

CONCEPTOS SOBRE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

CARLOS OLTRA MARTÍNEZ - ASTROARAS



La contaminación lumínica es la alteración de la oscuridad natural del cielo nocturno y de los ciclos de luz y oscuridad en el medio ambiente causada por el uso excesivo, ineficiente o inadecuado de la iluminación artificial, con consecuencias sobre la salud humana, la biodiversidad, los ecosistemas y la calidad del cielo nocturno.

Es importante comprender que la contaminación lumínica va más allá del término “demasiada luz”, sino que más bien hemos de entenderla como el uso ineficiente, inapropiado y descontrolado de la iluminación artificial.

La contaminación lumínica es una forma de contaminación ambiental, como lo pueda ser la del aire o la del agua, aunque con unas características particulares:

- *Invisible* para muchos: Al margen de la luz en sí, no deja residuos sólidos ni olores, pero modifica el entorno natural de manera profunda.
- *Reversible*: a diferencia de otros contaminantes, sus efectos se reducen de inmediato si se apaga o corrige la iluminación.
- *Global*: afecta tanto a las grandes ciudades como a pueblos pequeños y áreas rurales cercanas a zonas iluminadas.

Aunque queda mucho camino por recorrer para lograr un uso responsable de la iluminación nocturna a gran escala, todos podemos poner nuestro granito de arena a la hora de instalar una luminaria en nuestra casa de campo, nuestro negocio, en la comunidad de propietarios donde vivimos o sugiriendo actuaciones responsables en este tema al pequeño ayuntamiento de un pueblo.

Hay mucha información disponible en redes, pero es difícil para los no iniciados tener reunida aquella necesaria para ser capaz de proyectar y llevar a la realidad una pequeña infraestructura de iluminación, algo que permita acudir a un proveedor de material y posteriormente a un instalador, con las ideas lo suficientemente claras como para no dejar lugar a la duda sobre el criterio a seguir a la hora de adecuar, o hacer realidad, la instalación de una infraestructura de iluminación exterior.

Este documento, pues, no pretende ser solo una guía técnica más, de eso ya hay muchas, sino que busca servir de ayuda a particulares y comunidades de propietarios a la hora de instalar y/o adecuar su alumbrado exterior, o para que pequeñas administraciones públicas puedan hacer compatible su alumbrado con el medio que le rodea.

La contaminación lumínica es un problema global que afecta simultáneamente a la salud humana, la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental. Se trata de una forma de contaminación evitable. Con un diseño responsable del alumbrado, el uso de tecnologías adecuadas y una mayor concienciación social, es posible reducir drásticamente sus efectos nocivos sin renunciar a la iluminación necesaria para la vida moderna.

Causas de la contaminación lumínica

La contaminación lumínica es un problema complejo, no por la dificultad técnica de su resolución o corrección, sino por la poca importancia que se le concede y la ignorancia que sobre este problema existe en la sociedad actual. Fundamentalmente, la causa principal que la provoca es el uso ineficiente y descontrolado de la luz artificial en entornos exteriores, pero las causas más habituales y significativas se pueden clasificar en unas pocas categorías:

- **Mal diseño y orientación de la iluminación** Esta es la causa técnica más importante, ya que provoca que el flujo luminoso se dirija hacia donde no es necesario. Especialmente problemáticas son las farolas tipo globo o las que tienen cierres curvos/transparentes que permiten que la luz se emita por encima del plano horizontal.
- **Exceso de iluminación o sobreiluminación** Se refiere a utilizar más luz de la necesaria para realizar la actividad requerida, lo que tiene como consecuencia iluminar de forma innecesaria, lo que repercute en el ahorro energético.
- **Falsa percepción de seguridad que da el exceso de luz nocturna:** La creencia errónea de que "más luz es igual a más seguridad" lleva a muchos municipios y particulares a sobreiluminar, cuando en realidad el exceso de brillo sin control puede generar deslumbramiento y reducir la agudeza visual, sin afectos reales sobre el descenso de la criminalidad.
- **Espectro y horarios inadecuados:** La elección incorrecta del tipo de luz y su gestión temporal también son causas cruciales.
- **Falta de normativa o su incumplimiento:** Ausencia de regulación efectiva sobre horarios, intensidades y tipos de iluminación.

Así pues, el uso excesivo de iluminación, encendiendo más luces de las necesarias o durante más tiempo del requerido, el diseño ineficiente y la elección de luminarias con una temperatura de color inadecuada, y la falta de cultura al respecto de este problema medioambiental son algunas de las causas principales que debemos abordar a la hora de empezar a atajarlo.



Efectos de la contaminación lumínica

El primer paso a la hora de comprender la magnitud de este problema medioambiental es ser consciente de los efectos que causa en el ser humano y el entorno que le rodea, así como en la fauna y la flora.

Afección directa en el ser humano como organismo

- Alteraciones del ritmo circadiano: La exposición a la luz artificial durante la noche, especialmente a aquellas que emiten en el espectro azul (pantallas LED, alumbrado público frío), interfiere con la producción de melatonina, que es la hormona responsable de la regulación del sueño, lo que puede traer como consecuencias negativas la presencia de insomnio, somnolencia diurna y disminución de la calidad del descanso.
- Problemas de salud asociados: El déficit crónico de melatonina se ha vinculado con mayor riesgo de obesidad, diabetes tipo 2, hipertensión y enfermedades cardiovasculares. Existen, además estudios que sugieren un aumento en la incidencia de ciertos tipos de cáncer (como el de mama o el de próstata) en poblaciones expuestas a altos niveles de iluminación nocturna.
- Afectación psicológica y cognitiva: La falta de sueño reparador conlleva irritabilidad, ansiedad, menor rendimiento cognitivo y problemas de memoria. También se asocia con depresión y otros trastornos del ánimo.
- Seguridad y bienestar: El deslumbramiento por iluminación mal diseñada en carreteras y entornos urbanos reduce la agudeza visual y puede aumentar el riesgo de accidentes de tráfico y laborales.

En el medio ambiente humano y la sociedad

La contaminación lumínica tiene, sobre todo, efectos profundos y a menudo subestimados en la estructura y el desarrollo de la sociedad humana. Más allá de los efectos directos en la salud individual del hombre, o sobre la fauna y la flora, sus consecuencias afectan al patrimonio cultural, la economía urbana y la seguridad de la sociedad en la que vivimos.

