

¿Cómo empezar a analizar una instalación que incorpora tubos fluorescentes?

Primero, deberemos averiguar qué tubos están instalados, estándar o trifósforos.

Si son los primeros, conviene cambiarlos por los segundos y así conseguiremos un 20% más de flujo luminoso.

Si el cambio lo hacemos por tubos trifósforos ECO obtendremos un 10% de ahorro adicional.

Seguiremos verificando qué tipo de equipo está instalado.

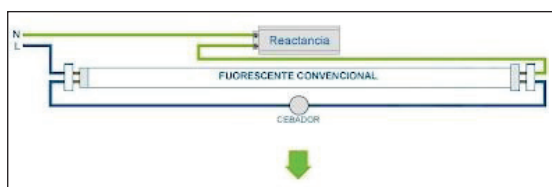


Fig.374 Cableado típico de un tubo fluorescente.

Si es electromagnético está claro que conviene invertir un dinero y cambiarlo a electrónico de alta frecuencia.

Podemos también cambiarlo a uno electromagnético de bajas o muy bajas pérdidas y añadir un cebador electrónico con lo cual podemos llegar a conseguir un ahorro del 12%.

Y también una protección adicional gracias al cebador electrónico.



Recordemos, de nuevo, en qué consiste un cebador electrónico.

Con un formato igual a uno convencional, el electrónico tiene dos propiedades muy importantes:

- *Corta la circulación de la corriente en un punto óptimo, consiguiendo con ello una extratensión importante para que el tubo se cebe a la primera, evitando molestos parpadeos.*

- *Llegado el ocaso del tubo, cuando quiere y no puede encenderse, un mecanismo propio del cebador corta drásticamente los intentos, evitando, también, molestos parpadeos.*
- *Ya no sirve intentar otros encendidos porque se niega rotundamente.*
- *Todo se restablece cuando se cambia el tubo, sin tener que tocar nada.*

Si se decide el cambio del equipo electromagnético por uno electrónico el ahorro puede alcanzar entre un 20% y un 30% de energía.

También conseguiremos un aumento de la vida útil de las lámparas del 50% si el equipo es electrónico con precaldeo.

Y si el balasto es regulable se pueden obtener ahorros de energía del 75% y un 50% de aumento de la vida de la lámpara.

Si lo combinamos con detectores de presencia o temporizadores, la vida de las lámparas puede incrementarse hasta un 300%.

Uno de estos equipos electrónicos puede hacer a la vez de balasto, cebador y condensador.

Existen equipos para 1,2 3 ó 4 lámparas.

Tiene una excelentes prestaciones: Potencia y flujo lumínico constante (+/-2%) independiente de tensión de red (entre 202 y 254V).

Y un factor de potencia >0,95.

Más actuaciones.

Si tenemos un parque antiguo de campanas de vapor de mercurio de 250W y 400W podemos sustituirlas por regletas con reflector sin grado de protección IP, de 2 TL5 2x58W con un ahorro del 59% y de 2 TL5 2x80W, con un ahorro del 58,2%.

Si tenemos campanas de halogenuros metálicos de 250W, podemos sustituirlas por regletas con reflector de 2 TL5 de 2x80W.

Y en las oficinas puede ocurrir que tengamos luminarias antiguas:



Fig.375 Luminaria antigua.

- Deslumbrantes, de bajo rendimiento.
- Con balastos electromagnéticos.
- Con tubos de bajo rendimiento lumínico y bajo rendimiento de color.
- Con una potencia de $4 \times 18 = 112 \text{ W}$

¡¡¡Podemos conseguir un ahorro mayor del 50%...!!!

¿Cómo?

Sustituyendo las luminarias antiguas por otras más modernas:



Fig.376 Luminaria moderna.

- Con dispositivo antideslumbramiento y alto rendimiento.
- Con balastos electrónicos (25% de ahorro).
- Con tubos TL5 gama 80 (+10% rendimiento luminoso).
- Y una reproducción cromática >80 .
- Con un consumo de $4 \times 14 = 56 \text{ W}$

Veamos otra situación en el alumbrado de naves industriales.



Fig.377 Chimenea antigua.

En el supuesto de que la instalación que queremos mejorar disponga de campanas antiguas con lámparas de vapor de mercurio de 250 y 400 W, con una óptica de bajo rendimiento, con un IP bajo (mayor mantenimiento), podemos cambiarlas por campanas de tecnología más actual (halogenuros metálicos de 150 y 250W) con óptica de alto rendimiento, un IP 65, y conseguiremos un ahorro superior al 50%.



Fig.378 Chimenea sustitutoria.

¿Qué más cosas debemos conocer?

En la página 290 hacemos referencia a un cálculo muy simplificado para saber el número de luminarias a instalar en cualquier espacio.

Quedan dos puntualizaciones muy importantes para aprovechar este método:

La primera es saber cómo colocar las luminarias en el espacio en cuestión para que la uniformidad sea la adecuada, es decir, que no haya superficies más iluminadas que otras.

A continuación aparece un dibujo donde se aprecia un reparto que curiosamente es el mismo que haría un ordenador en un programa informático.

Hay que tener siempre presente :

- La distancia entre ejes longitudinales “D” debe mantenerse, pero las dos extremas , es decir, las que existen entre las últimas y la pared debe ser “D/2”.
- La distancia entre los ejes transversales “H” también debe mantenerse, pero las dos extremas, es decir, las que existen entre las últimas y la pared debe ser “H/2”.

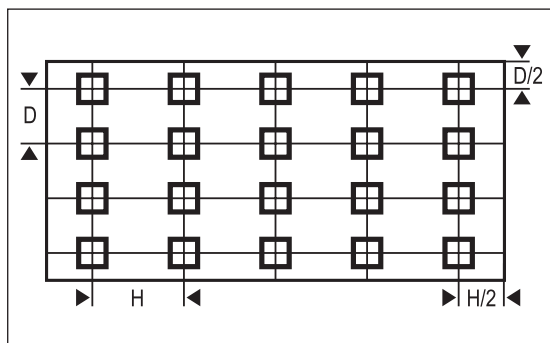


Fig.379 Reparto de las luminarias de forma equilibrada

La segunda consideración es la siguiente:

Entramos en una estancia y nos parece que falta luz..., ¿qué debemos hacer?

Primero:

Averiguar qué nivel debe existir por el tipo de actividad.

Para ello consultamos la normativa.

Medir con un luxómetro para averiguar si es verdad que falta nivel de iluminación o es una impresión subjetiva.

Pero...

¡No disponemos de luxómetro!

Busquemos uno, pero mientras tanto ganemos tiempo y hagamos lo siguiente:

Averigüemos qué flujo nominal debe dar cada lámpara instalada y cuantas horas lleven funcionando.

Dividamos el número total de lámparas por 1,5-2 ó 2,5 que son factores que se aplican en función de:

- Suciedad.
- Horas de funcionamiento acumuladas.
- Altura excesiva.

$$\text{Lux} = \phi/S$$

Una vez obtenido un valor dividamos por la superficie y comprobemos si el resultado (en luxes) se acerca al valor prescrito para esa actividad, con lo que habremos conseguido saber cómo es el estado de esa instalación.

Comparativa de ahorro en iluminación en el sector industrial.

Los resultados son claros:

Una iluminación mejor permite acelerar las tareas y reducir las tasas de error, y de esa manera se puede aumentar el rendimiento.

También se contribuye positivamente a la seguridad, a la reducción de la tasa de siniestralidad, a la reducción del absentismo, y a la mejora de la salud y el bienestar en general.

Cuando se hizo a los trabajadores de una industria la pregunta: ¿“Una buena iluminación influye en su trabajo”?, el índice de

respuestas positivas fue sumamente alto, superior al 94% de los sujetos preguntado.

Efectos de un mayor nivel de iluminación.

Por ejemplo, los estudios indican que aumentar los niveles de luz en la industria metalúrgica de 300 a 2.000 lux aumenta el rendimiento en las tareas en un 16% y reduce el número de fallos en un 29%.

La productividad aumentó aproximadamente un 8%, y una iluminación mejor también demostró una reducción evidente del 52% en el número de accidentes.

Todo ello puede suponer un cambio importante para la empresa, con independencia del sector al que pertenezca.

Efectos de las iluminancias preferidas en la zona de trabajo.

Los últimos estudios indican que los trabajadores de la industria agradecen unas iluminancias altas que ellos mismos puedan ajustar.

En las pruebas de campo, los propietarios de las empresas observaron un aumento de la productividad de hasta un 7,7%, al mismo tiempo que una reducción del consumo energético gracias a la aplicación de planes de iluminación industrial de ahorro energético.

Más seguridad en los procesos.

Se busca constantemente formas de mejorar la seguridad con nuevas soluciones de iluminación.

En aquellas zonas donde la contaminación producida por una rotura de las lámparas podría resultar desastrosa, las luminarias cerradas y las lámparas con cubierta protectora retienen el vidrio y los componentes de la lámpara. Se dispone también de luminarias resistentes al agua que contribuyen al mantenimiento de un espacio de trabajo limpio e higiénico.

Por otra parte, el servicio de compatibilidad electromagnética minimiza las interferencias que cualquier solución de iluminación que se instale produzca en otros equipos eléctricos.

Más seguridad para las personas.

Cuando se trata de cuidar a los empleados, se procede con el mismo esmero.

Los consultores de diseño pueden idear un plan de iluminación “a medida”, que se adapte a sus necesidades exactas, desde entornos de almacén hasta zonas de producción y oficinas administrativas.

Se preparan soluciones para optimizar los niveles de luz de acuerdo con cada zona de trabajo.

De esta forma podemos estar seguros de que el personal dispondrá de los niveles de luz adecuados para trabajar de forma eficiente y segura.

Las soluciones existentes cumplen todas las normas aplicables y su sencilla instalación las hace más seguras también para el personal de mantenimiento.

El número de luminarias necesarias, la calidad y la uniformidad de la luz, y los efectos de modelado que pueda experimentar dependerán de las distintas opciones de iluminación.

Por lo general, las fuentes puntuales necesitan menos luminarias, pero producen más sombras, mientras que las instalaciones lineales ofrecen una luz más uniforme, pero necesitan mayor cantidad de luminarias.

La temperatura y la reproducción del color también varían.

Las luminarias con un alto índice de reproducción del color proporcionarán mejor calidad de luz en los entornos de producción para aumentar la seguridad y el bienestar de los empleados.

Las horas y las temperaturas de funcionamiento influirán también en la elección de

la iluminación y en la frecuencia de mantenimiento necesaria.

Por ejemplo, las lámparas fluorescentes lineales no se encienden a temperaturas inferiores a -10 °C, mientras que hay luminarias que su encendido es prácticamente independiente de la temperatura ambiente.

Hoy en día se dispone de una amplia gama de soluciones sostenibles para la industria.

- La integración de potencia e iluminación en sistemas de carril permite reducir los costes de instalación.
- Hay una amplia gama de lámparas fluorescentes disponibles con distintas temperaturas y reproducción del color y vida útil.

Pensamiento más ecológico.

Todos sentimos la responsabilidad de hacer una transición a soluciones más ecológicas.

Pero en los entornos fabriles esto exige una reflexión profunda.

Es necesario recurrir a soluciones de iluminación sostenibles que puedan reducir la factura de electricidad en todas las áreas y que, al mismo tiempo, cumplan unos requisitos de iluminación muy específicos.

Las nuevas soluciones de iluminación benefician por partida doble.

Por un lado están diseñadas para reducir el consumo energético y el mantenimiento y por otro lado proporcionan luz de alta calidad con una buena reproducción del color para optimizar las condiciones de trabajo del personal.

Esto puede ser beneficioso para las personas y para el planeta.

Iluminación más segura, menor gasto.

En la zona de producción, la necesidad de mejorar la productividad al tiempo que se mantiene la seguridad es más crítica que en cualquier otra zona.

Esto, añadido a la presión creciente por reducir el consumo energético, evidencia el motivo por el que la iluminación desempeña una función vital en estas zonas.

Los fabricantes de luminarias puede ayudar con una diversidad de soluciones que se adaptan y satisfacen sus necesidades de diseño más exigentes.

Mejorar la iluminación en su zona de producción es observar una gran diferencia en la aptitud de los trabajadores.

Sustituir las antiguas instalaciones por las últimas soluciones LED es conseguir una reducción en el gasto de electricidad.


Utilizar controles para conseguir un sistema de iluminación inteligente permite adaptarla a las distintas actividades.

Todo esto es posible con el uso de las últimas opciones de iluminación.

Alumbrado dinámico.

El alumbrado dinámico es una solución avanzada que lleva la dinámica de la luz natural al entorno de trabajo.

Crema un ambiente de iluminación estimulante y “natural”, y permite a las personas controlar la iluminación según sus preferencias personales.

Una  paleta de luz que aumenta la sensación de bienestar de la gente y mejora la concentración, motivación y rendimiento.



El alumbrado dinámico traslada el dinamismo de la luz natural al entorno de trabajo.

Cambia el nivel de iluminación y la temperatura de color de forma imperceptible para crear una luz “natural” estimulante que aumenta nuestra sensación de bienestar.

Una solución flexible.

El alumbrado dinámico hace que todo el mundo se sienta bien al llevar al interior el carácter dinámico de la luz natural.

Se adapta a personas, ambientes y tareas diferentes, y proporciona una atmósfera adecuada que aumenta el rendimiento, la concentración y la motivación.

Los ritmos diurno y nocturno, las estaciones y el clima crean escenarios de luz que cambian permanentemente a lo largo del día.

El alumbrado dinámico es una solución avanzada que lleva al interior la dinámica de la luz natural.

Creación de una luz "natural" estimulante que aumenta la sensación de bienestar de las personas.

¿Cuáles son los beneficios? Los ritmos nocturno y diurno afectan a nuestro cuerpo.

La dinámica de la luz natural activa nuestro reloj biológico e influye en nuestra sensación de bienestar.

Las personas pueden controlar su propio espacio según sus necesidades, estado de ánimo y tarea, y crear una atmósfera adecuada que aumente el rendimiento y la motivación.

¿Cómo funciona?

El cambio de temperatura del color y de intensidad de la luz se consigue mediante una combinación del flujo luminoso de dos lámparas diferentes que utilizan una tecnología óptica especial.

Una lámpara tiene una temperatura de color de 2600 K (blanco cálido) y la otra 5600 K (blanco frío).

El cambio del flujo luminoso de las lámparas significa que la temperatura de color puede alternar perfectamente entre estos dos valores.

Sentirse bien, trabajar mejor.

El alumbrado dinámico permite a las personas adaptar la iluminación a la tarea que realicen y a su estado de ánimo, creando las condiciones adecuadas para que den lo mejor de sí mismas.

Hagamos el cambio en la fábrica y podremos beneficiarnos de todas las ventajas del alumbrado dinámico sin aumentar los costes de energía.

En las oficinas.

Cuando una persona se siente mejor, trabaja mejor.

La luz artificial puede ser decisiva para mejorar el rendimiento laboral del personal administrativo mediante la creación de un ambiente relajante o estimulante.

Una iluminación confortable mejora los biorritmos de las personas y, cuando se adapta a la tarea que se realiza, puede aumentar su sensación de bienestar.

Por ello, la creación de las condiciones adecuadas en sus oficinas puede hacer que las personas realmente den lo mejor de sí mismas.

La elección de opciones de iluminación que mejoren el bienestar en la oficina y ahorren energía nunca ha sido tan importante como ahora.

Y no es necesario renunciar a la calidad de la luz para evitar el aumento de los costes.

Gracias a soluciones inteligentes las funciones de detección de presencia y regulación por luz natural encienden y apagan las luces por usted.

De esta forma se puede ahorrar todavía más.

Otros tipos de lámparas que pueden encontrarse en la industria.

Vimos en la página 178 y sucesivas una serie de tipos que se utilizan en el alumbrado

público, que sirven también en el alumbrado interior, a saber:

- Vapor de mercurio de alta presión.
- Vapor de sodio de baja presión.
- Vapor de sodio de alta presión.
- Vapor de mercurio con halogenuros metálicos.

Por lo tanto es absurdo insistir pero sí vamos a detallar el balance energético de dos tipos de lámparas muy emblemáticas ya que nos puede servir más adelante:



Fig.380 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión.

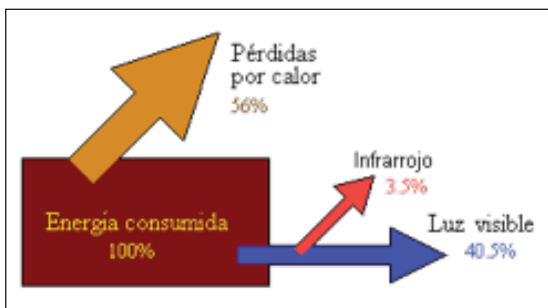


Fig.381 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.



VUELTA ATRÁS.

Al comentar las distintas lámparas de descarga no consideramos un modelo interesante:

Lámpara de inducción magnética.



Fig.382 Lámpara de inducción de inductor interno.

La lámpara de inducción electromagnética de baja frecuencia es una lámpara fluorescente que no requiere de electrodo caliente para activar los electrones de los gases nobles contenidos en el tubo.

Como no hay electrodos se utiliza la tecnología de la inducción electromagnética como fuerza generadora.

Por lo tanto casi la totalidad de la energía consumida se convierte en luz en vez de calor.

De esta manera una menor potencia de la lámpara de inducción produce la misma luminosidad que sus homólogas convencionales de mayor potencia.

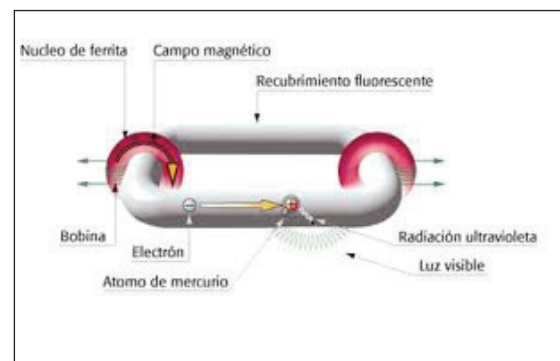


Fig.383 Lámpara de inducción de inductor externo.

