



# GUÍA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTABLES DE LUMINARIAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



# Guía de Especificaciones Técnicas para Compras Públicas Sustentables de Luminarias Energéticamente Eficientes

---

LUMINARIAS EXTERIORES DE ALUMBRADO PÚBLICO Y LUMINARIAS  
INTERIORES PARA OFICINAS/EDIFICIOS PÚBLICOS.

Julio 2023

**© 2023 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**

Esta publicación puede reproducirse en su totalidad o en parte y en cualquier forma para servicios educativos o sin fines de lucro sin un permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se mencione la fuente. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente agradecería recibir una copia de cualquier publicación que utilice esta publicación como fuente.

No se puede hacer uso de esta publicación para reventa o cualquier otro propósito comercial sin el permiso previo por escrito del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Las solicitudes de dicho permiso, con una declaración del propósito y el alcance de la reproducción, deben dirigirse al Director, División de Comunicaciones, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, P. O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenia.

**Descargos de responsabilidad**

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de la Secretaría de las Naciones Unidas sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad, área o sus autoridades, o sobre la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de una empresa o producto comercial en este documento no implica su respaldo por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ni de los autores. No se permite el uso de la información de este documento con fines publicitarios o de propaganda. Los nombres y símbolos de marcas comerciales se utilizan de forma editorial sin intención de infringir las leyes de marcas comerciales o derechos de autor.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Lamentamos cualquier error u omisión que pueda haberse cometido sin querer.

© Mapas, fotos e ilustraciones como se especifica

Cita sugerida: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2023). Especificaciones Técnicas para Compras Públicas Sustentables de Luminarias Energéticamente Eficientes. Nairobi

Producción: United for Efficiency (U4E) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**Para más información contactar:**

**Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas -**

**Iniciativa Unidos por la Eficiencia**

Economy Division

Energy, Climate, and Technology Branch

1 Rue Miollis, Building VII,

75015, Paris FRANCE

Tel: +33 (0)1 44 37 14 50

Fax: +33 (0)1 44 37 14 74

E-mail: [unep-u4e@un.org](mailto:unep-u4e@un.org)

<http://united4efficiency.org/>

## RECONOCIMIENTOS

---

Estas Especificaciones Técnicas para Compras Públicas Sustentables fueron desarrolladas por la iniciativa Unidos por la Eficiencia (U4E) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

UNEP-U4E quisiera agradecer a los muchos expertos, socios y colegas que contribuyeron al desarrollo y revisión del documento, especialmente a One Planet Network ([www.oneplanetnetwork.org](http://www.oneplanetnetwork.org)) por su importante contribución.

**Compilado por:** Bruno Lafitte y Frederick Bass, UNEP-U4E

**Editado por:** Paul Kellett y Soledad Garcia, UNEP-U4E

**Diseño de portada por:** Fabrice Belaire

---

# TABLA DE CONTENIDOS

RECONOCIMIENTOS .....	iii
ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES .....	vii
1. PRÓLOGO .....	1
2. ALCANCE DE LA GUÍA .....	6
3. RESUMEN DE CRITERIOS DE RENDIMIENTOS Y CALIDAD .....	8
3.1. ILUMINACIÓN PÚBLICA/ DE EXTERIORES .....	8
3.2. ILUMINACIÓN PÚBLICA CON PANELES SOLARES .....	9
3.3. ILUMINACIÓN PARA OFICINAS/GRANDES EDIFICIOS .....	11
4. CRITERIOS PARA LA COMPRA DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	13
4.1. ALUMBRADO PÚBLICO CONECTADO A LA RED .....	14
4.1.1. Seguridad en general .....	14
4.1.2. Eficacia de la luminaria.....	14
4.1.3. Vida útil.....	16
4.1.4. Distribución fotométrica.....	16
4.1.5. Índice de reproducción cromática (IRC).....	17
4.1.6. Temperatura Color Correlacionada (TCC).....	17
4.1.7. Parpadeo .....	17
4.1.8. Rango de voltaje operativo.....	17
4.1.9. Factor de potencia fundamental o factor de desplazamiento.....	17
4.1.10. Energía en espera y dispositivos de control conectados (consumo de energía en reposo).....	17
4.1.11. Protección contra sobretensiones.....	18
4.1.12. Distorción armónica.....	18
4.1.13. Protección contra descargas eléctricas.....	18
4.1.14. Clase de protección de ingreso.....	18
4.1.15. Clase de resistencia al impacto .....	18
4.1.16. Humedad y corrosión .....	19
4.1.17. Atenuación .....	19
4.1.18. Criterio de desempeño .....	19
4.1.19. Garantía .....	20
4.1.20. Mantenimiento .....	20
4.2. ALUMBRADO PÚBLICO SOLAR FOTOVOLTAICO .....	21
4.2.1. Seguridad en general .....	21
4.2.2. Efficacy of the luminaire.....	22
4.2.3. Vida útil.....	22
4.2.4. Tecnologías de Baterías .....	23
4.2.5. Capacidad de la Batería.....	23
4.2.7. Tasa C de la batería .....	24

4.2.8.	Pico de potencia del panel fotovoltaico .....	24
4.2.9.	Orientación del panel fotovoltaico .....	24
4.2.10.	Mantenimiento del panel solar .....	25
4.2.11.	Protección contra robos .....	25
4.2.12.	Garantía y servicio .....	25
4.3.	GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE .....	26
5.	CRITERIOS PARA LA COMPRA DE ILUMINACIÓN INTERIOR .....	30
5.1.	REQUERIMIENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD .....	31
5.1.1.	Seguridad en general .....	31
5.1.2.	Eficacia de la luminaria .....	31
5.1.3.	Vida útil .....	34
5.1.4.	Índice de reproducción cromática (IRC) .....	34
5.1.5.	Temperatura color correlacionada (TCC) .....	34
5.1.6.	Consistencia del color .....	34
5.1.7.	Parpadeo .....	35
5.1.8.	Efecto Estroboscópico .....	35
5.1.9.	Rango de voltaje operativo .....	35
5.1.10.	Factor de potencia fundamental o factor de desplazamiento .....	35
5.1.11.	Energía en espera y dispositivos de control conectados (consumo de energía en reposo) .....	35
5.1.12.	Protección contra sobretensiones .....	35
5.1.13.	Distorsión armónica .....	35
5.1.14.	Protección contra descargas eléctricas .....	36
5.1.15.	Clase de protección de ingreso .....	36
5.1.16.	Clase de resistencia al impacto .....	36
5.1.17.	Humedad y corrosión .....	36
5.1.18.	Atenuación y controles de ocupación .....	37
5.1.19.	Criterio de rendimiento .....	38
5.1.20.	Garantía .....	38
5.1.21.	Mantenimiento .....	38
5.2.	GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE .....	39
Anexo 1.	Definiciones .....	42
Anexo 2.	Lista de estándares de testeo de referencia .....	54
Anexo 3.	Costos del Ciclo de Vida .....	56
Anexo 4.	Criterios de adjudicación de licitaciones .....	60
Anexo 5.	Convocatoria de licitación, solicitud de licitación y Acuerdos de contrato de servitización de la iluminación .....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumo y ahorro potencial de energía en 156 países para iluminación LED eficiente considerando escenarios de ambición mínimos y altos de estándares mínimos de eficiencia energética .....	2
Figura 2: Etiqueta de eficiencia energética en Europa (a partir de 2021) y proyección de la distribución del mercado hasta 2030 .....	15
Figura 3: Esquema de etiquetado europeo (desde 2021) y distribución del mercado proyectado al 2030.....	32
Figura 4: Vida útil $L_{70}B_{50}$ .....	44
Figura 5: Distribución de intensidad luminosa para cuatro tipos de luminarias .....	45
Figura 6: Misma escena bajo diferentes fuentes de luz .....	46
Figura 7: Temperatura Color .....	47
Figura 8: Especificación de cromaticidad de cuadriláteros de siete pasos en el diagrama de cromaticidad CIE (x,y) .....	47
Figura 9: Métricas de parpadeo de luz .....	48
Figura 10: Iluminación en una línea eléctrica.....	50
Figura 11: Armónicos y fundamentales .....	50
Figura 12: Descarga eléctrica, clases IEC 60417-5172-02.....	51
Figura 13: Atenuación de la luz durante la noche.....	52
Figura 14: Comparación de CCV de tecnologías para alumbrado público LCC.....	58
Figura 15: Comparación del CCV por tecnología para iluminación interior.....	59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Mínima eficiencia energética para alumbrado público/externo .....	16
Tabla 2: Eficiencia energética mínima para alumbrado público/externo fotovoltaico .....	22
Tabla 3: Eficiencia energética mínima para luminarias de interior .....	33
Tabla 4: Eficiencia energética mínima para recambio de iluminación de interior .....	34
Tabla 5: Factor fundamental de potencia para luminarias interiores .....	35
Table 6: Densidad de energía de baterías .....	53
Tabla 7: Supuestos considerados para la comparación de tecnologías.....	59
Tabla 8: Ejemplo de ponderación de criterios para adjudicación .....	60
Tabla 9: Ejemplo de oferentes de tubos LED .....	61
Tabla 10: Ejemplo de ofertas de notación para tubos LED.....	61

## ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

<b>CA</b>	Corriente Alterna
<b>CC</b>	Corriente Continua
<b>CCV</b>	Costo del Ciclo de Vida
<b>CE</b>	Compatibilidad Electromagnética
<b>CIE</b>	Commission Internationale de l'Éclairage
<b>CPS</b>	Compras Públicas Sostenibles
<b>FV</b>	Fotovoltaico
<b>GEF</b>	Global Environment Facility
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>IES</b>	Illuminating Engineering Society
<b>IRC</b>	Índice de Reproducción Cromática
<b>IK</b>	Indice de Resistencia al Impacto
<b>IP</b>	Indice de Proteccion de Ingreso
<b>ISMT</b>	Del inglés "In-situ temperature measurement test" - Prueba de medición de temperatura in situ
<b>LED</b>	Del inglés, "Light Emitting Diode" – Diodos emisores de Luz.
<b>LaaS</b>	Lighting as a Service
<b>LiFePO<sub>4</sub></b>	Fosfato de Hierro Litio (baterías)
<b>MA</b>	Masa de Aire
<b>MEPS</b>	Del inglés, "Minimum Energy Performance Standards" – Estándares Mínimos de Eficiencia Energética
<b>NDC</b>	Del inglés, "Nationally Determined Contributions"
<b>NiMH</b>	Hidruro de níquel-metal (baterías)
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>PC</b>	Policarbonato
<b>Pst<sup>LM</sup></b>	Del inglés "Short term flicker perceptibility of light" - Perceptibilidad del parpadeo de la luz a corto plazo
<b>U4E</b>	United for Efficiency
<b>ULOR</b>	Del inglés, "Upper Light Output Ratio" - Relación de salida de luz superior
<b>ULR</b>	Del inglés "Upward Light Ratio" - Relación de luz hacia arriba
<b>REP</b>	Responsabilidad Extendida del Productor
<b>SVM</b>	Del inglés "Stroboscopic Visibility Measure" - Medida de visibilidad estroboscópica
<b>TCC</b>	Temperatura Color Correlacionada
<b>WHO</b>	World Health Organization

# 1. PRÓLOGO

El Sector Público destaca por su capacidad de ejercer un enorme poder adquisitivo, representando el 12% del PIB en los países de la OCDE y hasta el 30% en los países en vías de desarrollo. Esto demuestra el considerable potencial que tiene la contratación pública como medio para impulsar la economía de una nación hacia una economía más ecológica y sostenible.

Las compras públicas se refieren a las compras realizadas por gobiernos, empresas estatales y semiestatales de bienes, servicios y obras. Dado que la contratación pública representa una parte sustancial del aporte de los contribuyentes, se espera que los gobiernos la lleven a cabo de manera eficiente y con altos estándares de conducta para garantizar la prestación de servicios de alta calidad y salvaguardar el interés público<sup>1</sup>. Además, las Compras Públicas Sostenibles (CPS), o Compras Públicas Verdes, como también se las suele llamar, permiten a los gobiernos servir como modelo ejemplar y enviar fuertes señales al mercado para lograr múltiples beneficios, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mejora de la seguridad energética y la competitividad económica, la eficiencia de los recursos o la circularidad.

Las prácticas de CPS tienen la capacidad de transformar los mercados e impulsarlos hacia la sostenibilidad, reduciendo la huella ambiental de los gobiernos y contribuyendo significativamente al logro de una reducción considerable de las emisiones de GEI, al mismo tiempo que generan ahorros financieros significativos para el estado y entidades semiestatales debido a un consumo de energía mucho menor.

Estimular las SPP puede ayudar a orientar el gasto público hacia la sostenibilidad, pero

también puede fomentar el cambio de comportamiento del sector privado y de los consumidores, lo que permite la transición general hacia una economía verde y sostenible. Al adquirir de manera sostenible artículos de iluminación, electrodomésticos y equipos eléctricos energéticamente eficientes, los gobiernos y las autoridades públicas pueden impactar en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), además de contribuir al logro de los siguientes ODS: n° 7 “Energía Asequible y Limpia”, n° 12 “Producción y Consumo Responsable” y n° 13 “Acción por el Clima”.

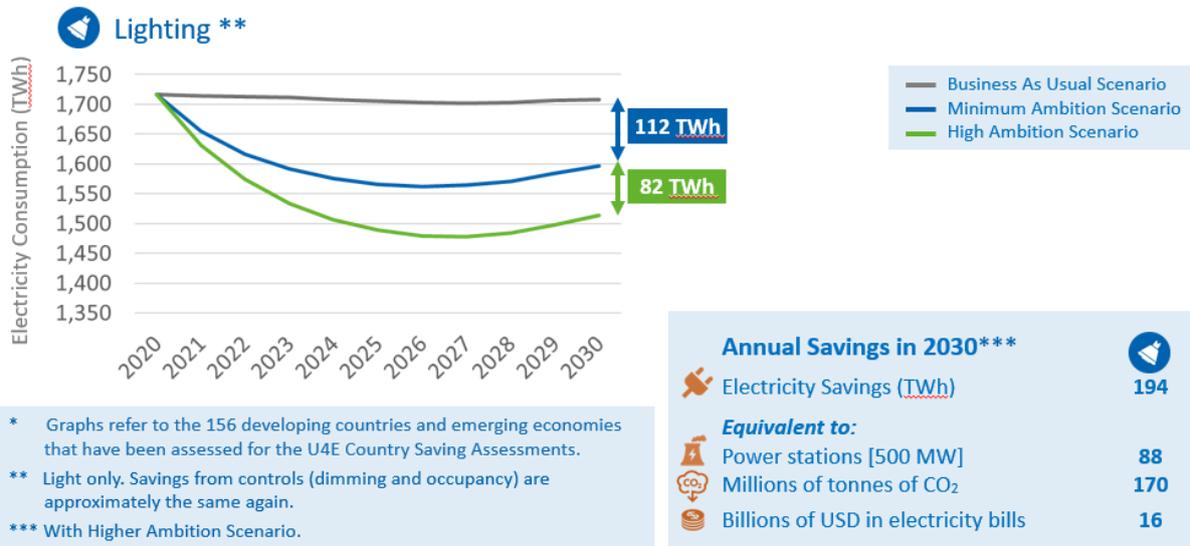
Por lo tanto, como efecto secundario de las CPS, los mercados pueden estar mejor preparados para implementar estándares mínimos de rendimiento energético (MEPS, de sus siglas en inglés) más estrictos y requisitos de diseño ecológico para todas las luminarias y electrodomésticos que ingresan al mercado, lo que lleva a un mayor ahorro de energía y reduce el impacto ambiental. La Figura 1 muestra el consumo y el ahorro potencial de energía en 156 países para iluminación de bajo consumo, considerando tanto escenarios mínimos como de mayor ambición para los estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS). Teniendo en cuenta solo la fuente de luz en sí (excluyendo los controles), de implementarse MEPS de mayor ambición, el ahorro de energía anual esperado para 2030 es de 194 TWh en comparación con el escenario base, equivalente a la generación de 88 grandes plantas de energía de 500 MW cada una y más de USD \$ 16 mil millones en ahorros anuales. Los beneficios de los controles y dispositivos de atenuación del alumbrado público y los controles de ocupación en iluminación de edificios pueden proporcionar ahorros equivalentes.

<sup>1</sup> <https://www.oecd.org/gov/public-procurement/>

Figura 1: Consumo y ahorro potencial de energía en 156 países para iluminación LED eficiente considerando escenarios de ambición mínimos y altos de estándares mínimos de eficiencia energética

## 156 Country Savings Assessments

### Savings Potential of Higher Efficiency Lighting by 2030\*



(Source: U4E country assessment)

Actualmente, las prácticas en CPS no están suficientemente integradas en las políticas sectoriales y las estrategias generales de desarrollo sostenible, lo que resulta en una falta de preparación del mercado y capacidad de respuesta de los gobiernos para comprar alternativas de servicios y productos ecológicos y sostenibles. El desempeño relativamente pobre en CPS conduce a su vez a un apalancamiento insuficiente de la contratación pública que da como resultado:

- Transformación limitada del mercado,
- Una alta huella medioambiental y social por parte de los actores estatales, y
- Mitigación insuficiente del cambio climático y limitado impacto en otros objetivos de sostenibilidad.

En este contexto, el Programa de las Naciones

Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a través de la iniciativa de Unidos por la Eficiencia (U4E), ha desarrollado una serie de Guías en Compras Públicas Sustentables que proporciona un conjunto de especificaciones técnicas para que los países desarrollen sus requisitos al momento de querer adquirir productos de mayor eficiencia energética y, por lo tanto, complementar y fortalecer sus procesos de transformación del mercado hacia luminarias electrodomésticos y equipos más eficiente. Si los países se enfocan en los principales productos eléctricos, que generalmente son adquiridos en grandes cantidades por entidades estatales y semiestatales, pueden fomentar y acelerar la penetración en el mercado de productos eléctricos de alto impacto, como iluminación, electrodomésticos (refrigeradores y equipos de aire acondicionado) y equipos (motores

eléctricos y transformadores de distribución de energía), productos que juntos representan más de un tercio del consumo mundial de energía.

Esta guía incluye el paso a paso sobre cómo aplicar la sostenibilidad y los mejores criterios técnicos para los productos seleccionados de acuerdo con las mejores prácticas regulatorias sociales y ambientales a nivel internacionales y presenta la lógica que deben adoptar los profesionales al seleccionar entre un conjunto de productos.

Las Guías de Especificaciones Técnicas para Compras Públicas Sustentables de U4E son un instrumento estratégico clave destinado a los compradores públicos, el personal técnico/mantenimiento y los funcionarios

relacionados a las compras públicas, desarrollado con la expectativa de que estas recomendaciones se integren en sus actividades de contratación diarias. También están dirigidas a los tomadores de decisiones relacionados con el desarrollo de políticas de contratación pública para respaldar la implementación de estos principios en CPS en las muchas instituciones públicas. También están dirigidas a todos aquellos interesados en crear conciencia sobre las oportunidades significativas respecto de compras de productos amigables con el clima y energéticamente eficientes.

Esta Guía es un complemento de la Guía de Regulación Modelo U4E y otras herramientas, estándares e informes internacionales del porfolio de U4E ya disponibles.

## SOBRE UNIDOS POR LA EFICIENCIA

U4E ([united4efficiency.org/](http://united4efficiency.org/)) es una iniciativa global liderada por el PNUMA, respaldada por empresas y organizaciones líderes con un interés común en transformar los mercados de iluminación, electrodomésticos y equipos, alentando a los países a implementar un enfoque de políticas integradas para productos energéticamente eficientes con el fin de lograr una transformación del mercado duradera, sostenible y rentable.

El enfoque se centra en el mercado de usuarios finales y apunta a los cinco componentes principales de la cadena de valor para un mercado energéticamente eficiente:

1. Normas y reglamentos.
2. Políticas de apoyo, incluidas las de educación, información y capacitación.
3. Monitoreo, verificación y fiscalización del mercado.
4. Mecanismos de Financiamiento, incluidos incentivos y contratación pública.
5. Gestión ambientalmente racional.



U4E brinda a los países soporte técnico personalizado a través de sus expertos internacionales y socios especializados, para aprovechar al máximo la electricidad de los países acelerando la adopción generalizada de productos energéticamente eficientes, lo que permite ahorros monetarios en las facturas de electricidad de los consumidores y ayuda a las empresas a prosperar a través de una mayor productividad, permitiendo que las empresas de energía satisfagan la creciente demanda de electricidad y ayudando a los gobiernos a alcanzar sus objetivos económicos, sociales, y ambientales.

Actualmente la iniciativa está presente en más de 30 países a nivel mundial. Según las circunstancias de cada país, U4E trabaja con cualquiera de los siguientes productos: iluminación, refrigeradores, equipos de aire acondicionado, motores eléctricos y transformadores de distribución de energía: los cinco productos que juntos consumen más de la mitad de la electricidad mundial.

Dicho apoyo está disponible en tres niveles: Global, Regional y Nacional; proporcionando

herramientas, recursos y apoyando a múltiples actores interesados respecto las mejores prácticas internacionales, desarrollando hojas de ruta de políticas nacionales/regionales y proveyendo de recomendaciones sobre procesos de armonización a través de diferentes publicaciones, como las guías de políticas de eficiencia energética, las Guías de Regulaciones Modelo, Especificaciones Modelo de contratación pública y Guías de pautas de financiamiento. Además, la iniciativa proporciona capacitaciones y actividades de educación, herramientas sobre políticas y recursos técnicos que incluyen Evaluaciones de Ahorros para más de 155 países que muestran los importantes beneficios económicos, ambientales, energéticos y sociales que son posibles con una transición completa de productos eléctricos eficientes.

Este creciente conjunto de herramientas y recursos busca concientizar a los formuladores de políticas sobre las importantes oportunidades y los pasos necesarios para comenzar a transformar sus mercados en iluminación, electrodomésticos y equipos ecoeficientes.