- Pérdida del cielo estrellado como patrimonio natural, cultural: El brillo artificial del cielo (skyglow) impide la contemplación del firmamento, lo cual afecta a la cultura, la educación y la transmisión del conocimiento astronómico, patrimonio común de la humanidad. El brillo excesivo del cielo hace que las estrellas, la Vía Láctea y otros cuerpos celestes sean invisibles en grandes áreas urbanas y sus periferias; mucha gente nunca ha visto la Vía Láctea.
- Impacto en la investigación científica: La astronomía, tanto profesional como amateur, se ve seriamente limitada: telescopios y observatorios requieren cielos oscuros, cada vez más escasos, por lo que los grandes observatorios deben situarse cada vez más lejos de los núcleos urbanos (con un alto coste económico y logístico) para escapar del velo de luz, dificultando la investigación y el avance científico en este campo.
- Desperdicio energético y económico: Una gran parte de la luz se emite hacia el cielo en lugar de hacia el suelo, lo que supone pérdidas económicas millonarias en consumo eléctrico innecesario.

- Impacto en la Cosmovisión Histórica, ruptura con el pasado: Muchas culturas basaron su calendario, navegación, agricultura y mitología en la observación de las estrellas. La incapacidad de ver el firmamento rompe esta conexión ancestral, empobreciendo la narrativa cultural y el conocimiento tradicional.
- Alteración de procesos naturales: Las plantas regulan parte de su crecimiento y floración según la duración de la noche. La iluminación artificial puede desincronizar estos procesos, afectando a la agricultura y al equilibrio ecológico.
- Consecuencias económicas y energéticas: El uso ineficiente de la luz artificial se traduce directamente en un despilfarro de recursos para la comunidad. Hay un derroche energético y económico muy importante, puesto que, en muchos casos, una parte importante del flujo luminoso emitido por luminarias mal diseñadas o mal orientadas se escapa hacia el cielo o se proyecta sobre zonas donde no es útil iluminar (más del 25% y en algunos casos hasta el 50% en modelos obsoletos). Esta energía desperdiciada se traduce en un coste económico directo para los municipios, que repercute en la factura de la luz pagada con impuestos por los ciudadanos.
- Aumento de la huella de carbono: El consumo excesivo de electricidad conlleva una mayor generación de gases de efecto invernadero y otros residuos asociados a la producción de energía, contribuyendo al cambio climático.
- Efectos en el entorno urbano y la calidad de vida: Éstos se centran en cómo la mala iluminación afecta negativamente la experiencia del ser humano en el medio en el que vive.
 - Intrusión lumínica y conflictos vecinales: La luz artificial intensa o mal diseñada que ingresa en las viviendas a través de ventanas y rendijas (luz intrusa) pudiendo alterar el descanso de los residentes, lo que afecta la calidad de vida y puede generar conflictos entre vecinos y con la administración pública.
 - Afectación a la Seguridad Ciudadana y Vial: La presencia de fuentes de luz demasiado potentes o mal apantalladas provoca deslumbramiento, dificultando la visión de peatones y, de forma crítica, de conductores. Irónicamente, el exceso de luz, a menudo justificado por la seguridad, puede comprometerla.

No hay evidencias sólidas que asocien la sobreiluminación con una reducción de la criminalidad. La evidencia científica sí respalda que corregir déficits de iluminación reduce la delincuencia en ciertos contextos. En cambio, cuando ya se alcanza un nivel adecuado de alumbrado, los beneficios adicionales son mínimos o nulos. Es más, un alumbrado muy potente o desigual genera zonas de alto brillo y, por contraste, sombras más oscuras, donde los delincuentes pueden esconderse con mayor facilidad. Una iluminación más uniforme y menos intensa suele ser más eficaz para la seguridad real.
 - Alteración del sentido de la noche: La constante presencia de luz artificial erosiona el concepto de la noche como período de reposo y oscuridad. Esto afecta la percepción del entorno urbano, haciendo que las ciudades operen bajo una semi-luz constante que desdibuja el ciclo natural.

Efectos negativos sobre la fauna y la flora

En la Fauna

La luz artificial nocturna tiene efectos negativos que, en mayor o menor medida afecta a los animales nocturnos, migratorios e insectos, provocando:

- *Desorientación:* La luz artificial en la costa confunde a las crías de tortugas marinas, desviándolas hacia tierra en lugar de al mar. Las aves migratorias y los murciélagos que se guían por la luna y las estrellas pueden desorientarse, siendo atraídas y hasta chocando contra estructuras iluminadas o agotándolas con vuelos inútiles alrededor de luminarias. Los escarabajos peloteros pierden su capacidad de orientación al no poder usar la luz de la Vía Láctea.
- *Alteración del comportamiento:* En insectos (como polillas y escarabajos), la luz los atrae, lo que lleva a su agotamiento, sobrecalentamiento, o a que se concentren alrededor de las luces, alterando su distribución espacial en el medio, con efectos negativos sobre la cadena alimentaria y sus depredadores (como algunos murciélagos). Las luciérnagas no pueden comunicarse ni aparearse de forma efectiva al interferir la luz artificial con sus señales luminosas.
- *Alteración de los ciclos reproductivos y hormonales:* Se pueden alterar los calendarios de apareamiento, migración y búsqueda de alimento, así como la producción de hormonas esenciales como la melatonina en vertebrados (como peces y aves), afectando su sistema inmunológico, reproducción y crecimiento.

Efectos en la Flora

Las plantas dependen del ciclo de luz y oscuridad para regular procesos vitales:

- *Alteración de los ciclos de crecimiento y floración:* La luz artificial por la noche, especialmente en el espectro rojo/rojo lejano (emitido por ciertas luces urbanas), puede engañar a las plantas, haciéndoles creer que el día es más largo, con efectos sobre la caída de las hojas en otoño y alterando los momentos de brotación y floración, desincronizando a la planta con las condiciones ambientales óptimas y con la aparición de sus polinizadores.
- *Efectos fisiológicos y estructurales:* La exposición continua puede alterar la fotosíntesis, inhibir el crecimiento, provocar la formación de hojas más pequeñas y gruesas, y dificultar el desarrollo de las raíces, limitando la absorción de agua y nutrientes. Hay estudios que han sugerido que el alumbrado público puede endurecer las hojas de los árboles, haciéndolas menos comestibles para los insectos.
- *Impacto indirecto por polinizadores:* Muchos polinizadores nocturnos (como polillas y murciélagos) son desorientados o pueden morir a causa de la luz artificial, lo que puede tener efectos negativos sobre la polinización de las especies vegetales que dependen de ellos para su reproducción, con consecuencias negativas en todo el ecosistema.

Los efectos se extienden al ecosistema completo, alterando las relaciones entre especies, los ciclos biológicos y la disponibilidad de recursos.