Además, al no tener filamentos ocurre que éstos no se ensucian ni se deterioran, provocando el típico ennegrecimiento de los tubos fluorescentes que acaba por

dañarlos irremediablemente, así que éste tipo de lámpara tiene una vida inusualmente prolongada.

(Duración de 60.000 horas para lámparas compactas y 100.000 horas si el balasto va separado).

El ahorro energético aproximado del 50% respecto al sodio, y hasta un 75% respecto a otras tecnologías como el vapor de mercurio permite que la inversión sea amortizada dentro del periodo de garantía del producto tanto para nueva instalación como para sustitución de lámparas convencionales.

El balasto o generador de frecuencia es un equipo electrónico que aumenta la frecuencia de la señal de los habituales 50/60Hz de la red eléctrica a una frecuencia de funcionamiento de 230KHz para hacerla fluir por las bobinas envolventes en forma de aro sobre el tubo de vidrio.

Este paso de corriente alrededor del tubo genera luz al producir una descarga eléctrica en el gas contenido en el tubo mediante electromagnetismo acelerando los electrones libres que chocan con los átomos de mercurio.

Esta excitación produce luz visible al pasar a través del recubrimiento de fósforo que lleva el tubo de vidrio.

La curiosa forma de las lámparas de inducción maximiza la eficiencia de los campos que se han generado.

La tecnología del balasto permite proporcionar un factor de potencia de hasta 0,99, lo que repercute en un menor coste energético, y evita la generación de la perjudicial energía reactiva.

El balasto incorpora un sistema de control que resulta especialmente interesante cuando el suministro de energía es inestable y las fluctuaciones son mayores al 10% del voltaje nominal.

Por todo esto las lámparas de inducción de baja frecuencia proporcionan un ahorro significativo de energía y una alta eficacia de

iluminación en comparación con las lámparas convencionales.

El balasto cumple con todos los requisitos EMC y la placa del circuito está diseñada contra el polvo, la humedad y es resistente a la corrosión.

Motivos para sustituir luminarias convencionales por lámparas de inducción. Ahorro energético.

En el sector industrial y vial, las características constructivas de las lámparas de inducción electromagnética les permiten competir con las convencionales en superioridad de condiciones obteniendo ahorros en consumo del 50 al 75% según con la tecnología convencional con la que la comparemos, pudiendo decir en general que cualquier lámpara puede ser sustituida por una de la mitad de potencia obteniendo resultados similares, a unos precios que la tecnología LED todavía no puede alcanzar.

El encendido instantáneo, sin necesidad de calentamiento permite la utilización de sistemas de activación automática mediante detectores de presencia con apagado cuando nadie tenga necesidad de uso de las luminarias amplificando el ahorro en el consumo en la factura eléctrica.

El balasto electrónico o amplificador de frecuencia, en muchos casos puede incorporar un sistema de regulación de flujo que puede reducir el consumo de la lámpara a la mitad en función de los parámetros deseados (tiempo de funcionamiento, control externo...).

Esto resulta de especial interés en iluminación vial.

Tanto balasto como lámpara generan menor emisión calorífica, es decir la potencia eléctrica consumida es bien aprovechada, no perdiéndose en residuos térmicos, por lo que además de reducir consumo eléctrico directo contribuye a crear espacios de trabajo menos calurosos, y en ocasiones puede verse reducido el coste de climatización.

Reducción de costes de mantenimiento.

Su larga vida les confiere un valor añadido, una reducción sustancial de los costos de mantenimiento, especialmente en elevadas alturas y en zonas de producción donde las labores de mantenimiento interrumpen el normal funcionamiento de la empresa.

Este sistema puede equivaler a 100 cambios de lámpara incandescente, o bien a cinco cambios de lámpara de descarga de alta intensidad, o a ocho cambios de lámpara fluorescente.

La depreciación de la luz emitida es sólo del 5% para las 2000 primeras horas de vida y después se mantiene estable durante miles de horas.

Junto al hecho de no tener partes sólidas ni filamentos en el interior de la lámpara permite dar garantías de producto de 5 años y estimar su vida útil entre 60.000 y 100.000 horas según sea el tipo de lámpara de inducción compacta o bien con balasto separado.

Salud y confort.

El ser humano no puede notar el parpadeo a simple vista pero en realidad el ojo sí lo hace, y la exposición prolongada al parpadeo de la luz artificial produce fatiga y molestias oculares así como dolor de cabeza o estrés.

La fórmula desarrollada de gas inerte, asegura la unanimidad de la eficiencia luminosa y de la potencia así que este tipo de lámpara da una luz muy estable que elimina estos efectos consiguiendo gran confort visual.

Con una superficie de iluminación mayor, el brillo superficial es más bajo que el brillo del punto de luz convencional de modo que esta lámpara resulta más suave y confortable evitando deslumbramientos, especialmente molestos y peligrosos en trabajos de apilamiento de mercancías y en iluminación vial.

Seguridad.

Es una lámpara segura, con los Índices de Protección correspondientes antiexplosiva debido a que no tiene filamentos.

Baja emisión calorífica, ya que alcanzan temperaturas no superiores a 80°C.

Compatibilidad electromagnética, (estándar EN55105 y GB17743-1999).

Las vibraciones no les afectan (por no tener filamentos).

Compactas y ligeras de peso.

Ecología.

Debe considerarse que el contenido de mercurio < 0,25mg es muy reducido frente a otras tecnologías.

El estado sólido en que se presenta el mercurio lo hace fácilmente reciclable.

Consumo de Mercurio en 20.000 horas de funcionamiento.

Lámparas de Inductor Externo	1,3mg
Lámparas de Inductor Interno	1,3mg
Sodio de Baja Presión	12,4mg
SodiodeAltaPresión	14,3mg
Fluorescente T5 y T8	27,6mg
Halogenuro metálico	37,8mg

Además del bajo contenido en mercurio, debe considerarse:

1. Baja emisión de luz Ultra Violeta (menor al 0.5%).
2. Baja emisión de luz Infra Roja (menor al 0.4%).
3. No contiene bifenilos policlorados.
4. Generador elaborado con elementos reciclables (Aluminio y Cobre).
5. Al consumir poca energía contribuye con la reducción de emisiones.
6. Debido a su longevidad extraordinaria reduce notablemente la generación de residuos.

Variedad de aplicaciones.

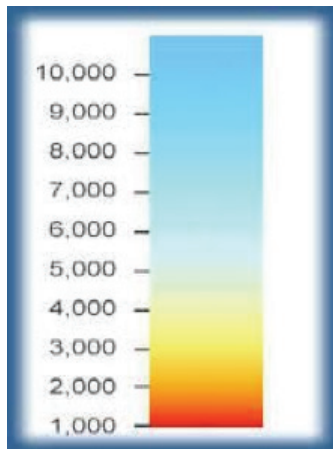


Fig.384 Temperatura de color en K

La amplia gama de temperaturas de color desde 2700 hasta 6500 K permite un sinfín de aplicaciones, desde iluminación interior de grandes espacios, iluminación vial, monumental, hasta aplicaciones agrícolas para el crecimiento de vegetales.

El espectro de tensiones de trabajo es tan amplio que permite trabajar incluso en CC a 12 o 24 V para aplicaciones fotovoltaicas en los modelos más pequeños y en AC 120V / 230V / 277V.

Aunque en nuestro país no han tenido demasiada aceptación, las lámparas de inducción electromagnética han sido utilizadas con éxito en cientos de proyectos mundiales, como el gran puente Nanpu de Shanghai, túneles de América Latina, aeropuerto Charles de Gaulle de Francia, puente en Austria...

Este producto está muy extendido por todo el mundo: Estados Unidos, México, Brasil, Chile, Gran Bretaña, Alemania, Turquía, Japón, Corea del Sur, India, Pakistán, Australia, etc.

Su uso abarca: aeropuertos, puertos, túneles, carreteras, estaciones de autobús, ferrocarril, plantas industriales, construcción, oficinas, hoteles, aparcamientos, campos de fútbol, gasolineras, pabellones, restaurantes, etc.

La tecnología de la lámpara de inducción permite mejorar los proyectos de iluminación y ahorrar energía.

Más ideas...

A continuación se presentan las ideas básicas para reducir el consumo energético en instalaciones de alumbrado, que pueden agruparse en tres tipos de medidas:

Aplicación de los niveles de iluminación recomendados.

Existen unos niveles de iluminación establecidos por diferentes organismos para cada tipo de actividad.

Hay, en la bibliografía sobre alumbrado una gran variedad de datos sobre este tema.

Si se sobrepasan los valores recomendados, se tendrá, evidentemente, un consumo energético mayor.

Si, por el contrario, se reducen los estándares de iluminación, se conseguirá un ahorro energético, pero se producirá una serie de inconvenientes, tales como fatiga visual, pérdida de confort, disminución de actividad, etc.

Este tipo de problemas no hacen aconsejable tal reducción de los niveles de flujo luminoso.

Obtención de los niveles de iluminación necesarios con la mínima potencia instalada.

Esto puede conseguirse aplicando las siguientes reglas básicas:

Diseño correcto del sistema de alumbrado.

El sistema de alumbrado debe diseñarse de tal modo que se logre el nivel de iluminación y la calidad de la luz de la forma más eficiente.

Debe decidirse si se instala un sistema de alumbrado general o localizado o, quizás, uno mixto.

Por otra parte, deben tenerse en cuenta factores de geometría, mantenimiento, flexibilidad, aporte parcial de la luz diurna, etcétera.

Utilización de la fuente de luz idónea más eficaz.

Deben utilizarse lámparas de elevada eficacia luminosa, pero considerando las exigencias de calidad de la luz de la zona por iluminar.

Utilización eficiente del flujo luminoso de la lámpara.

La utilización eficiente del flujo luminoso emitido por la lámpara viene condicionada por el “factor de utilización” ya definido anteriormente, que depende del tipo de luminarias empleadas, de la forma del local y de las reflectancias de paredes, techos y suelos.

En consecuencia, deben utilizarse luminarias que permitan que la mayor parte posible del flujo de la lámpara alcance el plano de trabajo.

Por tanto, debe considerarse no sólo el rendimiento de la luminaria (ésta puede ser muy eficiente, pero emitir luz en todas direcciones, por lo que la iluminación en el plano de trabajo puede ser baja) sino también su distribución luminosa.

Conviene emplear los sistemas de alumbrado de más alto rendimiento, principalmente el directo, y siempre que se pueda el intensivo.

También es necesario considerar el efecto de la decoración ambiente. Cuanto más claras sean las superficies del local, más alto será el factor de reflexión, y, por consiguiente, menor será la energía necesaria para su iluminación.

Cuanto menor sea el área y/o mayor la altura del local, mayor será la influencia de las reflectancias de paredes, techos y suelos.

Utilización de la instalación de alumbrado sólo cuando se necesita.

La idea básica es que el alumbrado permanezca encendido mientras se precise, y desconectado cuando no sea necesario.

Por ello, pueden llevarse a cabo las acciones siguientes:

Utilización de aparatos programadores de encendido y apagado en aquellos recintos que sea posible.

Fraccionamiento de los circuitos de alumbrado que permitan iluminar diferentes zonas y, de este modo, poder mantener apagadas las lámparas en determinados lugares en los momentos en que no son necesarias.

Utilización, en el caso de alumbrado público, de células fotoeléctricas o de interruptores horarios que aseguren su apagado cuando no se precisa iluminación.

Establecimiento de circuitos parciales de alumbrado reducido para los periodos fuera de las horas laborables.

Limpieza periódica de lámparas y reflectores.

Cuando se instala una lámpara nueva, ésta tiene un rendimiento lumínico determinado, es decir, por cada vatio se produce una cierta cantidad de flujo luminoso.

Este rendimiento no se mantiene en el tiempo, sino que va disminuyendo paulatinamente, debido, por una parte, al envejecimiento propio de la lámpara y, por otra, al ensuciamiento de la misma y del reflector.

En un tubo fluorescente, por ejemplo, la pérdida de rendimiento por envejecimiento es relativamente pequeña, oscilando entre un 2 y un 3% cada 1000 h.

El efecto del ensuciamiento de las lámparas y de los reflectores es muy superior.

Así en un tubo fluorescente, por ejemplo, la pérdida de rendimiento por ensuciamiento incluyendo el propio envejecimiento, se

sitúa normalmente entre un 15 y 20% cada año, pudiendo ser muy superior en cierto casos extremos.

Interactuar con la luz.

Reducir la iluminación del exterior y la de los pasillos al mínimo requerido por seguridad.

La iluminación nocturna de exteriores, fachadas, escaparates o pasillos suele tener varias finalidades:

- Decoración.
- Exposición de productos comerciales.
- Seguridad contra intrusos.
- Señalización de puertas.
- Salidas de emergencia.

Este último tipo de alumbrado está en funcionamiento muchas horas a lo largo del año, por lo cual se recomienda, bajo el punto de vista energético, reducir los niveles de iluminación a los mínimos necesarios por razones de seguridad.



Interesa confeccionar una lista en la que se especifiquen todos los aparatos que deben apagarse, no sólo al final de la jornada de trabajo,

sino en todos los periodos de tiempo en que no vayan a utilizarse.

Poner carteles para crear conciencia en los empleados sobre la utilidad de esta medida y tratar así de motivarlos.

Conviene elegir un operario que se responsabilice de llevar a la práctica este tipo de acciones.

TERMOGRAFIA POR INFRARROJOS. APLICACIONES.

De la misma forma que la visión infrarroja permite adentrarnos en la oscuridad, sin ningún temor, la termografía permite adentrarnos en multitud de problemas ocultos.

¿Qué podemos decir si utilizando una máquina especial descubrimos los puntos débiles de una instalación?

¡Es genial!

La termografía infrarroja es una tecnología existente desde hace décadas pero que necesita un impulso, ya que su nivel de implantación es aún muy bajo pese a que podría aplicarse en infinidad de campos.



En el caso de la Eficiencia Energética, la termografía infrarroja es una herramienta de diagnóstico fundamental.

Su empleo en auditorías energéticas de edificios, instalaciones, etc. es cada vez más frecuente.

Permite al técnico detectar y evaluar las pérdidas de energía con gran facilidad y le sirve de soporte para redactar los informes y transmitir al propietario, de una forma visual, la situación.

Así, ambas partes podrán decidir qué mejoras acometer.

Breve historia.

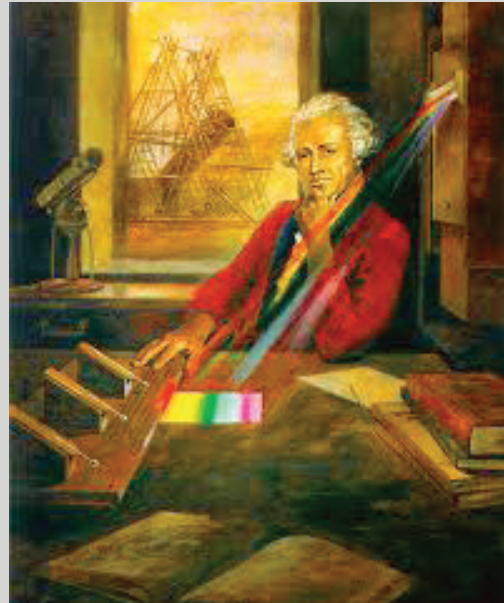


Fig.385 Frederick William Herschel.

En el año 1738, nació en Hannover, Alemania, el astrónomo y músico Frederick William Herschel.

A la edad de 19 años se trasladó a Inglaterra.

Dedicado en un principio a la música emprendió la construcción de potentes telescopios.

En 1774 con la ayuda y colaboración de su hermana Carolina, también astrónoma, comenzó un estudio sistemático del firmamento.

En 1781 descubrió un nuevo planeta que llamó Georgium Sidus en honor a su rey Jorge III, este planeta es llamado universalmente Urano.

También estudió el periodo de rotación de muchos planetas, así como el movimiento de las estrellas dobles y las nebulosas, aportando nuevas información sobre su constitución.

En el año 1800 descubre la existencia de la radiación infrarroja (luz infrarroja).

Este descubrimiento se produce durante la realización de un experimento en el que estudia las propiedades de las distintas bandas del espectro de la luz solar con ayuda de un termómetro de mercurio.

Para ello, descompone la luz solar con un prisma obteniendo los colores que la forman.

A continuación se dedica a realizar la medición de las temperaturas correspondientes a cada una de las zonas de distinto color.

Para su sorpresa, observa que el termómetro muestra la mayor subida en una banda inmediatamente contigua a la banda roja del espectro visible. Herschel deduce de manera correcta a partir de este hecho que se trata de una manifestación de una luz invisible por completo para el ojo humano.

A continuación la denomina ultrarroja, es decir situada más allá del rojo.

(El nombre de infrarroja se refiere a la frecuencia de dicha luz. La frecuencia de la luz es tanto menor cuanto más se avanza a lo largo de la totalidad del espectro de la luz visible desde el extremo violeta del rojo).

Posteriormente...

A mediados del siglo veinte se desarrollaron los primeros sistemas infrarrojos, compuestos de varias unidades modulares de gran tamaño que formaban conjuntos pesados y difíciles de manejar.

El elemento sensor era una aleación de diferentes elementos como Hg-Cd-Te que por efecto fotoeléctrico producían una señal eléctrica al incidir la radiación infrarroja sobre él.

El inconveniente que tenía esta técnica era que el sensor se calentaba y se necesitaba un sistema paralelo de refrigeración, que

evoluciona desde los ciclos de Stirling mediante nitrógeno líquido hasta la refrigeración termoeléctrica mediante células Peltier.

Sobre la década de los ochenta apareció otra tecnología que revolucionó el mundo de la medida de temperatura sin contacto.

Se desarrollaron los sensores de efecto térmico o también llamados microbolómetros.