+33 (0)1 44 37 14 50

unep-u4e@un.org

UN ENVIRONMENT PROGRAMME  
**United for Efficiency**  
 ECONOMY DIVISION,  
 Energy and Climate Branch  
 1 Rue Miollis, Building VII, 75015, Paris, FRANCE

For more information about UNITED FOR EFFICIENCY

PLEASE VISIT [united4efficiency.org](http://united4efficiency.org)

## 2. ALCANCE DE LA GUÍA

Esta Guía se aplica a la tecnología de iluminación LED. Los productos de iluminación LED que cumplen con estas pautas están ampliamente disponibles en el mercado global a precios razonables y superan las tecnologías de iluminación tradicionales en eficiencia, vida útil y confiabilidad.

El alcance de las categorías de productos de iluminación incluye todas las luminarias o fuentes de iluminación de oficinas, incluidas las luminarias LED y los tubos LED, y todas las luminarias de alumbrado público, desde la iluminación de carreteras hasta la iluminación de calles pequeñas, con la excepción de la iluminación del tipo "estética/ embellecimiento" y "artística".

Las recomendaciones propuestas en el siguiente documento se basan en las siguientes consideraciones:

- Los requisitos para todos los productos de iluminación deben ser más altos que los Estándares Mínimos de Eficiencia Energética contenidos en las Guías de Regulación Modelo de U4E para Iluminación<sup>2</sup>, según corresponda. Los requisitos de energía de CPS deben apuntar a productos que estén por encima de la eficiencia promedio en el mercado para incentivar a la industria y al mercado a acelerar la transición hacia tecnologías más sostenibles. Se recomienda que las licitaciones fijen límites de energía que apunten alrededor del 20% de iluminación más eficiente del mercado.

- Los requisitos de eficiencia deben basarse en la etiqueta pertinente de los productos, si existe. La forma más sencilla de establecer el requisito de eficiencia para adquisiciones públicas es utilizar la etiqueta de eficiencia energética apuntando a las clases más eficientes. Algunos países utilizan etiquetas de respaldo, que solo pueden ser utilizadas por los productos más eficientes del mercado, por ejemplo, Energy Star en EE. UU. o PROCEL en Brasil. Las etiquetas de respaldo también son una manera fácil de identificar los productos eficientes en el mercado. Sin embargo, se recomienda que los requisitos de la etiqueta de respaldo se verifiquen para que no estén obsoletos y que sigan apuntando a los productos más eficientes del mercado (dentro del top del 20% de los más eficientes energéticamente). De lo contrario, el sistema de etiquetado debe actualizarse antes de que pueda usarse en el proceso CPS.
- Los productos deben estar disponibles para las agencias públicas a un precio razonable

<sup>2</sup> *Guías de Regulación Modelo en Iluminación de U4E's, publicadas en Febrero 2021.*

- *Para lámparas de servicio general:*  
<https://united4efficiency.org/resources/model-regulation-guidelines-for-energy-efficiency-and-functional-performance-requirements-for-general-service-lamps/>

- *Para Iluminarias de Tubo:*  
<https://united4efficiency.org/resources/model-regulation-guidelines-for-energy-efficiency-and-functional-performance-requirements-for-linear-lighting/>

Esta Guía brinda un conjunto simple de recomendaciones sobre los requisitos técnicos que se deben considerar durante el proceso de CPS, para garantizar que el producto y la instalación del sistema sean eficientes.

Se abordan los siguientes requisitos técnicos para la iluminación LED de oficinas/ grandes edificios y la iluminación LED de calles/exteriores (conectados o no la red):

- Criterios de rendimiento de la luminaria (eficacia, vida útil, fotometría).
- Calidad de la luz (índice de reproducción cromática, temperatura de color correlacionada, parpadeo, efecto estroboscópico).
- Características eléctricas (rango de voltaje operativo, factor de potencia fundamental, energía de reserva, protección contra sobretensiones, distorsión armónica).
- Control y rendimiento de la luz.
- Seguridad general.

Estas directrices y especificaciones técnicas de contratación tienen como objetivo facilitar la preparación de documentos de licitación emitidos por gobiernos, empresas estatales y semiestatales y también, para contratos de servitización de la iluminación (Lighting as a Service - LaaS). LaaS es un modelo de negocio basado en servicios en el que el mismo se cobra en base a una suscripción. El consumidor (propietario del edificio o municipio) no necesita invertir en las luminarias. En cambio, paga una tarifa de suscripción de iluminación que es cobrada por el proveedor del servicio y que cubre la

implementación, operación y mantenimiento de las luces durante la duración del contrato. La tarifa de suscripción puede basarse en términos del nivel de iluminación, calidad de la luz y otros parámetros. Los criterios técnicos y los valores recomendados en esta Guía siguen siendo aplicables a los modelos LaaS.

Todos los criterios de productos especificados ya están basados en informes de testeos de rutina como parte de los requisitos reglamentarios en los principales mercados internacionales [como la Unión Europea y los mercados de EE. UU.]. Si alguno de los criterios relevantes no se especifica en la documentación técnica del proveedor local, los compradores también pueden solicitar los detalles directamente al fabricante sin que implique un costo de prueba adicional. Los valores de rendimiento recomendados en estas pautas se basan en productos comúnmente disponibles en el mercado internacional de iluminación a un costo razonable. Los estándares que deben usarse para los procedimientos de prueba también se mencionan en estas pautas y todos los estándares citados deben ser las últimas versiones disponibles.

Varios criterios de los Estándares Mínimas de Eficiencia Energética, como los recomendados en las Guías de Regulación Modelo de U4E, también son aplicables como rendimiento bajo el alcance de estas pautas. Por ejemplo, para los tubos LED, el nivel de flujo mínimo todavía se aplica a la iluminación de mayor nivel de rendimiento, así como el requisito de compatibilidad con los equipos de control existentes, cuando corresponda.

## 3. RESUMEN DE CRITERIOS DE RENDIMIENTOS Y CALIDAD

### 3.1. ILUMINACIÓN PÚBLICA/ DE EXTERIORES

Criterio de Rendimiento	Requisitos estándar para contratación pública												
<b>Eficiencia de luminarias</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Potencia</th> <th>&lt; 50 Watt</th> <th>≥ 50 Watt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2023</td> <td>130</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>145</td> <td>165</td> </tr> <tr> <td>2027</td> <td>160</td> <td>180</td> </tr> </tbody> </table>	Potencia	< 50 Watt	≥ 50 Watt	2023	130	150	2025	145	165	2027	160	180
Potencia	< 50 Watt	≥ 50 Watt											
2023	130	150											
2025	145	165											
2027	160	180											
<b>Vida útil</b>	30.000 horas para L90B50 (que corresponde a 100.000 horas para L70B50)												
<b>Seguridad general</b>	En cumplimiento IEC 60598-2-3												
<b>Distribución fotométrica</b>	ULR ≤ 1% o ULOR = 0% para un ángulo de inclinación de 0°.												
<b>Índice de reproducción cromática (IRC)</b>	IRC ≥ 70												
<b>Temperatura de color correlacionada (TCC)</b>	TCC ≤ 5.000 Kelvin												
<b>Consistencia del color</b>	Variación de las coordenadas de cromaticidad dentro de una elipse de McAdam de seis pasos												
<b>Parpadeo</b>	Pst <sup>LM</sup> ≤ 1,0 a plena carga y una tensión de entrada sinusoidal												
<b>Rango de voltaje operativo</b>	Entre 160 VCA y 250 VCA a 50Hz o 60 Hz												
<b>Factor de potencia fundamental</b>	≥ 0,9												
<b>Energía de reserva y dispositivos de control conectados</b>	≤ 0,15 W de potencia de reserva ≤ 0,15 W para dispositivos de control conectados medido independientemente												
<b>Protección contra sobretensiones</b>	Recomendaciones del estándar IEC 61547												
<b>Distorción armónica</b>	Estándar IEC 61000-3-2												
<b>Protección contra descargas eléctricas</b>	Cumplimiento con estándar IEC 60598-2-3												
<b>Clase de protección de ingreso</b>	IP66 (o IP65 donde no se esperan fuertes lluvias)												
<b>Clase de resistencia al impacto</b>	Mínimo IK08												
<b>Humedad y corrosión</b>	Todas las luminarias deben ser a prueba de humedad donde puedan darse dicha condición, siguiendo la normal de humedad IEC 60598-1. ("Luminarias – Parte 1: Requisitos generales y pruebas").												
<b>Atenuación</b>	Las luminarias LED debe atenuarse en un 30 % de su flujo nominal durante al menos 6 horas por noche (por ejemplo, de 11 p. m. a 5 a. m.). Este requisito debe considerarse en relación con el flujo de tráfico típico de la calzada en particular. No aplicable si el nivel de iluminancia nominal es inferior a 1 lux												
<b>Criterio desempeño</b>	La potencia instalada no debe ser superior a 3 Watts por metro lineal por carril de carretera												
<b>Garantía</b>	Al menos 5 años. La disponibilidad de repuestos debe ser obligatoria por un período de 10 años después de la compra del poste de alumbrado público.												
<b>Mantenimiento</b>	La luminaria debe ser mantenible y diseñada para ser reparada, preferiblemente con un módulo reemplazable.												
<b>Gestión ambientalmente responsable</b>	Se recomienda que el desembolso del pago final del contrato dependa de la recepción de toda la documentación necesaria sobre la gestión de los residuos.												

### 3.2. ILUMINACIÓN PÚBLICA CON PANELES SOLARES

Criterio de Rendimiento	Requisitos estándar para contratación pública	
Eficiencia de luminarias	2023	≥ 160 lm/W
	2025	≥ 180 lm/W
	2027	≥ 200 lm/W
Vida útil	30.000 horas para L90B50 (que corresponde a 100.000 horas para L70B50)	
Vida útil del módulo fotovoltaico	≥ 25 años al 80% de la capacidad nominal	
Vida útil de la batería	≥ 10 años al 80% de la capacidad nominal (equivale a 3.650 ciclos de carga y descarga o más)	
Seguridad general	En cumplimiento IEC 60598	
Tecnología de la batería	Exeptuar baterías de plomo	
Pico de potencia fotovoltaica (FV)	Pico de potencia fotovoltaica $\geq 1,2 \times P_{lum} \times T100\%$ / Irradiación Pico de potencia: Pico de potencia del FV en Watt pico (Wp) $P_{lum}$ : Potencia nominal de la luminaria en Watt (W) T100%: tiempo equivalente a cuando la luminaria está funcionando a su potencia nominal en horas (h).	
Capacidad de la batería	Capacidad $\geq 1,85 \times P_{lum} \times T100\%$ Capacidad: Capacidad de la batería en Watt hora (Wh) $P_{lum}$ : Potencia nominal de la luminaria en Watt (W) T100%: tiempo equivalente cuando la luminaria está funcionando a su potencia nominal en horas (h)	
Distribución fotométrica	ULR ≤ 1% o ULOR = 0% para un ángulo de inclinación de 0°.	
Índice de reproducción cromática (IRC)	IRC ≥ 70	
Temperatura de color correlacionada (TCC)	TCC ≤ 5.000 Kelvin	
Consistencia del colour	Variación de las coordenadas de cromaticidad dentro de una elipse de McAdam de seis pasos	
Papadeo	Solo si funciona con CA: $P_{stLM} \leq 1$ a plena carga y una tensión de entrada sinusoidal	
Energía de reserva y dispositivos de control conectados	≤ 0,15 W de potencia de reserva ≤ 0,15 W para dispositivos de control conectados medido independientemente	
Clase de protección de ingreso	IP66 (o IP65 donde no se esperan fuertes lluvias)	
Clase de resistencia al impacto	Mínimo IK08	
Humedad y corrosión	Todas las luminarias deben ser a prueba de humedad cuando puedan darse condiciones de humedad durante el uso normal después de la prueba de humedad IEC 60598-1. ("Luminarias – Parte 1: Requisitos generales y pruebas"). Los componentes de la envolvente metálica exterior de la luminaria deben ser de acero inoxidable o aluminio (chapa, extruido o fundido) o zinc fundido a presión. El hierro recubierto con zinc puede ser aceptable con características especiales.	
Atenuación	Las luminarias LED debe atenuarse en un 30 % de su flujo nominal durante al menos 6 horas por noche (por ejemplo, de 11 p. m. a 5 a. m.). No aplicable si el nivel de iluminancia nominal es inferior a 1 lux	
Densidad de potencia de iluminación instalada	≤3 vatios por metro lineal de carretera	
Garantía	Mínimo de 5 años, incluidos el controlador LED, el módulo LED, la batería, el panel fotovoltaico y todos los componentes electrónicos. La disponibilidad de repuestos debe ser obligatoria por un período de 10 años después de la compra del poste de alumbrado público.	

Criterio de Rendimiento	Requisitos estándar para contratación pública
<b>Mantenimiento</b>	<p>Dentro de la documentación técnica, se debe contener instrucciones completas para reemplazar el controlador LED, la batería, el sistema de gestión de la batería y el panel solar. Se deben proporcionar las herramientas apropiadas con el poste de alumbrado público.</p> <p>La luminaria debe ser mantenible y diseñada para prestar su servicio. El panel fotovoltaico debe limpiarse al menos una vez al año (a menos que la lluvia misma lo limpie lo suficiente) y después de cada tormenta de arena o viento significativa u otro evento meteorológico relevante.</p>
<b>Protección anti-roboto</b>	<p>La batería en la parte superior del poste debe estar contenida en una caja asegurada dentro del poste, haciéndola invisible. La fijación del panel fotovoltaico al poste debe ser con tornillos/bloqueos especiales antirrobo según corresponda.</p>
<b>Gestión ambientalmente responsable</b>	<p>Se recomienda que el desembolso del pago final del contrato dependa de la recepción de toda la documentación necesaria sobre la gestión de los residuos.</p>

### 3.3. ILUMINACIÓN PARA OFICINAS/GRANDES EDIFICIOS

Criterio de Rendimiento	Requisitos estándar para contratación pública			
<b>Luminarias:</b> Eficacia mínima lm/W por año de implementación (rango de flujo en lúmenes)	<b>Flux range</b>	<b>60 ≤ Φ &lt; 600</b>	<b>600 ≤ Φ &lt; 1200</b>	<b>1200 ≤ Φ</b>
	2023	110	120	130
	2025	130	140	150
	2027	150	160	170
<b>Reemplazo de tubos:</b> Eficacia mínima lm/W por año de implementación	2023	130		
	2025	150		
	2027	170		
<b>Vida útil</b>	20.000 horas para L70B50 de acuerdo con IEC 62717			
<b>Seguridad general</b>	En cumplimiento IEC 60598			
<b>Índice de reproducción cromática (IRC)</b>	IRC ≥ 80			
<b>Temperatura de color correlacionada (TCC)</b>	TCC ≤ 6.500 Kelvin (máximo)			
<b>Consistencia del color</b>	Variación de las coordenadas de cromaticidad dentro de una elipse de McAdam de seis pasos			
<b>Parpadeo</b>	Pst <sup>LM</sup> ≤ 1 a plena carga y una tensión de entrada sinusoidal			
<b>Efecto Estroboscópico</b>	SVM ≤ 0,4 a plena carga			
<b>Rango de voltaje operativo</b>	Entre 160 VCA y 250 VCA a 50Hz o 60 Hz			
<b>Factor de potencia fundamental o factor de desplazamiento (varía con la potencia)</b>	P ≤ 5 W		Sin limite	
	5 W < P ≤ 10 W		≥ 0.5	
	10 W < P ≤ 25 W		≥ 0.7	
	P > 25W		≥ 0.9	
<b>Energía de reserva y dispositivos de control conectados</b>	≤ 0,15 W de potencia de reserva ≤ 0,15 W para dispositivos de control conectados medido independientemente			
<b>Protección contra sobretensiones</b>	Recomendaciones del estándar IEC 61547			
<b>Distorsión armónica</b>	Estándar IEC 61000-3-2			
<b>Protección contra descargas eléctricas</b>	Estándar IEC 60598-1 Luminaires - Part 1: General requirements and tests			
<b>Clase de protección de ingreso</b>	IP20 o IP54 en entornos industriales			
<b>Clase de resistencia al impacto</b>	Mínimo IK05 (IK08 para luminaria fijadas a la pared)			
<b>Humedad y corrosión</b>	Todas las luminarias deben ser a prueba de humedad donde puedan darse dicha condición, siguiendo la normal de humedad IEC 60598-1. ("Luminarias – Parte 1: Requisitos generales y pruebas").			
<b>Atenuación y controles de ocupación</b>	Las luminarias LED debe tener la capacidad de atenuarse cuando la luz del día es suficiente. También deben incorporar controles de ocupación/detección de presencia automático para encendido/en espera.			
<b>Criterio de desempeño</b>	< 6W/m <sup>2</sup> de superficie.			

Criterio de Rendimiento	Requisitos estándar para contratación pública
<b>Garantía</b>	Al menos 4 años. La disponibilidad de repuestos debe ser obligatoria por un período de 10 años después de la compra.
<b>Mantenimiento</b>	La luminaria debe ser mantenible y diseñada para ser reparada, particularmente con equipo de control reemplazable y preferiblemente con módulo reemplazable.
<b>Gestión ambientalmente responsable</b>	Se recomienda que el desembolso del pago final del contrato dependa de la recepción de toda la documentación necesaria sobre la gestión de los residuos.

## 4. CRITERIOS PARA LA COMPRA DE ALUMBRADO PÚBLICO

---

El principal objetivo del alumbrado público es garantizar la seguridad durante la noche de vehículos, ciclistas y peatones en las calles y vías. La seguridad para los conductores de vehículos en este contexto significa la capacidad de percibir y tomar las medidas apropiadas cuando un objeto, otro vehículo, una persona o un animal posiblemente se encuentre con su vehículo. Esta percepción está dada por la vista y el oído. El alumbrado público debe proveer la capacidad adecuada del conductor para ver de noche. Las fuentes de luz deben proporcionar la cantidad correcta de luz en la calle o el pavimento para que los alrededores sean claramente visibles por seguridad. Para los peatones, existe un requisito adicional que es importante para la percepción de la seguridad: la capacidad de reconocer un rostro por la noche.

El alumbrado público suele ser responsabilidad de las autoridades públicas locales. Los criterios técnicos de contratación pública incluidos en esta Guía para la iluminación conectada a la red así como alumbrado público fotovoltaico (FV) ayudarán a guiarlos en el cumplimiento de sus responsabilidades mientras consumen la menor cantidad de energía posible. En el caso de los sistemas de alumbrado público FV, estos incluyen, junto con la luminaria, un panel solar para recoger la energía del sol y una batería para almacenarla durante el día y restituirla a la luminaria durante la noche cuando se necesita luz artificial. El enfoque recomendado es actualizar periódicamente los requisitos de eficiencia energética de CPS, de modo que solo los productos y sistemas de iluminación de mayor

eficiencia sean objeto de compra durante los procesos de licitación pública. Los requisitos energéticos para CPS deben apuntar a productos que estén por encima de la eficiencia media del mercado para incentivar a la industria y al mercado a acelerar la transición hacia tecnologías más sostenibles. Se recomienda que las licitaciones establezcan los límites a alrededor del 20% superior de los productos y sistemas de iluminación más eficientes del mercado local.

Los productos más eficientes también pueden orientarse y justificarse con un método de análisis del Costo del Ciclo de Vida (CCV), que tendrá en cuenta en detalle los costos iniciales, los costos operativos y los costos externos debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros ahorros de costos indirectos, por lo tanto, cuanto mayor sea la energía de consumo, mayores son los costos operativos y las emisiones. La tecnología LED ha demostrado ser la tecnología más eficiente disponible en el mercado a precios razonables. En el Anexo 3 se proporciona más información sobre el análisis de Costos del Ciclo de Vida, las emisiones y ejemplos de comparación de tecnologías en iluminación.

Los parámetros de eficiencia energética y calidad para la contratación pública de alumbrado público/externo se describen en las secciones 4.1 y 4.2 respectivamente. Las definiciones completas de cada parámetro se dan en el Anexo 1 y una lista de los estándares de testeo relevantes se da en el Anexo 2. Las consideraciones de gestión ambientalmente racional para ambas formas de alumbrado público se analizan en la Sección 4.3.

## 4.1. ALUMBRADO PÚBLICO CONECTADO A LA RED

Esta sección describe los requisitos de calidad y eficiencia energética para el alumbrado público conectado a la red.

### 4.1.1. Seguridad en general

Este requisito es para que una luminaria sea segura durante su uso o falle de manera segura si se somete a condiciones anormales. En la práctica, significa que se requiere pasar pruebas que aseguren que no hay riesgo de descarga eléctrica o incendio. Esto incluye la resistencia mecánica y la entrada de agua cuando se especifique. Los detalles de construcción, como el espacio entre las partes, el aislamiento eléctrico y los límites térmicos, se verifican y tienen requisitos específicos.

**IEC 60598 define los requisitos generales y particulares para garantizar la seguridad de una luminaria durante su uso. Todas las luminarias deben cumplir con IEC 60598.**

Además, la especificación de adquisición debe indicar la temperatura operativa requerida en uso (ta). Esto debe declararse y mostrarse en la luminaria.

### 4.1.2. Eficacia de la luminaria

La eficacia se define como la salida de lúmenes dividida por la potencia de entrada de la luminaria. Tiene en cuenta el "Light Output Ratio" (LOR) de la luminaria, la eficacia luminosa del LED y la eficacia de los auxiliares electrónicos. Se recomienda que las licitaciones establezcan los límites de eficacia que apunten al 20 % de los productos y sistemas de iluminación más eficientes del mercado local.

Dependiendo de las características locales, los requisitos de eficiencia energética se pueden

establecer mediante una de las siguientes dos opciones.

