



CONTAMINACIÓN LUMÍNICA SU PROBLEMÁTICA EN BOGOTÁ, MEDICION Y GESTION

La contaminación lumínica es el brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno producido por la reflexión y difusión de luz artificial en los gases y en las partículas del aire por el uso de luminarias inadecuadas y/o excesos de iluminación. El mal apantallamiento de la iluminación de exteriores envía la luz de forma directa hacia el cielo en vez de ser utilizada para iluminar el suelo. Y esta es una problemática fuerte en nuestro medio, los Bogotanos estamos dispuestos a pagar servicio pero no desperdicio.

La siguiente imagen de satélite nos da un ejemplo claro del gasto energético asociado a las grandes urbes. (Zonas iluminadas de la imagen). De acuerdo con el informe del 2001 del Instituto de Población en Washington, titulado Población y futuro urbano: “*las ciudades sólo ocupan un 2% del total del suelo del planeta pero albergan un 50% de la población mundial, consumen el 75% de sus recursos y generan el 75% de los residuos*”.



Imagen 1.1 *Earth's City Lights. Global city lights. El Este de Estados Unidos, Europa y Japón están brillantemente iluminados por sus ciudades, mientras que las zonas interiores de África, Asia, Australia y Sudamérica permanecen (por ahora) oscuras y poco pobladas. (Imagen de Craig Mayhew y Robert Simmon, NASA GSFC. Basada en datos del Satélite Meteorológico del Programa de Defensa, cortesía de Christopher Elvidge, NOAA National Geophysical Data Center). El ○ nos ubica en la zona de estudio de la presente investigación. Año 2000.*

Vemos el área ○ como nuestras urbes no son ajenas al fenómeno de contaminación lumínica. A continuación hacemos una aproximación para observar mas de cerca ese desperdicio energético.



Imagen 1.2. Sudamérica de noche. Zona de investigación en **O**. Bogotá D.C. Fuente: Satélite NOAA. 1998

En la imagen 1.2 se observan las principales ciudades de Sudamérica y como no son ajenas a la problemática de la contaminación lumínica. En las imágenes 1.3 y 1.4 vemos como la ciudad de Bogotá que presenta un enorme gasto energético, reflejado este en el álveodolo lumínico que genera en su periodo nocturno.

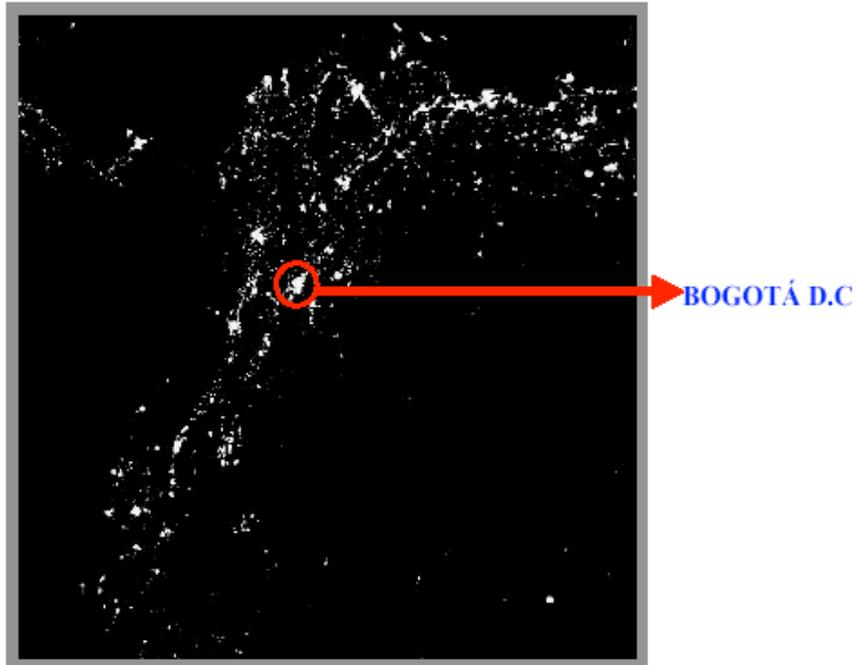


Imagen 1.3 Colombia, Panamá y Zona Occidental de Venezuela. Vista nocturna. **O** Zona que corresponde a Santa fe de Bogotá. Fuente: Satélite NOAA (1 Km de resolución). 1998.