Glosario de conceptos sobre infraestructuras de iluminación y contaminación lumínica

A la hora de conocer el problema que representa la contaminación lumínica, es importante conocer algunos de los términos que se relacionan con ésta. En este proyecto vamos a desglosarlos en dos apartados fundamentales: los que hacen referencia a la contaminación lumínica en sí y a los relacionados con las infraestructuras relacionadas.

Conceptos básicos sobre contaminación lumínica

- **Resplandor o brillo del cielo (*skyglow*)**

Es el fenómeno más característico: el cielo nocturno se ilumina artificialmente a causa de la dispersión de la luz en la atmósfera. Se debe a que parte de la luz del alumbrado urbano y rural se proyecta hacia arriba o se refleja en superficies claras, y luego se dispersa gracias a las partículas de polvo, vapor de agua o contaminantes atmosféricos en suspensión en el aire. La consecuencia más importante de ello es la pérdida de visibilidad de las estrellas y de la Vía Láctea, no solo en el entorno inmediato sino también, en el caso de grandes núcleos urbanos, en muchos kilómetros a la redonda. Es la típica boina de las grandes ciudades, visible en casos extremos a cientos de kilómetros de distancia.



- **Intrusión lumínica o luz intrusa**

Ocurre cuando la luz penetra en lugares donde no debería estar, como dormitorios o viviendas privadas, ocasionando molestias, insomnio y reducción del confort. **(foto luz de farmacia cerca de casa).**

- **Deslumbramiento**

Es la dificultad visual causada por fuentes de luz muy intensas, mal orientadas o sin apantallamiento. Este componente puede ser incapacitante (en carreteras, por ejemplo) o simplemente molesto y, en cualquier caso, puede afectar a la seguridad vial y peatonal.

- **Sobreiluminación**

Es el exceso de luz emitido luminarias, anuncios luminosos o pantallas LED; su consecuencia: saturación visual, contaminación estética y gasto energético innecesario.



- **Flujo Hemisférico Superior (FHS)**

Porcentaje o cantidad de luz emitida por una luminaria que se dirige por encima del plano horizontal (es decir, hacia el cielo), contribuyendo directamente al *skyglow*. Se busca que este valor sea lo más cercano a cero posible.

- **Espectro de emisión**

La distribución de las diferentes longitudes de onda (colores) de la luz que emite una fuente luminosa. Las luces con alto componente azul (como muchos LED y lámparas de halógenos metálicos) son más dispersivas en la atmósfera y más perjudiciales para la fauna y los ritmos biológicos.

- **Ciclo circadiano**

Ciclo biológico interno de aproximadamente 24 horas que regula funciones fisiológicas (como el sueño, la producción de hormonas, la alimentación) en animales y plantas, y que se sincroniza con los ciclos naturales de luz y oscuridad.

- **Melatonina**

Hormona producida por la glándula pineal, principalmente en la oscuridad. Regula el ciclo de sueño-vigilia (ritmo circadiano). La exposición a la luz artificial por la noche, sobre todo la de espectro azul, suprime su producción, afectando la salud y la biología animal.

- **Escala de Bortle**

Sistema de clasificación de nueve niveles (siendo 1 el cielo más oscuro y 9 el más brillante) que mide la luminosidad del cielo nocturno en un lugar específico para evaluar la visibilidad de los objetos celestes.

Bortle	Tipo de cielo	Características
1	Cielo oscuro excepcional	La Vía Láctea se ve con gran detalle y proyecta sombras. Se observa la luz zodiacal. No hay rastros de <i>skyglow</i> . Es el cielo donde se encuentra la mayoría de los mejores observatorios astronómicos del mundo.
2	Cielo oscuro	La Vía Láctea es aún impresionante. Se puede notar un tenue <i>skyglow</i> bajo en el horizonte. Muchos objetos Messier son visibles a simple vista.
3	Cielo rural	Aparecen leves evidencias de contaminación lumínica en el horizonte. La Vía Láctea sigue siendo claramente visible, pero empieza a perder algunos detalles. Los objetos Messier más brillantes pueden ser aun visibles
4	Transición rural/suburbana	Se ven cúpulas de <i>skyglow</i> en una o varias direcciones. La Vía Láctea es visible, pero más sutil y carece de detalles finos. Las constelaciones más débiles ya son difíciles de apreciar.
5	Cielo suburbano	La luz zodiacal es casi invisible. La Vía Láctea solo es visible cerca del cenit (el punto más alto del cielo) y se ve borrosa. Las nubes se ven más brillantes que el cielo.
6	Cielo suburbano brillante	El cielo tiene un tono grisáceo o blancuzco. La Vía Láctea es invisible cerca del horizonte y muy lavada incluso en lo alto. Solo las constelaciones principales son claramente visibles.
7	Transición suburbana/Urbana	Todo el cielo tiene un tono gris blanquecino o anaranjado. La Vía Láctea es invisible. Solo se ven las estrellas más brillantes de las constelaciones conocidas
8	Cielo urbano	El cielo está intensamente iluminado. Muchas estrellas y constelaciones débiles son invisibles. Solo la Luna, planetas y las estrellas más brillantes se distinguen
9	Cielo centro de ciudad	El cielo brilla intensamente. Solo se ven las estrellas más brillantes (ej. la Luna, Venus). Es posible que no se vea ninguna constelación.

Conceptos básicos sobre los componentes de un punto de iluminación exterior

- **Fuente de luz**

Es el elemento que genera la iluminación. Hoy día encontramos dos grandes tipos, las *lámparas tradicionales* (vapor de sodio, vapor de mercurio y halogenuros metálicos) y las *luces LED*, que cada día son más frecuentes por su eficiencia, durabilidad y control de espectro.

Las características principales de una fuente de luz son la *potencia*, el *flujo luminoso*, la *eficiencia energética* y la *temperatura de color*.

- **Óptica y reflector**

Es el conjunto de elementos que dirigen, distribuyen y controlan la luz emitida. El diseño de éstos determina el ángulo de apertura, la uniformidad del haz de luz y la presencia y grado (o no) de deslumbramiento y contaminación lumínica.

Los elementos fundamentales son los *reflectores internos* (superficies metálicas o espejadas) y los *difusores o lentes* (vidrio, policarbonato, acrílico).

Cuando hablamos de la óptica de una luminaria (o “sistema óptico”), nos referimos a los elementos que controlan la dirección, forma y distribución de la luz emitida por la fuente. En el entorno exterior (calles, áreas, fachadas, etc.) suelen usarse combinaciones de estos elementos:

Reflectores

Son las superficies (generalmente metálicas, de aluminio, o recubiertas) que reflejan la luz de la fuente para dirigirla hacia la zona deseada. No transmiten luz: simplemente rebotan la luz que incide sobre ellos. Algunos tipos comunes o geometrías serían los reflectores parabólicos, elípticos, hiperbólico, facetados... (con pequeñas “facetas”) para suavizar la luz y evitar franjas de color.