**Opción 1: Hay etiquetas de eficiencia energética actualmente vigentes - los requisitos de eficiencia se establecen en función de las etiquetas de eficiencia energética y con el respaldo de los datos del mercado local**

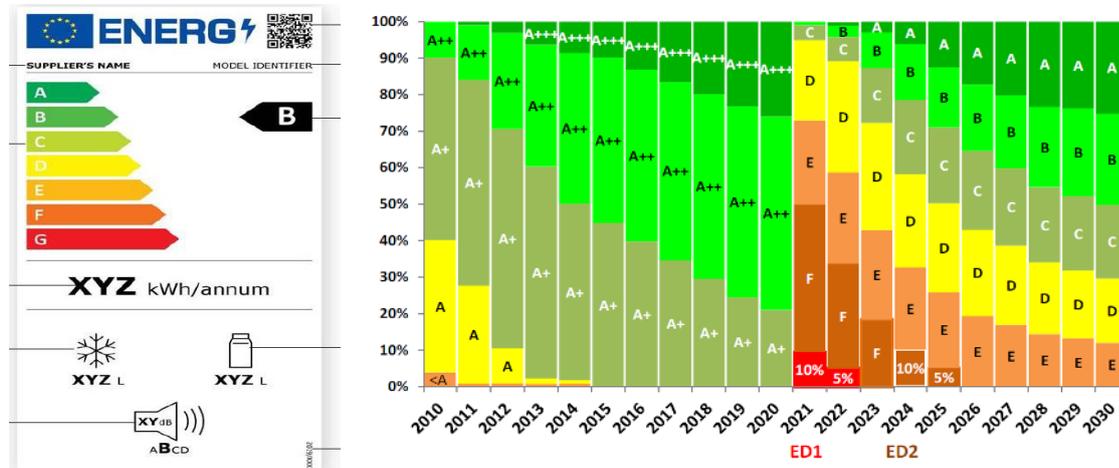
La forma más sencilla de establecer el requisito de eficiencia es utilizar la etiqueta de eficiencia energética apuntando a las clases de eficiencia energética más altas.

Si se conoce la participación de los productos dentro de la Clase, se debe usar la Clase donde se ubiquen el 20% superior de los productos en el mercado.

Por ejemplo, en la Figura 2 se espera que los modelos de las Clases A a C representen alrededor del 30 % del mercado en 2023. Por lo tanto, el requisito podría aumentarse a Clase C o superior en 2023. Luego, el requisito puede actualizarse nuevamente a Clase B o superior en 2025 y a Clase A en 2028.

Por lo tanto, los requisitos de eficiencia energética para las CPS deben actualizarse periódicamente. Esto debe tenerse en cuenta al establecer la base legal para evitar barreras administrativas al actualizar los requisitos mínimos de eficiencia en el futuro. De lo contrario, los requisitos podrían volverse obsoletos en unos pocos años.

Figura 2: Etiqueta de eficiencia energética en Europa (a partir de 2021) y proyección de la distribución del mercado hasta 2030



(Fuente: Borrador de la nueva Regulación de etiquetado europea<sup>3</sup>)

**Opción 2: No hay etiquetas de eficiencia energética disponibles o están desactualizadas - los requisitos de eficiencia se establecen en función de las referencias internacionales en eficiencia energética**

En algunos países, la etiqueta de eficiencia energética para el alumbrado público/externo no está disponible, o no está funcionando de manera efectiva (p. ej., cuando la clase de eficiencia superior contiene más del 30 % de los productos en el mercado) o está desactualizada (p. ej., más de 5 años), lo que dificulta su uso como referencia para distinguir los productos de iluminación más eficiente del mercado. En este caso, los requisitos de eficacia de las luminarias para CPS se pueden establecer con la ayuda de datos de mercado y/o con los niveles de eficiencia de las mejores prácticas internacionales (puntos de referencia). Dado que en este caso la etiqueta

local (si la hay) no puede usarse como referencia, los niveles de alta eficiencia de otras economías pueden usarse como punto de referencia para establecer los requisitos de CPS. Se debe tener en cuenta que, en un mercado de menor eficiencia energética (o uno con costos de compra relativamente más altos), tomar el nivel de eficiencia más alto de otras economías como un requisito mínimo de CPS podría ser demasiado ambicioso. Por lo tanto, el punto de referencia utilizado debe estar respaldado por datos recopilados directamente del mercado para el producto objetivo, para que los requisitos se establezcan con un límite ambicioso pero realista. Para poder comparar de manera justa entre los niveles estándar internacionales y la etiqueta local, si existe, ambos deben expresar los mismos parámetros de referencia, como el tipo de luminaria y el método de testeo (o ajustados por discrepancias).

<sup>3</sup> Borrador del nuevo reglamento UE: REGLAMENTO DELEGADO DE LA COMISIÓN que completa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al etiquetado energético de los aparatos de refrigeración y por el que se deroga el Reglamento Delegado (UE) n.º 1060/2010 de la Comisión

Para referenciar claramente el requisito máximo de consumo de energía de la luminaria para el alumbrado público/externo, la eficacia mínima recomendada se muestra en la Tabla 1.

Tenga en cuenta que las luminarias con niveles de potencia superiores a 50 vatios se utilizan

principalmente para la iluminación de carreteras. Aquellas de potencia inferior a 50 Watts se utilizan mayoritariamente para iluminación de amenidades con efectos más decorativos, así como para el control del deslumbramiento, lo que reduce la eficacia.

**Tabla 1: Mínima eficiencia energética para alumbrado público/externo**

Potencia de las luminarias	Año de implementación		
	2023	2025	2027
< 50 Watts	130 lm/W	145 lm/W	160 lm/W
≥ 50 Watts	150 lm/W	165 lm/W	180 lm/W

**4.1.3. Vida útil**

La definición de vida útil es crucial para el diseño de una instalación y su mantenimiento. Para el alumbrado público, las personas pueden tolerar una disminución gradual del 30 % en el nivel de luz sin darse cuenta. Sin embargo, cuando la luminaria emita menos del 70% de su nivel de luz inicial, debe ser reemplazada para mantener un nivel de luz suficiente en la calle o camino de acuerdo con los valores de diseño de la instalación. Por lo tanto, la vida útil mínima recomendada es:

**Mínimo de 100.000 horas para un L70 y B50<sup>4</sup>**

Las normas vigentes no están hechas para tal la vida útil indicada. La norma permite medir hasta 6.000 horas con un límite de 6 veces para extrapolaciones (máximo 36.000 horas). Por lo tanto, una reclamación verificable a las 30.000 horas para L90B50 es equivalente.

**4.1.4. Distribución fotométrica**

El parámetro de distribución fotométrica de salida de luz hacia arriba (ULOR) es la relación entre el flujo luminoso hacia arriba de la luminaria, medido en condiciones específicas con su(s) lámpara(s) y equipos propios, a la suma de los flujos luminosos individuales de la misma lámpara (s) cuando se opera fuera de la luminaria con el mismo equipo, bajo condiciones prácticas específicas<sup>5</sup>. Además, la relación conocida como relación de luz ascendente (ULR) es simplemente la proporción de luz emitida desde la luminaria hacia arriba sin referencia a las pérdidas de flujo dentro de la luminaria.

El flujo luminoso ascendente de la luminaria no es útil para iluminar la calzada o la acera. Es una pérdida directa de luz y de la energía utilizada para producir esa luz. También contribuye a la contaminación lumínica y por lo tanto, debe ser estrictamente limitada.

<sup>4</sup> Siguiendo las definiciones de las normas IEC 62722-2-1 y IEC 62717

<sup>5</sup> Definición de la International Commission of Illumination

La dirección del flujo luminoso de una luminaria también depende del ángulo de inclinación de la luminaria con respecto a la horizontal. Las fichas técnicas de las luminarias suelen proporcionar información sobre el ULOR o ULR de la luminaria para diferentes ángulos de inclinación, y al menos para un ángulo de inclinación = 0° (montaje horizontal) el requisito recomendado es:

**ULR ≤ 1% o ULOR = 0% para un ángulo de inclinación de 0°**

#### 4.1.5. Índice de reproducción cromática (IRC)

Para el alumbrado público, la distinción de colores o el contraste de color no es tan crítico como lo es para los ambientes interiores. El valor recomendado está alineado con las prácticas internacionales:

**IRC ≥ 70**

#### 4.1.6. Temperatura Color Correlacionada (TCC)

La luz tiene un impacto diferente en la fauna y la flora dependiendo de su color. Debido a que la luz azul ilumina el cielo nocturno más que los colores de luz más cálidos, es importante minimizar la cantidad de luz azul emitida. También se ha demostrado que la exposición a la luz azul por la noche daña la salud humana y pone en peligro la vida silvestre bajo ciertas condiciones. La forma más sencilla de limitar la parte azul emitida por una fuente de luz es limitar su temperatura de color. Sin embargo, una temperatura de color baja también puede significar una fuente de luz menos eficiente. Una buena relación de compromiso para el alumbrado público es:

**TCC ≤ 5.000 Kelvin**

*Nota:* Siempre que sea posible, el TCC no debe superar los 4.000 Kelvin para limitar la contaminación lumínica y su impacto negativo sobre la fauna y la flora.

#### 4.1.7. Parpadeo

Investigaciones sobre el parpadeo están en curso y se podrían establecer valores internacionales más estrictos dentro de unos años, sin embargo, los requisitos estándar internacionales actuales recomendados son:

**PstLM ≤ 1 a plena carga y tensión de entrada sinusoidal**

#### 4.1.8. Rango de voltaje operativo

Debido a las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica de países en desarrollo como Bolivia, el rango de voltaje operativo de la luminaria debe especificarse como:

**160 VCA y 250 VCA**

#### 4.1.9. Factor de potencia fundamental o factor de desplazamiento

Las redes de alumbrado público pueden estar sujetas a fluctuaciones de alto voltaje. El aumento del factor de potencia fundamental puede limitar el estrés en la red de suministro de energía. El valor mínimo sugerido del factor de potencia es:

**≥ 0,9**

#### 4.1.10. Energía en espera y dispositivos de control conectados (consumo de energía en reposo)

Los postes de alumbrado público suelen estar en la misma línea de distribución. La potencia de reposo de las luminarias individuales debe limitarse para evitar un consumo de energía innecesariamente alto que no sea de iluminación.

El requisito recomendado para la potencia de reposo de las luminarias individuales es:

**Se permite un máximo de 0,15 vatios para la alimentación en espera y un máximo de 0,15 vatios para los dispositivos de control conectados medidos de forma independiente**

#### 4.1.11. Protección contra sobretensiones

La protección contra sobretensiones es un parámetro importante para proteger al equipo LED, especialmente para la iluminación exterior. Cabe señalar que la nueva versión de la norma IEC 61547 (2020) incluye importantes cambios técnicos con respecto a la edición anterior, entre los que destaca el aumento de los niveles de prueba de descargas electrostáticas y sobretensiones para equipos de alumbrado público y vial. Las luminarias deben entonces cumplir con los requisitos de:

**Norma IEC 61547 o ANSI C82.77-5 para protección contra sobretensiones**

#### 4.1.12. Distorsión armónica

Las distorsiones armónicas deben limitarse para evitar el consumo innecesario y la perturbación de las luminarias vecinas.

**Los límites aceptables para las emisiones de corriente armónica son los establecidos en la norma IEC 61000-3-2**

#### 4.1.13. Protección contra descargas eléctricas

**Las luminarias de alumbrado público deben ser luminarias de Clase II según las definiciones de IEC 60598-1**

Se trata de luminarias en las que la protección contra descargas eléctricas no se basa únicamente en el aislamiento básico, sino en las que se proporcionan precauciones de seguridad adicionales, como el doble

aislamiento o el aislamiento reforzado, y no se prevé una conexión a tierra protectora ni se depende de las condiciones de instalación.

#### 4.1.14. Clase de protección de ingreso

Para el alumbrado público, un buen nivel de protección de entrada para la luminaria es:

##### IP66

- **Hermético al polvo (primera característica IP número 6)**
- **Potentes luminarias a prueba de chorros de agua (segunda característica IP número 6)**

No entra polvo en la carcasa y el agua de marejada o agua proyectada en chorros potentes no deberá entrar en el recinto en cantidades perjudiciales.

##### IP65 donde no se esperan fuertes lluvias

Cuando el compartimiento de equipo y el sistema óptico están separados, IP66 debe aplicarse a la óptica sellada, mientras que IP54 o superior es suficiente para el compartimiento de equipo.

*Nota:* En determinadas circunstancias, podría ser suficiente especificar el segundo número IP característico en un nivel inferior 5 "luminaria a prueba de chorros". A efectos de prueba, esto se refiere a una luminaria sujeta a un caudal de agua de 12,5 l/min durante 15 minutos, lo que puede ser suficiente en algunos lugares mientras que para el nivel de IP 6, la luminaria está sujeta a un caudal de agua de 100 l/min durante 3 minutos.

#### 4.1.15. Clase de resistencia al impacto

El valor de resistencia al impacto recomendado para el alumbrado público/externo es:

##### Mínimo IK08

IK08 equivale al impacto de 1,7 kg lanzado

desde una altura de 300 mm (equivalente a un impacto de 5 julios), que puede ser suficiente en condiciones normales para luminarias colocadas a una altura mínima de 6 metros. IK10 es cuatro veces más resistente.

#### 4.1.16. Humedad y corrosión

##### Humedad

Las luminarias deben cumplir con los requisitos de prueba de humedad en IEC 60598:1 con las siguientes condiciones:

La luminaria se lleva a una temperatura de 34°C y luego se coloca directamente por un período continuo de 48 horas en un gabinete que contiene aire con una humedad relativa mantenida entre 91 % y 95 % y una temperatura de 30°C+/-1°C.

Después de este tratamiento, la muestra no deberá presentar daños que afecten el cumplimiento de los requisitos de este documento.

##### Corrosión

Los componentes metálicos expuestos de la envolvente de la luminaria deben ser de acero inoxidable o aluminio (chapa, extruido o fundido) o zinc fundido a presión. También se puede utilizar hierro fundido o hierro maleable de al menos 3,2 mm de espesor siempre que esté recubierto con un mínimo de 0,05 mm de zinc en las superficies exteriores y con una capa visible de dicho material en las superficies interiores de la envolvente.

*Nota:* Cuando se exponen a una atmósfera que contiene productos químicos agresivos, las ópticas de policarbonato (PC) o acrílico pueden perder sus características ópticas y prestaciones mecánicas.

#### 4.1.17. Atenuación

Cabe señalar que, y según Estándares Mínimos de Eficiencia Energética (MEPS) en muchos países, las luminarias de alumbrado público deben ser regulables. Se proponen las siguientes recomendaciones de atenuación:

**El alumbrado público LED debe atenuarse al menos un 30 % de su flujo nominal durante al menos 6 horas por noche (por ejemplo, de 11 p.m. a 5 a.m.)**

*Nota 1:* cuando el nivel de iluminación ya es relativamente bajo, alrededor de 1 lux, la atenuación no es adecuada.

*Nota 2:* Se puede habilitar la regulación para un grupo de luminarias usando un solo sensor.

#### 4.1.18. Criterio de desempeño

Es importante tener luminarias eficientes, pero también es importante tener una instalación eficiente en general. Si se instalan demasiadas luminarias, se producen niveles de luz innecesarios con el correspondiente gasto innecesario de energía. Los niveles recomendados para el alumbrado público son bien conocidos y se basan en normas como la norma europea EN 13201<sup>6</sup> y CIE 180 "Iluminación de transporte por carretera para países en desarrollo". Los niveles generales de luz se pueden expresar en términos de iluminación (unidad: lux) junto con la uniformidad de la luz en la carretera.

Se consideraron cuatro tipos de carreteras para el análisis de especificaciones para adquisiciones:

- *Vías rápidas que tienen un ancho de 12 metros y cuatro carriles viales.*

<sup>6</sup> Aplicado en Alemania, Austria, Inglaterra, Irlanda, Francia, Países Bajos entre otros.

- Carreteras provinciales y territoriales con un ancho de 8 metros y un promedio de 2,7 carriles de circulación.
- Vías municipales de 6 metros de ancho y 2 carriles de calzada.
- Calles de 4 metros de ancho y un promedio de 1,3 carriles de circulación.

Para cada uno de estas vías se consideró la altura típica de la luminaria, el espaciamiento y la potencia para obtener los niveles de iluminación y uniformidad deseados, dando como resultado:

- Vías rápidas: 20 lux, uniformidad 0,4.
- Carreteras provinciales y territoriales: 30 lux, uniformidad 0,4.
- Vías municipales: 20 lux, uniformidad 0,4.
- Calles: 15 lux, uniformidad 0,4.

La potencia instalada para alumbrado público por metro lineal y por carril en dichas vías va desde 1,7 Watts por metro para vías provinciales y territoriales hasta 2,4 Watts por metro para vías municipales.

En base a este análisis, se propone un requisito de desempeño que limita la potencia que se puede instalar para el alumbrado público a un **máximo de 3 Watts por metro lineal por carril de la carretera.**

*Nota 1:* Cuando el nivel de iluminación es más bajo que el utilizado para el cálculo aquí presentado, se puede usar un valor límite inferior prorrateado.

*Nota 2:* Este criterio es clave en la comparación de ofertas, incluso si no se pueden alcanzar los valores absolutos.

#### 4.1.19. Garantía

La vida útil de la luminaria se establece en al menos 50.000 horas de acuerdo con los parámetros y métodos de ensayo definidos en el Anexo 1.D.

La noche es más larga durante el invierno y más corta durante el verano. Sin embargo, como primera aproximación podemos considerar que la duración total de la noche en un año es igual a 4.380 horas (= 12 x 365).

La vida útil mínima de la luminaria a las 50.000 horas (L70B50) es por tanto de 11,4 años (= 50.000 / 4.380).

**Podría exigirse razonablemente un período de garantía de 5 años.**

La tasa de falla abrupta durante la vigencia de la garantía (5 años o 22.000 horas) no debe exceder el 3 %. El parámetro es entonces C3 a las 22.000 horas.

**Esta garantía debe cubrir todos los componentes de la luminaria, incluidos los equipos de control y la fuente de luz.**

#### 4.1.20. Mantenimiento

Si están disponibles en el mercado, se deben preferir los productos con un módulo reemplazable junto con la garantía de piezas de repuesto (al menos el módulo, los dispositivos de control y los conectores correspondientes) disponibles durante 10 años o más. Los compradores deberían poder reemplazar por separado la fuente de luz y/o el equipo de control sin tener que reemplazar toda la luminaria. Las luminarias deben ser mantenidas y diseñadas para ser reparadas.

Cuando el mantenimiento de la instalación de alumbrado público se realice internamente (es

decir, por el propio municipio), los compradores también deben asegurarse de obtener toda la documentación técnica necesaria para el mantenimiento de la luminaria y sus componentes. El mantenimiento debe planificarse de acuerdo con la vida útil esperada de la luminaria con provisión de fondos hecha cada año para anticipar el requisito de reemplazar completamente las luminarias al final de su vida útil.

Cuando los trabajos de mantenimiento se externalicen (o contraten) parcial o totalmente,

los compradores deberán definir claramente los parámetros de verificación que se controlarán para determinar si el servicio prestado es satisfactorio o no. La medición de la iluminancia en la calle y su uniformidad son bastante sencillas de comprobar. **Sus valores no deben variar en más de un 30% con respecto a los valores iniciales.** Las mediciones pueden llevarse a cabo periódicamente, cada dos años por ejemplo, y las sanciones contractuales podrían aplicarse razonablemente en caso de incumplimiento de los requisitos de mantenimiento.

## 4.2. ALUMBRADO PÚBLICO SOLAR FOTOVOLTAICO

Esta sección describe los requisitos de calidad y eficiencia energética para el alumbrado público solar fotovoltaico.

### 4.2.1. Seguridad en general

#### *Luminarias*

Este requisito se refiere a la seguridad de la luminaria en uso operativo normal o para que falle de manera segura si se somete a condiciones anormales. En la práctica, significa que la luminaria deberá pasar los procedimientos de prueba que aseguren que no haya riesgo de descarga eléctrica o incendio, lo que incluye pasar los requisitos de prueba de resistencia mecánica y entrada de agua donde se especifique. Los detalles de construcción, como el espacio entre las partes vivas, el aislamiento eléctrico y los límites térmicos, deben probarse para cumplir con los requisitos de seguridad específicos. IEC 60598 define los requisitos generales y particulares para

garantizar la seguridad de una luminaria en uso.

**Todas las luminarias deben cumplir con IEC 60598**

#### *Modulo Fotovoltaico*

Para los módulos fotovoltaicos (módulos FV), los requisitos generales de seguridad se refieren a los requisitos fundamentales de construcción de los módulos fotovoltaicos para garantizar un funcionamiento eléctrico y mecánico seguro. En la(s) norma(s) relevante(s) que debe(n) cumplirse para la seguridad, se proporcionan parámetros específicos para la evaluación de la prevención de descargas eléctricas, riesgos de incendio y lesiones personales debido a tensiones mecánicas y ambientales.

**Los módulos fotovoltaicos deben cumplir con IEC 61730**

**Baterías**

Para las baterías, la norma IEC 63056 especifica los requisitos y las pruebas relacionadas para la seguridad del producto de las pilas y baterías de litio secundarias utilizadas en los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. IEC 62485-2 proporciona requisitos sobre los aspectos de seguridad asociados con el montaje, uso, inspección, mantenimiento y eliminación de baterías de plomo-ácido y NiCd/NiMH.

**4.2.2. Efficacy of the luminaire**

Esta eficacia se define como la salida de lúmenes dividida por la potencia de entrada de la luminaria. Tiene en cuenta el Ratio de Salida

de Luz (Light Output Ratio - LOR) de la luminaria, la eficacia luminosa del LED y la eficacia de los auxiliares electrónicos.