Imagen 1.4. Bogotá D.C. Vista de nocturna. Zona Centro y sur. Fotografía de Stone año 2000

Las anteriores imágenes nos permiten aproximarnos al concepto de flujo energético, aquí podemos observar como parte de ese flujo se activa en consumo de energía en las grandes urbes y se ve parte de su dimensión, por la cantidad de luz que se dispersa, lo que ya se conoce como contaminación lumínica.

La forma en que la luz artificial es enviada hacia el cielo puede dividirse en tres partes.

- Directa, desde la propia fuente de luz (lámpara ó bombilla).
- Por reflexión en las superficies iluminadas.
- Por refracción en las partículas del aire

a) La refracción suele tener un impacto muy despreciable con respecto a las otras dos y su influencia depende del tamaño y cantidad de partículas del aire entre la fuente de luz y la zona iluminada. Disminuye con la distancia entre la fuente y la zona iluminada.

b) La reflexión suele tener un impacto inferior a 10 veces el impacto Directo. La diferencia principal con el Directo es que tiene un bajo brillo (millares de veces inferior). Su impacto es importante en grandes instalaciones o en pequeñas cuando se encuentra cercano al Observatorio (distancias inferiores a 10 Km.).

Su impacto no se puede eliminar totalmente pero puede reducirse evitando excesos en los niveles de iluminación ó reduciendo estos a altas horas de la noche cuando no se necesitan niveles elevados.

También puede disminuirse reduciendo los índices de reflexión de las superficies iluminadas (colores oscuros).



c) El impacto Directo es el más perjudicial.

Principalmente es producido por focos o proyectores simétricos (alumbrado de grandes áreas, zonas deportivas, puertos, aeropuertos, fachadas de edificios, etc.) con elevada inclinación (superior a 20°) donde parte del flujo de la lámpara (bombilla) es enviado directamente sobre el horizonte, desperdiciando energía luminosa.

Estos casos son especialmente graves pues en general utilizan lámparas de gran vataje. (400 W.- 2000 W.) con un elevado paquete luminoso, de forma que un sólo proyector puede impactar más que una población iluminada de 1.000 habitantes.

Otras instalaciones muy impactantes por su tamaño y proliferación son los alumbrados decorativos u ornamentales en los que el flujo de luz de la luminaria sale en todas las direcciones, especialmente sobre el horizonte, como son las bolas o globos y faroles con la lámpara (bombilla) en el medio del farol.

El impacto Directo puede eliminarse totalmente dirigiendo la luz sólo allí donde se necesite evitando enviar flujo hacia el cielo.

En los casos de alumbrados de fachadas o monumentos, donde es inevitable que parte del flujo salga fuera del escenario a iluminar, deberían ser apagados en las horas que no hay ciudadanos en la calle para observarlos.

Los letreros luminosos deberían apagarse de igual forma o realizarse de forma que su luz se proyecte totalmente por debajo del horizonte donde realmente el ciudadano lo va a percibir (similar a las luminarias empotradas en techos de oficinas).

La eliminación del impacto Directo suele suponer como mínimo un aumento del 25% en los niveles de iluminación usando la misma lámpara, por lo que se puede reducir el número de luminarias o el consumo de las lámparas para obtener los mismos niveles anteriores con menos energía.

Características del flujo luminoso. Lámparas.

No todos los tipos de lámparas (bombillas) impactan de igual forma.

Cuanto mayor sea la zona del espectro donde emite, mayor es su impacto al invadir mayor zona del espectro de observación astronómica.

De los tipos de lámparas que actualmente existen en el mercado, atendiendo a sus espectros, las podemos clasificar de la siguiente forma:

a) Poco contaminantes:

- Vapor de Sodio a Baja Presión: emite prácticamente sólo en una estrecha zona del espectro, dejando limpio el resto. Su luz es amarillenta y monocromática. Es recomendable para alumbrados de seguridad y carreteras fuera de núcleos urbanos. Son las más eficientes del mercado y carece de residuos tóxicos y peligrosos.

- Vapor de Sodio a alta Presión: emiten sólo dentro del espectro visible. Su luz es amarillenta con rendimientos de color entre 20% y 80%, dependiendo del modelo. Es recomendable para todo tipo de alumbrado exterior. Son las más eficientes del mercado después de las de baja presión.

b) Medianamente contaminantes:

- Lámparas incandescentes: No emiten en el ultravioleta pero si en el infrarrojo cercano. Su espectro es continuo. Su luz es amarillenta con un rendimiento de color del 100%. No



es recomendable para alumbrado exterior, excepto para iluminar detalles ornamentales. Son las más ineficaces del mercado.