Ópticas refractivas / lentes / ópticas TIR

Las ópticas refractivas (o de transmisión) usan lentes, prisas o elementos transparentes que atraviesa la luz, y la redirigen mediante refracción o reflexión interna total (TIR, *Total Internal Reflection*). Tendríamos aquí lentes TIR, lentes con microestructuras u ópticas que combinan una parte refractiva y otra reflectiva interna.

- **Carcasa o envolvente**

Protege la fuente de luz y los componentes eléctricos de la intemperie. Ésta debe ser resistente al agua y la humedad (que se describe a través de su índice de protección (IP), a los impactos mecánicos (índice IK) y a los rayos UV y la corrosión. La envolvente puede incorporar rejillas, vidrios templados o difusores.

- **Sistemas eléctricos y de control**

Permiten la alimentación y gestión de la luminaria. Aquí encontramos el *driver o balasto* (según el tipo de lámpara), el *cableado interno y conectores*, los *dispositivos de protección contra sobretensiones o cortocircuitos* y los *sistemas de control inteligente* (sensores de presencia, fotocélulas, temporizadores, reguladores de flujo), *dispositivos de comunicación*

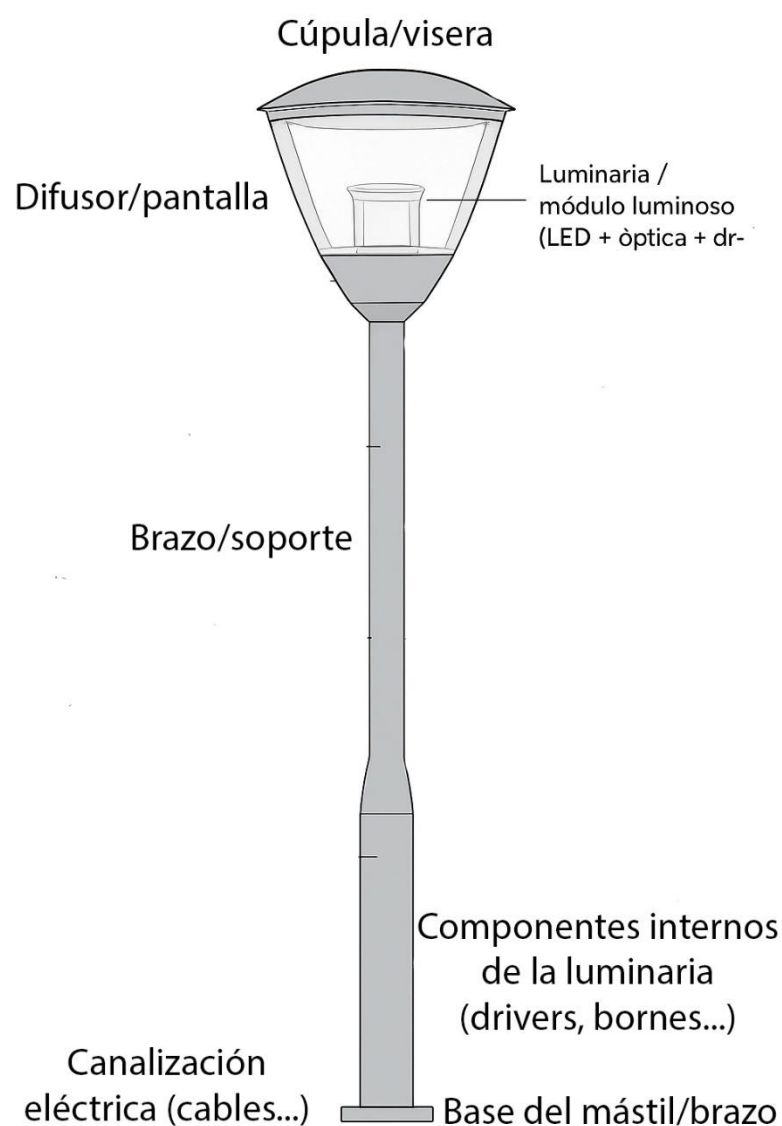
para integrar el punto de luz en redes de alumbrado inteligente o “smart cities”), y en luminarias autónomas *paneles solares y baterías*.

- **Soporte o estructura portante**

Es la parte que sostiene físicamente la luminaria. Puede ser un poste, brazo, columna, báculo, pared, pérgola o mástil, y debe estar diseñado para soportar peso, vibraciones, viento y las condiciones ambientales del lugar donde se instale.

- **Sistema de anclaje o cimentación**

Es el conjunto de piezas que fijan el soporte al terreno o estructura y suele incluir zapatas de hormigón, tornillería de anclaje, placas de unión y abrazaderas.



Conceptos básicos sobre las características físicas de la luz emitida por una luminaria

Cuando hablamos de las características de la luz emitida por una luminaria, nos referimos a los parámetros que describen su cantidad, calidad, distribución y percepción. A grandes rasgos éstos son:

- **Intensidad luminosa**

Se mide en candelas (cd) y expresa la cantidad de luz emitida en una dirección concreta. Depende del diseño óptico de la luminaria (reflectores, lentes) y determina el deslumbramiento y la uniformidad en el terreno de la misma.

- **Flujo luminoso**

Se mide en lúmenes (lm) y representa la cantidad total de luz visible que emite la luminaria. Este valor indica la potencia real de iluminación útil y no debe confundirse con la potencia eléctrica (que se mide en W).

- **Eficacia luminosa**

Es un parámetro fotométrico que indica qué tan eficientemente esa luminaria convierte la potencia eléctrica que consume en flujo luminoso útil. Se expresa como la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria (en lúmenes, lm) y la potencia eléctrica absorbida (en vatios, W). Su unidad es lm/W.

$$\eta_{\text{lum}} = \Phi_{\text{lum}} / P_{\text{el}}$$

Donde Φ_{lum} es flujo luminoso total que entrega la luminaria al espacio y P_{el} es la potencia eléctrica consumida por la luminaria (incluyendo las pérdidas en equipos auxiliares, como drivers o balastos).

Importante: la *eficacia de la fuente de luz* solo considera el rendimiento de la lámpara o LED en sí, mientras que la *eficacia de la luminaria* tiene en cuenta también las pérdidas debidas a óptica (reflectores, difusores, rejillas, etc.) y eléctricas, por lo que siempre es menor que la *eficacia de la fuente de luz*. En la práctica, cuanto mayor es la eficacia luminosa de una luminaria, más luz se obtiene por cada vatio consumido, lo que implica mayor eficiencia energética.