El módulo LED se alimenta con corriente continua (CC). Como la corriente proporcionada por la batería también es CC, el controlador LED utilizado en los sistemas de alumbrado público solar no tiene que convertir la corriente de entrada de CA a CC (como se requiere en los sistemas conectados a la red eléctrica). Por lo tanto, la eficacia mínima de la luminaria LED (módulo y controlador) en los sistemas solares es superior a la de las luminarias tradicionales alimentadas por la red con los niveles mínimos de eficiencia energética recomendados según la Tabla 2.

**Tabla 2: Eficiencia energética mínima para alumbrado público/exterio fotovoltaico**

Año	Eficiencia
2023	≥ 160 lm/W
2025	≥ 180 lm/W
2027	≥ 200 lm/W

**4.2.3. Vida útil**

**Luminarias**

La definición de vida útil es crucial en el diseño de la instalación y su mantenimiento. Para el alumbrado público, las personas pueden tolerar una disminución gradual del 30 % en el nivel de luz sin darse cuenta. Sin embargo, cuando la luminaria emita menos del 70% de su nivel de luz inicial, debe ser reemplazada para mantener un nivel de luz suficiente en la calle o camino de acuerdo con los valores de diseño de la instalación. Por lo tanto, la vida útil mínima recomendada requerida para la luminaria es:

**Mínimo de 100.000 hours para un L70 y B50<sup>7</sup>**

Las normas vigentes no están hechas para la vida útil indicada. La norma permite medir hasta 6.000 horas con un límite de 6 veces para extrapolaciones (máximo 36.000 horas). Por lo tanto, una reclamación verificable a las 30.000 horas para L90B50 es equivalente

**Modulo fotovoltaico**

Los módulos fotovoltaicos pueden disminuir su eficacia con el tiempo. Esto significa que para una misma irradiación, menos electricidad es producida y almacenada en la batería para alimentar la luminaria a lo largo del tiempo.

**La vida útil del módulo fotovoltaico al 80% de la capacidad nominal debe ser de al menos 25 años**

<sup>7</sup> Siguiendo las definiciones de las normas IEC 62722-2-1 y IEC 62717

## Batería

La vida útil de la batería depende de muchos parámetros, como la profundidad de descarga, la temperatura y la velocidad de carga/descarga.

**La vida útil de la batería al 80 % de su capacidad nominal debe ser de 10 años o más (equivalente a 3.650 ciclos de carga y descarga o más)**

### 4.2.4. Tecnologías de Baterías

Los principales tipos de baterías que se utilizan para las aplicaciones de alumbrado público solar son las de ácido de plomo, hidruro de níquel-metal (NiMH) y fosfato de hierro y litio (LiFePO4). De estos tres tipos, deberían prohibirse las baterías de plomo. Son ineficientes y grandes, y requieren de un gran volumen debido a la baja densidad de energía y la pequeña profundidad de descarga permitida para una vida útil mínima.

Incluso si las baterías de plomo generalmente se reciclan, el reciclaje del plomo es una causa importante de contaminación ambiental y exposición humana, lo cual puede tener impactos duraderos en la salud humana. El plomo es un tóxico acumulativo que afecta múltiples sistemas del cuerpo, incluidos los sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular, reproductivo y renal. Los bebés y los niños pequeños son particularmente vulnerables a la exposición y toxicidad del plomo<sup>8</sup>.

**Por lo tanto, la batería debe ser del tipo hidruro metálico de níquel (NiMH) o fosfato de hierro y litio (LiFePO4)**

### 4.2.5. Capacidad de la Batería

La batería debe tener la capacidad de almacenar la electricidad necesaria para que la luminaria produzca la luz requerida durante un determinado tiempo en la noche. Se deben considerar tres parámetros principales al elegir el requisito de capacidad de la batería en función de las necesidades de electricidad.

La batería suministra la energía almacenada con una cierta eficacia a la luminaria, normalmente el 90%. Significa que el 10% de la energía almacenada se pierde en la transferencia.

Para mantener su integridad operativa, la batería no debe descargarse completamente. La profundidad máxima permitida de descarga es de alrededor del 90%.

El alumbrado público debe producir luz durante la noche incluso si la batería no se recarga durante el día, por ejemplo, debido a condiciones climáticas adversas. La autonomía completa (sin ninguna recarga) debe ser de un mínimo de 1,5 días, es decir, la batería completamente cargada debe tener la capacidad de proporcionar suficiente electricidad durante 1,5 días a la luminaria.

$$\text{Capacidad} \geq 1,85 \times P_{\text{lum}} \times T_{100\%}$$

*Capacidad:* Capacidad de la batería en Watt por hora (Wh).

$P_{\text{lum}}$ : Potencia nominal de la luminaria en Watt  
 $T_{100\%}$ : tiempo equivalente cuando la luminaria está funcionando a su potencia nominal en horas

<sup>8</sup> *Recycling used lead-acid batteries: Brief information for the health sector, World Health Organization (WHO)*

#### 4.2.7. Tasa C de la batería

La batería está diseñada para cargarse y descargarse a una determinada velocidad y proporcionar una intensidad de potencia definida durante un período de tiempo determinado. Para aplicaciones de alumbrado público solar, la batería debe poder proporcionar la potencia deseada durante 10 horas.

**La tasa C debe ser C10**

#### 4.2.8. Pico de potencia del panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico debe ser capaz de proporcionar suficiente energía a la batería para satisfacer las necesidades operativas, que se definen en función de la capacidad y características de la batería. La capacidad del panel solar fotovoltaico para producir energía eléctrica depende principalmente del nivel de irradiación de la luz solar recibida, la eficacia y el tamaño de los paneles.

En aplicaciones reales, los paneles fotovoltaicos están expuestos al polvo, la humedad u otros elementos que, cuando permanecen en la superficie fotovoltaica, disminuyen su eficiencia. Para tener en cuenta esta disminución y cualquier disminución natural de la eficiencia a lo largo del tiempo, la potencia fotovoltaica máxima especificada debe ser un 20 % superior al nivel de potencia nominal requerido.

La potencia máxima de un panel solar fotovoltaico es la potencia producida en condiciones de prueba estándar. Dichas condiciones son una irradiación de 1.000 W/m<sup>2</sup> (1 kW/m<sup>2</sup>) de luz solar plena del mediodía

cuando el panel y las celdas están a una temperatura ambiente estándar de 25 °C con una masa de aire (MA) a nivel del mar de 1,5.

**Pico de potencia fotovoltaica  $\geq 1,2 \times P_{lum} \times T_{100\%} / \text{irradiancia}$**

*Potencia Pico:* Pico de potencia del FV en Watt pico (W<sub>p</sub>)

*P<sub>lum</sub>:* Potencia nominal de la luminaria en Watt (W).

*T<sub>100%</sub>:* tiempo equivalente cuando la luminaria está funcionando a su potencia nominal en horas (h).

*Irradiación:* irradiación horizontal media diaria (kWh/m<sup>2</sup>/día) del lugar donde está instalado durante el peor mes.

La irradiancia horizontal diaria promedio durante un año es un dato fácilmente disponible en diferentes sitios web<sup>9</sup>.

Para un cálculo óptimo, se debe tomar una irradiancia media diaria considerando el mes de mínima irradiación, con el panel solar inclinado en el mejor ángulo para captar la irradiancia directa durante ese mes. Sin embargo, como estos datos no suelen estar fácilmente disponibles, en la fórmula anterior, se considera un promedio, horizontalmente y durante un año, que es razonable para este cálculo.

#### 4.2.9. Orientación del panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico debe recoger la máxima cantidad de energía cuando la necesidad es máxima, por ejemplo, cuando la noche es más larga. Esto ocurre durante el invierno, generalmente diciembre/enero en el hemisferio norte y junio/julio en el hemisferio sur.

El panel fotovoltaico debe estar orientado al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio

<sup>9</sup> [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/) or <https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465>

sur, inclinado en un ángulo para que el haz de luz del sol pegue perpendicular al panel fotovoltaico, con el fin de optimizar la captura de energía diaria.

#### 4.2.10. Mantenimiento del panel solar

La capacidad del panel solar fotovoltaico para recolectar energía (fotones) depende del nivel de luz que llega a su superficie de conversión, de modo que las células fotovoltaicas del panel puedan absorber y convertir la energía disponible de la luz solar. Sin embargo, esta propiedad puede verse disminuida por la deposición de polvo y humedad, ya que la radiación solar tiene que atravesar la capa de polvo antes de llegar a la celda. En determinadas circunstancias, como después de una tormenta de arena/polvo/viento/lluvia, el panel solar fotovoltaico puede perder aprox. 10% de su capacidad para captar la radiación solar disponible. Para evitar la deposición y la acumulación de polvo y humedad, el panel fotovoltaico debe limpiarse al menos una vez al año (a menos que la lluvia misma lo limpie lo suficiente) y después de cada tormenta de arena o viento significativa u otro evento meteorológico relevante. Hay muchos productos en el mercado para limpiar la superficie del panel fotovoltaico, pero se puede hacer con solo un pañuelo/pañó y agua.

#### 4.2.11. Protección contra robos

Para el alumbrado público solar fotovoltaico, el panel fotovoltaico y la batería pueden ser dos elementos de interés para los delincuentes. Para ayudar a evitar el robo de la batería, se recomienda:

- Colocar la batería en la parte superior del poste (p. ej., justo debajo del panel fotovoltaico), en una caja segura.
- Colocar la batería dentro del poste, haciéndola invisible. Esto requiere una forma especial de la batería para adaptarse a la forma del poste.

Asimismo, para ayudar a evitar el robo del panel fotovoltaico, se recomienda asegurarlo con fijación mecánica a una placa que forma parte del poste. La fijación del panel debe realizarse con tornillos/bloqueos especiales antirrobo según corresponda.

#### 4.2.12. Garantía y servicio

El poste de alumbrado solar debe tener una garantía de instalación mínima de 5 años. La garantía debe cubrir todos los componentes del poste de alumbrado público, incluido el controlador LED, el módulo LED, la batería, el panel fotovoltaico y todos los componentes electrónicos.

#### **Podría exigirse razonablemente un período de garantía de 5 años**

El poste de alumbrado público debe ser de fácil mantenimiento. A tal fin, toda la documentación técnica debe contener instrucciones detalladas para sustituir:

- El controlador LED
- La batería
- El sistema de gestión de la batería,
- El panel solar

Todas las piezas anteriores deben ser reemplazables con herramientas estándar. Para el kit de fijación antirrobo del panel solar, se debe proporcionar la(s) herramienta(s) adecuada(s) con el poste de alumbrado público.

El trabajo de reemplazo debe llevarse a cabo en caso de un componente defectuoso o cuando se haya alcanzado la vida útil de la batería.

La disponibilidad de repuestos debe ser obligatoria por contrato por un período de 10 años después de la compra del poste de alumbrado público.

### 4.3. GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE

La generación de residuos que se origina en la compra de nuevas unidades de iluminación para reemplazar las antiguas debe ser tenida en cuenta durante cualquier proceso de compra. Estos residuos incluyen:

- Las luminarias antiguas que se sustituyan.
- Las nuevas luminarias, que se convertirán en residuos al final de su vida útil.
- Los envases y embalajes en los que se envían las nuevas luminarias.
- Otros productos accesorios que forman parte del sistema de iluminación (por ejemplo, lámparas, baterías, paneles solares, componentes electrónicos, etc.).

Las luminarias viejas deben gestionarse correctamente y, si existe una instalación de reciclaje adecuada disponible localmente, debe priorizarse como la primera opción de eliminación preferida. También se aplican las consideraciones ambientales para los elementos de iluminación solar fotovoltaica (es decir, paneles fotovoltaicos, baterías, etc.).

Al momento de desarrollar la documentación de adquisición, debe considerarse la legislación ambiental vigente y el tipo de luminaria a ser reemplazada.

La responsabilidad para la gestión de las luminarias usadas, paneles solares y batería puede ser muy diversa. Si la legislación vigente aplicable prevé un régimen de responsabilidad extendida del productor (REP) que incluye los tipos de luminarias y otros elementos de la instalación que se reemplazan, el contratante debe exigir que el vendedor/proveedor sea parte de un sistema de gestión ambientalmente adecuado y que garantice la correcta gestión y eliminación de las lámparas sustituidas. Si las lámparas, paneles solares, baterías y otros elementos de la instalación no están incluidas

en ningún esquema REP, el comprador de las lámparas puede solicitar como parte de los criterios de licitación, que la empresa vendedora/suministradora se haga cargo de la recolección y el manejo ambientalmente racional de las unidades reemplazadas. En caso contrario, el comprador puede optar por gestionarlo él mismo.

Si el comprador opta por que la gestión de la luminaria usada la realice el vendedor/proveedor de los productos como condición adicional del contrato, se deberán incluir algunos aspectos en el pliego de condiciones de contratación, principalmente:

- Una estimación razonable del número de luminarias por cada tipo a desechar del edificio o calle.
- Las soluciones de reciclaje/tratamiento de los distintos componentes de los equipos sustituidos: lámparas, luminarias, baterías, paneles fotovoltaicos, otros elementos de la instalación.
- Los requisitos mínimos para la retirada de servicio/almacenamiento de los productos gastados y su posterior gestión.
- Documentación comprobable del vendedor que acredite que las luminarias retiradas, así como el mercurio que puedan contener (en su caso) están siendo gestionados correctamente y que la empresa encargada de la gestión del producto usado/residuo es un operador autorizado.
- El gestor de residuos autorizado asume la responsabilidad de la gestión de los residuos – se debe solicitar una copia de los permisos oficiales del gestor de residuos y la trazabilidad completa de los diferentes componentes a reemplazar.

Los documentos probativos mínimos que se deben solicitar para evaluar el seguimiento de las luminarias, lámparas y componentes/materiales relacionados desechados, son los certificados de las plantas de reciclaje que han recibido el material y el certificado de la instalación encargada de la gestión del mercurio (si es aplicable). **Se recomienda que el desembolso del pago final del contrato dependa de la recepción de toda la documentación necesaria.**

Según el tipo de luminaria, la recogida y gestión de las luminarias usadas difiere y puede resultar costosa y compleja. Por ejemplo, las lámparas incandescentes no son peligrosas y pueden gestionarse dentro del sistema municipal de residuos sólidos. Las lámparas LED tampoco son peligrosas. La composición de las lámparas LED es muy diversa y se asemeja a la de algunos otros equipos electrónicos, como los teléfonos móviles. Los materiales más importantes, en peso, que componen estas luminarias son el vidrio, los plásticos, la cerámica, los metales (como el cobre), los compuestos orgánicos, los adhesivos y los componentes electrónicos. Sin embargo, las lámparas contienen pequeñas cantidades de productos valiosos, como elementos químicos (lutecio, cerio o europio), metales tecnológicos (galio e indio) y metales preciosos (oro y plata). Aunque los procesos para recuperar estos productos a nivel industrial están en desarrollo, se recomienda que sean enviados a plantas de reciclaje si están disponibles localmente.

Las luminarias de descarga, que incluyen varios tipos de luminarias (por ejemplo, lámparas fluorescentes lineales, lámparas fluorescentes compactas, lámparas de vapor de sodio y lámparas de descarga de alta presión),

contienen mercurio (con la excepción de las lámparas de vapor de sodio de baja presión), por lo que cuando son descartados se convierten en un desecho peligroso.

Todas las luminarias son frágiles, por lo que deben manipularse con cuidado para evitar roturas. Este requisito del contrato debe enfatizarse para las lámparas que contienen mercurio, ya que es tóxico (para evitar que el mercurio se libere a la atmósfera).

Para otros componentes, como baterías y paneles solares, también se deben seguir algunas consideraciones ambientales. Dado que los tipos de baterías más utilizadas en el alumbrado público solar son las baterías de plomo ácido, NiMH y LiFePO<sub>4</sub>, es importante que, a la hora de tratarlas al final de su vida, exista un equilibrio entre sus características técnicas y su tratamiento. Por lo tanto, es importante evaluar si la batería se considerará un desecho peligroso o no al final de su vida útil según la legislación actual o prevista del país. El verdadero desafío es recolectar y clasificar todas las baterías para que las instalaciones de reciclaje, si las hay, solo reciban aquellas que pueden tratar. Para superar este problema, es necesario separar las baterías según su composición química, lo que se puede lograr mediante una clasificación adecuada en instalaciones de reciclaje o almacenes intermedios especializados.

La vida útil típica de los paneles solares oscila entre 20 y 35 años, y se recomienda instalar paneles fotovoltaicos de alta durabilidad (más de 25 años) y especificar aquellos que no tengan componentes peligrosos o que puedan minimizarlos. En la actualidad, cuando se desmantelan los paneles fotovoltaicos, es típica la recuperación del cableado, los marcos de aluminio y el vidrio. Esto representa algo

más del 70% en peso de los materiales, pero los materiales más valiosos aún están lejos de recuperarse. El material restante se puede incinerar, aunque actualmente suele contener plata, cobre y silicio, que en conjunto representan alrededor de dos tercios del valor económico de los tipos de paneles más comunes. Los procesos de reciclaje solo se pueden pagar si hay financiación externa al proceso en sí, como a través de un esquema REP. El posible peligro de los materiales de los paneles solares fotovoltaicos depende de la definición de residuos peligrosos en el país. Salvo que ya exista una legislación específica, es recomendable exigir al proveedor información sobre la peligrosidad potencial de los paneles ofrecidos en la disposición final y manipulación, especificando el marco legal que se utiliza. Los ejemplos de marcos legales comunes para la disposición final sostenible y racional de productos fotovoltaicos incluyen los que se aplican en la Unión Europea, Japón o Estados Unidos (p. ej., California).

Las luminarias usadas deberán recogerse en contenedores específicos, separando las lámparas fluorescentes lineales del resto de lámparas para evitar roturas, incluso de las lámparas fluorescentes compactas. Esto significa recogerlos en contenedores separados o al menos compartimentados. Dependiendo del caso específico, dichos contenedores pueden ser solicitados al vendedor/proveedor como requisito adicional en el pliego de condiciones de compra. Si el número de luminarias lo justifica, se recomienda separar la luminaria en la fuente por tipo, separando las que contienen mercurio de las que no. De esta forma, se puede reducir significativamente el coste de transporte y

tratamiento del conjunto de luminarias. Estos contenedores de recolección deben instalarse en un lugar ventilado para ventilar el mercurio de una luminaria rota.

En cuanto a los envases y embalajes utilizados para el envío de las nuevas luminarias, estos deben ser separados y entregados a un reciclador. Si existe un sistema REP para estos materiales de embalaje, la opción más adecuada es entregar los residuos de embalaje directamente a la instalación local de gestión de residuos.

Cambiar a una tecnología de iluminación más nueva generalmente implica cambiar las lámparas y/u otros productos accesorios. Las luminarias usadas deben manejarse sin la lámpara siempre que sea posible. Sin embargo, para algunas luminarias es muy difícil quitar las lámparas. Si existe alguna duda de que las lámparas son peligrosas y/o no se pueden retirar en el sitio, el accesorio luminaria-lámparas debe tratarse como un desecho peligroso y debe enviarse a un reciclador apropiado. Si existe un sistema REP para las lámparas, la opción más apropiada es entregar estos desechos a la instalación local de gestión de desechos.

#### ***Resumen de las consideraciones medioambientales a tener en cuenta:***

1. La entidad que adquiera las luminarias y resto de elementos para el alumbrado público deberá conocer, antes de la convocatoria de la licitación, si la legislación de gestión de residuos correspondiente incorpora un esquema de REP para el tipo de residuo generado en el momento de la adquisición de las nuevas luminarias, en concreto si el vendedor/proveedor de la luminaria tiene la

obligación de responsabilizarse de la gestión y el reciclaje de:

- Las luminarias antiguas.
- Los envases generados
- Las lámparas.
- Baterías y paneles solares.

Si es el caso, el sistema de gestión al que está adherido el vendedor/proveedor de los citados productos, es el responsable de la recogida y reciclaje/tratamiento. No obstante, el comprador deberá comprobar que no existen excepciones en relación con los equipos instalados antes de la entrada en vigor de la legislación.

2. Si el esquema REP no se ha implantado localmente, o no afecta a los productos, la responsabilidad de la recogida y reciclaje/gestión de dichos productos recae en el comprador de la nueva luminaria, como poseedor final de los residuos. No obstante, el comprador puede solicitar el o los acuerdos correspondientes con el fabricante/vendedor/proveedor para la gestión de los residuos, pero las condiciones de este acuerdo deben incluirse en las bases de licitación para la adquisición de las nuevas luminarias/elementos relacionados.
3. Cabe señalar que el tratamiento ambientalmente adecuado de las luminarias, baterías, paneles fotovoltaicos y componentes electrónicos usados puede ser costoso, y el comprador debe tener esto en cuenta al considerar su costo en las ofertas.
4. Para proyectos de reemplazo de iluminación, si las luminarias a reemplazar son de diferentes tipos, se recomienda separarlas en la fuente. Esto puede generar ahorros significativos, particularmente si hay un porcentaje importante de lámparas incandescentes. No obstante, no siempre es fácil diferenciar entre lámparas incandescentes, LED y lámparas de descarga, en cuyo caso todas las lámparas deben tratarse como si fueran lámparas de descarga. Este proceso de clasificación de residuos también se aplica a las baterías y los paneles solares, si corresponde al proyecto de reemplazo.
5. Durante el proceso de licitación, se recomienda incluir disposiciones para la presentación y verificación de los certificados de los licitadores sobre la afiliación apropiada al esquema REP y una certificación adicional separada que indique el destino del mercurio para garantizar su correcta eliminación (cuando el mercurio sea relevante).