Estos a diferencia de los anteriores utilizaban el efecto térmico de la radiación infrarroja para variar las condiciones eléctricas de una microresistencia, compuesta por un material semiconductor, y así obtener una señal proporcional a la potencia del infrarrojo recibido.

Esta tecnología ya no necesitaba ningún tipo de refrigeración y por tanto se pudo reducir de manera asombrosa el tamaño y el peso de los sistemas termográficos.

Hoy día estos sistemas tienen el tamaño de una cámara portátil y pueden ser manejados con una sola mano.

La Termografía infrarroja es una técnica que permite ver la temperatura de una superficie con precisión sin tener que tener ningún contacto con ella. Gracias a la Física podemos convertir las mediciones de la radiación infrarroja en mediciones de temperatura, esto es posible midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

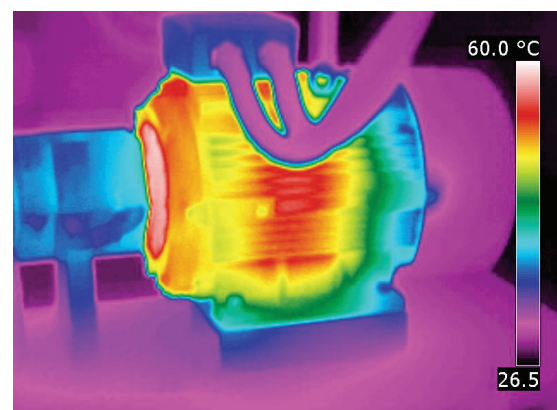


Fig. 386 Motor

El ser humano no es sensible a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir esta energía con sus sensores infrarrojos, capacitados para “ver” en estas longitudes de onda.

Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de una superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto alguno.

La radiación infrarroja es la señal de entrada que la cámara termográfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.

Debido a lo general que resulta la termografía infrarroja, el campo de aplicación de esta tiene una extensión que va más lejos de la simple toma de medidas de temperatura, y abarca tanto aplicaciones industriales como de investigación y desarrollo.

La localización de defectos en instalaciones eléctricas, el análisis de laminaciones de materiales compuestos, el control de procesos de fabricación, la vigilancia en condiciones nocturnas o de visibilidad reducida, la detección de pérdidas energéticas en edificación y hornos, o el estudio de dispositivos mecánicos... son algunos ejemplos en los que se pueden obtener importantes beneficios mediante el uso de la termografía infrarroja.

Algunas de las aplicaciones de la termografía infrarroja más importantes son:

Baja tensión:

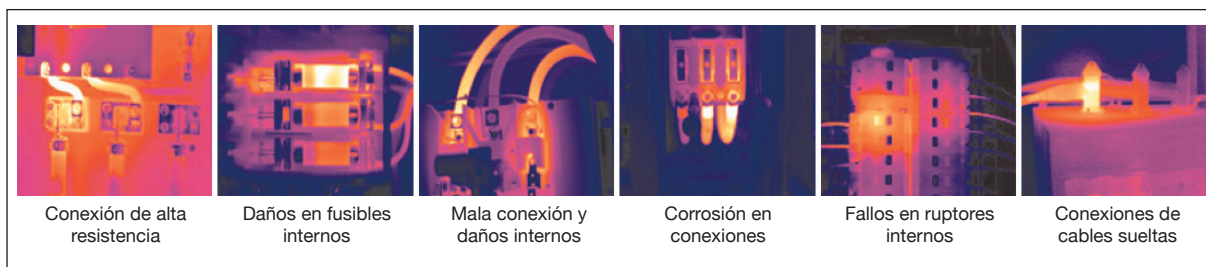


Fig. 387

Mecánicas:

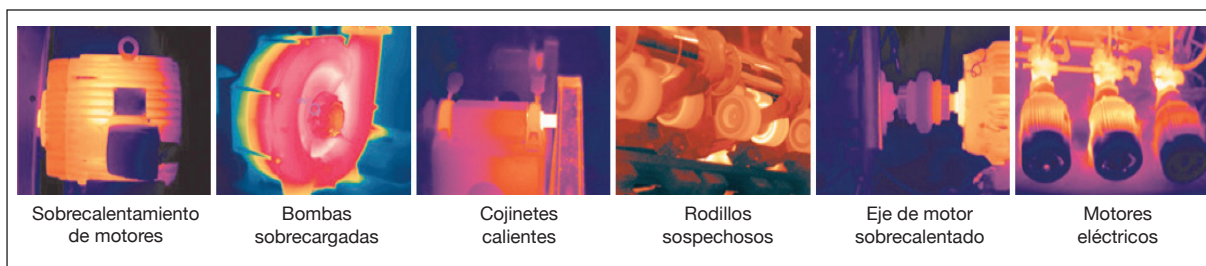


Fig. 388

Edificios:

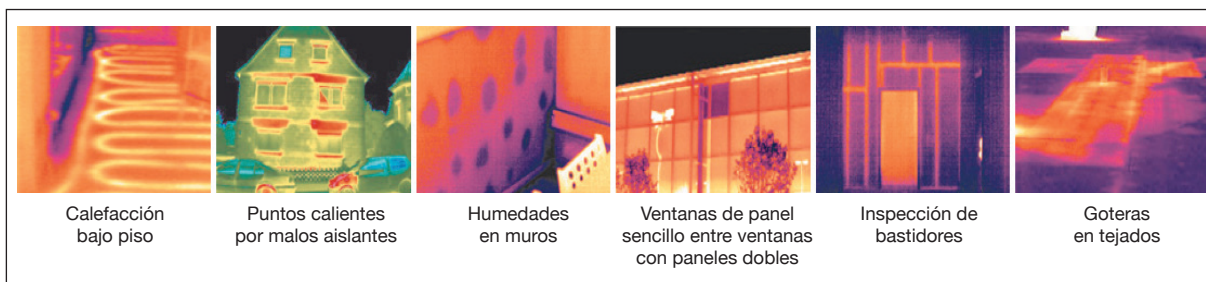


Fig. 389

Las cámaras termográficas son una herramienta indispensable en el mantenimiento predictivo y preventivo, al detectar anomalías invisibles al ojo humano, con el objetivo de prevenir errores y fallos que puedan suponer grandes pérdidas económicas.

Las cámaras infrarrojas se han convertido en sistemas similares a las cámaras de vídeo, son sencillas de usar y producen imágenes de muy alta resolución en tiempo real.

En todo el mundo son muchas las industrias que han descubierto en la termografía infrarroja las ventajas que puede traerles en sus programas de mantenimiento preventivo.

En las páginas que siguen, nos centraremos sin embargo en las imágenes por infrarrojos para que puedan observar que las aplicaciones de la termografía en el mantenimiento preventivo no tienen límites.

Cámaras de infrarrojos:

- Son tan fáciles de usar como una cámara de vídeo.
- Dan una imagen completa de la situación.
- Realizan inspecciones con los sistemas funcionando bajo carga.
- Identifican y localizan el problema.
- Miden temperaturas.
- Almacenan información.
- Dicen exactamente las medidas a tomar.
- Encuentran el problema antes de que éste se produzca.
- Ahorran un tiempo y dinero valiosísimos.

Otra de las aplicaciones de la termografía infrarroja son las energías renovables, algunos ejemplos:

Energía Eólica.

- Comprobación de huecos y fallos de pegado en la estructura de la concha de la pala.

- Revisión de las palas en los parques eólicos comprobando que no hayan sufrido daños bajo condiciones climáticas adversas.
- Vigilancia de Almacenamiento de Material.

Energía Solar.

- Controlar del proceso de fabricación antes y después de la laminación de las células fotovoltaicas.
- Comprobar el intercambio de líquidos en las células térmicas.
- Mantenimiento de los huertos solares, verificando que no tienen ninguna célula muerta que disminuya el rendimiento del mismo.

Los diversos tipos de plantas de energía actuales: como biomasa, carbón, gas, etc., e incluso vertederos, presentan un alto peligro de incendio.

Mediante la termografía infrarroja se puede detectar el incendio antes de que genere uno de magnitudes mayores.

Con la utilización de termografía pulsada y "LockIn", los defectos ocultos de diferentes materiales pueden ser detectados de forma completamente no destructiva y sin contacto.

Las técnicas de termografía pulsada y termografía "LockIn" se basan en el calentamiento de los componentes que queremos estudiar aplicando un calentamiento externo.

Detección de defectos en todo tipo de materiales compuestos como: CRP (Carbonfibre Reinforced Plastics), GRP (Glassfibre Reinforced Plastics), Honeycombs, CFRC (Carbonfibre Reinforced Ceramics) GLARE (Glassfibre Reinforced Aluminum Laminate).

- Identificación de grietas.
- Visualización de laminaciones.
- Identificación de agujeros internos, burbujas y filtraciones de aire.

- Detección de defectos en soldaduras o en juntas.
- Visualización de corrosión y oxidación en chapas de metal.

El gran avance de la tecnología por infrarrojos junto con una reducción de los costes de una forma significativa ha popularizado su utilización en una gran variedad de sectores de alta seguridad, saltando del uso militar tradicional a un uso civil diverso.



Fig.390 Midiendo.

Entidades públicas y privadas van incorporando la termografía como complemento y alternativa a técnicas tradicionales para reforzar los estándares de seguridad.

Algunos de los ámbitos de aplicación son:

Fuerzas de Seguridad.

La capacidad de visión en intervenciones de unidades militares y policiales es fundamental en el éxito final de las misiones.

Las cámaras térmicas ofrecen un potencial adicional de observación en condiciones nocturnas y de baja visibilidad, a la vez que ofrecen una menor vulnerabilidad frente a determinados efectos de camuflaje.

Vigilancia de Costas y Fronteras.

La termografía infrarroja aporta una nueva dimensión en entornos críticos de seguridad extrema como la vigilancia de costas y fronteras.

Para estos entornos donde se demandan capacidades máximas de observación y detección, disponemos de sistemas ópticos combinados que incorporan cámaras térmicas de muy alta sensibilidad y gran alcance.

Lucha contra incendios.

Ante un incendio en un entorno industrial, urbano o rural, la detección precoz es la mejor herramienta para minimizar riesgos y pérdidas.

El hecho de que las imágenes térmicas estén directamente relacionadas con temperatura permite utilizar técnicas de análisis térmico para generar alarmas tempranas.

Entornos de baja visibilidad.

Determinados entornos como túneles, galerías, viales de servicio, estaciones remotas de abastecimiento y comunicaciones... están sujetas de forma temporal o continua a condiciones de baja luminosidad.

Aún así, para preservar su integridad y mantener su servicio es necesario mantener su supervisión continua para garantizar su servicio de forma permanente.

La termografía por infrarrojos se está empezando a utilizar en el diagnóstico médico, y representa una útil herramienta para la terapia de seguimiento.



Fig.391 Cuerpo humano.

Este método proporciona un mapa térmico de la superficie corporal en tiempo real, y presenta la ventaja añadida de no necesitar contacto físico y de ser indoloro y no invasivo.

Su aplicación se fundamenta en la fisiología térmica humana y en las bases fisiopatológicas de termorregulación cutánea en enfermedades.

Éste es un método único por su capacidad para mostrar procesos fisiológicos y metabólicos, como por ejemplo el sentimiento de dolor, más que detalles puramente anatómicos, al revelar el efecto combinado del sistema nervioso autónomo y el sistema vascular sobre la temperatura.

Las cámaras termográficas incorporan la última tecnología, haciéndolas adecuadas para su uso en numerosas aplicaciones médicas:

- Detección temprana de cáncer de piel.
- Técnica complementaria para el diagnóstico de cáncer de mama.
- Estudio y localización exacta de puntos de dolor, medida de los mismos y ayuda en su diagnóstico.
- Monitorización evolutiva de la efectividad de anestesia local en extremidades, y consecuente reducción de tiempo y riesgo.
- Localización rápida de patologías en músculos y huesos, y en sistemas cardiovascular o neurológico.
- Análisis de la condición funcional de los tejidos blandos lesionados para elegir el tratamiento mejor y más apropiado.
- Estudio de la implicación de raíces nerviosas en patologías, incluyendo nervios raquídeos.
- Valoración de gravedad de quemaduras.
- Evolución de injertos y úlceras.
- Cirugía de corazón abierto.
- Pruebas “cold stress”.

- Documentación objetiva sobre el tratamiento más adecuado en diversas dolencias.
- Medicina deportiva.

Numerosos veterinarios han descubierto que la termografía infrarroja es un método rápido y no invasivo para detectar puntos calientes, ya que esta técnica genera una imagen de gradientes térmicos en tiempo real.

Ya que el calor es uno de los principales signos que presentan las infecciones y las lesiones, podemos usar la termografía para detectar estas zonas en las fases iniciales.

También se pueden detectar fácilmente nervios irritados y músculos dañados.

Dentro de las aplicaciones más comunes cabe destacar: patologías axiales, articulares, fracturas, tendinitis.

Los infrarrojos se usan comúnmente para el diagnóstico de patologías de caballos, pero son numerosos los zoólogos que no solo han aprendido con la termografía a diagnosticar sino a conocer el comportamiento de todo tipo de animales.

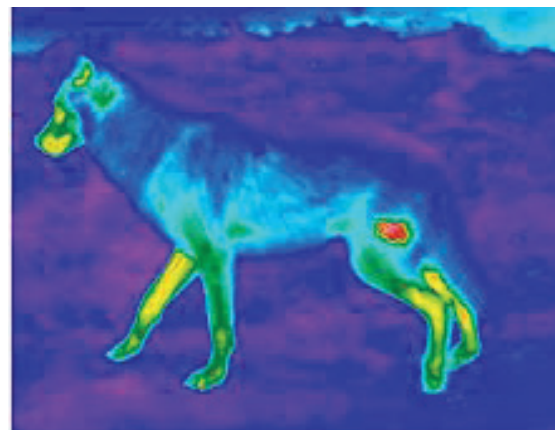


Fig.392 Termografía de un perro.

¿Por qué utilizar la termografía infrarroja en la industria de la construcción?

A raíz de la crisis del petróleo ocurrida en la década de 1970 hemos sido conscientes de que nuestras reservas energéticas son valiosas y limitadas. También sabemos que

el calentamiento global producido por las emisiones de CO₂ está causado por el consumo de energía térmica.

Las pérdidas energéticas son el resultado de anomalías en la construcción y pueden ser detectadas por infrarrojos.

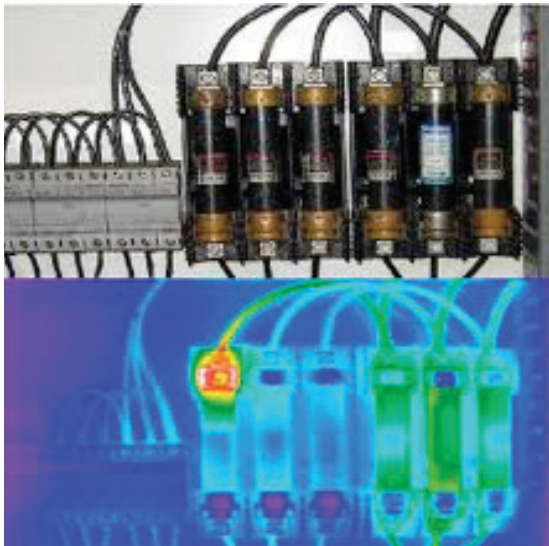


Fig.393 Parte de un cuadro eléctrico.

En consecuencia, reparando estas anomalías podremos ahorrar energía.

Arquitectos y contratistas se enfrentan a nuevos materiales y a plazos de ejecución cada vez más cortos.

Se exige una planificación, supervisión y documentación más eficiente en lo relativo a la ejecución de sellados y aislamientos térmicos, y se deben evitar situaciones de insalubridad producidas por enmohecimientos y humedades.

La termografía puede proporcionar la información necesaria para evitar estas costosas reparaciones.

Además, para las constructoras o aseguradoras las imágenes térmicas de tales anomalías constituyen pruebas irrefutables a la hora de llegar a un acuerdo en caso de litigio y planificar las acciones correspondientes de reparación.

Localización de fugas.

La termografía es una herramienta muy útil y fácil de usar para la detección y comprobación de fugas en tuberías y conducciones.

Incluso cuando éstas se encuentren bajo el suelo o paredes.

Ejemplos típicos son la detección de fugas en calefacciones de suelo radiante ó en sistemas de calefacción comunitaria.

Determinar la localización exacta de las fugas evita excavaciones innecesarias y ahorra costes.

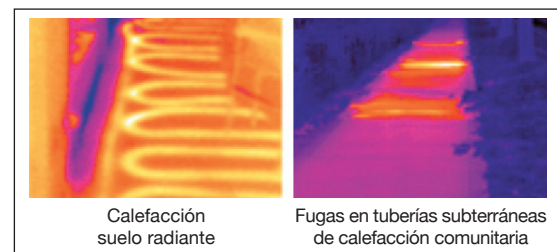


Fig. 394

Detección de defectos de construcción mediante termografía infrarroja.

La termografía es el método más adecuado y más rápido para revelar posibles defectos de construcción.

Gracias a ella es muy sencillo comprobar si la ejecución de la obra ha sido correcta.

La termografía visualiza instantáneamente pérdidas térmicas, humedades y fugas de aire que ocurren en los edificios por medio de imágenes a color.

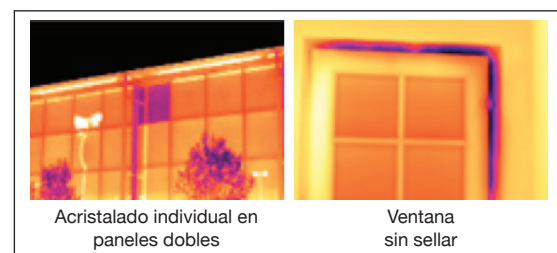


Fig. 395

Inspección de los procedimientos de secado.

Una vez localizada la fuga hay que proceder a su reparación y para ello hay que secar la zona afectada.