- **Distribución espacial de la luz**

La distribución espacial de la luz en una luminaria exterior describe cómo se reparte la luz emitida en el entorno a partir de su fuente. Es decir, no se trata de cuánta luz genera (que es el flujo luminoso), sino de en qué direcciones y con qué intensidad se emite. Cada luminaria no ilumina igual en todas direcciones, puesto que su óptica, el reflector y el difusor que la conforman definen el “haz” de luz que genera. La distribución espacial se representa mediante curvas fotométricas polares (diagramas en los que se ve la intensidad según el ángulo) y las clases de distribución (tipos de haz, ángulo de apertura...). Los factores que la determinan son la óptica interna, la orientación de la luminaria y la altura y separación de los puntos de luz de cada luminaria. En este apartado encontramos:

- **Distribución simétrica**

La luz se reparte igual en todas direcciones alrededor del eje; se usa en farolas de parques, plazas o rotondas.

- **Distribución asimétrica**

La luz se concentra hacia un lado, evitando pérdidas hacia atrás o hacia arriba. Es típica en alumbrado vial (calzadas, aceras).

- **Distribución extensiva / difusa**

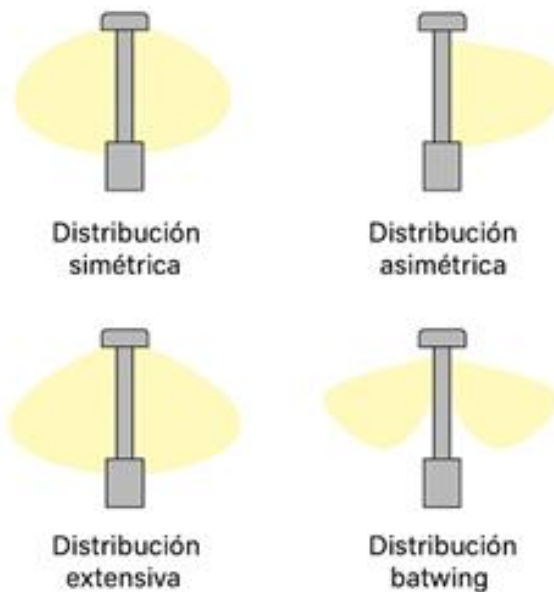
Ángulo de apertura amplio ($> 60^\circ$). Cubre grandes superficies con menos uniformidad.

- **Distribución intensiva / concentrada**

Ángulo de apertura estrecho ($< 20^\circ$). Se usa en proyectores de fachadas, monumentos o instalaciones deportivas.

- **Batwing** (en alas de murciélago): La luz emitida se distribuye de forma que evita un exceso bajo la luminaria y reparte mejor hacia los laterales. Es muy eficiente para calles y carreteras, ya que mejora la uniformidad y reduce el deslumbramiento.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA LUZ EN UNA LUMINARIA EXTERIOR



- **Temperatura de color**

Se mide en grados Kelvin (K) y describe el color aparente de la luz emitida:

$< 3.000\text{ K}$ → luz cálida (amarilla, menos agresiva para fauna y salud).

$3.000 - 4.000\text{ K}$ → luz neutra (blanca equilibrada).

- **Índice de reproducción cromática (IRC o CRI)**

Muestra cómo percibimos los colores de los objetos bajo esa luz. Es una escala de 0 a 100 que mide la capacidad de la luz para reproducir fielmente los colores. En el alumbrado exterior suele bastar con $\text{CRI} \geq 70$, aunque valores más altos se usan en zonas peatonales o decorativas.

- **Uniformidad luminosa**

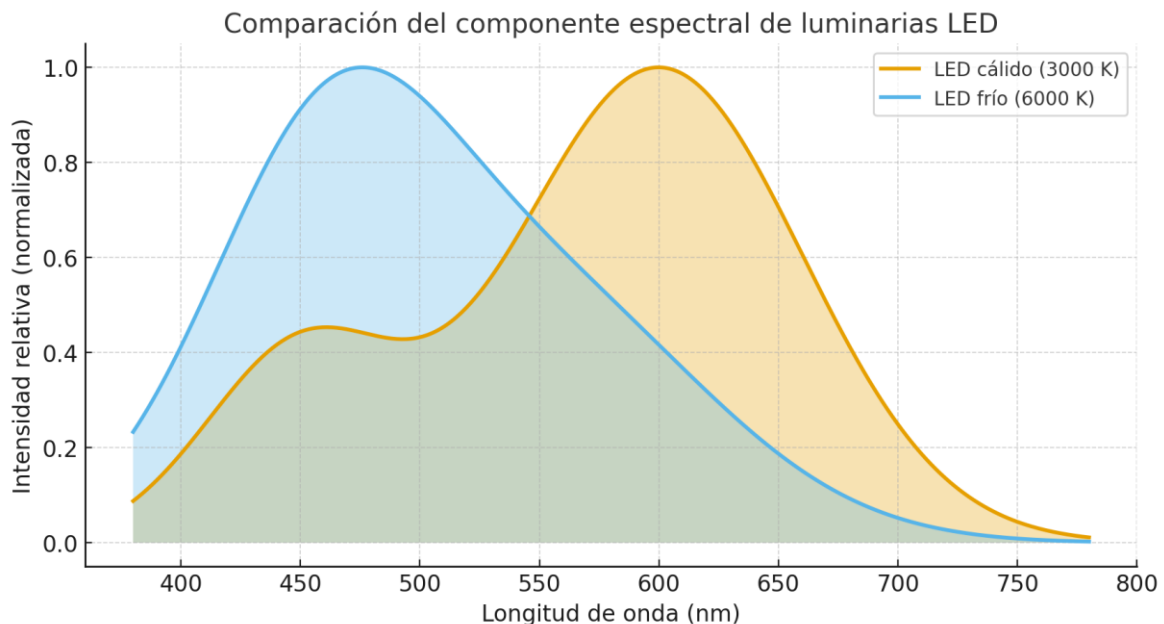
Es la relación entre los puntos más iluminados y los menos iluminados en una superficie dada. Una buena uniformidad evita zonas con claroscuros que dificulten la visión y creen contrastes elevados.

- **Nivel de iluminancia**

Se mide en lux (lx), e indica la cantidad de luz que llega a una superficie (no es lo que emite la luminaria). Se diseña según normativa (ejemplo: calles residenciales 5–10 lx; autopistas 20–30 lx).