## 5. CRITERIOS PARA LA COMPRA DE ILUMINACIÓN INTERIOR

La iluminación en edificios debe complementar la iluminación natural con el objetivo de proporcionar el nivel adecuado de visibilidad del entorno particular que lo rodea cuando sea necesario. El nivel de luz requerido para una percepción visual adecuada dentro de un edificio pueden ser varias decenas de veces más alto que el requerido para la percepción visual al aire libre durante la noche. Por ejemplo, el nivel de iluminación de escritorio recomendado por la norma europea EN 12464 es de 500 lux, mientras que 10 lux pueden ser suficientes para el alumbrado público.

La iluminación interior en el contexto de esta Guía abarca los criterios de rendimiento recomendados para la iluminación general en edificios de oficinas gubernamentales e instituciones públicas, como escuelas, universidades, hospitales o similares. El objetivo principal para el grupo de edificios objetivo es proporcionar un nivel adecuado y eficiente de iluminación general para las personas que usan y trabajan en este tipo de edificios, incluidas sus áreas de circulación. No incluye iluminación para tareas especializadas, como la iluminación para cirugía.

El enfoque recomendado es actualizar periódicamente los requisitos de eficiencia energética del CPS, de modo que solo los productos y sistemas de iluminación de mayor eficiencia estén destinados a la compra durante este proceso. Los requisitos de energía para CPS deben apuntar a productos que estén por encima de la eficiencia promedio en el mercado con el fin de incentivar a la industria y al mercado a acelerar su transición hacia tecnologías más sostenibles. Se recomienda

que las licitaciones establezcan los límites de energía para apuntar a alrededor del 20% de los productos y sistemas de iluminación más eficientes del mercado local.

Los productos más eficientes también pueden orientarse y justificarse con un método de análisis del costo del ciclo de vida (CCV), que tendrá en cuenta en detalle los costos iniciales, los costos operativos y los costos externos debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros ahorros de costos indirectos, por lo tanto, cuanto mayor sea la energía consumo, mayores son los costos operativos y las emisiones. La tecnología LED ha demostrado ser la tecnología más eficiente disponible en el mercado a precios razonables. En el Anexo 3 se proporciona más información sobre los costos del ciclo de vida, las emisiones y ejemplos de comparación de tecnologías.

Los criterios generales de rendimiento recomendados para la iluminación de interiores son bastante similares a los de la iluminación de calles/exteriores. Sin embargo, algunos de los criterios de alumbrado público/externo no se aplican, como la relación de salida de lúmenes ascendente que no es relevante para la iluminación interior. Se deben incluir algunos criterios adicionales para la iluminación interior, como la medida de visibilidad estroboscópica (MVS), que se explicará más adelante en esta sección.

Los parámetros de contratación pública propuestos para la iluminación interior se describen en las siguientes secciones. Las definiciones completas de cada parámetro se dan en el Anexo 1 y una lista de los estándares de prueba relevantes se da en el Anexo 2.

## 5.1. REQUERIMIENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD

### 5.1.1. Seguridad en general

Este requisito es para que una luminaria sea segura durante su uso o falle de manera segura si se somete a condiciones anormales. En la práctica, esto significa que se requiere pasar pruebas que aseguren que no hay riesgo de descarga eléctrica o incendio. Esto incluye la resistencia mecánica y la entrada de agua cuando se especifique. Los detalles de construcción, como el espacio entre las partes, el aislamiento eléctrico y los límites térmicos, se verifican y tienen requisitos específicos.

**IEC 60598 define los requisitos generales y particulares para garantizar la seguridad de una luminaria durante su uso. Todas las luminarias deben cumplir con IEC 60598.**

### 5.1.2. Eficacia de la luminaria

La eficacia de la luminaria o fuente de luz en lúmenes (la cantidad de luz) por vatio (potencia eléctrica) aumenta con la potencia de entrada. Por lo tanto, se esperan mayores eficacias con mayor potencia o flujo. Se recomienda que las licitaciones establezcan los límites de eficacia que apunten al 20 % de los productos y sistemas de iluminación más eficientes del mercado local.

Dependiendo de las características locales, los requisitos de eficiencia energética se pueden establecer mediante una de estas dos opciones:

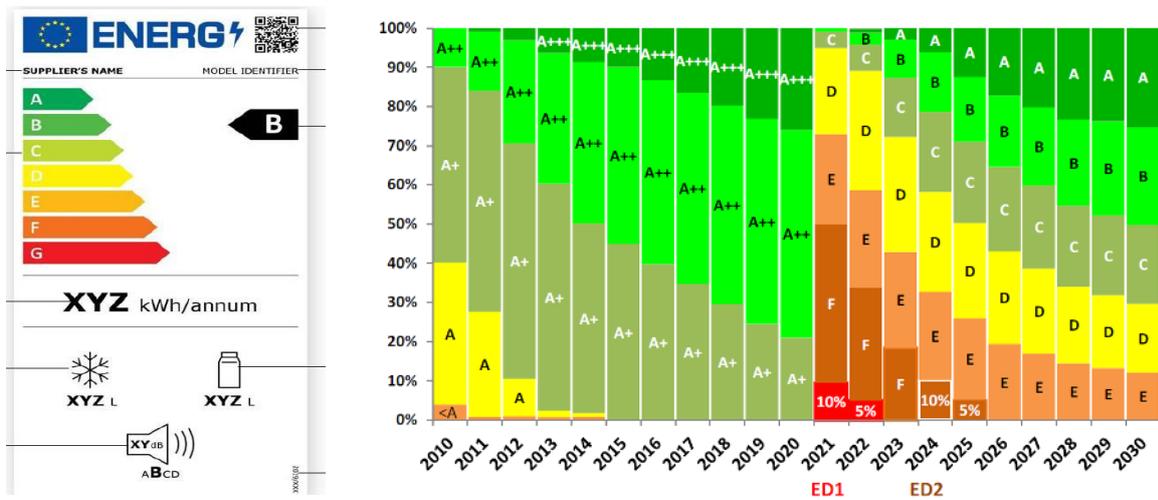
**Opción 1: Etiquetas de eficiencia energética actualmente vigentes - los requisitos de eficiencia se establecen en función de las etiquetas de eficiencia energética y con el respaldo de los datos del mercado local.**

La forma más sencilla de establecer el requisito de eficiencia es utilizando la etiqueta de eficiencia energética, apuntando a las clases de eficiencia energética más altas.

Por ejemplo, la Figura 3 muestra la evolución de la distribución de Clases de eficiencia energética en Europa con la etiqueta actual y con la nueva etiqueta proyectada desde 2021 hasta 2030. En este caso, para la nueva etiqueta, se espera que la Clase de eficiencia D o superior comparta alrededor del 30% del mercado en 2021, mientras que C o superior compartirá alrededor del 5% del mercado. Por lo tanto, apuntar a la clase de eficiencia D o superior (Clase A, Clase B y Clase C) sería el requisito de CPS para 2021. Tomar una Clase de eficiencia mínima C o superior como un requisito obligatorio podría ser demasiado ambicioso, dejando la licitación sin ninguna licitación, o con mayor costo de ciclo de vida. Sin embargo, se espera que el número de modelos energéticamente eficientes aumente en el futuro. Por ejemplo, se espera que los modelos de las Clases A a C representen alrededor del 30% del mercado en 2023. Por lo tanto, el requisito podría aumentarse a Clase C o superior en 2023. Luego a Clase B o superior en 2025; y a Clase A en 2028.

Por lo tanto, los requisitos de eficiencia energética para CPS deben actualizarse periódicamente. Esto debe tenerse en cuenta al establecer la base legal para evitar barreras administrativas al actualizar los requisitos mínimos de eficiencia en el futuro. De lo contrario, los requisitos podrían volverse obsoletos en unos pocos años.

Figura 3: Esquema de etiquetado europeo (desde 2021) y distribución del mercado proyectado al 2030



(Fuente: Borrador de la nueva Regulación europea<sup>10</sup>)

La misma lógica utilizada en el ejemplo anterior para establecer el requisito de eficiencia para CPS con la etiqueta europea (A a G) se puede aplicar con cualquier otro tipo de etiqueta comparativa. Por ejemplo, la etiqueta de 5 estrellas en India, o la etiqueta de porcentaje de ahorro en México. El aspecto más importante es conocer el nivel de eficiencia energética del mercado para establecer un objetivo ambicioso, pero realista, de contratación pública sostenible.

Algunos países utilizan etiquetas de respaldo, que solo pueden ser utilizadas por los productos más eficientes del mercado, por ejemplo, Energy Star en EE. UU. o PROCEL en Brasil. Las etiquetas de respaldo también son una manera fácil de identificar los productos eficientes en el mercado. No obstante, se recomienda comprobar que los requisitos de la etiqueta de homologación no estén obsoletos y apuntar a los productos más eficientes del mercado (alrededor del 20%). De lo contrario, la

etiqueta debe actualizarse antes de que pueda usarse en el proceso CPS. Para las nuevas luminarias LED, los controles integrados se recomiendan como obligatorios.

**Opción 2: No hay etiquetas de eficiencia energética disponibles o están desactualizadas: establecer los requisitos de eficiencia en función de los puntos de referencia internacionales.**

En algunos países, no se dispone de una etiqueta de eficiencia energética para la iluminación interior, o no funciona de forma eficaz (p. ej., cuando la clase de eficiencia superior contiene más del 30 % de los productos del mercado) o está desactualizada (p. ej., más de 5 años), lo que dificulta su uso como referencia para distinguir la iluminación más eficiente del mercado. En este caso, los requisitos de eficacia de las luminarias para CPS se pueden establecer con la ayuda de datos de mercado y/o con los niveles de

<sup>10</sup> Proyecto de nuevo reglamento de la UE: REGLAMENTO DELEGADO DE LA COMISIÓN por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al etiquetado energético de los aparatos de refrigeración y se deroga el Reglamento Delegado (UE) n.º 1060/2010 de la Comisión

eficiencia a partir de las mejores prácticas internacionales (puntos de referencia). En este caso, la primera opción es que la etiqueta local (si la hay) no se puede usar como referencia para CPS y, por lo tanto, los altos niveles de eficiencia de otras economías se pueden utilizar como punto de referencia para establecer los requisitos. Se debe tener en cuenta que, en un mercado de eficiencia energética más bajo (o uno con costos de compra iniciales relativamente más altas para equipos de eficiencia energética), tomar el alto nivel de eficiencia de otras economías como un requisito mínimo de CPS podría ser demasiado ambicioso. Por lo tanto, el punto de referencia utilizado debe estar respaldado por datos

recopilados directamente del mercado para el producto objetivo, por lo que los requisitos se establecen con un límite ambicioso pero realista.

Para realizar una comparación justa entre los niveles de referencia internacionales y la etiqueta local, si existe, ambos deben expresarse para los mismos parámetros de referencia, como el tipo de luminaria y el método de prueba (o ajustados por discrepancias). Para referenciar claramente el requisito máximo de consumo de energía de la luminaria de interiores, la eficacia de referencia mínima actual se recomienda en la Tabla 3.

**Tabla 3: Eficiencia energética mínima para luminarias de interior**

Bandas de flujo	Año de implementación		
	2023	2025	2027
60 lm ≤ Φ < 600 lm	110 lm/W	130 lm/W	150 lm/W
600 lm ≤ Φ < 1200 lm	120 lm/W	140 lm/W	160 lm/W
1200 lm ≤ Φ	130 lm/W	150 lm/W	170 lm/W

Como referencia, Φ es el flujo en lumen (lm) de la lámpara o luminaria y la potencia se expresa en vatios (W). Para las nuevas luminarias LED, se recomiendan como obligatorios los controles integrados.

*Nota:* La guía de regulación del modelo de iluminación U4E 2021<sup>11</sup> para luminarias LED T8 recomienda 100 lm/W como eficacia luminosa

mínima permitida en el mercado nacional [MEPS].

Para referenciar claramente el requisito de consumo de energía máximo de lámpara/tubo solo para iluminación interior en las CPS (p. ej., para reacondicionamiento), la eficacia mínima de referencia de lámpara/tubo recomendado se encuentra en la Tabla 4.

<sup>11</sup> Disponible en: <https://united4efficiency.org/resources/model-regulation-guidelines/>

Tabla 4: Eficiencia energética mínima para recambio de iluminación de interior

Year of implementation		
2023	2025	2027
130 lm/W	150 lm/W	170 lm/W

### 5.1.3. Vida útil

La definición de vida útil es crucial para el diseño de la instalación y su mantenimiento. Para la iluminación de interiores, las personas pueden tolerar una disminución gradual del 30 % en el nivel de luz sin darse cuenta. Sin embargo, cuando la luminaria emita menos del 70% de su nivel de luz inicial, se debe reemplazar para mantener un nivel de luz suficiente de acuerdo con los valores de diseño de la instalación.

Por lo tanto, la vida útil mínima recomendada para la iluminación interior es:

**Mínimo 20.000 horas para un L70 y B50<sup>12</sup>**

### 5.1.4. Índice de reproducción cromática (IRC)

Para la iluminación interior, la distinción de color es importante. Los estándares internacionales suelen establecer el IRC adecuado para la iluminación interior como:

**IRC ≥ 80**

*Nota:* En algunas situaciones, este requisito puede ser mayor, por ejemplo, en la industria o departamentos técnicos donde la identificación del color es fundamental.

### 5.1.5. Temperatura color correlacionada (TCC)

La temperatura de color en interiores es menos crítica cuando se trata de limitar el efecto de contaminación lumínica sobre la fauna y la flora comparada con la iluminación exterior. Sin embargo, la luz azul también puede dañar la salud humana. La forma más sencilla de limitar la emisión de luz azul por fuentes artificiales es a través de la temperatura de color. Estudios recientes muestran que un alto TCC produce fatiga ocular por la iluminación de la oficina<sup>13</sup>. Sin embargo, una temperatura de color baja también puede significar una fuente de luz menos eficiente. El valor recomendado propuesto para adoptar como el máximo permitido es el siguiente valor TCC o menos:

**TCC ≤ 6.500 Kelvin**

### 5.1.6. Consistencia del color

En las normas europeas se utilizan diferentes requisitos para la consistencia del color (variación de las coordenadas de cromaticidad dentro de una elipse de MacAdam de seis pasos o menos).

**La variación de las coordenadas de cromaticidad del producto estará dentro de una elipse de McAdam de seis pasos.**

<sup>12</sup> Siguiendo las definiciones de las normas IEC 62722-2-1 y IEC 62717

<sup>13</sup> "Office Lighting Design in Consideration of eye fatigue and task performance" Lin, C.W. CIE 2018 Conference on Smart Lighting.

**5.1.7. Parpadeo**

La investigación sobre el parpadeo está en curso y se podrían establecer valores internacionales más estrictos dentro de unos años, pero los requisitos estándar internacionales actuales recomendados son:

**$P_{st}^{LM} \leq 1$  a plena carga y tensión de entrada sinusoidal**

**5.1.8. Efecto Estroboscópico**

El efecto estroboscópico es fundamental para la iluminación interior, especialmente para edificios que albergan aplicaciones con partes móviles, que pueden parecer inmóviles. Por tanto, se debe respetar un SVM inferior a 1. Sin embargo, los productos deben estar fácilmente disponibles en el mercado y los requisitos recomendados para la iluminación interior son:

**$SVM \leq 0,4$  a plena carga**

**5.1.9. Rango de voltaje operativo**

Debido a las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica de los países en desarrollo como en el

caso de Bolivia, el rango de voltaje operativo de la luminaria debe especificarse como:

**160 VCA a 250 VCA**

**5.1.10. Factor de potencia fundamental o factor de desplazamiento**

Las luminarias de interior suelen funcionar a menor potencia que, por ejemplo, las de alumbrado público. Su potencial contribución a las perturbaciones del factor de potencia en la red será entonces menor y, por lo tanto, se puede tolerar un factor de desplazamiento más bajo. Los valores de factor de potencia mínimos sugeridos se encuentran en la Tabla 5.

**5.1.11. Energía en espera y dispositivos de control conectados (consumo de energía en reposo)**

La potencia de reposo de la luminaria cuando no emite luz debe limitarse a:

**Máximo de 0,15 vatios permitidos para energía de reserva y máximo de 0,15 vatios permitidos para dispositivos de control conectados medidos de forma independiente**

**Tabla 5: Factor fundamental de potencia para luminarias interiores**

Potencia nominal de entrada P en W	Factor de potencia fundamental
$P \leq 5 \text{ W}$	Sin límite
$5 \text{ W} < P \leq 10 \text{ W}$	$\geq 0,5$
$10 \text{ W} < P \leq 25 \text{ W}$	$\geq 0,7$
$P > 25 \text{ W}$	$\geq 0,9$

**5.1.12. Protección contra sobretensiones**

La protección contra sobretensiones es un parámetro importante para proteger los equipos LED, tanto para iluminación interior como exterior. La luminaria debe cumplir con los requisitos de:

**Norma IEC 61547 o ANSI C82.77-5 para protección contra sobretensiones.**

**5.1.13. Distorsión armónica**

Las distorsiones armónicas deben limitarse para evitar consumos innecesarios y perturbaciones eléctricas. La luminaria debe cumplir con los requisitos de la:

**Norma IEC 61000-3-2**

#### 5.1.14. Protección contra descargas eléctricas

Las luminarias de interior deben ser luminarias de **Clase I según las definiciones de IEC 60598-1**. Se trata de luminarias en las que la protección contra descargas eléctricas no se basa únicamente en el aislamiento básico, sino que se proporcionan precauciones de seguridad adicionales, como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado, y no se prevé una conexión a tierra protectora ni se depende de las condiciones de instalación.

#### 5.1.15. Clase de protección de ingreso

Para las luminarias de interior, un buen nivel de protección para el entorno de oficinas/edificios grandes es:

**IP20**

Esta clase de protección brinda protección contra dedos u objetos similares que no excedan los 80 mm de largo y objetos sólidos que excedan los 12 mm de diámetro. No hay protección especial contra el agua.

Nota: Para departamentos técnicos en municipios, por ejemplo, o en entornos industriales, se debe especificar **IP54 para brindar protección contra el polvo y las salpicaduras de agua**.

#### 5.1.16. Clase de resistencia al impacto

El valor de resistencia al impacto recomendado para la mayoría de las aplicaciones en interiores es:

**Mínimo IK05**

IK05 equivale al impacto de 0,2 kg dejados caer desde una altura de 350 mm (equivalente a un impacto de 0,7 julios), suficiente en condiciones normales para luminarias de edificios de oficinas.

Nota: **Para luminarias fijadas a la pared o similar, se debe especificar IK08** con el fin de proporcionar una protección adecuada contra impactos (ensayado para 5 julios).

#### 5.1.17. Humedad y corrosión

##### *Humedad*

Las luminarias deben cumplir con el estándar IEC 60598:1 para pruebas de humedad con las siguientes condiciones:

La luminaria se lleva a una temperatura de 34°C y luego se coloca directamente por un período continuo de 48 horas en un gabinete que contiene aire con una humedad relativa mantenida entre 91 % y 95 % y a una temperatura de 30°C+/-1° C.

Después de este tratamiento, la muestra no presentará daños que afecten el cumplimiento de los requisitos de la norma IEC 60598:1.

##### *Corrosión*

Los componentes metálicos expuestos de la envolvente de la luminaria deben ser de acero inoxidable o aluminio (chapa, extruido o fundido) o zinc fundido a presión. También se puede utilizar hierro fundido o hierro maleable de al menos 3,2 mm de espesor recubierto con un mínimo de 0,05 mm de zinc en las superficies exteriores y una capa visible de dicho material en la superficie interior.

Nota: Las recomendaciones son similares a las de la iluminación exterior, ya que la humedad y la temperatura pueden ser las mismas dentro de un edificio que en el exterior.

### 5.1.18. Atenuación y controles de ocupación

#### *Sensores de luz diurna*

La iluminación natural a veces es suficiente durante el día para algunas tareas particulares. Cuando no es suficiente, la luz artificial puede complementarla para alcanzar el nivel de luz adecuado. Algunas luminarias LED se pueden regular según el nivel de luz natural. Algunos incluso tienen un sensor de luz diurna integrado.

#### **La iluminación LED debe atenuarse cuando la luz del día es suficiente.**

El sensor de luz diurna tiene un ángulo de visión determinado. Para una altura de techo tradicional de 2,8 metros, el área dentro del ángulo de visión es de unos 35 metros cuadrados. Si no está empotrado en la luminaria, el sensor debe recoger la luz procedente de la zona a iluminar. De hecho, si el sensor está demasiado cerca de la ventana, detectará un nivel relativamente alto de luz natural y es posible que cualquier iluminación artificial atenuada no compense la iluminación necesaria en la parte posterior del espacio cuando la luz natural no es suficiente. Ocurre lo contrario si el detector está demasiado lejos de cualquier fuente de luz natural y la luz artificial permanecerá encendida completamente o con un nivel de atenuación demasiado alto. La solución óptima depende mucho de la geometría de la habitación, pero como regla general:

**Si la superficie del edificio (en la que el nivel de luz natural determina el nivel de iluminación artificial) es mayor de 30 metros cuadrados, se debe utilizar más de un sensor de luz diurna para controlar adecuadamente el nivel de luz artificial (ya sea integrado en la luminaria o no).**

#### *Controles/sensores de ocupación*

Los controles/sensores de ocupación, que se utilizan para detectar la presencia de una persona para encender y apagar automáticamente la iluminación, pueden generar un ahorro de energía de más del 50 % en algunos espacios como pasillos, baños, salas de reuniones, áreas de almacenamiento y garajes.

De hecho, estos detectores pueden reducir significativamente el consumo de energía y se debe considerar su inclusión en las especificaciones siempre que sea posible y relevante. La detección de presencia se logra a través de la detección de infrarrojos o la detección de movimiento. Algunos detectores ahora están integrados en la luminaria como estándar o pueden ser opcionales, especialmente en las luminarias LED.