Una filtración de agua se seca normalmente efectuando perforaciones para que circule el aire.

Para evitar dañar las tuberías existentes y crear nuevas fugas utilizamos la cámara termográfica para su localización.

Asimismo podemos comprobar el progreso y el éxito del secado.

Visualización de pérdidas energéticas.

Los puentes térmicos no sólo son una pérdida de energía sino que pueden dar lugar a condensaciones o precipitaciones de humedad.

Como consecuencia, en esos puntos pueden enmohecerse, con el consiguiente riesgo para la salud de los ocupantes.

Además, los puentes térmicos también actúan a veces como puentes acústicos.

Un óptimo aislamiento térmico normalmente implica un buen aislamiento acústico. La termografía infrarroja detecta inmediatamente las localizaciones con deficiencias.

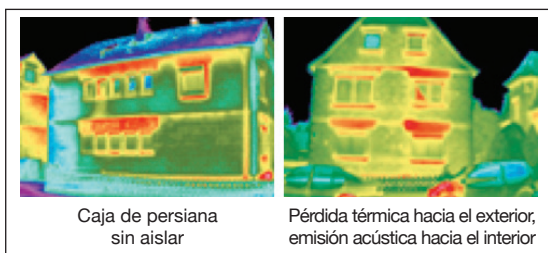


Fig. 396

Planes de reurbanización y garantía de calidad.

La termografía de infrarrojos no solo se aplica durante los planes de reurbanización,

sino también como garantía de calidad y en la inspección de nuevas construcciones.

En el secado de obras, la imagen térmica permite comprobar el avance del proceso de secado y optimizar así los medios empleados y la duración de estos.

Si este proceso puede acelerarse y ser demostrado, los clientes pueden ocupar sus viviendas con antelación.

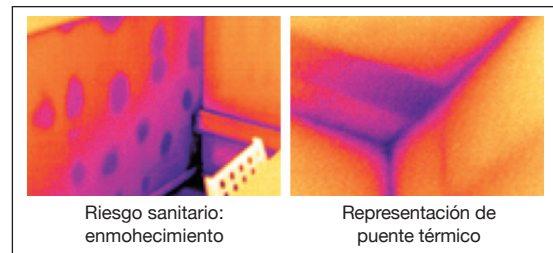


Fig. 397

Restauración de edificios.

La termografía también ofrece una valiosa información durante la restauración de edificios y monumentos.

Los entramados de las construcciones que se encuentren ocultos son revelados claramente en la imagen infrarroja y se puede decidir, por ejemplo, si tiene sentido levantar el revoque.

También pueden detectarse con anticipación desprendimientos de revoque en las paredes y tomar así las medidas oportunas para su conservación.

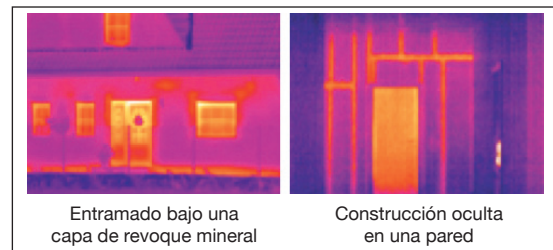


Fig. 398

Detección de fugas de aire.

Otra aplicación habitual es la detección de fugas de aire mediante la identificación de su tasa de intercambio.

Para ello se emplea el procedimiento Blower-Door, en el que se genera una baja presión en el edificio para forzar que el aire exterior, a mayor presión, penetre por las zonas que no estén selladas correctamente.

Este flujo de aire puede observarse fácilmente con una cámara de termografía.

Una vez identificadas las fugas se pueden reparar antes de que los revestimientos hagan costosa y complicada la eliminación de un eventual defecto de construcción.

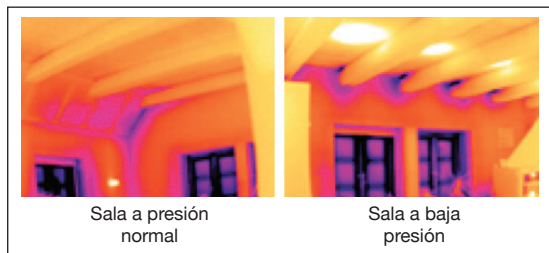


Fig. 399

Detección de fugas en tejados de cubierta plana.

La evaluación de filtraciones de agua en tejados de cubierta plana es otra aplicación muy común.

El agua retiene el calor durante más tiempo que el resto de materiales del tejado, pudiéndose detectar con la cámara una vez puesto el sol y el tejado ha empezado a enfriarse.

Se pueden reducir ampliamente los costes de reparación identificando las zonas húmedas con problemas en vez de reemplazar por completo el tejado.

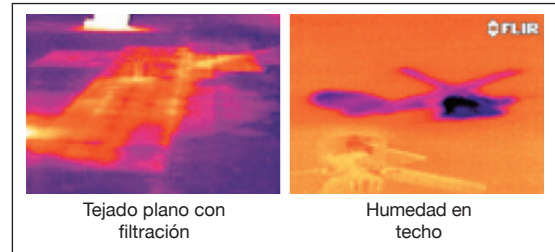


Fig. 400

Calefacción, ventilación y aire acondicionado.

El ambiente interior tiene un efecto considerable sobre nuestra sensación de bienestar y nuestro rendimiento.

Las bajas laborales por enfermedad en una empresa pueden deberse en parte a causa de un ambiente interior erróneo.

La termografía puede ofrecer información valiosa sobre el estado de las salidas de aire acondicionado, radiadores o sistemas de ventilación.

La información que proporciona la cámara permite optimizar los ambientes de trabajo y evitar lugares expuestos a corrientes de aire.



Fig. 401

Proteger contra incendios es proteger la vida.

Gracias a la termografía se pueden detectar sin esfuerzo todo tipo de grietas, fugas y ladrillos sueltos en chimeneas y sistemas de escape en instalaciones de calefacción.

Descubra inmediatamente zonas recalentadas que puedan provocar incendios en chimeneas y detecte riesgos de incendios

por excesiva proximidad a zonas de calefacción o salida de gases.

Prevención anticipada de enmohecimientos.

Los mohos no sólo afectan a las construcciones que atacan, sino que también suponen riesgos para la salud y provocan alergias a los ocupantes.

Las esporas de los mohos tienen las mejores condiciones de crecimiento cuando la humedad del aire ambiente se reúne y llega a precipitarse en forma de gotas.

Tanto las sustancias minerales de la pared como los papeles pintados son excelentes medios de cultivo para los hongos.

Gracias a la nueva función que incorporan las cámaras de visualización de puntos de condensación se muestran en pantalla los puntos amenazados de enmohecimiento mediante una alarma de color en la imagen.

Las zonas que están o pueden estar afectadas se detectan rápidamente y en el acto.

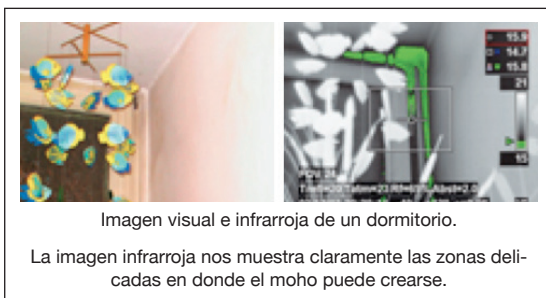


Fig. 402

LOS LEDs. HISTORIA Y FUTURO.

¡Ha llegado el momento de hablar de LEDs!

Ya estamos preparados, ya sabemos cómo son las tripas de las bombillas incandescentes, de las de descarga, fluorescentes, vapor de mercurio, mezcla, halogenuros metálicos, inducción...

Ahora hay que conocer a fondo la luz del futuro: Los LEDs

Los LEDs ya han empezado a revolucionar el mundo de la luz.

Casi ninguna otra tecnología evoluciona de forma tan rápida como esta.

El motivo para ello es obvio: en lo referente al tamaño, la eficacia, la vida útil, la intensidad y calidad luminosa, la técnica LED es muy superior a las lámparas convencionales.

Estas claras ventajas convierten los LEDs en una forma cada vez más económica y ecológica para la iluminación de zonas exteriores e interiores.

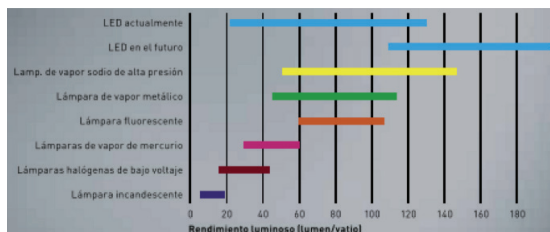


Fig.395 Eficacia luminosa de todas las fuentes de luz.

Actualmente se ofrecen soluciones LEDs razonables, maduras e impresionantes que garantizan un máximo de eficacia, confort y satisfacción.

Por ello, naturalmente, no nos contentemos con cualquier cosa.

Seguimos, de manera, expectante el desarrollo de la tecnología LED para luminarias.

A través de unas ópticas revolucionarias, un direccionamiento de luz muy estudiado y

unos sistemas de iluminación adaptados a cualquier situación, no solamente se puede reducir el consumo eléctrico, sino también elevar el rendimiento y la calidad de la luz a niveles más altos.

Ya hemos hablado de los LEDs, en la página 185 sin ir más lejos, pero es tan importante el tema que merece la pena insistir y dar a conocer aspectos que no se han tratado, como por ejemplo el concepto L(LIFE) (L70, L80), B(Mortality) y el Binning.

El LED es sólo la punta del iceberg, una de tantas aplicaciones de los semiconductores en la tecnología moderna.

A continuación contaremos los inicios de la tecnología LED, en qué consiste y hasta donde ha llegado al día de hoy.

LED viene de la sigla inglesa "Light-Emitting-Diode", que en español quiere decir "Diodo emisor de luz".

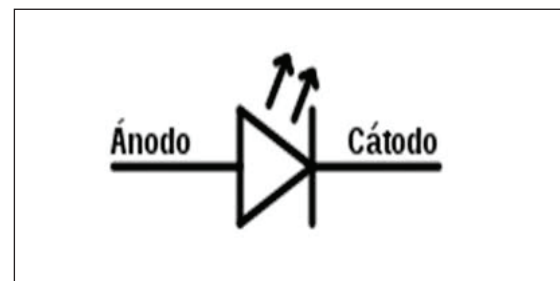


Fig.396 Símbolo del LED

Ahondando en la definición, un diodo es un elemento electrónico, conocido como semiconductor, que sólo permite el paso de corriente en una dirección.



Diodo: del griego "dos caminos".

Es conductor si la corriente pasa a favor, y aislante si la corriente circula en contra.

El invento se ha masificado en los últimos años y por ello la mayor parte de la gente cree que es una tecnología nueva.

Es cierto, los LEDs de hoy son mucho más avanzados que los originales, pero el principio científico de su funcionamiento proviene de la primera década del siglo XX.

Se trata de un fenómeno similar al que explica los Rayos X, mediante el cual la variación de energía en la estructura electrónica de un material provoca la liberación de esa energía en forma de radiación electromagnética.

A diferencia de los rayos X, en este caso no hay bombardeo de electrones sino que existe un contacto directo entre los cristales semiconductores. Además, el fotón emitido mediante este fenómeno sale provisto de una frecuencia que lo ubica dentro del espectro de la luz visible.

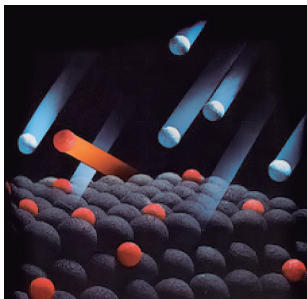


Fig.397 Emisión de luz.

A esto se llama Electroluminiscencia, y fue descubierta y documentada por Henry Joseph Round en 1907, mientras trabajaba en los Laboratorios Marconi, el mayor proveedor de equipos de radiotelegrafía en esa época.

El inglés H.R. Round era el asistente personal de Guillermo Marconi, y estaba dedicado a perfeccionar el llamado “detector de bigotes de gato” una forma muy primitiva de detector que se conoce desde los tiempos de las radios de galena.

Es tal como se ve: un brazo metálico con un alambre que hace contacto con un semiconductor (usualmente galena, pero no necesariamente) en su otro extremo.

Si el cristal de galena es aceptable para filtrar señales de radio, Round quería comprobar qué resultados se obtenía con otros materiales.



Fig.398 Detector de galena o germanio, como así se llamó.

En uno de esos días medianamente fríos de febrero de 1907, Round empezó a hacer la clásica iteración prueba y error para ver cómo se comportaban otros elementos.

En esa época no existía la mecánica cuántica y no había una manera de determinar, en el papel, cómo se comportaría un compuesto.

Se limitaban a probar y documentar los resultados.

Experimentando cómo se comportaba el detector de bigotes de gato con una colección de cristales y a distintas intensidades de corriente, se podría decir que Round vio la luz.

Round envió una carta a la revista *Electrical World* comentando el inesperado fenómeno:

“A los editores de Electrical World:

Durante la investigación del paso asimétrico de corriente a través de un contacto de carborundum (Carburo de Silicio) y otras sustancias, se ha notado un curioso fenómeno.

Al aplicar un potencial de 10 volt entre dos puntos del contacto, el cristal brilló con una luz amarillenta.

Sólo dos de mis muestras brillaron a 10 volt, pero subiendo el potencial a 110 volt muchas más mostraron brillo.

En algunos cristales sólo brillaron los extremos.

Otros mostraron una luz más bien verdosa, anaranjada o azul.

En todos los casos con éxito, la luz venía del polo negativo, pero también se podía ver una chispa azul verdosa en el polo positivo.

Al poner el polo negativo en la mitad del cristal y el positivo en un costado, sólo brilla el costado hacia donde está el polo positivo.

Parece haber cierta conexión entre el fenómeno descrito y el campo electromagnético que produce una muestra de carborundum con otro conductor, si se calienta por corriente continua o alterna.

Pero la conexión podría deberse simplemente a un fenómeno termoeléctrico.

Quien suscribe estaría muy feliz si pudiesen enviarle referencias de cualquier publicación que se relacione con este fenómeno u otro relacionado.”

Hasta donde hemos podido investigar, Round nunca recibió respuesta y, fuera de su carta como testimonio, no parece haber evidencia de que nadie en los laboratorios Marconi siguiera experimentando con el fenómeno, lo cual podría deberse a que el tema de la iluminación ya estaba resuelto por la lámpara incandescente, un invento que estaba prosperando y masificándose.

A la luz de ello, no valía la pena perder el tiempo “electrocutando” cristales cuando el negocio en boga eran las telecomunicaciones.

Tan abandonado quedó el descubrimiento que pasaron 20 años antes de que alguien volviera a mencionarlo.


Esto ocurrió en 1927, cuando un técnico ruso llamado Oleg Vladimírovich Lósev

redescubrió la electroluminiscencia y de paso inventó el LED como lo conocemos.

Oleg trabajaba en una radioemisora, y un día notó que algunos semiconductores presentes en los equipos radiales resplandecían en la oscuridad.

El ruso no era un científico ni tenía una gran formación académica, pero se apasionó con el tema y lo investigó a fondo, al punto que elaboró un estudio digno de ser publicado en una revista de su país.

No se detuvo ahí, sino que aisló el fenómeno y siguió enviando correspondencia a revistas científicas.

Lamentablemente, Lósev no tuvo en vida reconocimiento ni recompensas materiales, puesto que el estallido de la Segunda Guerra Mundial y su muerte en el  Leningrado truncaron su carrera.

Si de algo sirve reconocerlo ahora, es cierto que H.J. Round descubrió la electroluminiscencia, pero fue Oleg Lósev quien inventó el LED como tal.

Ahora sabemos más cosas sobre estos elementos luminosos, por ejemplo que están formados por dos semiconductores.

Los semiconductores son sustancias que pueden conducir electricidad en ciertas condiciones, como por ejemplo, bajo cierto voltaje, temperatura o corriente.

Los semiconductores son unos cuerpos sólidos cristalinos con una conductividad extremadamente dependiente de la temperatura.

Mientras estén muy cerca del cero absoluto (-273,15 °C) son aislantes, a temperatura ambiente disponen de una conductividad medible que aumenta con la temperatura.

Puede explicarse este fenómeno a través del modelo de bandas mecánico cuántico.

Dice que los electrones de un semiconductor solamente pueden moverse en ciertas bandas con un determinado nivel de energía.

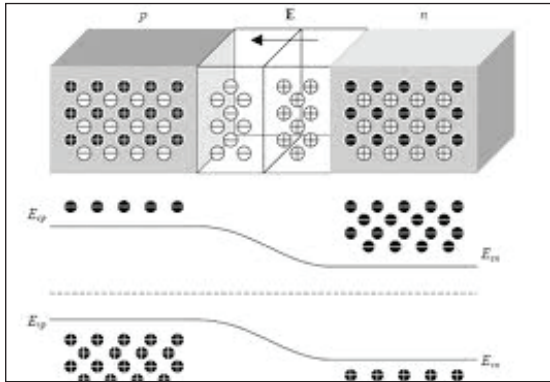


Fig.399 Bandas.

En el cero absoluto, la banda de máxima energía (la banda de valencia) está totalmente llena de electrones y separada por la próxima banda vacía de mayor energía (la banda de conducción) a través de la banda prohibida. Cuando sube la temperatura, algunos electrones pueden saltar esta banda prohibida y moverse libremente en la banda de conducción, aumentando así la conductividad.

En este proceso, la banda de valencia deja un hueco de carga positiva, el llamado “hueco de electrón”.

Si un electrón que se mueve libremente en la banda de conducción alcanza un hueco de electrón ubicado en la banda de valencia, el electrón y el hueco pueden recombinarse.