- **Componente espectral**

El componente espectral es la distribución de la energía luminosa en las distintas longitudes de onda que emite una fuente de luz. En otras palabras, describe qué colores (invisibles e invisibles al ojo humano) componen la luz que produce una luminaria. Se representa gráficamente mediante la Distribución Espectral de Potencia (SPD, por sus siglas en inglés), una curva que indica la intensidad relativa de la radiación emitida en cada longitud de onda (generalmente de 380 a 780 nm, que corresponde al rango visible).



El componente espectral viene a resumir las características de una fuente luminosa puesto que nos muestra:

- La **Apariencia del color** (si la luz emitida va a ser cálida, neutra o fría). Condiciona el Índice de Reproducción Cromática (ICR).
- La **Temperatura de color**: Una luminaria con mayor proporción de longitudes de onda azules tendrá un aspecto más frío (≥ 4000 K), mientras que, si predominan los rojos y amarillos, será cálida (< 3000 K).
- El **Impacto ambiental y biológico**: Las longitudes de onda cortas (azules, 400–500 nm) se dispersan más en la atmósfera, generando más contaminación lumínica. La luz azul interfiere en los ritmos circadianos de humanos y animales al inhibir la melatonina, por eso se recomienda usar luminarias exteriores con espectro reducido en el azul (≤ 3000 K o con filtro ámbar).
- La **Eficiencia y aplicaciones**: El espectro también define la eficiencia energética de la luminaria, por ejemplo, algunos LED convierten mejor la energía en luz visible aprovechable. En alumbrado vial y urbano debería buscarse un espectro equilibrado que garantice visibilidad, seguridad y bajo impacto ambiental.



Recomendaciones a la hora de instalar alumbrado exterior

En parcelas con unifamiliares adosados o pareados

Es este el primer frente de batalla contra la contaminación lumínica. Diseñando adecuadamente la iluminación externa de nuestra vivienda, o incluso de nuestro balcón, empezamos a concienciar y concienciarnos en el uso respetuoso de la luz exterior, contribuyendo no solo a nuestra economía y bienestar, sino también en el de nuestros vecinos y entorno más inmediato. No son muchos los pasos a seguir para lograrlo:

Elección de luminarias adecuadas

Usar luminarias *apantalladas* o *Full Cut-Off*, esto es, farolas, focos o apliques que dirijan la luz solo hacia abajo, nunca hacia arriba ni hacia los lados. En este tipo de instalaciones es mejor usar balizas de 50–100 cm que postes altos, para evitar dispersión y concentrar la luz donde es necesario. *Hay que evitar el uso de difusores esféricos o globos* que lanzan luz en todas direcciones.

Controlar la intensidad

Usar *bombillas LED de baja potencia* (3–7 W suele ser suficiente en zonas de paso), priorizando la iluminación puntual (senderos, entradas, zonas de uso) en lugar de iluminar todo el jardín. Según la necesidad, pueden añadirse reguladores de intensidad o varias fases de encendido.

Escoger la temperatura de color adecuada

Las *bombillas de < 3000 K (blanco cálido o ámbar)* causan menos impacto en la fauna, insectos y en el cielo nocturno. Hay que *evitar los LEDs fríos o azulados (>4000 K)*, que aumentan la dispersión atmosférica y la contaminación lumínica. Para ser totalmente respetuoso con el cielo nocturno, sin renunciar a la iluminación nocturna, *lo ideal son las bombillas LED ámbar “PC Amber” o ámbar puro*.

4. Implementar sistemas de control

En algunas zonas del jardín pueden usarse *sensores de movimiento o presencia*, de manera que la luz sólo se encienda cuando alguien pasa, reduciendo la cantidad de luz presente. El uso de *temporizadores o fotocélulas* contribuye a reducir el consumo y a optimizar el alumbrado.

Ubicación estratégica

Orientar los puntos de luz solo donde sea necesario (puertas, escaleras, caminos), evitando iluminar directamente árboles altos o fachadas si no es imprescindible. No dirigir la luz hacia el horizonte o hacia arriba, es donde más contamina y donde más se malgasta.

Materiales y acabados

Optar por *luminarias de calidad con buen sellado* (IP65 o superior) para que duren y no pierdan apantallamiento. Elegir acabados oscuros y mates en el interior de la luminaria ayuda a controlar reflejos.

En áreas residenciales y/o urbanizaciones

Zonificación lumínica

Lo ideal sería zonificar el área total en función de parámetros predeterminados como la densidad de edificaciones, zonas viarias, áreas ajardinadas, proximidad a espacios naturales u observatorios astronómicos, etc, y concretar qué zona lumínica corresponde a cada parte de la urbanización.

Cada zona (por ejemplo, E1, E2, E3, etc.) debería cumplir unos requisitos concretos (niveles máximos de iluminancia vertical, intensidad lumínica hacia zonas no deseadas, luminancia de fachadas, etc.).

Selección de luminarias apropiadas

Usar luminarias apantalladas que no emitan luz hacia arriba ni que provoquen resplandor hacia el cielo, que tengan alto aprovechamiento lumínico y baja dispersión y cumplan los requisitos de eficacia luminosa según el uso (por ejemplo, el RD 1890/2008 exige para alumbrado ornamental, viario, etc., lámparas con eficacias mínimas de, por ejemplo, >65 lm/W en algunos casos.

Temperatura de color baja

Como ya se ha comentado, hay que evitar luces frías/azuladas y priorizar bombillas de no más de 3000 K, esto es, tonos cálidos, e idealmente ambar-cálido (2700 K).

Una idea muy interesante sería poder regular la intensidad de la luz nocturna, bajando los flujos de luz en horas de madrugada cuando hay menos tránsito, empleando para ello sensores de presencia, temporizadores y/o fotocélulas. Una opción interesante sería implementar sistemas de gestión que permitieran un incremento progresivo de iluminancia al atardecer y, en la misma medida, pero en sentido contrario, a medida que se aproxime la madrugada.

Cantidad justa de iluminación

Evitar sobreiluminar. Hay que diseñar las infraestructuras de alumbrado para dar unos niveles mínimos que aseguren visibilidad y seguridad, sin generar exceso de luz. Este es un principio básico que aparece en la normativa de iluminación sostenible. Analizar los usos nocturnos reales: vías peatonales, vehiculares, zonas comunes, parques, etc., y “zonalizar” para iluminar solo donde se necesita.

Orientación y disposición

Dirigir la luz solo hacia las áreas que se desea iluminar. Evitar que haya luminarias que apunten hacia ventanas de viviendas, zonas naturales o cielo abierto. Las farolas han de tener la altura adecuada, ni demasiado altas (generando gran dispersión), ni tan bajas que pierdan cobertura. Usar luminarias cuyo diseño que minimice la luz intrusa hacia edificaciones.

