

## MÓDULO 2

### FUENTES DE LUZ Y LUMINARIAS

El conocimiento de las fuentes de luz y de las luminarias constituye uno de los pilares fundamentales del diseño de iluminación. La correcta selección de estos elementos influye directamente en aspectos como la eficiencia energética, la calidad visual del ambiente, la vida útil del sistema de iluminación y los costos de mantenimiento.

A lo largo del tiempo, las tecnologías de iluminación han evolucionado buscando mejorar tres aspectos principales:

- mayor eficiencia energética
- mayor durabilidad de los sistemas
- mejor calidad de la luz emitida

Actualmente, la tecnología LED domina el mercado de la iluminación debido a su alta eficiencia, larga vida útil y versatilidad en el diseño de luminarias. Sin embargo, para comprender adecuadamente las soluciones de iluminación actuales, es necesario conocer las tecnologías que han sido utilizadas históricamente.

#### 2.1 Tipos de lámparas

Las lámparas son dispositivos capaces de convertir energía eléctrica en radiación luminosa visible. Existen diferentes tecnologías de iluminación que emplean distintos principios físicos para generar luz.

Entre las principales tecnologías utilizadas en iluminación artificial se encuentran:

- lámparas incandescentes
- lámparas halógenas
- lámparas fluorescentes
- lámparas de descarga (vapor de sodio y vapor de mercurio)
- tecnología LED

Cada una de estas tecnologías presenta características particulares en términos de eficiencia energética, vida útil, calidad cromática y aplicaciones.

##### 2.1.1 Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes generan luz mediante el calentamiento de un **filamento de tungsteno** contenido dentro de una ampolla de vidrio.

Cuando la corriente eléctrica atraviesa el filamento, este alcanza temperaturas cercanas a **2500–3000 °C**, lo que provoca que emita radiación visible. Este fenómeno se denomina **incandescencia**.

### Características principales

Parámetro	Valor típico
Eficacia luminosa	10 – 15 lm/W
Vida útil	1000 horas
Temperatura de color	2700 K
Índice de reproducción cromática	Muy alto

### Ventajas

- excelente reproducción cromática
- encendido instantáneo
- bajo costo inicial

### Desventajas

- muy baja eficiencia energética
- alta generación de calor
- vida útil corta

Debido a su baja eficiencia energética, muchos países han restringido su uso en aplicaciones de iluminación general.

### 2.1.2 Lámparas halógenas

Las lámparas halógenas representan una evolución de las lámparas incandescentes. Funcionan bajo el mismo principio de incandescencia, pero incorporan gases halógenos (como yodo o bromo) dentro de la ampolla.

Estos gases permiten un proceso denominado **ciclo halógeno**, que reduce la evaporación del tungsteno y prolonga la vida útil del filamento.

### Características principales

Parámetro	Valor típico
Eficacia luminosa	15 – 25 lm/W
Vida útil	2000 – 4000 horas
Temperatura de color	2800 – 3200 K

### Aplicaciones

- iluminación decorativa
- proyectores
- iluminación arquitectónica
- iluminación escénica

Aunque ofrecen una ligera mejora en eficiencia respecto a las incandescentes, su uso ha disminuido considerablemente con la aparición de los LED.

### 2.1.3 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes generan luz mediante un proceso de descarga eléctrica en vapor de mercurio.

El funcionamiento ocurre en tres etapas:

1. una descarga eléctrica atraviesa el vapor de mercurio dentro del tubo
2. el vapor emite radiación ultravioleta
3. un recubrimiento de **fósforo** en el interior del tubo convierte la radiación ultravioleta en luz visible

Características principales

Parámetro	Valor típico
Eficacia luminosa	60 – 90 lm/W
Vida útil	8000 – 15000 horas
Temperatura de color	2700 – 6500 K

Ventajas

- mayor eficiencia que las lámparas incandescentes
- buena distribución de la luz
- menor generación de calor

Desventajas

- contienen pequeñas cantidades de mercurio
- requieren balasto para su funcionamiento
- son sensibles a encendidos y apagados frecuentes

Las lámparas fluorescentes han sido ampliamente utilizadas en oficinas, centros comerciales y edificios educativos.

#### 2.1.4 Lámparas de vapor de sodio y vapor de mercurio

Estas lámparas pertenecen a la categoría de **lámparas de descarga de alta intensidad (HID)**.

Vapor de sodio

Las lámparas de vapor de sodio son conocidas por su **alta eficiencia luminosa**, aunque presentan una reproducción cromática muy limitada.

Parámetro	Valor típico
Eficacia luminosa	100 – 150 lm/W
Vida útil	20 000 horas

Se han utilizado principalmente en:

- alumbrado público
- carreteras
- áreas industriales exteriores

Vapor de mercurio

Las lámparas de vapor de mercurio generan luz mediante una descarga eléctrica en vapor de mercurio a alta presión.

Durante muchos años fueron utilizadas en alumbrado exterior e industrial, aunque actualmente están siendo reemplazadas debido a su menor eficiencia energética y a consideraciones ambientales relacionadas con el uso de mercurio.

### 2.1.5 Tecnología LED (Light Emitting Diode)

Los LED representan la tecnología dominante en la iluminación moderna.

Un LED es un **dispositivo semiconductor** que emite luz cuando una corriente eléctrica atraviesa una unión PN. Este fenómeno se denomina **electroluminiscencia**.

Durante este proceso, los electrones liberan energía en forma de **fotones**, generando luz visible.