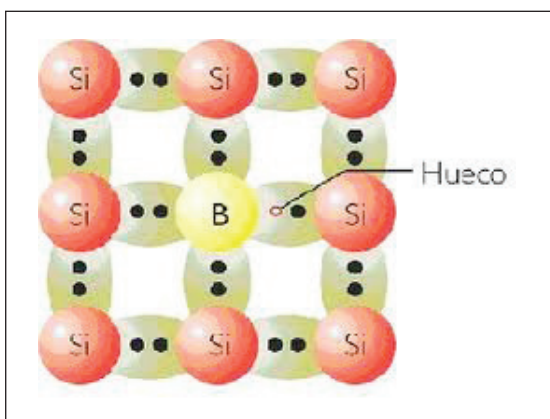


Fig.400 El fenómeno semiconductor

La energía liberada puede (como en el caso de un LED) emitirse en forma de luz.

La longitud de onda de la luz emitida depende del tamaño de la banda prohibida y puede modificarse a través de materiales semiconductores.

El dopado sirve para aumentar la conductividad de un semiconductor.

Para ello, en la red cristalina se introducen imperfecciones utilizando átomos de mayor o menor número de electrones de valencia.

Por ejemplo, si se inserta en una red cristalina de átomos de germanio (cuatro electrones de valencia) unos átomos de arsénico con cinco electrones de valencia, el quinto electrón no se necesita para los enlaces. Puede moverse libremente por la red y está disponible para la conducción de la corriente eléctrica.

Un semiconductor dopado con átomos extraños de mayor valencia se llama conductor tipo N.

No obstante, si se inserta en la red de germanio un átomo con solamente tres electrones de valencia como, por ejemplo, de indio, resulta una red con un hueco de electrón que se puede mover libremente.

Un semiconductor con este dopaje se llama conductor tipo P.

Si se combina un conductor tipo N con un conductor tipo P, en la barrera los electrones pueden moverse desde el conductor tipo N hacia el conductor tipo P y los huecos de manera viceversa.

Debido a la recombinación de los huecos y los electrones, la carga de la barrera desaparece.

Durante el proceso, el semiconductor tipo PN queda eléctricamente neutro, pero a través de la desaparición de un electrón del conductor N y un hueco del conductor P se crea una tensión.

El conductor tipo N en la barrera gana cargas positivas, y el conductor tipo P cargas negativas.

Los electrones adicionales en el conductor N todavía son atraídos por los huecos del conductor tipo P pero también son repulsados por la carga negativa que se acumula en el conductor P hasta alcanzar un estado de equilibrio y detenerse el movimiento de los electrones.

Al aplicar una tensión en la unión PN, el tamaño de la barrera puede ser modificado.

Para ello, la polaridad es decisiva.

Si se une un conductor tipo N (donador de electrones) con el cátodo cargado negativamente, desde el lado N se mueven los electrones en dirección de la barrera al ánodo.

Al mismo tiempo, los huecos se mueven del lado P (conectado con el ánodo de carga positiva) en dirección de la barrera al cátodo.

Cuando la tensión aumenta, la barrera disminuye hasta alcanzarse la tensión de paso.

Entonces el diodo conduce la corriente eléctrica.

Y si se une el conductor N con el ánodo de carga positiva, éste atrae a los electrones llevando a un aumento de la barrera e impidiendo que fluya corriente eléctrica.

Al recombinarse un electrón y un hueco se produce la emisión de luz. Como al recaer un electrón de la banda de valencia en la banda de conducción siempre se libera la misma cantidad de energía, la luz emitida es monocromática.

Al ser capturados, los electrones pasan al otro átomo pero a una órbita menor que la original.

En esa órbita tienen menor energía y están obligados a deshacerse de ella de alguna forma.

Esa forma es, ya lo supondrá el lector, un fotón.

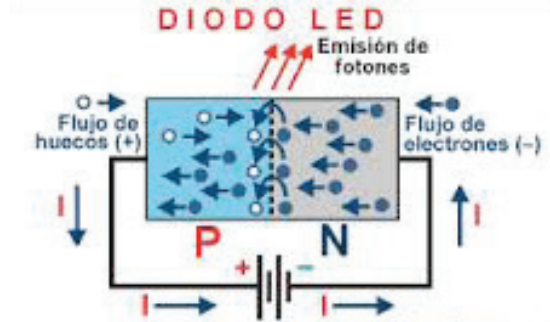


Fig.401 Fotón.

A través de la selección de los materiales semiconductores, el tamaño de la banda prohibida puede modificarse de tal manera que puedan crearse todos los colores espectrales, es decir, rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta.



En física moderna, el fotón (en griego φῶς, φωτός [luz], y -ón) es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético.

Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible (espectro electromagnético), la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio.

El fotón tiene una masa invariante cero, y viaja en el vacío con una velocidad constante c .

Como todos los cuantos, el fotón presenta tanto propiedades corpusculares como ondulatorias ("dualidad onda-corpusculo"). Se comporta como una onda en fenómenos como la refracción que tiene lugar en una lente, o en la cancelación por interferencia destructiva de ondas reflejadas; sin embargo, se comporta como una partícula cuando interactúa con la materia para transferir una cantidad fija de energía, que viene dada por la expresión

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

donde h es la constante de Planck, c es la velocidad de la luz y λ es la longitud de onda.

Esto difiere de lo que ocurre con las ondas clásicas, que pueden ganar o perder cantidades arbitrarias de energía.

Para la luz visible, la energía portada por un fotón es de alrededor de 4×10^{-19} julios; esta energía es suficiente para excitar un ojo y dar lugar a la visión.

Por eso dijimos que el efecto es distinto al que explica los Rayos X.

En aquellos hay un electrón proyectado por efecto termoiónico que impacta sobre un ánodo metálico provocando ya sea la fuga de un electrón del ánodo o el frenado repentino del electrón original.

En la electroluminiscencia, en cambio, prácticamente no hay energía cinética involucrada y la transferencia de electrones prescinde por completo de la emisión termoiónica.

En la práctica, una de las ventajas de los LEDs es que se calientan relativamente poco.

La energía del fotón liberado en la electroluminiscencia determina su frecuencia, y por añadidura su color.

Para cierto semiconductor y cierto voltaje, el color emitido es constante y característico.

Bajas frecuencias producen un color rojo, y altas frecuencias producen luz azul o violeta.

Si no tienen una frecuencia final dentro del espectro visible, pueden incluso caer dentro la luz infrarroja (como de los controles remotos) o ultravioleta.

Y ojo, que los semiconductores no sólo se aplican en el mundo de la luz, sino también en la informática.

El LED azul y la historia de Shuji Nakamura.

La industria de los LED no floreció sino hasta los años 60, en donde empezó a demostrar su conveniencia en términos de tamaño, consumo eléctrico, calor disipado y duración.

Sin embargo no fue sino hasta los años 90 en que la industria empezó a pensar: “Qué interesante sería poder usar LEDs para hacer pantallas de televisión en color”.

Evidentemente, la miniaturización y el auge de los dispositivos portátiles sugerían que el LED era ideal para ese uso, más que un VFD (visualizador fluorescente de vacío) teñido o un pequeño CRT (tubo de rayos catódicos).

El problema es que, aunque habían logrado generar LEDs de varios colores, todavía no habían dado con uno que pudiese generar luz azul por efecto de electroluminiscencia.

A falta de un color primario, no podían suplirlo mezclando otras luces.

Eso cambió cuando Shuji Nakamura inventó el LED azul, y la historia es tan particular que vale la pena mencionarla.

Hoy en día existen muchas tecnologías patentadas por empresas y no por el ingeniero que realmente las descubre.

Esto es así porque las empresas basan gran parte de su valor en la propiedad intelectual, y tienen sendos contratos garantizando que todo lo que inventan sus empleados en realidad es de la compañía.

Un equipo de investigación y desarrollo descubre algo, y ese “algo” pasa a ser propiedad de la compañía, que le saca provecho y evita, gracias a la patente, que alguien más lo haga.

Parece justo, pero en el caso de Nichia Corporation no lo fue tanto.



Fig.402 Shuji Nakamura

En 1995 **Shuji Nakamura** y sus asistentes lograron dar con la combinación InGaN y AlGaIn para crearlos, pero como trabajaban para Nichia Corporation, la empresa se quedó con el invento.

La salvedad es que Shuji no hizo su investigación en las instalaciones de la empresa ni en sus horas laborales, sino que fue en ratos libres.

Nichia se apropió de su investigación y luego lo despidió.

Nakamura vio con impotencia cómo los productos derivados del LED Azul florecieron generando móviles con pantallas a color y discos Blu Ray.

Para la comunidad científica esto era bastante injusto, mucho más si contamos con que Shuji fue considerado para un Premio Nóbel de Física por el invento, así que el propio inventor decidió demandar a la compañía. El juicio se demoró varios años, pero finalmente la corte ordenó a Nichia que le otorgase la no despreciable suma de 180 millones de dólares por las utilidades generadas por su invento.

Sin embargo, la patente que había sido desarrollada para la compañía mientras era empleado de la misma seguiría siendo de Nichia Corporation hasta el fin de los tiempos.

Shuji actualmente es profesor en la Universidad de California y tiene un puntero láser azul.

Los OLED.

El comienzo del siglo XXI vio aparecer los diodos OLED (LEDs orgánicos), fabricados con materiales polímeros orgánicos semiconductores.

Aunque la eficiencia lograda con estos dispositivos está lejos de la de los diodos inorgánicos, y son biodegradables, su fabricación promete ser considerablemente más barata que la de aquellos, siendo además posible depositar gran cantidad de diodos sobre cualquier superficie empleando técnicas de pintado para crear pantallas en color.

El OLED (organic light-emitting diode: 'diodo orgánico de emisión de luz') es un diodo basado en una capa electroluminiscente que está formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan a un determinado estímulo eléctrico, generando y emitiendo luz por sí mismos.

No se puede hablar realmente de una tecnología OLED, sino más bien de tecnologías basadas en OLED, ya que son varias las que hay, dependiendo del soporte y finalidad a la que vayan destinados.

Su aplicación es realmente amplia, mucho más que cualquier otra tecnología existente.

Pero además, las tecnologías basadas en OLED no solo tienen una aplicación puramente como pantallas reproductoras de imagen, sino que su horizonte se amplía al campo de la iluminación, privacidad y otros múltiples usos que se le pueda dar.

Las ventajas de esta nueva tecnología son enormes, pero también tiene una serie de inconvenientes, aunque la mayoría de estos son totalmente circunstanciales y desaparecerán, en unos casos, conforme se siga investigando en este campo, y en otros, conforme vaya aumentando su uso y producción.

Una solución tecnológica que pretende aprovechar las ventajas de la eficiencia alta de los LEDs típicos (hechos con materiales

inorgánicos principalmente) y los costes menores de los OLED (derivados del uso de materiales orgánicos) son los Sistemas de Iluminación Híbridos (Orgánicos/Inorgánicos) basados en diodos emisores de luz.

Dos ejemplos de este tipo de solución tecnológica se están intentando comercializar con los nombres de HWL (Hybrid White Light: 'luz blanca híbrida') y HML (Hybrid Multicolor Light: 'luz multicolor híbrida'), cuyo resultado puede producir sistemas de iluminación mucho más eficientes y con un coste menor que los actuales.

Como dijimos, los LEDs tuvieron aplicación práctica en los años 60, cuando se empezaron a incorporar en equipos que sólo necesitaban una pequeña luz como indicador.

Como eran de GaAsP (Arseniuro fosforo de galio), los fotones que se desprendían estaban al límite (infrarrojo) del espectro visible por el ojo humano.

Ese brillo rojizo tenía aplicaciones bastante puntuales en los paneles de control y los display monocromáticos.

A finales de los años 80, Hewlett Packard empezó a producir LEDs usando la unión AlGaAs (Arseniuro de galio y aluminio), que pudieron emitir luz más brillante, y pasaron a formar parte de productos más exigentes.

Después apareció la unión GaP (Fosforo de galio) que permitió LED verdes y más brillantes.

También se idearon otras combinaciones que mejoraron la luminosidad del producto final e incentivaron su propagación y adopción, que a su vez generaron economías de escala que fueron haciendo de los LEDs una tecnología muy competitiva con otras fuentes de luz, como las luces fluorescentes, las de cátodo frío y las incandescentes.

¿Quién no recuerda los display alfanuméricos de LEDs rojos a mediados de los 90?

Hoy en día, gracias al principio de electroluminiscencia y los constantes avances

en su fabricación, los LED han empezado a lograr los primeros puestos en el mercado.

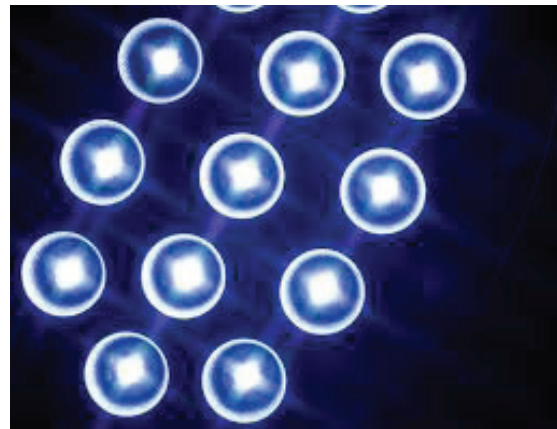


Fig.403 LEDs azules.

Los LEDs en la actualidad se pueden acondicionar o incorporarse en un porcentaje mayor al 90 % a todas las tecnologías de iluminación actuales, casas, oficinas, industrias, edificios, restaurantes, arenas, teatros, plazas comerciales, gasolineras, calles y avenidas, estadios (en algunos casos por las dimensiones del estadio no es posible porque quedarían espacios oscuros), conciertos, discotecas, casinos, hoteles, carreteras, luces de tráfico o de semáforos, señalizaciones viales, universidades, colegios, escuelas, estacionamientos, aeropuertos, sistemas híbridos, teléfonos móviles, pantallas de casa o domésticas, monitores, cámaras de vigilancia, supermercados, en transportes (bicicletas, motocicletas, automóviles, camiones tráiler, etc.), en linternas de mano, para crear pantallas electrónicas de LED (tanto informativas como publicitarias) y para cuestiones arquitectónicas especiales o de arte culturales.

Todas estas aplicaciones se dan gracias a su diseño compacto.

Los diodos infrarrojos (IRED) se emplean desde mediados del siglo XX en mandos a distancia de televisores, habiéndose generalizado su uso en otros electrodomésticos como equipos de aire acondicionado, equipos de música, etc., y, en general, para aplicaciones de control remoto así como

en dispositivos detectores, además de ser utilizados para transmitir datos entre dispositivos electrónicos como en redes de ~~computadoras~~ y dispositivos como teléfonos móviles, ~~computadoras de mano~~, aunque esta tecnología de transmisión de datos ha dado paso al Bluetooth en los últimos años, quedando casi obsoleta.

Los LEDs se emplean con profusión en todo tipo de indicadores de estado (encendido/apagado) en dispositivos de señalización (de tránsito, de emergencia, etc.) y en paneles informativos (el mayor del mundo, del NASDAQ, tiene 36,6 metros de altura y está en Times Square, Manhattan).

El uso de LEDs en el ámbito de la iluminación (incluyendo la señalización de tráfico) es moderado y es previsible que se incremente en el futuro, ya que sus prestaciones son superiores a las de la lámpara incandescente y la lámpara fluorescente, desde diversos puntos de vista.

Esta iluminación presenta indudables ventajas: fiabilidad, mayor eficiencia energética, mayor resistencia a las vibraciones, mejor visión ante diversas circunstancias de iluminación, menor disipación de energía, menor riesgo para el medio ambiente, capacidad para operar de forma intermitente de modo continuo, respuesta rápida, etc.

Asimismo, se pueden producir luces de diferentes colores con un rendimiento luminoso elevado, a diferencia de muchas de las lámparas utilizadas hasta ahora que tienen filtros para lograr un efecto similar (lo que supone una reducción de su eficiencia energética).

Cabe destacar también que diversas pruebas realizadas por importantes empresas y organismos han concluido que el ahorro energético varía entre el 70 y el ~~80 %~~ respecto a la iluminación tradicional que se utiliza hasta ahora.

Todo ello pone de manifiesto las numerosas ventajas que los LEDs ofrecen en relación al alumbrado público.

Los de luz blanca son uno de los desarrollos más recientes y pueden considerarse como un intento muy bien fundamentado para sustituir los focos o bombillas actuales (lámparas incandescentes) por dispositivos mucho más ventajosos.

En la actualidad se dispone de tecnología que consume el 92 % menos que las lámparas incandescentes de uso doméstico común y el 30 % menos que la mayoría de las lámparas fluorescentes.

Además, pueden durar hasta 20 años y suponer el 200 % menos de costos totales de propiedad si se comparan con las lámparas o tubos fluorescentes convencionales.

Estas características convierten a los LEDs de luz blanca en una alternativa muy prometedora para la iluminación.

También se utilizan en la emisión de señales de luz que se transmiten a través de fibra óptica.

Compuestos empleados en la fabricación de LEDs

En corriente continua (CC), todos los diodos emiten cierta cantidad de radiación cuando los pares electrón-hueco se recombinan; es decir, cuando los electrones caen desde la banda de conducción (de mayor energía) a la banda de valencia (de menor energía) emitiendo fotones en el proceso.

Indudablemente, por ende, su color dependerá de la altura de la banda prohibida (diferencias de energía entre las bandas de conducción y valencia), es decir, de los materiales empleados.

Los diodos convencionales, de silicio o germanio, emiten radiación infrarroja muy alejada del espectro visible.

Sin embargo, con materiales especiales pueden conseguirse longitudes de onda visibles.

Los LEDs e IRED (diodos infrarrojos), además, tienen geometrías especiales para evitar que la radiación emitida sea reabsorbida

por el material circundante del propio diodo, lo que sucede en los convencionales.



Fig.404 Diodos de colores

COMPUESTO	COLOR	LONG. DE ONDA
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940 nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890 nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, anaranjado y amarillo	630 nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555 nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525 nm
Seleniuro de cinc (ZnSe)	Azul	430 nm
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450 nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480 nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	en desarrollo	

Los primeros LEDs construidos fueron los diodos infrarrojos y de color rojo, permitiendo el desarrollo tecnológico posterior la construcción de diodos para longitudes de onda cada vez menores.