Mantenimiento y ajuste

Mantener limpias las luminarias, ya que la suciedad puede aumentar la dispersión no deseada. Del mismo modo, hay que revisar desgastes o daños que puedan afectar el apantallamiento. Sería muy conveniente, tras instalar la infraestructura, observar cómo se comporta la luz real en el entorno y ajustar si fuera necesario.

En resumen, Las mejores opciones de iluminación para luminarias, en relación con la contaminación lumínica, se centran en la tecnología LED y en lámparas de vapor de sodio de baja presión, aunque esta última tecnología tiene los días contados a favor del LED.

Sus ventajas fundamentales son una **alta Eficiencia Energética** y mayor vida útil, **permiten** un diseño óptico que dirige la luz exactamente donde se necesita, minimizando la luz que se escapa hacia el cielo (flujo del hemisferio superior). Y se pueden programar fácilmente para reducir su intensidad en horas de poco tráfico o actividad.

Para minimizar la contaminación lumínica, y proteger la biodiversidad es recomendable una temperatura de color correlacionada (CCT) de **3000 K o menos**. La mejor opción para zonas sensibles, observatorios astronómicos o áreas rurales es **2700 K o menos**, ya que la luz con menor componente azul se dispersa menos en la atmósfera.

El Factor más importante: El diseño de la luminaria

Independientemente del tipo de bombilla, el factor que más influye en la contaminación lumínica es la **luminaria** (la farola en sí), lo ideal en una luminaria respetuosa sería que tuviera:

- **Diseño de Corte Total (Full Cut-off):** La luminaria debe estar diseñada para que toda la luz sea emitida **por debajo del plano horizontal** (ángulo de 0°). Esto se conoce como un flujo del hemisferio superior (FHS) nulo o cercano al 0% (idealmente menos del 0.2%).
- **Cristales Planos:** Se recomienda usar **cierres transparentes y planos** en lugar de globos o difusores curvos, que dispersan la luz hacia el cielo y los lados.
- **Sin Inclinación:** Las luminarias deben instalarse **sin inclinación** o con el mínimo ángulo posible, dirigiendo el haz de luz directamente hacia abajo.



Legislación

A continuación, se presenta un listado de la legislación española relacionada con la contaminación lumínica, bien por tratarla de forma específica, bien por estar contemplada. Si en algún momento pretendemos adecuar una instalación lumínica a la normativa vigente, o documentar algún escrito o denuncia, va a ser de utilidad conocer el marco regulatorio del lugar en el que nos encontremos.

En primer lugar, se enumera la publicada a nivel nacional, puesto que en muchos casos es el marco normativo autonómico en esta materia. Tras ello, se enumeran las comunidades autónomas y cómo regulan esta cuestión.

Nivel nacional (Marco básico)

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre — *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior* (ITC-EA-01 a ITC-EA-07). Es el texto estatal que fija condiciones técnicas, niveles de iluminación, y una ITC específica sobre resplandor nocturno y luz intrusa. Este Real decreto es la referencia técnica estatal, y muchas comunidades autonómicas desarrollan o regulan con mayor detalle partiendo de él.
- Ley 34/2007 (y normativa relacionada de calidad del aire / medio ambiente). Incluye definición legal de «contaminación lumínica» en el marco más amplio de calidad del aire/atmósfera. (sirve de referencia conceptual y de competencias).
- Ley 31/1988 y Real Decreto 243/1992, “*Ley sobre protección de la calidad astronómica de los Observatorios del IAC* (Canarias) y su reglamento”. Es la norma estatal histórica que protege zonas astronómicas muy concretas (instrumental para las Islas Canarias).

Listado por comunidad autónoma (orden alfabético)

Normativa vigente que regula (o se aplica a) la contaminación lumínica en cada territorio. Si no hay una norma autonómica específica identificable, se indican las referencias generales que aplican (la **Ley 34/2007** de calidad del aire, el **RD 1890/2008** sobre alumbrado exterior, y las normas/guías autonómicas o municipales cuando proceda).

Andalucía

Decreto 37/2025, de 11 de febrero y Reglamento de protección frente a la contaminación lumínica en Andalucía (BOJA). (norma autonómica específica, 2025).

Aragón

En Aragón se aplica el marco estatal (Ley 34/2007, RD 1890/2008) y normativa sectorial/urbanística autonómica y ordenanzas municipales; hay decretos y disposiciones relacionadas en boletines autonómicos. (consultar BOA/ordenanzas locales para casos concretos).

Asturias

No hay una ley autonómica exclusiva para contaminación lumínica; se aplican la *Ley 34/2007* y el *RD 1890/2008*, más normativa ambiental/urbanística autonómica y ordenanzas municipales. (Marco normativo medioambiental ASTURIAS).

Illes Balears (Baleares)

Ley 3/2005, de 20 de abril, de protección del medio nocturno de las Illes Balears. (normativa autonómica específica).

Canarias

Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del IAC, y su Reglamento (RD 243/1992). Es una normativa histórica y específica para las Islas (protección de observatorios y limitaciones de alumbrado en zonas sensibles). Ha habido modificaciones posteriores (como el RD 580/2017 en desarrollo).

Cantabria

Ley 6/2006, de 9 de junio, de prevención de la contaminación lumínica; desarrollada por Decreto/Reglamento (como el *Decreto 48/2010 de desarrollo*). (normativa autonómica específica).

Castilla–La Mancha

La Junta dispone de guías/planes y la normativa aplicable suele ser el *RD 1890/2008* junto con normativa autonómica de medio ambiente y ordenanzas locales.

Castilla y León

Ley 15/2010, de 10 de diciembre, de prevención de la contaminación lumínica y fomento del ahorro y eficiencia energéticos (normativa autonómica específica).

Cataluña

Llei 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenat per a la protecció del medi nocturn (y su desarrollo reglamentario, *Decret 190/2015 para despliegue*)..

Ceuta y Melilla (Ciudad Autónoma)

No hay una ley autonómica propia sobre contaminación lumínica; aplicable. Se aplica la *Ley 34/2007* y *RD 1890/2008*, más ordenanzas locales.

Comunitat Valenciana

La protección frente a la contaminación lumínica se integra en la legislación ambiental autonómica (*Ley 6/2022 de la Generalitat Valenciana sobre Cambio Climático y Transición Ecológica*; además existen desarrollos reglamentarios y ordenanzas municipales que aplican criterios sobre alumbrado exterior, como es el caso de la Ordenanza municipal que regula el alumbrado en la parte del Parc Natural de l'Albufera competencia del Ayuntamiento de Valencia.