La ventaja de las luminarias LED modernas con control de ocupación incorporado es su capacidad de ahorrar energía fácilmente mediante el uso de sensores de presencia y de luz diurna, y sin la necesidad de tener que colocar cuidadosamente detectores y diseñar el sistema de cableado para controlar el grupo correcto de luminarias.

#### **Las luminarias LED deben incorporar control de ocupación/detección de presencia automático encendido/en espera**

Nota: La ubicación de los sensores es un tema complejo y se recomienda solicitar más información y orientación a los fabricantes/proveedores para ayudar a garantizar un funcionamiento adecuado para la tarea/entorno.

### 5.1.19. Criterio de rendimiento

Es importante tener luminarias eficientes, pero también es importante tener una instalación de iluminación eficiente en general. Si se instalan demasiadas luminarias, se producen niveles de luz innecesarios con el correspondiente derroche de energía. Esto se puede limitar promoviendo un número total eficiente de luminarias y restringiendo la potencia máxima instalada por superficie (metros cuadrados, m<sup>2</sup>) de la habitación. El requisito de rendimiento general recomendado para la instalación o proyecto, que limita la potencia que se puede instalar para la iluminación interior, es:

**< 6 Watts/m<sup>2</sup> de superficie para cada lugar**

*Nota 1:* Eso equivale a una densidad de potencia máxima de 2 Watts/m<sup>2</sup>/100 lux para una iluminancia de 300 lux.

*Nota 2:* Este criterio es clave en la comparación de ofertas, incluso si no se puede alcanzar el valor absoluto.

### 5.1.20. Garantía

La vida útil de la luminaria se establece en al menos 20.000 horas de acuerdo con los parámetros y métodos de prueba del Apéndice 1.B.

La norma EN 15193 especifica que el tiempo de funcionamiento anual del alumbrado de oficinas se ha de tomar en 2.543 horas.

La vida útil mínima de la luminaria a las 20.000 horas (L70B50) es por tanto de 7,9 años (= 20.000 / 2.543).

**Podría exigirse razonablemente un período de garantía de 4 años.**

La tasa de falla abrupta durante la vigencia de la garantía (4 años o 10 000 horas) no debe

exceder el 3 %. **El parámetro es entonces C3 a las 10.000 horas.**

**Esta garantía debe cubrir todos los componentes de la luminaria, incluidos los equipos de control y la fuente de luz.**

### 5.1.21. Mantenimiento

De estar disponibles en el mercado, se deben preferir los productos con un módulo reemplazable junto con una garantía de disponibilidad de repuestos (al menos el módulo, los equipos de control y los conectores correspondientes) durante 10 años. Los compradores deben poder reemplazar la fuente de luz y/o el equipo de control sin tener que reemplazar toda la luminaria. Las luminarias deben ser mantenibles y diseñadas para ser reparadas.

Cuando el mantenimiento de la instalación de iluminación se realice internamente (es decir, por el municipio o por el propietario del edificio), los compradores también deben asegurarse de obtener toda la documentación técnica necesaria para el mantenimiento de la luminaria y sus componentes. El mantenimiento debe planificarse de acuerdo con la vida útil esperada de la luminaria con provisión financiera hecha cada año para anticipar el requisito de reemplazar completamente las luminarias al final de su vida útil.

Cuando los trabajos de mantenimiento se externalicen (o contraten) parcial o totalmente, los compradores deberán definir claramente los parámetros de verificación que se controlarán para determinar si el servicio prestado es satisfactorio o no. La medición de la iluminancia sobre el escritorio o sobre el suelo y su uniformidad son bastante sencillas de comprobar. Sus valores no deben variar en

más de un 30% con respecto a los valores iniciales. Las mediciones pueden llevarse a cabo periódicamente, cada dos años, por ejemplo, y las sanciones contractuales podrían

aplicarse razonablemente en caso de incumplimiento de los requisitos de mantenimiento.

## 5.2. GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE

La generación de residuos que se origina en la compra de nuevas unidades de iluminación para reemplazar las antiguas debe ser tomada en cuenta durante cualquier proceso de compra. Estos residuos incluyen:

- Las luminarias antiguas que se sustituyan.
- Las nuevas luminarias, que se convertirán en residuos al final de su vida útil.
- Los envases y embalajes en los que se envían las nuevas luminarias.
- Otros productos accesorios que forman parte de las luminarias (por ejemplo, lámparas).

Las luminarias viejas deben gestionarse correctamente y, si existe una instalación de reciclaje adecuada disponible localmente, debe priorizarse como la primera opción de eliminación preferida. Al momento de desarrollar la documentación de adquisición, debe considerarse la legislación ambiental vigente y el tipo de luminaria a ser reemplazada.

La responsabilidad para la gestión de las luminarias usadas puede ser muy diversa. Si la legislación vigente aplicable prevé un régimen de responsabilidad extendida del productor (REP) que incluye los tipos de luminarias que se reemplazan, el contratante debe exigir que el vendedor/proveedor sea parte de un sistema de gestión ambientalmente adecuado y que garantice la correcta gestión y eliminación de

las lámparas sustituidas. Si las lámparas no están incluidas en ningún esquema REP, el comprador de las lámparas puede solicitar como parte de los criterios de licitación, que la empresa vendedora/suministradora se haga cargo de la recolección y el manejo ambientalmente racional de las unidades reemplazadas. En caso contrario, el comprador puede optar por gestionarlo él mismo.

Si el comprador opta por que la gestión de la luminaria usada la realice el vendedor/proveedor de los productos como condición adicional del contrato, se deberán incluir algunos aspectos en el pliego de condiciones de contratación, principalmente:

- Una estimación razonable del número de luminarias por cada tipo a desechar del edificio o calle.
- Los requisitos mínimos para la retirada de servicio/almacenamiento de los productos gastados y su posterior gestión.
- Documentación comprobable del vendedor que acredite que las luminarias retiradas, así como el mercurio que puedan contener (en su caso) están siendo gestionados correctamente y que la empresa encargada de la gestión del producto usado/residuo es un operador autorizado.

Los documentos probativos mínimos que se deben solicitar para evaluar el seguimiento de

las luminarias, lámparas y componentes/materiales relacionados desechados, son los certificados de las plantas de reciclaje que han recibido el material y el certificado de la instalación encargada de la gestión del mercurio (si es aplicable). **Se recomienda que el desembolso del pago final del contrato dependa de la recepción de toda la documentación necesaria.**

Según el tipo de luminaria, la recogida y gestión de las luminarias usadas difiere y puede resultar costosa y compleja. Por ejemplo, las lámparas incandescentes no son peligrosas y pueden gestionarse dentro del sistema municipal de residuos sólidos. Las lámparas LED tampoco son peligrosas. La composición de las lámparas LED es muy diversa y se asemeja a la de algunos otros equipos electrónicos, como los teléfonos móviles. Los materiales más importantes, en peso, que componen estas luminarias son el vidrio, los plásticos, la cerámica, los metales (como el cobre), los compuestos orgánicos, los adhesivos y los componentes electrónicos. Sin embargo, las lámparas contienen pequeñas cantidades de productos valiosos, como elementos químicos (lutecio, cerio o europio), metales tecnológicos (galio e indio) y metales preciosos (oro y plata). Aunque los procesos para recuperar estos productos a nivel industrial están en desarrollo, se recomienda que sean enviados a plantas de reciclaje si están disponibles localmente.

Todas las luminarias son frágiles, por lo que deben manipularse con cuidado para evitar roturas. Este requisito del contrato debe enfatizarse para las lámparas que contienen mercurio, ya que es tóxico (para evitar que el mercurio se libere a la atmósfera).

Las luminarias usadas deberán recogerse en contenedores específicos, separando las lámparas fluorescentes lineales del resto de lámparas para evitar roturas, incluso de las lámparas fluorescentes compactas. Esto significa recogerlos en contenedores separados o al menos compartimentados. Dependiendo del caso específico, dichos contenedores pueden ser solicitados al vendedor/proveedor como requisito adicional en el pliego de condiciones de compra. Si el número de luminarias lo justifica, se recomienda separar la luminaria en la fuente por tipo, separando las que contienen mercurio de las que no. De esta forma, se puede reducir significativamente el coste de transporte y tratamiento del conjunto de luminarias. Estos contenedores de recolección deben instalarse en un lugar ventilado para ventilar el mercurio de una luminaria rota.

En cuanto a los envases y embalajes del envío de la nueva luminaria, estos deben ser separados y entregados a un reciclador. Si existe un sistema REP para estos materiales de embalaje, la opción más adecuada es entregar los residuos directamente a la instalación local de gestión de residuos.

Cambiar a una tecnología de iluminación más nueva generalmente implica cambiar las lámparas y/u otros productos accesorios. Las luminarias usadas deben manejarse sin la lámpara siempre que sea posible. Sin embargo, para algunas luminarias es muy difícil quitar las lámparas. Si existe alguna duda de que las lámparas son peligrosas y/o no se pueden retirar en el sitio, el accesorio luminaria-lámparas debe tratarse como un desecho peligroso y debe enviarse a un reciclador apropiado. Si existe un sistema REP para las

lámparas, la opción más apropiada es entregar estos desechos a la instalación local de gestión de desechos.

**Resumen de las consideraciones medioambientales a tener en cuenta:**

1. La entidad que adquiera las luminarias deberá conocer, antes de la convocatoria de la licitación, si la legislación de gestión de residuos correspondiente incorpora un esquema de REP para el tipo de residuo generado en el momento de la adquisición de las nuevas luminarias, en concreto si el vendedor/proveedor de la luminaria tiene la obligación de responsabilizarse de la gestión y el reciclaje de:

- Las luminarias antiguas.
- Los envases generados
- Las lámparas.

Si es el caso, el sistema de gestión al que está adherido el vendedor/proveedor de los citados productos, es el responsable de la recogida y reciclaje/tratamiento. No obstante, el comprador deberá comprobar que no existen excepciones en relación con los equipos instalados antes de la entrada en vigor de la legislación.

2. Si el esquema REP no se ha implantado localmente, o no afecta a los productos, la responsabilidad de la recogida y reciclaje/gestión de dichos productos recae en el comprador de la nueva

luminaria, como poseedor final de los residuos. No obstante, el comprador puede solicitar el o los acuerdos correspondientes con el fabricante/vendedor/proveedor para la gestión de los residuos, pero las condiciones de este acuerdo deben incluirse en las bases de licitación para la adquisición de las nuevas luminarias.

3. Cabe señalar que el tratamiento ambientalmente adecuado de las luminarias usadas puede ser costoso, y el comprador debe tener esto en cuenta al considerar su costo en las ofertas.

4. Para proyectos de reemplazo de iluminación, si las luminarias a reemplazar son de diferentes tipos, se recomienda separarlas en la fuente. Esto puede generar ahorros significativos, particularmente si hay un porcentaje importante de lámparas incandescentes. No obstante, no siempre es fácil diferenciar entre lámparas incandescentes, LED y lámparas de descarga, en cuyo caso todas las lámparas deben tratarse como si fueran lámparas de descarga.

5. Durante el proceso de licitación, se recomienda incluir disposiciones para la presentación y verificación de los certificados de los licitadores sobre la afiliación apropiada al esquema REP y una certificación adicional separada que indique el destino del mercurio para garantizar su correcta eliminación (cuando el mercurio sea relevante).

# Anexo 1. Definiciones

## A. Seguridad General

La seguridad de las luminarias está definida por la norma internacional IEC 60598. La Parte 1 define la seguridad general y la Parte 2 define los requisitos particulares para los diferentes tipos de luminarias, como luminarias para carreteras/calles (sección, luminarias fijas de propósito general - Parte 2-1), luminarias empotradas (sección Parte 2-2) y luminarias de carretera/calle (Parte 2-3). Esta norma garantiza que la luminaria sea segura de usar, detallando los requisitos para protegerlas contra descargas eléctricas, también tiene requisitos térmicos, de resistencia y de construcción, como prueba de protección de entrada (esencial para las luminarias exteriores para probar la entrada de agua). Esto es aceptado por más de 60 países en todo el mundo.

## B. Temperatura ambiente máxima nominal

Temperatura asignada a una luminaria por el fabricante para indicar la temperatura más alta de forma sostenida en la que la luminaria puede funcionar en condiciones normales.

Nota 1: Esto no excluye el funcionamiento temporal a una temperatura que no supere  $(t_a + 10)^\circ\text{C}$ .

Nota 2: Si no se especifica, el valor predeterminado es  $25^\circ\text{C}$ .

## C. Eficacia de la luminaria

Las fuentes de luz están encerradas en una luminaria que las protege de golpes y humedad y puede ayudar a dirigir la luz que sale de la fuente de luz hacia el espacio que debe iluminarse. Una pequeña parte de la luz producida por la fuente de luz puede quedar atrapada y absorbida dentro de la luminaria. La eficiencia óptica de la luminaria, conocida como "Relación de salida de luz" (LOR, for sus siglas en inglés "Light Output Ratio") de la luminaria, se define como la relación entre la salida de luz de la luminaria y la luz emitida por las fuentes de luz individuales, se indica como LOR que va desde el 60 % para algunas luminarias con lámparas de descarga hasta casi el 100 % para las luminarias LED. De hecho, las lámparas de descarga emiten luz en todas las direcciones y no se puede evitar la reflexión dentro de la luminaria, mientras que los módulos LED de placa emiten luz en un plano y la reflexión no es necesaria para dirigir la luz hacia abajo. Sin embargo, cierto control óptico es esencial para la salida fotométrica correcta que también tiene algunas pérdidas. El flujo de una fuente de luz es la cantidad de luz producida y se mide en lúmenes (lm).

$$LOR = \frac{\text{Flujo luminoso de la luminaria}}{\text{flujo luminoso producido por la(s) fuente(s) de luz}}$$

**Las luminarias LED tienen una eficiencia típica del 95% (LOR).**

La fuente de luz transforma la potencia eléctrica (unidad: vatios, W) en luz. Su eficacia luminosa se mide en lúmenes por vatio (lm/W). Va desde 50 lm/W para lámparas fluorescentes compactas y lámparas de mercurio de alta presión utilizadas para el alumbrado público hasta 160 lm/W para las mejores fuentes LED.

$$\eta = \frac{\text{Flujo luminoso producido por la(s) fuente(s) de luz} \left[ \frac{\text{lumen}}{\text{Watt}} \right]}{\text{Energía eléctrica consumida por la fuente de luz.}}$$

**Las fuentes de luz LED tienen una eficiencia típica superior a 100 lm/W.**

La potencia consumida por la fuente de luz puede ser diferente de la potencia consumida por la luminaria debido a cualquier controlador independiente (también conocido como "equipo de control") utilizado con la fuente de luz y otros equipos electrónicos (por ejemplo, sensor de luz, comunicación RF). La red eléctrica no puede alimentar directamente una fuente de luz LED no integrada que requiera la inserción de un controlador entre la red eléctrica y la fuente de luz LED. Este controlador y otros posibles equipos electrónicos también tienen un factor de eficiencia ( $\eta_{elec}$ ) al convertir la potencia de entrada en potencia útil para la fuente de luz. Los equipos de control electrónicos tienen rangos de eficiencia desde el 80 % para balastos ferromagnéticos antiguos utilizados para un ejemplo con tubos fluorescentes T8 hasta el 98 % para el mejor equipo de control electrónico.

La eficiencia eléctrica se expresa como:

$$\eta_{elec} = \frac{\text{Potencia consumida por la fuente de luz.}}{\text{Potencia consumida por la luminaria}}$$

**LED electronic control gear has an efficiency of typically around 95%.**

**Cabe señalar que el equipo de control está integrado en la mayoría de los tubos LED, a diferencia de los tubos fluorescentes que requieren un equipo de control electrónico externo. La eficacia de los tubos LED que se indica en la ficha técnica tiene en cuenta el equipo de control.**

La eficacia luminosa de la luminaria ( $\eta_{lum}$ ) se define como el cociente del **flujo luminoso total** que sale de la luminaria por la **potencia consumida**:

$$\eta_{lum} = \eta_{elec} * \eta * LOR$$

Esta es una expresión de la eficiencia energética de una luminaria (lm/W). Cuanto mayor sea el valor de eficacia, más eficiente energéticamente será el producto de iluminación. Los LED son más eficientes para convertir la energía eléctrica recibida en luz cuando la energía eléctrica es alta.

→ **Las pruebas de ensayo deben realizarse de acuerdo con CIE S 025.**

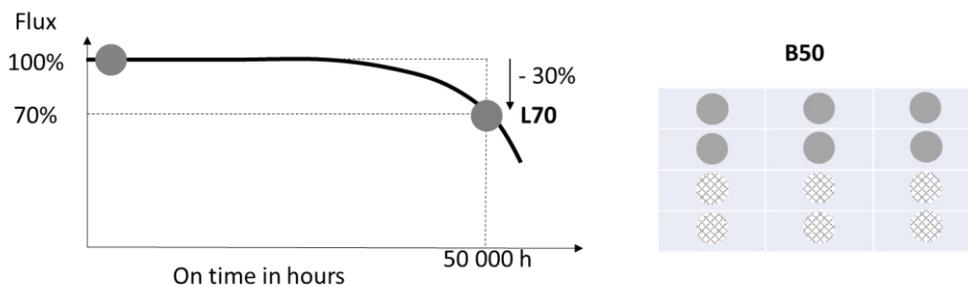
## D. Vida útil

Este es el tiempo total durante el cual se ha operado una fuente de luz (es decir, una lámpara o una luminaria integrada) antes de que se vuelva inútil, o se considere que lo es, de acuerdo con criterios específicos. La vida útil suele expresarse en horas y como el tiempo en el que se espera que la mitad de las lámparas (la mediana) hayan fallado o quedado inservibles para prestar el servicio previsto, habiendo descendido al 70% de su flujo luminoso inicial. La variable utilizada para esta métrica es L70B50 (tiempo en el que el 50 % de la muestra se han reducido al 70 % de mantenimiento del flujo luminoso).

→ **50.000 horas para L70B50**<sup>14</sup>

Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 4.

**Figura 4: Vida útil L<sub>70</sub>B<sub>50</sub>**



*Nota:* Para las luminarias con la función de salida de luz constante<sup>15</sup>, la vida útil debe indicarse como si esta función no estuviera activa para evitar un consumo excesivo debido al aumento de la corriente para compensar la depreciación de la salida de luz.

Este parámetro de vida útil se puede probar de dos maneras diferentes dependiendo de si las pruebas se realizan en el módulo fuera de la luminaria o en la propia luminaria:

### **Módulo fuera de la luminaria**

Aplique el estándar ANSI/IES ANSI/IES LM-80-20 aprobado "Medición de flujo luminoso y mantenimiento de color de paquetes, conjuntos y módulos de LED" para probar el módulo hasta que se alcance el nivel de 6.000 horas como mínimo.

Luego aplique el estándar ANSI/IES TM-21-19 "Memorándum técnico: Proyectando el mantenimiento de flujo luminoso, fotónico y radiante a largo plazo de las fuentes de luz LED" para extrapolar las mediciones.

Cabe señalar que la validez del método de extrapolación se basa en los valores medidos de la corriente del controlador del chip LED y la temperatura de unión (medida mediante la prueba de medición de

<sup>14</sup> Siguiendo la definición de la norma IEC 62722-2-1 y IEC 62717

<sup>15</sup> Función en la que la corriente que pasa a través de un módulo LED aumenta gradualmente a lo largo de su vida útil para compensar la degradación gradual de la salida de luz del módulo LED que podría esperarse que ocurra.

temperatura in situ, ISMT) del módulo cuando se encuentra dentro de la luminaria. Los detalles se proporcionan en IES TM 21-19.

**Medición de la luminaria**

El método de IES LM-84-14 "Medición del flujo luminoso y mantenimiento del color de lámparas LED, motores de luz y luminarias" se puede aplicar directamente a la luminaria hasta alcanzar al menos el nivel de 6.000 horas. También se puede utilizar una combinación de un informe de pruebas IES LM-80 y datos de pruebas IES LM-84 de tan solo 3.000 horas.

Luego, aplicar el estándar IES TM-28-14 "Proyectando el mantenimiento del flujo luminoso a largo plazo de las lámparas y luminarias LED" para extrapolar las mediciones de cualquiera de los métodos.

**Fallas abruptas o catastróficas**

Una parte crítica puede fallar y hacer que una luminaria LED deje de generar luz por completo (falla catastrófica). Los ejemplos incluyen una falla en el suministro de energía, la corrosión de una conexión eléctrica que detiene el flujo eléctrico a los componentes críticos o la rotura de una parte debido a vibraciones o tensiones más allá de lo que la luminaria puede manejar. Esto se denota por el factor  $C_y$ , donde "y" es el porcentaje que falló catastróficamente en "C" horas<sup>16</sup>.

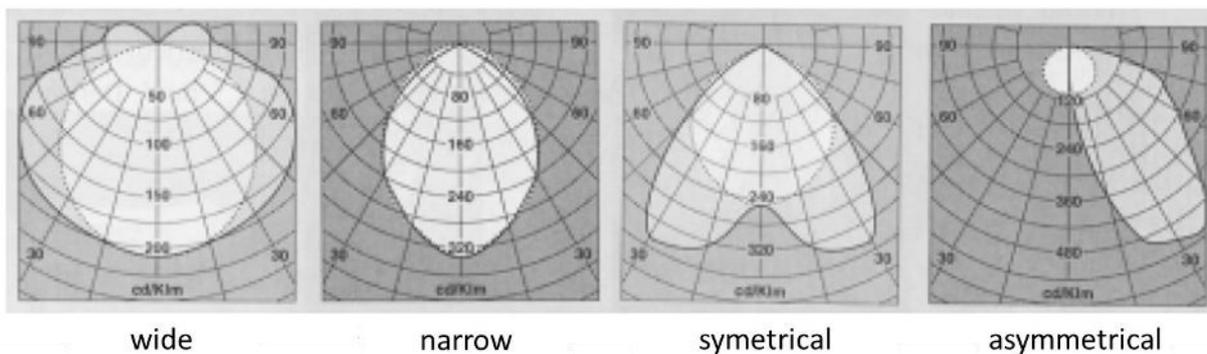
**E. Distribución**

La distribución de la fotometría de la luminaria es su capacidad para dirigir la luz de la fuente en la dirección deseada. Para cada luminaria, el fabricante especifica su gráfico de intensidad luminosa polar. Ese diagrama ilustra la distribución de la intensidad luminosa, en candelas, de la luminaria. Esta curva proporciona una indicación intuitiva de la distribución de luz que se espera de la luminaria (p. ej., amplia, estrecha, directa, indirecta), así como su intensidad para las diferentes direcciones utilizadas para el diseño de iluminación.