En particular, los diodos azules hemos leído que fueron desarrollados a finales de los años noventa por Shuji Nakamura, añadiéndose a los rojos y verdes desarrollados con anterioridad, lo que permitió (por combinación de los mismos) la obtención de luz blanca.

El diodo de seleniuro de cinc puede emitir también luz blanca si se mezcla la luz azul que emite con la roja y verde creada por fotoluminiscencia.

La más reciente innovación en el ámbito de la tecnología LED son los LEDs ultravioleta, que se han empleado con éxito en la producción de luz negra para iluminar materiales fluorescentes.

Tanto los LEDs azules como los ultravioletas son caros respecto a los más comunes (rojo, verde, amarillo e infrarrojo), siendo por ello menos empleados en las aplicaciones comerciales.

Los LEDs comerciales típicos están diseñados para potencias del orden de los 30 a 60 mW.

En torno a 1999 se introdujeron en el mercado diodos capaces de trabajar con potencias de 1 vatio para uso continuo.



Fig. 405 Diodos 1W

Estos diodos tienen matrices semiconductoras de dimensiones mucho mayores para poder soportar tales potencias e incorporan aletas metálicas para disipar el calor (por convección) generado por el efecto Joule.

Hoy en día se están desarrollando y empezando a comercializar LEDs con prestaciones muy superiores a las de hace unos años y con un futuro prometedor en diversos campos, incluso en aplicaciones generales de iluminación.



Como ejemplo, se puede destacar que Nichia Corporation ha desarrollado LEDs de luz blanca con una eficiencia luminosa de 150 lm/W utilizando para ello una corriente de polarización directa de 20 miliamperios (mA).

Esta eficiencia, comparada con otras fuentes de luz solamente en términos de rendimiento, es aproximadamente 1,7 veces superior a la de la lámpara fluorescente con prestaciones de color altas (90 lm/W) y aproximadamente 11,5 veces la de una lámpara incandescente (13 lm/W).

Su eficiencia es incluso más alta que la de la lámpara de vapor de sodio de alta presión (132 lm/W), que está considerada como una de las fuentes de luz más eficientes.

Partes de un diodo.

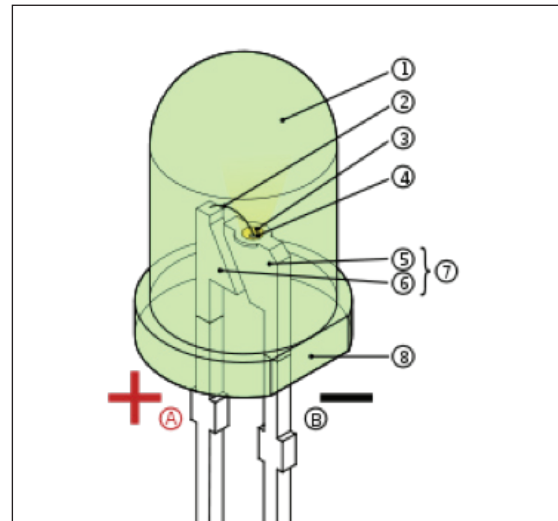


Fig.406 Partes de un diodo T

- A - Ánodo
- B - Cátodo
- 1 - Lente/encapsulado epóxico (capsula plástica)
- 2 - Contacto metálico (hilo conductor)
- 3 - Cavity reflectora (copa reflectora)
- 4 - Terminación del semiconductor
- 5 - Yunque
- 6 - Plaqueta
- 7 - Terminales
- 8 - Borde plano



Hemos de saber que esta configuración de LED se conoce como T.

Luego se hablará de otras configuraciones.

Hay que recordar que la patilla más corta es el borne negativo.

Esto no quiere decir que en los demás semiconductores (semiconductores de banda prohibida indirecta [indirect bandgap]) no se produzcan emisiones en forma de fotones.

Sin embargo, estas emisiones son mucho más probables en los semiconductores de banda prohibida directa (como el Nitruro de galio) que en los semiconductores de banda prohibida indirecta (como el silicio).

La emisión espontánea, por tanto, no se produce de forma notable en todos los diodos y solo es visible en diodos como los LEDs de luz visible, que tienen una disposición constructiva especial con el propósito de evitar que la radiación sea reabsorbida por el material circundante, y una energía de la banda prohibida coincidente con la correspondiente al espectro visible.

En otros diodos, la energía se libera principalmente en forma de calor, radiación infrarroja o radiación ultravioleta.

En el caso de que el diodo libere la energía en forma de radiación ultravioleta, se puede conseguir aprovechar esta radiación para producir radiación visible mediante sustancias fluorescentes o fosforescentes que absorban la radiación ultravioleta emitida por el diodo y posteriormente emitan luz visible.

El dispositivo semiconductor está comúnmente encapsulado en una cubierta de plástico de mayor resistencia que las de vidrio que usualmente se emplean en las lámparas incandescentes.

Aunque el plástico puede estar coloreado, es solo por razones estéticas, ya que ello no influye en el color de la luz emitida.

Usualmente un LED es una fuente de luz compuesta con diferentes partes, razón por la cual el patrón de intensidad de la luz emitida puede ser bastante complejo.

Para obtener buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el LED.

Para ello hay que tener en cuenta que el voltaje de operación va desde 1,8 hasta 3,8 voltios aproximadamente (lo que está relacionado con el material de fabricación y el color de la luz que emite) y la gama de intensidades que debe circular por él varía según su aplicación.

Los valores típicos de corriente directa de polarización de un LED corriente están comprendidos entre los 10 y los 40 mA.

En general, los LEDs suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, con lo cual, en su operación de forma optimizada, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).

El primer LED que emitía en el espectro visible fue desarrollado por el ingeniero de General Electric Nick Holonyak en 1962.

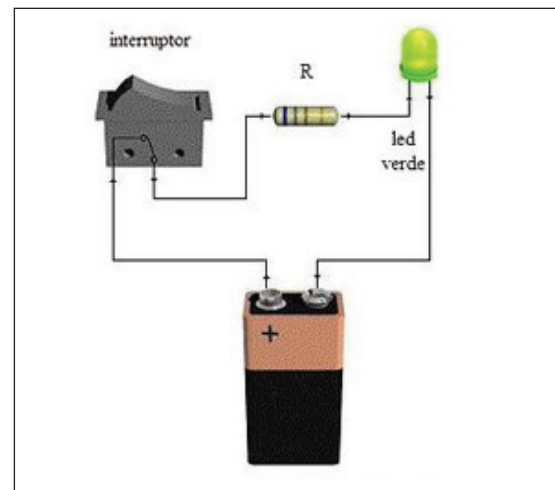


Fig.408 Circuito básico de polarización directa de un solo LED.

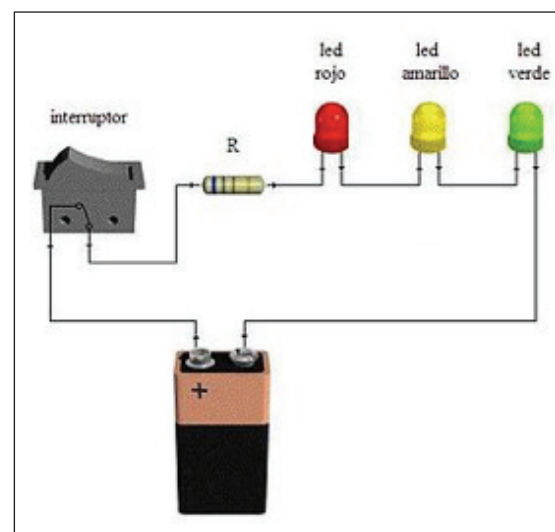


Fig.409 Circuito básico para polarizar varios LEDs de manera directa.

Para conectar LEDs de modo que iluminen de forma continua, deben estar polarizados directamente, es decir, con el polo positivo de la fuente de alimentación conectado al ánodo y el polo negativo conectado al cátodo. Además, la fuente de alimentación debe suministrarle una tensión o diferencia de potencial superior a su tensión umbral.

Por otro lado, se debe garantizar que la corriente que circula por ellos no exceda los límites admisibles, lo que dañaría irreversiblemente al LED. (Esto se puede hacer de manera sencilla con una resistencia R en serie con los LEDs).

La diferencia de potencial varía de acuerdo a las especificaciones relacionadas con el color y la potencia soportada.

En términos generales, pueden considerarse de forma aproximada los siguientes valores de diferencia de potencial:

- Rojo = 1,8 a 2,2 voltios.
- Anaranjado = 2,1 a 2,2 voltios.
- Amarillo = 2,1 a 2,4 voltios.
- Verde = 2 a 3,5 voltios.
- Azul = 3,5 a 3,8 voltios.
- Blanco = 3,6 voltios.

Luego, mediante la ley de Ohm, puede calcularse la resistencia R adecuada para la tensión de la fuente V fuente que utilizemos.

$$R = \frac{V_{fuente} - (V_{d1} + V_{d2} + \dots)}{I}$$

El término I en la fórmula se refiere al valor de corriente para la intensidad luminosa que necesitamos.

Lo común es de 10 miliamperios para LEDs de baja luminosidad y 20 mA para los de alta luminosidad.

Un valor superior puede inutilizar el LED o reducir de manera considerable su tiempo de vida.

Otros, de una mayor capacidad de corriente, conocidos como LEDs de potencia

(1 W, 3 W, 5 W, etc.), pueden ser usados a 150 mA, 350 mA, 750 mA o incluso a 3000 mA dependiendo de las características optoeléctricas dadas por el fabricante.

Cabe recordar que también pueden conectarse varios en serie, sumándose las diferencias de potencial en cada uno.

También se pueden hacer configuraciones en paralelo, aunque este tipo de configuraciones no son muy recomendadas para diseños de circuitos con LEDs eficientes.



Fig.410 Luminaria LEDs

- Las luminarias LED puntuales y lineales reducen la carga eléctrica.
- Los LED proporcionan además luz instantánea y ofrecen la posibilidad de regulación.
- Las soluciones LED sostenibles no contienen radiación infrarroja o ultravioleta ni mercurio.

Hoy en día es posible conseguir LEDs en todo el espectro visible y más allá.

Con una elevada vida útil, elevado brillo y alta eficiencia lumínica, su bajo consumo comparado con otras fuentes de luz incluso inferior a las lámparas de bajo consumo y tubos fluorescentes, lo posiciona dentro del grupo de los productos ambientalmente amigables y ecológicos.

Sumado a todo esto nos encontramos con que su precio y disponibilidad en el mercado lo hacen cada vez más asequible al público en general e indicado para cada vez más aplicaciones de uso cotidiano en el mundo del siglo XXI.



A diferencia de las lámparas de incandescencia cuyo funcionamiento es por una determinada tensión, los LEDs funcionan por la corriente que los atraviesa.

Su conexión a una fuente de tensión constante debe estar protegida por una resistencia limitadora.

Si la corriente aplicada es suficiente para que entre en conducción el diodo emitirá una cierta cantidad de luz que dependerá de la cantidad de corriente y la temperatura del LED.

La luminosidad aumentará según aumentemos la intensidad pero habrá que tener en cuenta la máxima intensidad que soporta el LED.

Vida útil de un LED.

Con una vida útil de aprox. 50.000 horas de servicio, el LED supera la mayoría de las fuentes de luz.

Esto se traduce en 5,7 años de servicio permanente ó 2.083 días las 24 horas al día.

La vida útil de un LED depende, entre otras cosas, de la temperatura, de la intensidad de la corriente, de la tensión, la humedad, las sustancias químicas, la radiación y las fuerzas mecánicas.

Gracias a la ausencia de piezas móviles o frágiles en un LED y su forma constructiva compacta, la sensibilidad respecto al impacto mecánico es relativamente pequeña en comparación con otras bombillas.

La estimación de 50.000 horas de vida útil significa que ya no es necesario ningún cambio de las fuentes de luz en largos periodos de tiempo.

Las luminarias LED reducen considerablemente los gastos de mantenimiento y reparación.

Si se observa la vida útil de un LED, se distingue entre los fallos paramétricos, es decir, una pérdida de potencia y un fallo total.

En el caso de una pérdida de potencia, el flujo luminoso se reduce con el tiempo hasta caer por debajo de un valor umbral aceptable para el área de aplicación correspondiente.

Regularmente, la vida útil de 50.000 horas se refiere al valor L70, es decir, después de 50.000 horas el flujo luminoso ha caído hasta el 70 % de la potencia inicial.

En comparación, los fallos totales, es decir, los LEDs defectuosos que ya no emiten luz, se representan a través del valor B (Mortality).

Una vida útil de 100.000 horas con un valor de B50, indica que después de 100.000 horas la mitad de los LEDs habrá fallado.

Una facilidad de mantenimiento mejorada.

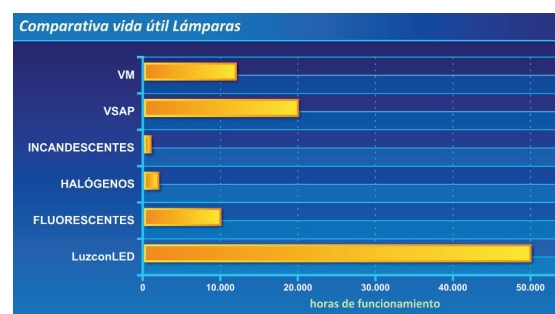


Fig.411 Vida útil de varias fuentes de luz.

La vida útil de un LED procedente de diferentes fabricantes solamente puede compararse teniendo en cuenta los valores L.

Mientras muchos fabricantes de luminarias relacionan la vida útil de las luminarias LED con el valor L70 o L50, otros indican el valor L80.

Uno de los factores más importantes para el rendimiento y la vida útil de un LED es la temperatura en la barrera (la llamada temperatura de unión T_j). Cuando esta temperatura aumenta, bajan el rendimiento luminoso y la vida útil de un LED.

Por consiguiente, la gestión térmica juega un papel central.



Es curioso pero hay quien cree que un LED no se calienta casi nada. ¡Craso error!

Hay que tener muy en cuenta este aspecto.

Aunque la luz emitida por un LED no contenga componentes infrarrojos, es decir, se trata de una luz “fría”, durante la recombinación en el cristal del semiconductor se generan altas temperaturas.

Esta carga casi puntual de calor debe disiparse a través de un sistema sofisticado de refrigeración y distribuirse de forma uniforme.

Según el principio, el sistema de refrigeración del LED es similar al de un procesador de ordenador:

La pletina que acompaña a un LED ha sido unida a presión con un cuerpo disipador de calor para garantizar una transferencia de calor óptima.

La forma y la estructura del cuerpo disipador de calor depende, entre otras cosas, de la geometría de la luminaria, el lugar de instalación y el material utilizado.

Para que el LED pueda mostrar sus ventajas en lo referente a la vida útil y el rendimiento luminoso por completo, debe operar en un punto de trabajo óptimo.

Para ello, una gestión térmica y eléctrica excelente es esencial.

A primera vista, un componente LED consta de una serie de componentes sencillos.

Los LEDs con una potencia requerida de hasta 1 vatio, normalmente, no requieren un cuerpo disipador de calor especial.

En el caso más sencillo se trata de un LED del tipo T:

El diodo posee una carcasa cerrada y dos conexiones de alambre para montar el LED en una placa de circuito.

La disipación del calor se realiza a través del ánodo y el cátodo.

Porque la potencia de este LED es muy pequeña, estos “elementos” (las patillas) son suficientes para la refrigeración.

Aparte del tipo T existen LEDs con una potencia menor también con otras formas constructivas, por ejemplo los SMD (surface-mounted devices) (LEDs que se montan superficialmente) que son aptas para una potencia requerida más elevada.

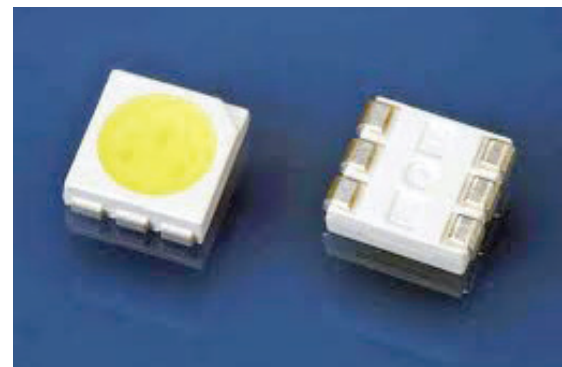


Fig.412 LEDs para montaje de SMD

Con una mayor potencia no solamente aumenta el flujo luminoso (también sube la temperatura de la barrera).

Por eso, el cuerpo disipador de calor del LED por sí solo no es suficiente. El fabricante de luminaria debe ocuparse también de disipar bien este calor.

Los SMD LED (surface mounted devices) no requieren alambres como los LEDs del tipo T para soldarlos en la placa de circuitos perforada.

En lugar de esto, los SMD LED poseen unas protuberancias pequeñas (bumps) en la parte inferior que caben perfectamente en los contactos de conexión invertidos de poca profundidad (footprints) ubicados en la placa de circuitos.

De esta forma pueden montarse directamente en la pletina sin necesidad de perforaciones.

Debido a la mayor superficie de contacto, puede realizarse una gestión térmica mucho mejor.

Los SMD LEDs son estándar industrial y la forma constructiva más utilizada en la práctica.

Cubren un espectro de potencias extremadamente amplio, abarcando los LEDs de baja potencia con una potencia requerida de unos pocos milivatios, hasta los LEDs de alta potencia con una potencia de hasta 20 vatios.

Mientras en el tipo T y los SMD LEDs el chip se instala en un "package", en el caso de los COB LEDs se monta el chip LED desnudo directamente en la placa de circuitos (chip on board).

Solamente después, el chip es equipado con una lente de epóxido con un ángulo de irradiación definido.

Los COB LEDs son idóneos para los módulos LED especialmente potentes y muy equipados.



**Los LED COB
(chips on Board)
o MCOB.**



Fig.413 Los LED COB (chips on Board) o MCOB.