Características principales

Parámetro	Valor típico
Eficacia luminosa	120 – 200 lm/W
Vida útil	50 000 – 100 000 horas
Encendido	Instantáneo
Control	Alta capacidad de regulación

Ventajas

- alta eficiencia energética
- larga vida útil
- bajo mantenimiento
- amplia variedad de temperaturas de color
- gran flexibilidad de diseño

### Comparación general de tecnologías de iluminación

Tecnología	Eficacia (lm/W)	Vida útil (h)	CRI	Aplicaciones
Incandescente	10 – 15	1000	Muy alto	Iluminación doméstica
Halógena	15 – 25	2000 – 4000	Muy alto	Proyectores
Fluorescente	60 – 90	8000 – 15000	Medio–alto	Oficinas
Vapor de sodio	100 – 150	20000	Muy bajo	Alumbrado público
Halogenuros metálicos	80 – 120	15000	Alto	Estadios
LED	120 – 200	50000 – 100000	Alto	Todas las aplicaciones

### 2.2 Tecnología LED

Aunque los LED presentan muchas ventajas, su funcionamiento adecuado depende de varios componentes técnicos.

#### 2.2.1 Chips LED

El **chip LED** es el componente semiconductor responsable de producir la luz. Se fabrica a partir de materiales como:

- nitruro de galio
- arseniuro de galio

El chip emite luz monocromática que posteriormente puede convertirse en luz blanca mediante el uso de fósforos.

La calidad del chip influye directamente en:

- eficiencia luminosa
- estabilidad cromática
- vida útil del sistema

### 2.2.2 Drivers

Los LED funcionan con **corriente continua**, por lo que requieren un dispositivo electrónico llamado **driver** para convertir la corriente alterna de la red eléctrica en corriente adecuada para el funcionamiento del LED.

El driver cumple funciones como:

- regulación de corriente
- protección contra sobretensiones
- control de intensidad luminosa
- estabilización del sistema

La calidad del driver influye directamente en la confiabilidad de la luminaria.

### 2.2.3 Gestión térmica

Aunque los LED son eficientes, generan calor durante su funcionamiento. Si este calor no se disipa adecuadamente, puede producir:

- reducción del flujo luminoso
- disminución de la vida útil
- fallas prematuras

Por esta razón, las luminarias LED incorporan **disipadores térmicos** que permiten transferir el calor hacia el ambiente.

### 2.2.4 Vida útil (L70, L80)

A diferencia de las lámparas tradicionales, los LED no suelen fallar repentinamente. En cambio, experimentan una **reducción progresiva del flujo luminoso**.

Por ello, su vida útil se expresa mediante indicadores como:

- **L70**: flujo luminoso reducido al 70% del valor inicial
- **L80**: flujo luminoso reducido al 80% del valor inicial

Por ejemplo, una luminaria con **L70 = 50 000 h** significa que después de ese tiempo emitirá el 70% del flujo luminoso original.

### 2.2.5 Degradación luminosa

La degradación luminosa puede depender de varios factores:

- temperatura de operación
- calidad del chip LED
- diseño del disipador térmico
- estabilidad del driver

Un diseño adecuado permite minimizar estas pérdidas y garantizar un rendimiento estable durante largos periodos.

## 2.3 Luminarias

Una **luminaria** es el dispositivo completo que alberga la fuente de luz y controla la distribución de la iluminación en el espacio.

Incluye componentes como:

- fuente de luz
- sistema óptico
- carcasa estructural
- sistema eléctrico
- sistema de disipación térmica

### 2.3.1 Sistemas ópticos

El sistema óptico controla la forma en que la luz se distribuye en el espacio.

Entre los principales elementos ópticos se encuentran:

- reflectores
- lentes
- difusores

Estos elementos permiten dirigir la luz hacia las zonas donde se requiere iluminación y mejorar la eficiencia del sistema.

### 2.3.2 Distribución luminosa

La distribución luminosa describe la forma en que la luz se emite desde una luminaria hacia el espacio.

Puede clasificarse como:

- directa
- indirecta
- simétrica
- asimétrica

La selección de la distribución adecuada depende de la aplicación específica del sistema de iluminación.

### 2.3.3 Curvas IES

Las curvas fotométricas describen cómo se distribuye la intensidad luminosa de una luminaria en diferentes direcciones.

Estas curvas se obtienen mediante mediciones realizadas en laboratorios utilizando equipos denominados **goniofotómetros**.

Los resultados se almacenan en archivos fotométricos estandarizados que contienen la información necesaria para analizar el comportamiento de la luminaria.

### 2.3.4 Clasificación IP

El índice **IP (Ingress Protection)** indica el grado de protección de una luminaria frente a la entrada de polvo y agua.

El código IP está compuesto por dos números:

IP **XY**

- X → protección contra sólidos
- Y → protección contra líquidos

Ejemplo:

IP65 significa:

- protección total contra polvo
- protección contra chorros de agua

### 2.3.5 Clasificación IK

El índice **IK** indica la resistencia de una luminaria frente a impactos mecánicos.

Se utiliza especialmente en luminarias instaladas en:

- áreas industriales
- estacionamientos
- espacios públicos

La escala IK suele ir desde **IK01 hasta IK10**, donde valores mayores indican mayor resistencia al impacto.

### 2.3.6 Eficiencia del sistema

La eficiencia del sistema de iluminación depende no solo de la fuente de luz, sino también del diseño completo de la luminaria.

Parte del flujo luminoso generado puede perderse debido a:

- absorción en los materiales
- pérdidas en el sistema óptico
- dispersión interna

Una luminaria bien diseñada permite aprovechar de manera eficiente el flujo luminoso generado por la fuente de luz.