→ El estándar para la medición es CIE S 025

La Figura 5 muestra la distribución de la intensidad luminosa para cuatro tipos de luminarias.

**Figura 5: Distribución de intensidad luminosa para cuatro tipos de luminarias**



<sup>16</sup> Siguiendo las definiciones de las normas IEC 62722-2-1 y IEC 62717

Para el alumbrado público, se utilizan dos parámetros para limitar el flujo emitido hacia arriba de la luminaria (no se utilizan para el alumbrado general).

ULOR significa relación de flujo luminoso ascendente de las fuentes de luz y se define como el cociente del flujo luminoso ascendente de una luminaria, medido en condiciones específicas con sus propias lámparas y equipos, y la suma de los flujos luminosos individuales de la misma lámpara(s). Esto significa que ULOR incluye las pérdidas de luz dentro de la luminaria mientras que ULR no.

→ La diferencia entre estos parámetros son las pérdidas de luz dentro de la luminaria y su relación define la eficacia de la luminaria.

**ULOR = ULR x eficacia de la luminaria ( $\eta_{lum}$ )**

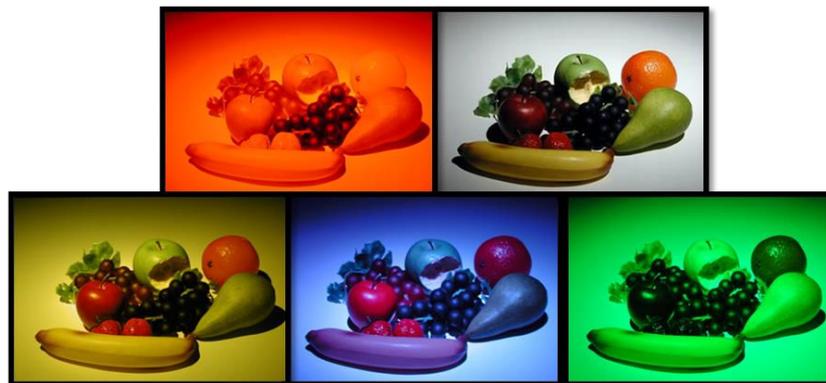
## F. Índice de reproducción cromática (IRC)

El IRC es la medida de la capacidad de una fuente de luz para revelar con precisión los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz ideal o natural. Su valor va de 0 (sin color) a 100 (correspondiente al color natural).

→ El estándar para la medición es CIE S 025 que demuestra el efecto de IRC

La Figura 6 muestra el efecto del IRC en cómo se percibe una escena.

Figura 6: Misma escena bajo diferentes fuentes de luz

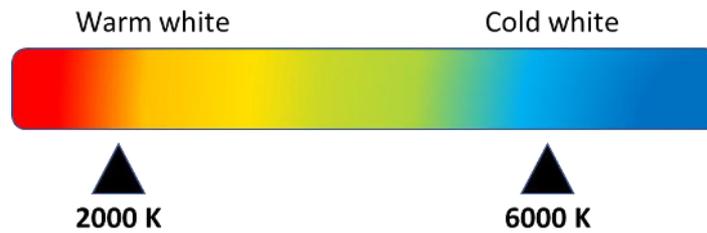


## G. Temperatura de color correlacionada (TCC)

Esta es la temperatura del radiador planckiano (incandescente) cuyo color percibido se parece más al de un estímulo dado con el mismo brillo y en condiciones de visualización específicas (unidad: Kelvin, K). Las lámparas con una TCC alta, por ejemplo, 5.000 K, producen una luz blanca azulada fría, mientras que las que tienen una TCC baja, por ejemplo, 2.700 K, producen una luz blanca amarillenta cálida. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 7.

→ El estándar para la medición es CIE S 025

Figura 7: Temperatura Color



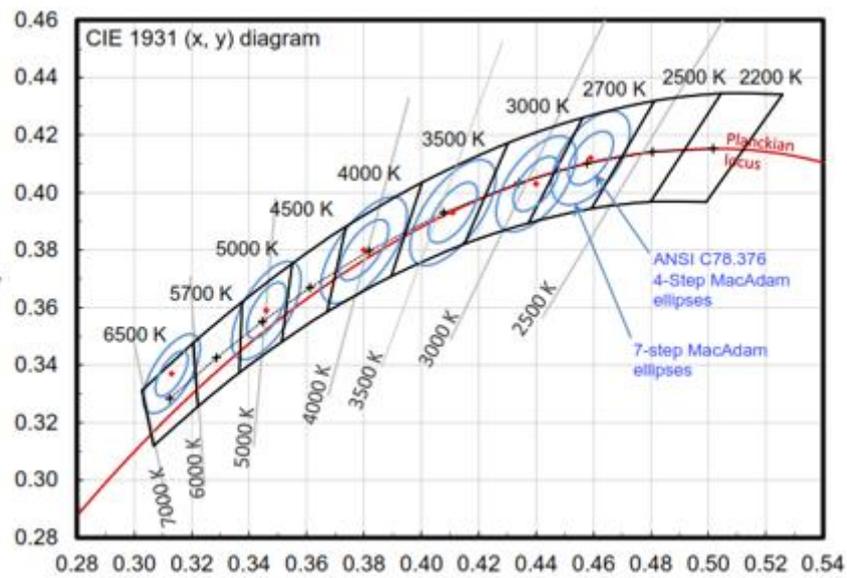
### H. Consistencia del color

Este requisito especifica la desviación permitida en la temperatura de color correlacionada de la luz. Esta desviación debe estar por debajo de la desviación de las diferencias notables entre dos fuentes que tienen la misma temperatura de color declarada.

→ Las pruebas de ensayo deben realizarse de acuerdo con CIE S 025

En la Figura 8 se muestra un diagrama de cromaticidad típico.

Figura 8: Especificación de cromaticidad de cuadriláteros de siete pasos en el diagrama de cromaticidad CIE (x,y)





*Nota:* Para luminarias conectadas a la red, el suministro eléctrico opera en frecuencias de 50 Hz o 60 Hz, según el país. Esto no tiene ningún impacto en el rango de tensión de funcionamiento.

→ **Las pruebas de ensayo deben realizarse de acuerdo con la norma IEC 61547-1**

## **L. Factor de potencia fundamental o factor de desplazamiento**

También llamado factor de potencia de desplazamiento, cuantifica el desplazamiento (cambio de fase) entre las formas de onda de corriente fundamental y tensión sinusoidal mediante el cálculo del coseno del ángulo de cambio de fase. El factor de potencia fundamental es una medida más detallada para cuantificar el desplazamiento de la corriente y su efecto sobre la capacidad de carga y las pérdidas de la red de suministro de energía.

→ **Las pruebas de ensayo deben realizarse de acuerdo con la norma IEC 62612**

## **M. Energía en espera (Standby power)**

La energía de reserva es el consumo de energía eléctrica de una fuente de luz o de un dispositivo de control independiente conectado a la fuente de alimentación cuando la fuente de luz no emite luz de forma intencionada y la fuente de luz o el dispositivo de control están esperando una señal de control para volver a un estado con emisión de luz.

Las luminarias conectadas interactúan con el entorno a través de teléfonos inteligentes, tabletas, Internet u otros protocolos de dispositivos. Esta característica es muy útil para el control remoto del alumbrado público.

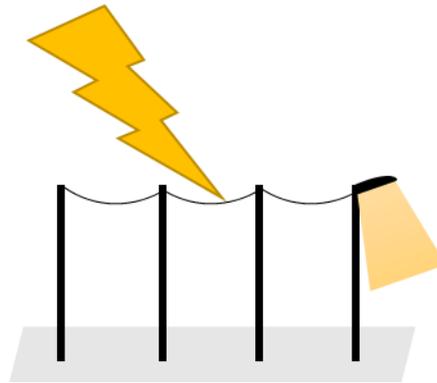
→ **El estándar para su medición es IEC 63103, "Equipo de iluminación: medición de potencia en modo no activo", que especifica métodos de medición del consumo de energía eléctrica en modo(s) de espera.**

## **N. Protección contra sobretensiones**

Los sobrevoltajes generalmente son generados por equipos cuando se encienden y apagan y por rayos (Figura 10) y pueden dañar las luminarias LED. Cuando los equipos eléctricos se encienden o apagan, se producen picos de tensión transitorios en las líneas de alimentación de CA. La capacidad de las luminarias LED para manejar estas sobretensiones se normaliza y se denomina inmunidad de compatibilidad electromagnética (EMC de sus siglas en inglés "electromagnetic compatibility").

→ **IEC 61547 "Equipos para propósitos de iluminación general – Requisitos de inmunidad EMC"**

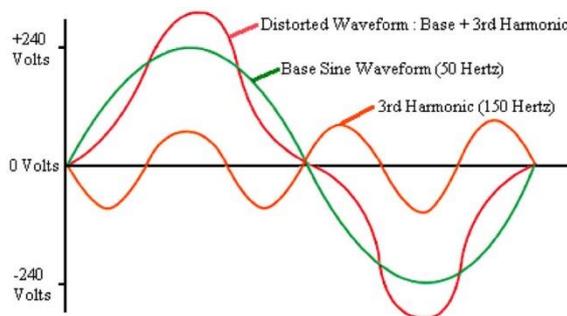
Figura 10: Iluminación en una línea eléctrica



## O. Distorsión armónica

Las distorsiones armónicas son distorsiones no lineales caracterizadas por la generación de componentes espectrales no deseados, relacionados armónicamente con la frecuencia de la señal deseada. Induce perturbaciones en la red y debe limitarse. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 11.

Figura 11: Armónicos y fundamentales



→ El estándar relevante es IEC 61000-3-2, Compatibilidad electromagnética (EMC) - Parte 3-2: "Límites para emisiones de corriente armónica (corriente de entrada del equipo  $\leq 16$  A por fase)" que proporciona los valores límite

Esta norma trata sobre la limitación de corrientes armónicas inyectadas en el sistema de suministro público. Especifica los límites de los componentes armónicos de la corriente de entrada que puede producir un equipo probado en condiciones específicas. Es aplicable a equipos eléctricos y electrónicos que tengan una corriente nominal de entrada de hasta 16 A por fase y que estén destinados a ser conectados a sistemas públicos de distribución de baja tensión.

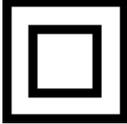
## P. Protección contra descargas eléctricas

Una descarga eléctrica es el efecto fisiopatológico de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Su paso afecta esencialmente las funciones musculares, circulatorias y respiratorias y en ocasiones produce quemaduras graves. El grado de peligro para la víctima está en función de la magnitud de la corriente, las partes del cuerpo a través de las cuales pasa la corriente y la duración del flujo de corriente.

Las luminarias se clasificarán de acuerdo con el tipo de protección contra choque eléctrico, como Clase I, Clase II o Clase III, como se ilustra en la Figura 12.

→ El estándar relevante es IEC 60598-1 Luminarias - Parte 1: Requisitos generales y pruebas

Figura 12: Descarga eléctrica, clases IEC 60417-5172-02

	<b>Luminaria Class I</b>	<b>Luminaria Class II</b>	<b>Luminaria Class III</b>
			

## Q. Clase de protección de ingreso

En algunas circunstancias, los artefactos de iluminación tienen que soportar condiciones difíciles: como el polvo y la humedad. Las partículas líquidas o sólidas que pueden penetrar en el equipo de iluminación pueden ser perjudiciales para el equipo o incluso para el operador.

La clasificación de protección de ingreso está codificada en la norma internacional IEC 60529, "Grados de protección proporcionados por envoltorios (código IP)". La designación utilizada para indicar los grados de protección proporcionados consta de las letras características IP seguidas de dos números que indican el grado de protección para:

- Personas ante el contacto o acercamiento a partes vivas y ante el contacto con partes móviles dentro del gabinete y protección del equipo contra ingreso de cuerpos extraños sólidos.
- El equipo dentro del recinto ante la entrada dañina de agua.

## R. Clase de resistencia al impacto

Esta es una clasificación numérica internacional para los grados de protección proporcionados por envoltorios a equipos eléctricos ante impactos mecánicos externos. Proporciona un medio para especificar la capacidad de un recinto para proteger su contenido de impactos externos.

→ El estándar internacional relevante es IEC 62262

## S. Humedad y corrosión

### Humedad

La humedad está directamente relacionada con la degradación del rendimiento (durabilidad y eficiencia del producto) en muchos dispositivos electrónicos, incluidas las luces LED, incluso si una luz LED cumple con el grado IP66, si tiene una salida de aire, existe una gran posibilidad de que se produzca condensación en la lámpara durante un cambio repentino de temperatura y humedad en un ambiente de alta temperatura.

→ **Todas las luminarias deben ser a prueba de humedad cuando puedan darse estas condiciones durante el uso normal después de la prueba de humedad IEC 60598-1.**

### Corrosión

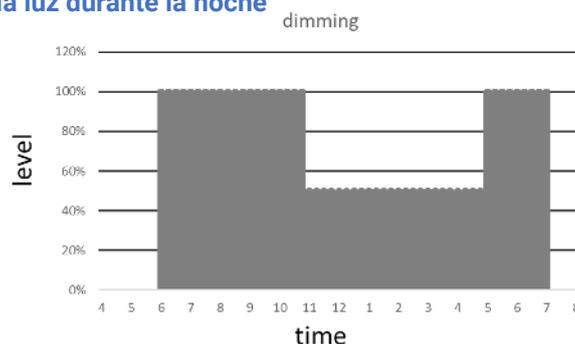
La humedad y pequeñas proporciones de gases corrosivos como el dióxido de azufre pueden causar una corrosión severa durante un largo período de tiempo. Las luminarias que se utilizan en atmósferas de alta humedad deben tener una adecuada resistencia a la corrosión. Algunos metales o combinaciones de metales proporcionan un nivel adecuado de resistencia a la corrosión (como se describe en las Secciones 4.1.17 y 5.1.17).

*Nota:* El interior de una luminaria cerrada está mucho menos sujeto a la corrosión que el exterior.

## T. Atenuación

Esta es la capacidad de controlar la intensidad de la luz emitida por una luminaria controlando el voltaje o la corriente disponible para ella. Atenuar la luz significa ahorrar energía. Para el alumbrado público, atenuar la luz durante la mitad de la noche, entre la medianoche y las 5 a. m., por ejemplo, puede ahorrar hasta un 50 % en el consumo de energía, dependiendo del nivel de la luz cuando se atenúa. Esto se ilustra en la Figura 13.

**Figura 13: Atenuación de la luz durante la noche**



## U. Capacidad de batería

La capacidad nominal de la batería es una medida de la capacidad de la batería para entregar la energía almacenada y se mide en amperios hora (Ah). Una batería completamente cargada de un determinado amperio por hora podrá entregar una cantidad determinada de energía durante una hora. La misma

batería también podría entregar X/2 Amperios durante 2 horas o X/3 Amperios durante 3 horas, por ejemplo. La capacidad de la batería está determinada por una serie de factores, como la masa del material activo contenido en la batería. Para una masa dada, la capacidad de la batería estará determinada por la densidad de energía (Wh/kg) del tipo de batería utilizada. Para almacenar la misma cantidad de energía, el peso de la batería será menor cuanto mayor sea la densidad de energía. La Tabla 6 muestra la densidad de energía típica para cada tecnología de batería.

**Table 6: Densidad de energía de baterías**

Tecnología de la batería	Densidad de energía típica (Wh/kg)
Plomo-ácido	30 a 50
NiMH	60 a 120
LiFePO <sub>4</sub>	130 a 180

Tenga en cuenta que la capacidad de energía de la batería se expresa en Watt-hora (Wh) e indica la medida de la batería para almacenar la energía. Dado que el voltaje a la salida de una batería es constante, Wh se calcula multiplicando el número de amperios por el voltaje de la batería.

### V. Tasa C de la batería

La tasa C de una batería es una medida de la corriente entregada por la batería en amperios y es proporcional a la velocidad de descarga. La tasa C se expresa como "X"C, siendo "X" un número igual a la corriente en amperios dividida por la capacidad nominal de la batería en amperios hora. Cuando la capacidad de la batería es fija, la tasa C se calcula conociendo la corriente que necesita la carga de la batería.

### W. Potencia pico del panel fotovoltaico

La potencia máxima de un módulo fotovoltaico es la potencia eléctrica suministrada por este módulo cuando se irradia en condiciones estándar y se mide en vatios pico (Wp). Esas condiciones son una irradiancia de 1.000 W/m<sup>2</sup> (1 kW/m<sup>2</sup>) a una temperatura ambiente estándar de 25°C con una Masa de Aire (MA) a nivel del mar de 1,5 y un ángulo de incidencia = 90° (perpendicular al plano del panel)<sup>17</sup>.

La potencia máxima producida por un panel solar bajo una irradiancia determinada es proporcional a la potencia máxima, siendo la relación igual a la relación de la irradiancia dividida por la irradiancia estándar.

<sup>17</sup> *Dispositivos fotovoltaicos IEC 60904-3 - Parte 3: Principios de medición para dispositivos solares fotovoltaicos (FV) terrestres con datos de irradiancia espectral de referencia*

## Anexo 2. Lista de estándares de testeo de referencia

Criterio de rendimiento	Estándar de testeo
<b>Normas para Luminarias</b>	
<b>Eficacia de la luminaria</b>	CIE S 025 "Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules"
<b>Vida útil</b>	<p><b>Medición fuera de la luminaria:</b> IES LM-80-20 "Measuring Luminous Flux and Colour Maintenance of LED Packages, Arrays and Modules" and IES TM-21-19 "Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources"</p> <p><b>Medición dentro de la luminaria:</b> IES LM-84-14 "Measuring Luminous Flux and Colour maintenance of LED lamps, light engines, and luminaires" and IES TM-28-14 "Projecting Long Term Luminous Flux Maintenance of LED Lamps and Luminaires"</p>
<b>Seguridad general</b>	IEC 60598 "Luminaires – Part 1 General requirements and tests & Part 2 - particular requirements"
<b>Distribución fotométrica</b>	CIE S 025 "Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules"
<b>Índice de reproducción cromática (IRC)</b>	CIE S 025 "Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules"
<b>Temperature de color correlacionada (TCC)</b>	CIE S 025 "Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules"
<b>Consistencia del color</b>	CIE S 025: 2015 "Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules"
<b>Parpadeo (Pst<sup>LM</sup>)</b>	IEC 61547-1 "Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements - Part 1: Objective light flickermeter and voltage fluctuation immunity test method"
<b>Efecto estroboscópico (SVM)</b>	IEC TR 63158 "Equipment for general lighting purposes - Objective test method for stroboscopic effects of lighting equipment"
<b>Rango de voltaje operativo</b>	IEC 61547-1 "Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements - Part 1: Objective light flickermeter and voltage fluctuation immunity test method"
<b>Factor de potencia fundamental</b>	IEC 62612 "Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50 V - Performance requirements" ANSI C82.77-10 "Lighting Equipment - Harmonic Emission Limits - Related Power Quality Requirements"
<b>Energía de reserva y dispositivos de control conectados</b>	IEC 63103 "Lighting equipment - non-active mode power measurement"
<b>Protección contra sobretensiones</b>	IEC 61547 "Equipment for general lighting purposes – EMC immunity requirements" ANSI C82.77-5 "American National Standard for Lighting Equipment– Voltage Surge Requirements"
<b>Distorsión armónica</b>	IEC 61000-3-2 "Limits for harmonic current emissions" ANSI C82.77-10 "Lighting Equipment - Harmonic Emission Limits - Related Power Quality Requirements"
<b>Protección contra descargas eléctricas</b>	IEC 60598-1 "Luminaires – Part 1: General requirements and tests"
<b>Clase de protección de ingreso</b>	IEC 60529 "Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)"
<b>Clase de resistencia al impacto</b>	IEC 62262 "Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)"
<b>Humedad y corrosión</b>	IEC 60598-1, Luminaires –Part 1: General requirements and tests

Criterio de rendimiento	Estándar de testeo
<b>Normas para Paneles Fotovoltaicos</b>	
<b>Rendimiento</b>	IEC 61853-1 "Pruebas de rendimiento y clasificación energética de módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 1: Mediciones de rendimiento de irradiación y temperatura y clasificación de potencia"
<b>Seguridad</b>	IEC 61730-1 "Calificación de seguridad del módulo fotovoltaico (FV) – Parte 1: Requisitos para la construcción" IEC 61853-2 "Pruebas de rendimiento y clasificación energética de módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 2: Mediciones de sensibilidad espectral, ángulo de incidencia y temperatura de funcionamiento del módulo"
<b>Normas para baterías</b>	
<b>Rendimiento</b>	IEC 61427-1 "Células y baterías secundarias para almacenamiento de energía renovable - Requisitos generales y métodos de prueba - Parte 1: Aplicación fotovoltaica fuera de la red"
<b>Seguridad</b>	IEC 63056 "Pilas y baterías secundarias que contienen electrolitos alcalinos u otros no ácidos - Requisitos de seguridad para celdas y baterías de litio secundarias para uso en sistemas de almacenamiento de energía eléctrica" IEC 62485-2 "Requisitos de seguridad para baterías secundarias e instalaciones de baterías - Parte 2: Baterías estacionarias" (cubre baterías de plomo-ácido y NiCd / NiMH)
<b>Compatibilidad electromagnética</b>	IEC 61000-3-2 "Compatibilidad electromagnética (EMC) – Parte 3-2: Límites – Límites para emisiones de corriente armónica (corriente de entrada del equipo ≤ 16 A por fase)"

Note: utilizar siempre la última versión publicada de las normas.