Son un sistema de iluminación multiled encapsulados juntos en un único módulo y con un sustrato común.

Simplifican mucho el circuito mejorando significativamente la disipación del calor generado, al transferir el calor por el propio LED de forma uniforme e incrementar la superficie de contacto con el cuerpo del disipador.

Esto permite una mejor integración, rendimiento y duración.

La iluminación generada es uniforme, sin sombras (efecto cebra) al actuar todo el conjunto de forma simultánea como si se tratase de un panel de luz.

La tecnología COB facilita la integración y disminuye las dimensiones de los aparatos disipadores, eliminando la necesidad de ventilación.

Lo que nos da unas bombillas de menor tamaño, de construcción muy sólida y de un rendimiento Lm/W mayor.

En comparación con los LEDs "normales", un OLED (un LED orgánico) no está compuesto por un cristal inorgánico, sino por una capa orgánica ultra fina con características de un semiconductor.

En analogía a los LED inorgánicos, la luz de los OLEDs también se genera a través de una recombinación de electrones y huecos.

Forman en la barrera un excitón (una casi partícula) que al recaer al estado menos energético emite luz o estimula la emisión de luz por parte de un colorante ubicado en la barrera.

Una de las mayores ventajas de los OLEDs consiste en su reducido grosor (que puede ser menor a 2 mm sobre un sustrato de cristal).

Un módulo LED está compuesto por todos los componentes necesarios para la operación de la luminaria.

Uno o varios chips LED están montados en una placa de circuitos y conectados a

todos los elementos ópticos, eléctricos y térmicos necesarios, formando una unidad operativa.

El módulo puede ser controlado a través de unas conexiones estandarizadas y (según la forma constructiva) operarse de forma directa o utilizarse para la construcción de una luminaria LED.

Principalmente, se distingue entre módulos LED lineales, flexibles y superficiales, cadenas LED y LEDs con casquillo.

La construcción de unas buenas luminarias LEDs es un proceso altamente complejo e individual de adaptación.

¿Qué chips LED y LEDs se utilizan con qué ópticas y en qué tipo de placa de circuitos?

¿Cómo pueden adaptarse, aparte de la intensidad luminosa y el color de la luz, también la gestión térmica, los equipamientos eléctricos y los dispositivos de mando a las condiciones de uso individuales?

¿Qué distribución de las intensidades luminosas es la óptima?

Y también: ¿Cómo pueden unirse todos estos requisitos en una solución de iluminación atractiva y eficaz de larga vida útil con un diseño con enfoque en el futuro?

Como la eficacia del LED de color verde todavía es mucho más baja que la de los otros colores espectrales, se siguen buscando los materiales semiconductores adecuados.

La luz de color blanco se forma a través de una mezcla aditiva de los colores espectrales rojo, verde y azul.

Este hecho lo aprovechan los LEDs RGB.

Tres chips LED de color rojo, verde y azul, respectivamente, se combinan en una unidad LED.

Mediante una regulación controlada de los tres chips LED, la relación de mezcla de los colores primarios (y, por consiguiente, el color de la luz emitida) puede modificarse de forma dinámica y continua.

No obstante, como los LEDs de color rojo, verde y azul difieren en lo referente a las luminosidades, vidas útiles y condiciones de uso, los LEDs RGB exigen mucho de la técnica de construcción y control.

Si se combina un LED de color azul con un colorante luminiscente como, por ejemplo, el fósforo amarillo, la luz azul más energética es absorbida parcialmente por el fósforo y se emite como luz de color amarillo de mayor longitud de onda.

Mediante la mezcla aditiva del componente de luz de color azul no absorbido con la luz amarilla se crea una luz blanca.

El tono de color del LED de luz blanca puede modificarse a través del tipo y la concentración del colorante luminiscente.

En comparación con los LEDs RGB, la luz emitida por estos LEDs de conversión luminiscente posee una distribución espectral relativamente ancha y uniforme y, por consiguiente, una mejor reproducción cromática.

La luz de color blanco también puede crearse a través de una combinación de un LED ultravioleta con un LED de fósforo RGB.

El LED ultravioleta emite una radiación no visible de alta energía absorbida por varios colorantes luminiscentes que la convierten en ondas de longitud mayor de menor energía que pueden ser percibidos por el ojo humano.

De esta manera, se crea una luz blanca que puede modularse a través de la adición de diferentes longitudes de onda y la ayuda de los LEDs RGB para conseguir diferentes tonos y temperaturas de color.

Dependiendo del área de aplicación y los requisitos, las diferentes tecnologías LED sirven para la creación de luz de color blanco.

Los LEDs RGB se utilizan, sobre todo, para la iluminación acentuada.

Sus puntos fuertes son la regulación flexible y dinámica del color de la luz. En comparación con los LEDs bicromáticos de

conversión luminiscente, sin embargo, son más caros y tienen una reproducción cromática menor.

Los LEDs ultravioletas con fósforo RGB poseen un alto potencial para el futuro.

Si se compara la composición de la luz de diferentes fuentes de luz, se notan grandes diferencias.

Por ejemplo, la luz de vela contiene un componente rojo muy alto y se percibe como una luz cálida, mientras que la luz de un tubo fluorescente contiene más azul y parece más fría.

Como la mayoría de las fuentes de luz naturales emiten un espectro de diferentes longitudes de onda, la indicación de una sola longitud de onda no es suficiente para la caracterización de la luz blanca.

Más bien es decisiva la relación entre los diferentes componentes espectrales.

Estos describen la temperatura del color de la luz blanca o el color de la luz de color.

Si se calienta un cuerpo metálico negro (el llamado cuerpo negro), éste empieza a emitir radiación electromagnética.

Al principio, la radiación térmica pertenece a la zona de infrarrojos, y luego (al subir el calor) alcanza el espectro de la luz visible.

A una temperatura específica, el metal comienza a brillar de color rojo, luego amarillo, blanco y al final azul.

Mientras tanto se cambia la relación entre las diferentes longitudes de onda (cuanto más caliente el metal, menos componentes rojos y más componentes azules contendrá la luz emitida).

Si se compara el espectro emitido por el metal con el espectro de una fuente de luz natural, se encuentra: cada fuente de luz puede describirse a través de la luz emitida por el metal caliente a una temperatura específica. A una temperatura de 1.500 kelvin (aprox. 1.773 °C), el metal emite el mismo espectro que la luz de vela.

A 4.000 K (aprox. 4.273 °C), la luz corresponde a la luz de una lámpara fluorescente habitualmente utilizada, y a aprox. 6.500 K (aprox. 6.773 °C) el color de la luz corresponde al de la luz diurna.

En la práctica muchas veces uno se pregunta lo “natural” que es una luz, es decir, lo natural que parecen los colores en esta luz.

Se mide este valor a través del IRC o índice de rendimiento cromático.

Indica lo natural que se percibe la luz de una fuente de luz o lo natural que se reproducen los colores de un objeto en esta luz.

La luz solar posee un índice de reproducción cromática (valor Ra) de 100. Cuanto más alto el valor Ra de una fuente de luz, más natural es la reproducción cromática.

la fabricación de los LEDs puede haber desviaciones debidas al proceso de producción en lo referente al color y la intensidad de la luz y de la tensión de paso.

Para poder garantizar un equipamiento uniforme de una luminaria, se realiza un binning, es decir, los LEDs se comprueban después de la producción y se clasifican en diferentes clases o grupos.

El binning se realiza según los siguientes criterios:

Los LEDs se clasifican según los códigos de color del sistema colorimétrico patrón CIE.

Para ello, los LEDs de color blanco se distinguen según la temperatura de color y el lugar del color.

Para los LEDs de color, el binning se realiza con la ayuda del lugar del color y la longitud de onda dominante.

Para ello es válido: cuanto más pequeño el bin, menos diferencias de color se ven.

Se clasifican según el flujo luminoso del LED, medido en lumen.

Esto garantiza un flujo luminoso uniforme.

Con LEDs con una óptica integrada, en lugar del flujo luminoso puede indicarse también la intensidad de la luz en candelas.

Los LEDs se clasifican según la tensión de paso en voltios.

A través del sistema colorimétrico patrón CIE puede describirse un color de forma objetiva (y este es un prerequisite fundamental para un clustering y binning razonables).

Para clasificar los LEDs, en teoría podría ser suficiente definir un valor cromático en el sistema CIE.

Las comprobaciones en la práctica, sin embargo, indican que el ojo humano puede percibir diferencias cromáticas de diferente manera.

Mientras pueda percibir diferencias relativamente pequeñas en el rango azul violeta, en el rango verde, por ejemplo, esta capacidad de distinguir es mucho menor.

A través de unos dispositivos de mando y equipamientos eléctricos inteligentes, la luminosidad y el color de un sistema LED pueden regularse de forma dinámica y casi continua.

Una de las posibilidades para regular un LED consiste en la regulación de la intensidad de la corriente (porque en un área determinada la cantidad de la luz emitida por un LED depende linealmente de la intensidad del flujo eléctrico).

Una gran ventaja de la regulación a través de la corriente se basa en el hecho de que los LEDs son cada vez más eficaces al recibir menos corriente.

No obstante, resultan problemáticas las curvas características de la tensión de diferentes LEDs que varían ligeramente.

Si se regula un LED por debajo del 30 %, puede pasar que algunos LEDs están iluminados, mientras otros ya están apagados.

Además, debe tenerse en cuenta para la regulación a través de la corriente que el lugar del color se desplaza ligeramente resultando en diferencias de color visibles.

Gestión de la iluminación. Luminosidad y color.

A través de unos dispositivos de mando y equipamientos eléctricos inteligentes, la luminosidad y el color de un sistema LED pueden regularse de forma dinámica y casi continua.

Para ello, pueden utilizarse tanto las interfaces digitales estandarizadas como DALI o DMX como el procedimiento analógico 1-10 V.

Uno de los puntos fuertes de los sistemas LED consiste en un amplio rango de regulación (mientras los tubos fluorescentes solamente pueden regularse hasta aprox. el 3 % de su potencia total, los LEDs pueden regularse de forma continua hasta el 0,1 %).

Si se opera un módulo LED con una tensión constante pequeña, por ejemplo de 10, 12 o 24 V, la regulación debe realizarse a través de la modulación de las anchuras del pulso.

Pero también en otros casos puede aplicarse esta modulación PWM.

Para ello, los LEDs siempre se operan con la corriente nominal.

La regulación se realiza, encendiendo o apagando los LEDs solamente cierto porcentaje del tiempo.

El ojo humano no es capaz de resolver cada impulso que se realizan con una alta frecuencia de conmutación en el rango de milisegundos.

Solamente percibe que la intensidad promedio de la luz baja con el tiempo.

Si se regula un LED a través de la modulación de las anchuras del pulso, entonces no se debe quedar por debajo de una frecuencia determinada. Porque incluso si el ojo humano solamente percibe un flujo luminoso reducido, el cuerpo humano reacciona ante el parpadeo casi imperceptible creado por el encendido y apagado a alta frecuencia del LED.

Entre otras cosas, se ha encontrado que una frecuencia de conmutación demasiado baja puede causar cansancio.

No solamente la luminosidad (también el color puede variarse a través de la modulación de las anchuras del pulso).

A través del control selectivo de los chips RGB de un LED RGB, pueden crearse hasta 16,7 millones de diferentes tonos de color, desde azul, cian, verde, amarillo, naranja hasta rojo intenso.

Dependiendo del control, también puede realizarse una variación entre colores saturados o poco saturados y el blanco.

Un LED es una fuente de luz puntual que emite la luz en un ángulo de entre 0° y 150° (full width half maximum).

Al utilizar diferentes ópticas primarias, secundarias o terciarias (por ejemplo, lentes, difusores o reflectores), la distribución de las intensidades luminosas puede adaptarse de forma controlada a cada área de aplicación para construir, de esta forma, unas soluciones de iluminación con distribuciones extensivas o intensivas, simétricas o asimétricas.

Distribución de la luz.

La curva de distribución de las intensidades luminosas de un LED “sin óptica secundaria” corresponde en muchos casos a la de un emisor de Lambert.

Una óptica adicional focaliza la luz del LED “con óptica secundaria”. Y el resultado es un punto de luz muy bien limitado.

Como se distribuye la luz de un LED de forma exacta lo describe el cuerpo de distribución de las intensidades luminosas.

Para ello, las intensidades luminosas se representan en el espacio en coordenadas polares y se unen en una serie de curvas.

El verdadero motor de un LED: el driver o fuente de alimentación.



El funcionamiento y la vida de un LED dependen de una corriente constante.

El driver o fuente de alimentación la estabiliza y le proporciona protección térmica.

Al contrario que una bombilla incandescente o fluorescente (y al igual que muchos aparatos electrónicos y electrodomésticos), un LED no se conecta directamente a la corriente, sino que necesita una fuente de alimentación o driver.

Este componente se ocupa de transformar la tensión que recibe de la red eléctrica adaptándola a las necesidades de la luminaria LED.

Los LEDs trabajan normalmente con corriente continua (CC), por lo tanto, si queremos que funcione en una instalación de corriente alterna (CA) (la que tenemos en casa y en la mayoría de instalaciones) necesita de un controlador (driver) que convierta la CA en CC y que a su vez disminuya el voltaje.

Las funciones de un driver en una lámpara LED.

Además de transformar la corriente alterna en corriente continua, el driver debe adaptar el voltaje de salida a las necesidades del LED.

Los LED debido a su baja impedancia, funcionan a una tensión de corriente baja, por lo que una tensión elevada no sólo no funcionaría sino que los quemaría.

Los drivers no son necesarios, por ejemplo, en los LED instalados en linternas a pilas, ya que la corriente de salida de una pila es muy baja en comparación con la red eléctrica.

Dicho de otro modo: la corriente de salida de una instalación eléctrica supera con creces los miliamperios que necesita un LED para emitir luz.

El driver es el encargado de rebajarla sin desperdiciar energía, manteniendo la tensión constante y atenuando la generación de calor.

Los LED son muy sensibles a las alteraciones de corriente, por eso es necesario que el driver establezca la tensión, lo que a su vez estabilizará el flujo lumínico (intensidad y color) y la temperatura del LED (ya hemos hablado de la importancia de la disipación de calor para optimizar la vida útil de una lámpara LED).

El driver es esencial ya que de él depende en gran medida aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida por un LED.

Una fuente de alimentación apropiada influye en la eficiencia y la estabilidad de la luminaria.

Además, optimizará la vida del LED.

¿Drivers internos o externos?

En muchas ocasiones el driver se encuentra instalado en la propia lámpara LED y no es visible.

Suele ser así en lámparas pequeñas o apliques de uso doméstico. Esto facilita su instalación.

En lámparas y luminarias LED de alta potencia y aplicaciones destinadas a usos industriales, constituidas por múltiples chips LED, los drivers son externos y regulan la potencia de varios chips a la vez: la tensión se irá regulando automáticamente en función de la cantidad de LEDs que se conecten.

Los drivers externos tiene la ventaja de que son fácilmente sustituibles.



Fig.414 Driver LED externo de alta calidad

Importancia del driver en la eficiencia de una lámpara LED.

Un controlador LED debe asegurarnos máxima eficacia.

O lo que es lo mismo: cero pérdidas de energía.

Como ya comentamos, el aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida se mide por el valor del factor de potencia.

Si el valor es igual a 1 significa que toda la electricidad que llega a la fuente de alimentación se ha aprovechado.

Si es de 0,5 quiere decir que la mitad de energía eléctrica se ha desaprovechado en la conversión.

Hay que tener cuidado a la hora de adquirir una luminaria LED y asegurarse de que el driver incorporado es de calidad.

Un LED puede tener una vida útil de hasta 100.000 horas, pero si tenemos que cambiar el driver cada 5.000 horas, no estamos optimizando nuestra inversión.

Los fabricantes especializados son la mejor apuesta si queremos asegurar nuestra inversión.

Muchos proveedores de soluciones LED optan por diseñar y construir sus propios drivers.

Lo que a priori puede parecer una ventaja, en realidad suele revelarse como un error, ya que suelen fallar más que los drivers de fabricantes especializados, que además pueden reemplazarse más fácilmente.

Los drivers son cruciales para ayudar a los sistemas de iluminación basadas en LED alcanzar su pleno potencial en términos de larga vida útil, eficiencia energética y otras características beneficiosas.

Recuerde: un controlador LED debería durar tanto como el propio LED.

Los cinco elementos que distinguen una luminaria LED de alta calidad.



El chip, el driver, la placa base, el sistema de disipación del calor y la óptica secundaria son los cinco elementos fundamentales de una luminaria LED.

Como en cualquier sector, en el mercado de la iluminación LED existen diferentes productos, con distintos precios y distintas calidades, que se adaptan a las necesidades y nivel de exigencia de cada usuario.

El vertiginoso desarrollo de la tecnología LED y la amplitud de la oferta pueden crear confusión, por eso es necesario distinguir qué componentes influyen realmente en la calidad de una luminaria LED y de esta forma asegurarnos de qué realmente hacemos una buena inversión al apostar por la iluminación eficiente.

Ya hemos mencionado anteriormente las cualidades que distinguen una lámpara LED de alta calidad.

Sin embargo no está de más recordarlas:

- Eficacia superior (mínimo consumo de energía).
- Duración extra larga (máxima vida útil).
- Calidad de la luz (colores definidos y agradables).
- Encendido instantáneo y ausencia de zumbidos o parpadeos.

Pero, ¿qué componentes otorgan estas características a una luminaria LED?

Estos son los 5 elementos fundamentales:

El chip.

Es el corazón de una lámpara LED.

Es una pieza de un material semiconductor (normalmente carburo de silicio), capaz de generar luz cuando se le aplica corriente.

Sobre esta base de carburo de silicio (o en ocasiones de zafiro) se depositan en forma de vapores diferentes materiales, cuya mezcla es la que da el color y la calidad de la luz.

El chip se protege del exterior mediante una carcasa de cristal o policarbonato.