Extremadura

La Ley 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura incluye medidas sobre contaminación lumínica; además hay disposiciones autonómicas y autorizaciones ambientales que fijan límites y condiciones.

Galicia

Galicia aplica el marco general (Ley 34/2007 y RD 1890/2008) y cuenta con normativa autonómica en materia de medio ambiente/atmósfera que incluye medidas sobre iluminación y contaminación lumínica; existen decretos y documentos técnicos de la Xunta que desarrollan estos aspectos (consultar normativa autonómica y DOGA para textos concretos).

La Rioja

No hay una ley autonómica exclusivamente dedicada a contaminación lumínica; sí existen iniciativas/anteproyectos relacionados y la aplicación del RD 1890/2008 y la Ley 34/2007.

Comunidad de Madrid

No hay una ley autonómica única dedicada exclusivamente a contaminación lumínica; la Comunidad y los ayuntamientos regulan la materia aplicando el RD 1890/2008 y normativa ambiental/urbanística autonómica.

Región de Murcia

La Región aplica el marco nacional y en muchos municipios hay ordenanzas que regulan la eficiencia y la prevención de la contaminación lumínica (ej.: ordenanzas municipales en Murcia capital). Para normativa autonómica concreta, consultar BORM y consejería de medio ambiente.

Navarra (Comunidad Foral de Navarra)

Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio nocturno (normativa foral específica).

País Vasco (Euskadi)

No aparece una ley única exclusiva solo para contaminación lumínica; la protección se aborda en la normativa autonómica general de medio ambiente (ej. Ley 10/2021 de Administración Ambiental y otras disposiciones) y en planes/guías locales.

Si en algún momento, deseamos contactar con alguna administración local o autonómica, con el fin de informar o denunciar alguna cuestión relativa a la contaminación lumínica es recomendable que el documento incorpore lo siguiente:

- Asegúrate de que incluyan tus datos completos (nombre, DNI / identificación, dirección postal).
- Incluye una descripción muy clara del problema. Es fundamental documentar la ubicación exacta de la luminaria/alumbrado, tipo de luz, el tiempo que lleva funcionando, cómo afecta (molestias, intrusión lumínica, incumplimiento de normativa local.).
- Incluye fotos de la luminaria, tanto de día como de noche, con el fin de que se aprecie bien tanto su construcción como los efectos nocivos que se denuncian o informan,
- Haz referencia a la normativa aplicable en tu región (leyes estatales o autonómicas o municipales que regulen la contaminación lumínica o alumbrado exterior).
- Dirige la solicitud o denuncia a la autoridad correcta (ayuntamiento, departamento de medio ambiente, etc.).
- Guarda copias, sella o tramita por medios oficiales cuando sea posible (registro de entrada, correo certificado, etc.).
- Infórmate de los plazos que la institución a la que remitas el escrito o documento tiene para contestar al mismo

Estructura de un escrito de comunicación

Encabezado

- Coloca la ciudad y la fecha en la parte superior derecha.
- Añade los datos de la administración a la que diriges el escrito (Ayuntamiento, Consejería...)

Datos personales

- Nombre y apellidos, DNI/NIE, dirección completa, teléfono y/o correo electrónico de contacto.

Asunto del escrito

Incluye aquí un título breve y claro, del tipo “Denuncia sobre contaminación lumínica causada por luminaria municipal” o “Comunicación de incidencia en farola que incumple normativa lumínica”

Exposición de hechos

Describe con precisión la ubicación exacta de la farola/luminaria (calle, número, coordenadas si es posible), cual es el problema observado (deslumbramiento, emisión de luz hacia el cielo, intensidad excesiva, luz invadiendo viviendas, encendido innecesario, etc), en que momento tiene lugar el problema causado por la luminaria (horario, frecuencia, persistencia). Aportar fotos, mediciones de lux, o capturas de cielo iluminado. Mantén un tono objetivo, sin exagerar.

Fundamentos de derecho

Se citan aquí las leyes o decretos, ordenanzas, normativas o recomendaciones de, por ejemplo, la Unión Astronómica Internacional o la IDA (International Dark-Sky Association).

Ejemplo de redacción:

La luminaria mencionada parece incumplir los principios de eficiencia energética y de minimización de la contaminación lumínica establecidos en la Ley 34/2007, así como las recomendaciones de instalación que exigen que el flujo lumínico no se emita hacia el hemisferio superior.

Solicitud

Indica claramente lo que se solicita:

- Que se revise la luminaria denunciada.
- Que se adopten medidas correctoras (pantallas, cambio de óptica, reducción de potencia, reorientación del haz).
- Que se informe al ciudadano de la actuación tomada dentro de los plazos legalmente previstos.

Cierre y despedida

Usa fórmulas habituales, como “Atentamente, y firma manuscrita (si es en papel) o firma digital (si se presenta electrónicamente).

Modelo de escrito: Denuncia sobre contaminación lumínica

[Ciudad], [fecha]

A la atención de:

Excmo./Ilmo. Sr./Sra. [Alcalde/Concejal de Urbanismo/Medio Ambiente]

Ayuntamiento de [nombre de la localidad]

[Dirección del Ayuntamiento]

Asunto: Denuncia/Comunicación sobre contaminación lumínica causada por luminaria municipal/privada

Yo, [Nombre y apellidos], con domicilio en [dirección completa], y con DNI/NIE [número], comparezco ante este Ayuntamiento y, como mejor proceda en Derecho,

EXPONGO

Que en la vía pública situada en [indicar ubicación exacta: calle, número, plaza, parque, coordenadas], existe una farola/luminaria que presenta los siguientes problemas:

- Emisión de luz hacia el cielo (flujo hemisférico superior), provocando contaminación lumínica.
- Exceso de intensidad lumínica y/o deslumbramiento hacia peatones y viviendas cercanas.
- Funcionamiento en horarios innecesarios, con el consiguiente gasto energético.

Adjunto, en su caso, documentación fotográfica y/o mediciones que permiten comprobar la incidencia descrita.

Este hecho resulta contrario a los principios de eficiencia energética y de minimización de la contaminación lumínica recogidos en la Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera, así como en normativas autonómicas y recomendaciones internacionales sobre protección del cielo nocturno.

SOLICITO

1. Que se proceda a la revisión de la luminaria indicada.
2. Que, en caso de verificarse los hechos, se adopten las medidas correctoras necesarias (reorientación, instalación de pantallas, reducción de potencia o sustitución de la óptica).
3. Que se me informe del resultado de la actuación emprendida.

En [ciudad], a [día] de [mes] de [año]

Firma

[Nombre y apellidos]