## Anexo 3. Costos del Ciclo de Vida

Esta sección muestra cómo se pueden calcular los costos del ciclo de vida de los productos de iluminación. El costo del ciclo de vida (CCV) es una buena herramienta para cuantificar el impacto de una oferta determinada y ayudar al licitador a elegir entre diferentes alternativas que superan los requisitos mínimos.

Tenga en cuenta que las emisiones indirectas de la generación de electricidad que alimenta los productos de iluminación no se contabilizan, ya que dependen de la combinación energética del país o la región. Una reducción en la potencia consumida tendrá la correspondiente reducción en las emisiones de generación en línea con la matriz energética.

### A. Costo del ciclo de vida (LCC)

Para evaluar y comparar el impacto económico de los productos que usan energía, se debe considerar no solo el costo de adquisición, sino también el costo total de operación y propiedad durante el ciclo de vida del producto. En este sentido, el costo del ciclo de vida de un producto que utiliza energía se puede calcular según la Ecuación 1 (EQ.1).

$$LCC = PP + N \cdot \sum_{n=1}^L \left( \frac{AE \cdot EC}{(1+r)^n} + MC \right) + EOL \quad \text{EQ.1}$$

Dónde:

- PP es el costo inicial de la compra para un producto de iluminación, incluida la instalación.
- AE es el consumo anual de energía (en kWh) calculado a partir de la potencia declarada por los fabricantes y las horas de operación por año.
- EC es el costo real de la electricidad suministrada en \$/kWh.
- L es la vida útil esperada del producto en años calculada a partir de las horas de funcionamiento anuales (promedio) (dc) y la vida útil declarada (dl) ambas en horas. ( $L = dl/cc$ )
- MC es el costo de mantenimiento anual durante la vida útil L, por ejemplo, costo de limpieza anual y otros.
- EOL es el costo de fin de vida útil (como los costos de recolección y reciclaje).
- N es el número de unidades del producto de iluminación en la oferta. (Nota: la ecuación asume las mismas horas de operación anuales para cada una de estas unidades. Si ese no es el caso, calcule el LCC en grupos separados de horas de operación anuales antes de finalmente sumar).
- r es la diferencia entre la tasa de descuento real y la tasa de aumento real del precio de la energía. Si la tasa de descuento y la tasa de aumento del precio de la energía son similares,  $r \approx 0$ .

Dado que esta guía está dirigida a la contratación pública, se debe considerar el costo real de la energía, es decir, el precio de la electricidad sin subsidios gubernamentales. Los costos de mantenimiento también pueden incluirse en el contrato (p. ej., como parte de los términos del contrato de contratación pública). El costo relacionado con la eliminación del producto al final de su vida útil también puede estar incluido en el precio del producto, especialmente en aquellos países sin políticas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP).

## B. Reemplazo temprano (costo)

Un costeo del ciclo de vida es útil para comparar el costo total entre dos alternativas. Cuando se considera un reemplazo anticipado, es decir, el reemplazo de un producto de iluminación existente que aún no ha llegado al final de su vida útil (todavía funciona correctamente), se puede usar un balance de costos para calcular el valor del reemplazo de la unidad vieja e ineficiente por un nuevo producto de iluminación eficiente.

En este caso, los ahorros también dependerán de la diferencia en el consumo de energía, el precio inicial del nuevo producto y la esperanza de vida restante del antiguo producto de iluminación, ver Ecuación 2 (EQ.2).

$$balance\ cost = \left( \frac{PP \cdot L_{exp}}{L} + N \cdot \sum_{n=1}^{L_{exp}} \frac{AE \cdot EC}{(1+r)^n} \right) - \left( N_{old} \cdot \sum_{n=1}^{L_{exp}} \frac{AE_{old} \cdot EC}{(1+r)^n} \right) \quad EQ.2$$

El primer término corresponde al costo prorrateado del nuevo producto de iluminación durante la vida restante esperada del antiguo producto de iluminación ( $L_{exp}$ ), por ejemplo, si el producto de iluminación existente tiene 8 años y se considera que tiene una vida útil de 10 años<sup>18</sup>,  $L_{exp} = 2$  años. En este caso, en la ecuación del balance de costo, el precio inicial del nuevo producto de iluminación se prorratea a la vida restante esperada del producto de iluminación antiguo y la vida útil del nuevo producto de iluminación considerado para el reemplazo anticipado se sustituye por la vida útil restante del producto de iluminación anterior, ya que después de dos años, el producto de iluminación anterior sería reemplazado de todos modos. El costo operativo de los productos de iluminación nuevos y antiguos también se considera solo durante la vida restante esperada del producto antiguo.  $AE_{old}$  se refiere al consumo anual de energía del producto de iluminación antiguo en kWh. Todos los demás parámetros son los mismos que se describen en la Ecuación 1 (EQ.1).

El reemplazo anticipado conducirá a ahorros económicos si el costo del balance es negativo, es decir, el costo del producto de iluminación antiguo con su costo operativo es más alto que el costo (es decir, adquisición y operación anticipadas) del nuevo producto de iluminación durante el mismo período.

## C. Ejemplos de comparación de tecnologías según el Costo de Ciclo de Vida (CCV) del producto

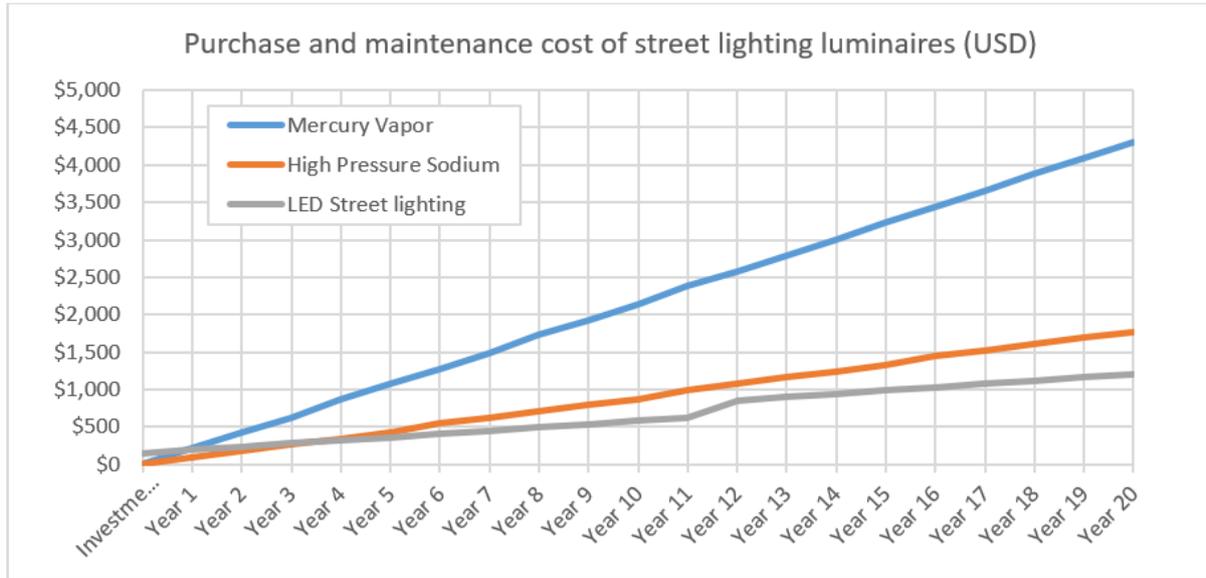
Los estándares de contratación pública se centran en los productos LED debido a su menor consumo de energía y menor CCV en comparación con otras tecnologías, como las lámparas de descarga.

La siguiente comparación se ha realizado para el mismo flujo de salida de la luminaria y la eficacia de la luminaria LED recomendada en estas directrices. Otros supuestos que se han considerado para el análisis se muestran en la Tabla 7.

<sup>18</sup> Se toma 10 años como valor de referencia en este ejemplo, pero dependiendo de la condición del producto de iluminación, este número puede reducirse o aumentarse.

En el caso del alumbrado público, si comparamos el CCV de cambiar las lámparas de descarga del interior de una luminaria (vapor de sodio o mercurio a alta presión) frente al CCV de sustituir la luminaria por una luminaria LED, obtenemos un ahorro energético de más de 5,2 MWh por luminaria durante un período de 20 años, equivalente a 2,6 toneladas de CO<sub>2</sub>. Esto se ilustra en la Figura 14.

**Figura 14: Comparación de CCV de tecnologías para alumbrado público LCC**



El costo de reemplazo de las lámparas de descarga de vapor de mercurio y sodio de alta presión incluye la limpieza y la actualización de la luminaria antigua, que puede incluir el reemplazo de piezas (por ejemplo, vidrio). La discontinuidad en la pendiente de las líneas en la Figura 14 se debe al reemplazo de la lámpara al final de su vida útil. Se supone que la electricidad es estable durante el período de 20 años.

La amortización de la luminaria LED en comparación con una de sodio de alta presión es de 4 años (y menos de un año para el reemplazo de vapor de mercurio), por lo que después de 20 años, se ahorran 570 USD (3100 USD para el reemplazo de vapor de mercurio). Adicionalmente, el ahorro energético a 20 años es de 2,4 MWh por luminaria, equivalente a 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub>.

En el caso de la iluminación interior, se ha realizado una comparación de CCV entre tubos fluorescentes T8 frente a tubos LED a lo largo de 20 años. Esto se ilustra en la Figura 15.

La recuperación de la inversión del tubo LED en comparación con los tubos fluorescentes, es de menos de 1 año, por lo que después de 20 años, se ahorran 365 USD solo con el reemplazo del tubo. Adicionalmente, el ahorro energético a 20 años es de 2,4 MWh por luminaria, equivalente a 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Figura 15: Comparación del CCV por tecnología para iluminación interior

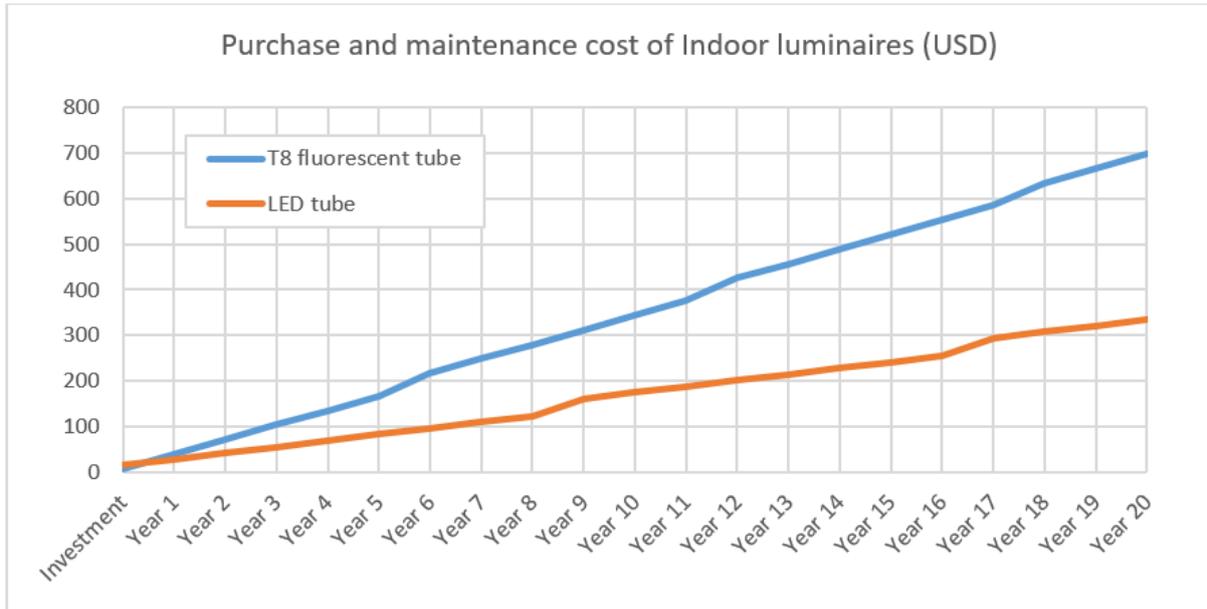


Tabla 7: Supuestos considerados para la comparación de tecnologías

	Alumbrado Público			Iluminación de interiores	
	Vapor de mercurio	Sodio de Alta presión	Luminarias LED	Tubos fluorescentes T8	Tubos LED
<b>Precio del producto (USD)</b>	10	15	150	7	15
<b>Potencia</b>	287,5	115	60	66,7	28
<b>Precio de la electricidad (USD/kWh)</b>	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
<b>Vida útil (horas)</b>	16.000	24.000	50.000	18.000	25.000
<b>Tiempo de operación (horas/año)</b>	4.500	4.500	4.500	3.000	3.000
<b>Costo de reemplazo (USD)</b>	20	20	40	10	10
<b>Factor de emisión (KgCO<sub>2</sub>/kWh)</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

## Anexo 4. Criterios de adjudicación de licitaciones

Esta Guía ha definido los criterios de rendimiento energético y de calidad recomendados a la hora de crear las especificaciones para un proceso de licitación de iluminación. Todos los productos deben cumplir con los requisitos mínimos según lo establecido en la convocatoria de licitación para ser elegibles, y por tanto, la eliminación de las ofertas de aquellos productos que no cumplen con estos requisitos es sencilla. Sin embargo, hacer una selección entre las ofertas restantes donde todos los productos cumplen o superan los requisitos mínimos de energía y rendimiento puede ser más difícil. Un método para simplificar este proceso de toma de decisiones es centrarse en unas pocas características clave de rendimiento y atribuirle una ponderación relativa a su importancia para el proyecto.

Para ilustrar esto, la Tabla 8 muestra un ejemplo de cinco criterios clave que se pueden considerar al decidir entre ofertas alternativas. La selección de los parámetros y el peso que le corresponde a cada uno de ellos podrá adaptarse en función de las prioridades particulares del proyecto. Tenga en cuenta que dos parámetros, el precio y la temperatura de funcionamiento, no forman parte de las especificaciones técnicas de contratación pública sostenible. El nivel de precios suele ser el primer criterio y factor de decisión considerado durante la contratación pública y la temperatura máxima de funcionamiento es un parámetro que podría ser crítico para las regiones cálidas. La eficacia luminosa, la vida útil y el factor de potencia fundamental (o factor de desplazamiento) forman parte de las especificaciones técnicas de las CPS.

**Tabla 8: Ejemplo de ponderación de criterios para adjudicación**

Parametro	Peso	Fórmula
<b>Precio (USD)</b>	30%	Puntos = 100 x (costo más bajo de todas las propuestas / costo de la propuesta)
<b>Eficacia luminosa (lm/W)</b>	20%	Puntos = 100 x (eficacia luminosa propuesta / máxima eficacia luminosa todas las propuestas)
<b>Vida útil (horas)</b>	20%	Puntos = 100 x (vida útil de la propuesta / vida útil máxima de todas las propuestas)
<b>Factor fundamental de potencia (FFP)</b>	15%	Puntos = 100 x (FFP de la propuesta/FFP máximo de todas las propuestas)
<b>Máxima temperatura de operación (°C)</b>	15%	Puntos = 100 x (Temp. máx. de funcionamiento / Temp. máx. de funcionamiento todas las propuestas)

Cada parámetro tiene una fórmula para calcular el número de puntos a atribuir. Estos puntos deben ponderarse en función del peso específico del parámetro. Sobre una notación de 100 puntos, cada oferta tendrá un puntaje total sumando las notas de cada parámetro. La oferta adjudicada será la que obtenga el puntaje más alto.

$$Puntaje = \sum_{\text{parámetro } 1}^{\text{último parámetro}} \text{Peso} \times \text{puntos}$$

La Tabla 9 presenta un ejemplo de una licitación que recibió tres ofertas diferentes para tubos LED. Todos los tubos cumplen con los criterios técnicos CPS de eficacia luminosa, vida útil y factor de potencia fundamental.

**Tabla 9: Ejemplo de oferentes de tubos LED**

Parametro	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
<b>Precio (\$)</b>	5	10	15
<b>Eficiencia Luminosa (lm/W)</b>	130	150	170
<b>Vida útil (horas)</b>	20 000	40 000	50 000
<b>Factor fundamental de potencia</b>	0.70	0.85	0.92
<b>Max temperature de operación (°C)</b>	40	50	70

La Tabla 10 muestra los resultados para cada producto después de aplicar la ponderación en cada parámetro.

**Tabla 10: Ejemplo de ofertas de notación para tubos LED**

Parametro	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Peso
<b>Precio (\$)</b>	100	50	33	30%
<b>Eficiencia Luminosa (lm/W)</b>	76	88	100	20%
<b>Vida útil (horas)</b>	40	80	100	20%
<b>Factor fundamental de potencia</b>	76	92	100	15%
<b>Max temperature de operación (°C)</b>	57	71	100	15%
<b>Puntaje</b>	<b>73.3</b>	<b>73.2</b>	<b>80.0</b>	

Según este cálculo de ponderación, el Tubo 3 logra la puntuación general más alta y sería seleccionado. El tubo 1 está en segunda posición y el tubo 3 en tercera. La diferencia entre las ofertas a veces puede ser muy pequeña, como se muestra para el tubo 1 y el tubo 2, donde es solo 0,1 sobre 100.

## Anexo 5. Convocatoria de licitación, solicitud de licitación y Acuerdos de contrato de servitización de la iluminación

Esta Guía brinda recomendaciones técnicas (resumidas en el Capítulo 3) que se utilizarán al especificar productos de iluminación en proyectos públicos para iluminación de calles/exteriores o interiores de grandes edificios, o al desarrollar los requisitos de iluminación para un contrato de iluminación como servicio (LaaS, del inglés "lighting as a service").

El siguiente paso en el proceso es publicar los requisitos de licitación/contrato. Esto se conoce como una "invitación o solicitud de licitación" enviada a proveedores potenciales y estará especificada para el proyecto en cuestión.

El formato de dicha documentación a menudo sigue un patrón estándar y muchos ejemplos están disponibles en línea. Algunos han sido seleccionados por los autores como ejemplos representativos. Los documentos que se relacionan con dichos ejemplos pueden descargarse desde el sitio web de U4E<sup>19</sup>.

Como referencia, se han seleccionado dos ejemplos de invitación a licitar/solicitud de documentos de licitación. Estos han sido elegidos como ejemplos típicos para iluminación interior y exterior, pero cada proyecto individual será diferente y deberá seguir el formato/requisitos específicos indicados para su país u organización/autoridad de adquisición (si corresponde).

- *Ejemplo de licitación de iluminación exterior:*  
Licitación de Alumbrado Público del Ayuntamiento de Market Drayton<sup>19</sup>

Se ha elegido este ejemplo por su estructura clara con secciones para la especificación de la luminaria y los requisitos para el licitador, incluidos los plazos y los requisitos medioambientales. La cantidad de luminarias involucradas es solo 247 y hay un documento de auditoría para la instalación ya que requirieron la eliminación del producto anterior.

- *Ejemplo de licitación de iluminación interior:*  
Licitación de iluminación interior de la escuela primaria Great Hollands<sup>19</sup>

Este ejemplo ha sido elegido también por su clara estructura. Es para una escuela, una licitación pública de la administración pública muy común. Tiene una especificación detallada de los servicios eléctricos además de los requisitos para los accesorios de iluminación, que es más frecuente en las licitaciones de iluminación. Los requisitos para el licitador son detallados y cubren materiales peligrosos y obligaciones legales.

En el caso de los contratos LaaS, hay muchos ejemplos de acuerdos de eficiencia como servicio, ya sea para iluminación u otros tipos de productos eficientes como servicio. A continuación, se muestran dos

---

<sup>19</sup> Disponible en: [https://united4efficiency.org/resources/green-public-procurement-technical-guidelines-and-specifications-for-energy-efficient-lighting\\_annex-4/](https://united4efficiency.org/resources/green-public-procurement-technical-guidelines-and-specifications-for-energy-efficient-lighting_annex-4/)

ejemplos para tomar de referencia. Dependiendo del tipo de contrato, el usuario puede agregar requisitos técnicos adicionales para garantizar que las tecnologías de iluminación cumplan con rigurosos estándares de eficiencia.

➤ *Términos y condiciones de LaaS*<sup>19</sup>

Se eligió este ejemplo debido a los términos y condiciones detallados que se enumeran claramente para los acuerdos de LaaS.

➤ *Contrato modelo Cooling as a Service (CaaS)*<sup>19</sup>

Este ejemplo de acuerdo privado-privado, preparado como parte de la Iniciativa Cooling as a Service ([www.caas-initiative-org](http://www.caas-initiative-org)), dirigida por la Agencia de Basilea para la Energía Sostenible ([www.energy-base.org](http://www.energy-base.org)) y respaldada por la iniciativa Clean Cooling Collaborative ([www.cleancoolingcollaborative.org](http://www.cleancoolingcollaborative.org)), ilustra que el mismo modelo comercial se puede aplicar y adaptar a diferentes tipos de productos, manteniendo la misma estructura y contenido del acuerdo. En el caso de un contrato para el sector público, el contrato base debe ser el contrato de servicio público y se debe verificar el plazo máximo permitido. Normalmente se necesita un contrato de varios años para amortizar la inversión; y no es inusual que el proveedor del servicio financie el activo a través de un financiador (que puede ser un banco, un inversor, un fondo de capital privado u otro) a través de acuerdos financieros específicos (como mecanismos de subarrendamiento) que pueden variar en términos y condiciones.