Fig.415 Chips

Es conveniente que antes de comprar una luminaria LED investiguemos y preguntemos por el fabricante del chip que se ha instalado, ya que de esa pequeña pieza dependerá en gran medida la calidad y duración de nuestra lámpara.



Fig.416 Prueba de la miniaturización

El driver o fuente de alimentación.

Los LED no se conectan directamente a la corriente como una bombilla incandescente, sino que requieren de una fuente de alimentación previa (o convertidor de tensión), por lo que el aprovechamiento real

de la energía eléctrica de un LED depende también en gran medida de este convertidor. Una fuente de alimentación apropiada influye en la eficiencia y la estabilidad de la luminaria.

La placa base.

Es la placa de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), que soporta las conexiones de los componentes electrónicos, como las conexiones del chip (normalmente mediante hilos de oro) y las vías de disipación del calor. Según el sistema de evacuación del calor utilizado puede componerse de distintas capas y materiales (principalmente aluminio y cobre además de otros materiales conductores).

El sistema de gestión térmica.

La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED.

Es importante explicar que los LED no emiten excesivo calor.

Pero eso no significa que no lo generen.

Es decir, el calor, al contrario que una bombilla incandescente, sale en la dirección contraria a la luz, lo que influye en la duración y funcionamiento de la lámpara LED.

Por este motivo es necesario “extraer” ese calor, ya que hasta el 90 % de la energía puede llegar a perderse.

Una buena disipación del calor alargará la vida del chip.

Para lograrlo, son claves los materiales empleados y un diseño que favorezca esta disipación.

Además de influir en la durabilidad, el calor también puede afectar al color y a la calidad de la luz, de ahí la importancia de una correcta disipación. Existen diferentes técnicas y materiales a emplear para evacuar el calor generado, que analizaremos.

Por ahora sólo comentaremos que la tecnología de unión directa del chip a la placa base consigue una disipación del calor superior a la que se logra mediante los sistemas utilizados hasta la fecha.

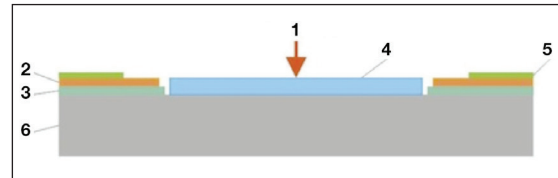


Fig.417 Tecnología Revolucionaria: Unión Directa Chip LED-Placa Base

- 1- Fuente de calor
- 2- Capa de cobre
- 3- Capa de dieléctrico
- 4- Soldadura de SnAgCu
- 5- Máscara
- 6- Sustrato de aluminio

En este sentido también es importante la carcasa exterior.

Es importante que sea de un material ligero, resistente y que su estructura favorezca la disipación del calor (por ejemplo una superficie estriada).

Buenos materiales para ello son el aluminio, el magnesio.

La óptica secundaria.

La óptica secundaria es el conjunto de lentes exteriores que determinan la distribución de la luz emitida por el LED.

La forma y composición de las lentes que forman la óptica secundaria puede variar en función de las necesidades de iluminación y distribución de la luz que se requieran.

De esta forma, según la forma de la lente, el haz de luz puede hacerse converger o divergir. Por eso, es conveniente contar con el asesoramiento de un profesional que nos aconseje sobre qué tipo de óptica.

La importancia de la disipación del calor en una lámpara LED.



La gestión térmica, o lo que es lo mismo, una buena disipación del calor, es esencial para garantizar la duración y el correcto funcionamiento de una lámpara LED.

Se dice que la luz generada por un LED es una “luz fría”, ya que no emite calor.

De hecho, podemos tocar una bombilla LED encendida con los dedos sin temor a quemarnos durante el tiempo que queramos y sin importar la intensidad de la luz.

Sin embargo, hay que aclarar que el chip 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 de la luminaria pueden llegar a acumular mucho calor.



Fig.418 Distintos modelos de lámparas LED y disipadores de calor para cada una de ellas.

¿De dónde sale el calor emitido por un LED?

El calor en un LED se genera por el llamado “efecto Joule”.

Un LED funciona con corriente continua, por este motivo para que funcione en cual-

quier instalación eléctrica necesita un convertidor o driver que convierta la corriente alterna en corriente continua.

En este proceso, la corriente de salida se vierte en la parte trasera del chip LED, concretamente en el punto de unión (la llamada unión T o Tj).

La temperatura del punto de unión (Tj) es clave a la hora de determinar la eficacia lumínica de un LED.

Para que la lámpara LED funcione correctamente y su vida útil sea la máxima posible es fundamental evacuar eficientemente el calor que se acumula en el chip.

El exceso de temperatura puede llegar a reducir considerablemente la vida de una luminaria LED y puede afectar también a la calidad de la luz emitida (color, intensidad, etc.).

Los LEDs siempre funcionan mejor a temperaturas bajas. A mayor temperatura, menor rendimiento.

Una correcta gestión térmica es esencial, ya que el exceso de calor:

- Degrada el fósforo y reduce la vida de la lámpara.
- Reduce el rango de temperatura ambiental a la que puede funcionar.
- Influye en el funcionamiento del driver.
- Altera los colores.
- Reduce la intensidad de la luz.

La temperatura en un LED.

En términos generales, una lámpara LED de luz blanca convierte entre un 70% y un 80% de la energía consumida en luz y entre un 20% y un 30% 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). Por su parte, una incandescente convierte alrededor del 10% en luz, el 20% en calor y la energía restante en radiación IR.

Otra diferencia fundamental es que los LEDs no emiten radiación infrarroja (ni ultravioleta).

Estas características únicas hacen que los LEDs sean apropiados para ambientes fríos (cámaras frigoríficas o almacenes de productos frescos), para iluminar tiendas de ropa o museos e incluso para algunos tratamientos dermoestéticos.

Además contribuyen a reducir los costes de climatización y minimizar los riesgos tanto para las personas como los equipos.

La disipación de calor en cuatro etapas.

La disipación del calor de un LED se realiza en cuatro etapas sucesivas:

1. El calor generado por el flujo de corriente se acumula en el punto de unión del chip.
2. Desde el punto de unión se traslada a la placa base o circuito impreso.
3. Desde la placa base se transmite al disipador de calor.
4. Del disipador de calor se libera al ambiente.

¿Qué elementos influyen en la gestión térmica?

La placa base o circuito impreso.

Los LEDs de baja calidad a menudo presentan defectos en la soldadura de la placa base o en el propio sustrato, que provocan que la resistencia aumente de un punto a otro, lo que aumenta la temperatura del LED.

La tecnología de unión directa a la placa base, en la que los chips van soldados directamente a la superficie de una placa de circuito impreso disminuye la resistencia térmica y disipa el calor casi 100 veces más deprisa que la convencional.

Unión entre el chip y la placa base.

Las conexiones entre los conductores y los bornes de conexión de los dispositivos

que conforman el cuadro de mando y protección también influyen en la temperatura.

El disipador de calor.

El disipador de calor es una estructura metálica, normalmente estriada, con surcos o aletas, que ayuda al desalojo del calor de los LEDs de una luminaria.

Los disipadores de calor no suelen ser visibles (y a veces ni siquiera necesarios) en LEDs de baja potencia de uso doméstico o de uso externo, pero en aplicaciones industriales son absolutamente necesarios para que la lámpara alcance la duración determinada y funcione correctamente incluso a una temperatura ambiente alta.

Los mejores disipadores son de una aleación superconductora de Aluminio y Tierras Raras.

Su mayor resistencia mecánica permite hacer las aletas más finas y aumentar la superficie de intercambio de calor un 25%.

Moldeando la luz: la óptica secundaria en una lámpara LED.

Tras producir el haz de luz, hay que dirigirlo.

El conjunto de lentes y reflectores que permiten hacerlo en una lámpara LED es lo que se conoce como óptica secundaria.

La principal función de la óptica secundaria de una lámpara LED es dar forma al haz de luz que emite.

De esta forma se adecúa la iluminación en función de la estancia y del efecto que se quiera conseguir.

Para ello existen diferentes tipos de lentes, que distribuyen la radiación lumínica de un modo u otro.

Aunque existen otros componentes ópticos (la óptica primaria es la cubierta que se coloca directamente sobre el LED y que protege individualmente cada chip, y hay incluso una óptica terciaria, que forman otros componentes externos que recogen la luz de varias lámparas LED) la óptica secundaria es la más importante de una lámpara LED.

Tipos de lentes.

Las lentes utilizadas en la óptica secundaria pueden dividirse fundamentalmente en dos clases:

Lentes divergentes: amplían el haz luminoso, expandiéndolo en un área determinada.

Lentes convergentes (o colimadoras): concentran el haz luminoso, enfocándolo en un punto concreto.

En muchas linternas LED se instalan ambos tipos de lentes, con la posibilidad de cambiar entre una y otra, para concentrar o ampliar el haz de luz.

Algunas lentes (o más bien la combinación de varias lentes) forman diagramas de irradiación que mezclan puntos en donde el haz de luz se concentra y zonas donde se amplía.

Es lo que se llama diagrama elíptico.

Estudio previo de las necesidades lumínicas.

Un correcto estudio de las necesidades de iluminación, en cuanto a dirección e intensidad, es fundamental para asegurar la máxima eficacia de una instalación de alumbrado LED.

Se trata de aprovechar la luz para iluminar aquello que se desea y evitar pérdidas que acarrearán más gastos.

Una óptica adecuada y de calidad, contribuirá a aumentar la eficacia y el rendimiento de una instalación con luminarias LED.

Ya hemos comentado que, a diferencia de las lámparas tradicionales, los LED emiten luz solamente en una dirección y en una banda de longitudes de onda mucho menor.

Esto hace que la direccionalidad sea mucho más fácil de definir y controlar, lo que permite iluminar exclusivamente aquello que se quiere iluminar. Esto es especialmente interesante para la iluminación de museos, tiendas de ropa, monumentos, etc., aunque también tiene sus ventajas en aplicaciones

industriales, como almacenes, centros de distribución, etc.

El hecho de que la instalación lumínica sea en interior o en exterior también influirá en la elección de un tipo de lente u otra.

Por ejemplo, en la iluminación LED destinada a carreteras o calles suelen utilizarse lentes asimétricas, que dirigen el haz de luz a zonas concretas, dejando otros puntos sin iluminación, lo que evita pérdidas de luz a la vez que desaparece la posibilidad de deslumbrar a los conductores.

En otras ocasiones se buscan diagramas simétricos, normalmente en la iluminación de interiores.

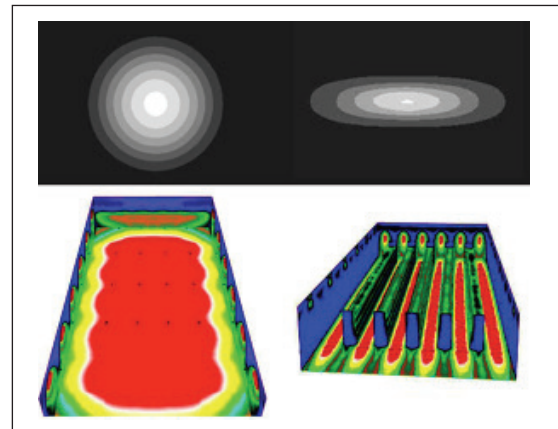


Fig.419 A la izquierda, simulación de flujo lumínico de una instalación LED con óptica secundaria para espacios abiertos. A la derecha, con óptica diseñada para un almacén de pasillos.

Óptica secundaria de alta calidad.

La óptica secundaria, además de configurar el flujo luminoso, también es fundamental para “aprovechar” toda la luz emitida por los LEDs.

Una óptica secundaria de alta calidad no resta apenas eficiencia a una luminaria LED.

La óptica secundaria también influye en el color y la intensidad de la luz emitida.

Una lente de mala calidad distorsionará los colores y reducirá la intensidad de la luz generada por los LED, lo que se traducirá en una pérdida de energía considerable.

Ángulo de radiación.

Por regla general, un LED irradia luz en un ángulo menor de 180° (sabemos que una lámpara tradicional emite luz en un ángulo de 360°, es decir, en todas direcciones).

La función de la óptica secundaria es modificar el ángulo “original” (de uno o varios LEDs) de forma que se adapte a las necesidades de iluminación.

El ángulo formado desde el punto más brillante del haz de luz hasta el punto en el que la luminosidad baja del 50% del máximo es lo que se llama ángulo de radiación o ángulo de apertura.

Dentro del ángulo de radiación el ojo humano no percibe la diferencia de intensidad lumínica.

El ángulo desde el punto más brillante hasta el punto en el que la luminosidad baja del 10% se conoce como ángulo de campo.

El ángulo de radiación de una lámpara LED se representa a través de diagramas polares.

Detrás de la óptica secundaria empleada en una determinada luminaria LED hay un enorme proceso de investigación y experimentación, utilizando herramientas informáticas de última generación que simulan el moldeo de un haz de luz con una lente u otra.

A la hora de instalar iluminación LED en una determinada estancia es esencial conocer estos detalles y contar con el asesoramiento de empresas especializadas y certificadas, que realicen un estudio previo de las necesidades lumínicas.

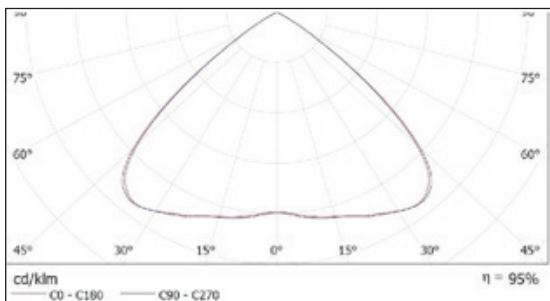


Fig.420 Diagrama de radiación circular

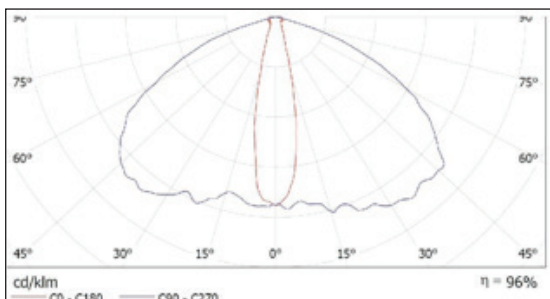


Fig.421 Diagrama de radiación de pasillo

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR TERCIARIO.

HOTELES. LOCALES COMERCIALES. HOSPITALES Y CENTROS DOCENTES.

Para terminar este tema vamos a tratar de resumir las actuaciones en este sector:

Diez pasos comunes para conseguir eficiencia y sostenibilidad.

Equipo humano.

Si un establecimiento quiere empezar a ahorrar energía, sus gestores deben crear un manual de buenas costumbres de cómo hacerlo.

Se trata de establecer procedimientos estandarizados que ofrezcan un itinerario claro a los trabajadores, especialmente en el personal de mantenimiento, limpieza y de alimentos y bebidas.

Establecer estos procedimientos sólo “requiere voluntad y entrenamiento para lograr el compromiso del equipo, y los costes son prácticamente nulos”.

Revisar contratos.

Es importante revisar los contratos de suministro de energía para conocer sus términos, posibilidades y tarifas, con el fin de buscar mejores precios, contrastar si la potencia eléctrica contratada es adecuada a las instalaciones y al uso que se les da, o si las tarifas se ajustan a las necesidades del hotel por tramos horarios, algo que sólo requiere mirar la factura y renegociar los contratos con las empresas proveedoras de energía.

Herramientas.

El tercer paso es utilizar herramientas avanzadas para hacer un seguimiento exhaustivo de los consumos, con el fin de ahorrar energía.

Lo primero es saber dónde hay que actuar, para lo que es recomendable incorporar un sistema de medición exhaustiva de los consumos, que monitorice variables concretas en función de las instalaciones.

Si además, estos datos se cruzan con otros condicionantes externos, como la climatología, y en función de éstos, el sistema es capaz de actuar sobre diferentes sistemas, se multiplicarán los ahorros energéticos.

Agua.

El agua es un bien escaso, por eso el tercer paso es reducir su consumo sin disminuir el confort, algo que es posible gracias a una serie de herramientas, como la instalación de perлизadores, duchas reductoras de caudal y cisternas de doble descarga, que permiten disminuir el consumo a la mitad y, en algunos casos, aumentar la sensación de confort del huésped.

Iluminación eficiente.

Es importante cambiar la iluminación.

El primer paso es cambiar las bombillas clásicas por las de bajo consumo, o por LEDs, así como incorporar elementos de control de iluminación.

Temperatura.

Cambiar a calderas más eficientes a gas reduce el consumo energético de forma considerable, y es que el gas cuesta la mitad que el gasóleo.

Se deben controlar las temperaturas ambientales del recinto para que se encuentren en el rango de confort para evitar sobrecostes.

Cada grado de temperatura de más supone alrededor de un 7% más de consumo.

El cambio a gas natural supone un gran ahorro energético y económico, si además se pasa a una caldera eficiente se pueden conseguir ahorros de hasta el 20% de energía y hasta el 50% económico.

Climatización eco-friendly.

El aire acondicionado, especialmente en hoteles de costa y durante el verano es una necesidad imprescindible; si se instalan enfriadoras más eficientes, con refrigerantes menos contaminantes y con mayor rendimiento, que además permitan (a través de un módulo adaptable) recuperar calor para producir agua caliente, se ahorrará energía.

Sistemas de bombeo.

Hasta el 70% del consumo eléctrico puede provenir de los sistemas de bombeo, por eso, pasarse a equipos más eficientes puede reducir drásticamente el gasto energético.

Mix energético.

Las energías renovables ya no son una utopía.

La energía solar térmica y la biomasa son aliados para la producción de agua caliente sanitaria.

Piel del edificio.

El exterior de un edificio es un órgano vivo que, como la piel humana, integra el interior con el exterior y tiene un papel clave en el equilibrio térmico y climático de los edificios y en su consumo de energía.

Una manera de empezar sería actuar sobre el aislamiento general de la fachada.