsejar el cambio de iluminación tradicional a iluminación con LEDs sin realizar previamente un estudio de costes, un cálculo energético, un análisis del uso del edificio, de las horas de funcionamiento de la iluminación, de las condiciones térmicas, etc. Aunque la iluminación con LED es un sistema de muy larga duración y altamente eficaz, existen sistemas de iluminación tradicional que, dependiendo de las condiciones, pueden competir en prestaciones y costes a la iluminación con LED.

Además es muy importante tener en cuenta que para que la iluminación con LED sea más eficiente es necesario cumplir con las condiciones óptimas de funcionamiento.

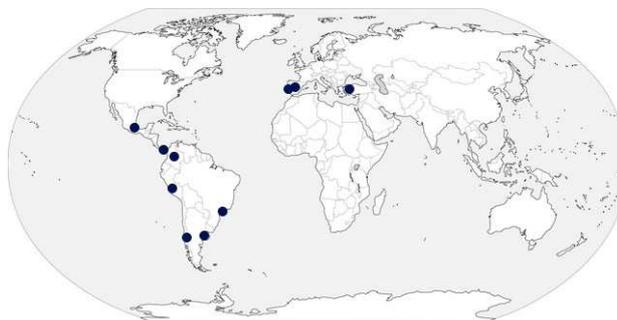
Por último, reseñar el impacto medioambiental y en la salud que diversos estudios están demostrando que puede tener la iluminación con LEDs si no se toman las medidas y precauciones necesarias.

La gran oferta de este tipo de productos hace difícil la elección de compra, se debe tener cuidado con los proveedores seleccionados, existe un

gran intrusismo en el sector. El mercado de fabricantes LED es tan amplio (cada vez mayor), y hay tantas características técnicas que comparar, que a menudo es muy complicado elegir una lámpara LED, sobre todo si no se tienen conocimientos técnicos. Es recomendable comparar una serie de criterios de calidad que estén normalizados y medidos de acuerdo con la normativa adecuada.

FMHOUSE es una empresa independiente, especializada en consultoría estratégica y formación de Facility Management, con prestigio y reconocimiento nacional e internacional. **FMHOUSE** apuesta e invierte para hacer que esta disciplina ocupe el lugar que se merece en el mercado y en las organizaciones, proporcionando para ello las mejores soluciones y ayudando al desarrollo de los mejores profesionales.

ARGENTINA – BRASIL – CHILE – COLOMBIA – ESPAÑA – MÉXICO – PANAMÁ – PERÚ – PORTUGAL - TURQUÍA



Este informe forma parte del catálogo de publicaciones del **INSTITUTO FMHOUSE** como parte de su labor de difusión y promoción del Facility Management. Para acceder a más contenidos, vídeos, biblioteca, etc. visite www.fm-house.com

©FMHOUSE 2015