- Lámparas incandescentes halógenas. Son iguales que las incandescentes pero emiten algo más en el ultravioleta si no va provista de un cristal difusor (son peligrosas sin este cristal por emitir en el ultravioleta duro). Son algo más eficaces que las incandescentes.
- Lámparas fluorescentes en tubos y compactas (vapor de mercurio a baja presión): Emiten en el Ultravioleta. Su luz es blanca con rendimientos cromáticos entre el 40% y el 90%. Es recomendable para alumbrados peatonales y de jardines. Tienen una alta eficiencia.

Estas lámparas son medianamente contaminantes si no se usan en grandes instalaciones y convenientemente apantalladas evitando emisión de luz sobre el horizonte.

Debido a sus bajos paquetes de lúmenes, si se usan compactas con vatajes de hasta 25 W. (o incandescentes hasta 60 W.), de forma discreta y separadas a más de 15 m. unas de otras, no representan un impacto apreciable.

Por otro lado, la sensibilidad del ojo humano se desplaza hacia el azul con niveles bajos de iluminación por lo que las lámparas fluorescentes son más adecuadas para instalaciones que requieran un alumbrado tenue y de señalización (en paseos, jardines) con entornos oscuros.

c) Muy contaminantes:

- Lámparas de Vapor de Mercurio a alta presión: Tienen una elevada emisión en el ultravioleta. Su luz es blanca con rendimientos de color inferiores al 60%. Es recomendable para zonas peatonales y de jardines. Son las menos eficientes del mercado en lámparas de descarga.
- Lámparas de halogenuros metálicos: Tienen una fortísima emisión en el ultravioleta. Su luz es blanca azulada con rendimientos de color entre el 60% y el 90%. Es recomendable para eventos deportivos importantes y grandes zonas donde se requiera un elevado rendimiento cromático. Son muy eficaces, parecidas al sodio de alta presión, pero de corta vida.

Impactos en el Medio Ambiente

Se desconoce la existencia de impactos en el medio ambiente producidos por la contaminación lumínica, refiriéndonos al entorno oscuro que es afectado por el brillo artificial del cielo, a excepción del impacto sobre el paisaje nocturno natural (incluyendo las maravillas del universo).

Si existen impactos en el lugar donde se encuentran los focos o fuentes de contaminación. Estos producen por deslumbramiento y exceso de iluminación: Inseguridad vial, derroche energético, stress, vandalismo, disconfor visual y deslumbramiento de las aves nocturnas.

- Inseguridad vial. Debido a que el ojo humano se adapta rápidamente a la superficie o punto de mayor brillo que hay en su campo de visión y por otro lado a su lenta adaptación de una zona muy iluminada a otra oscura (varios minutos), produce que en alumbrados



mal proyectados los conductores reduzcan su capacidad de percepción (deslumbramiento). Son ejemplos claros de este efecto los siguientes casos:

1) El paso de una carretera muy iluminada a otra poco iluminada. Un caso típico es el de los túneles. De día, si entramos en un túnel poco iluminado pasará un tiempo sin que veamos lo suficiente para ver obstáculos en la carretera. De noche, si salimos de un túnel muy iluminado, ocurrirá lo mismo si no hay alumbrado a la salida del túnel. Por ese motivo, los ingenieros en iluminación recomienda utilizar alumbrados de transición que gradualmente pasan de un nivel de iluminación a otro y permiten una adaptación del ojo humano entre zonas con diferentes niveles de iluminación.

2) También ocurre en viales iluminados con muy poca uniformidad, es decir, los puntos de luz intercalados a más de 3 ó 5 veces la altura de las luminarias. Esto produce zonas oscuras y zonas muy iluminadas, por lo que el ojo humano se acostumbra a las zonas más brillantes y los obstáculos en las zonas oscuras no son percibidos. Este fenómeno aumenta con la potencia de las lámparas (aumentando el brillo de las zonas iluminadas) al aumentar el contraste entre ambas zonas (erróneamente utilizado para obtener una iluminación media más alta).

3) Circular por una carretera sin iluminación y tener puntos brillantes de luz en el campo de visión, como instalaciones con proyectores inclinados (un campo de fútbol) o luminarias prismáticas, globos, faroles de instalaciones anexas a la carretera. También ocurre lo mismo cuando se circula por una vía urbana con alumbrados contaminantes a baja altura (globos y faroles) que debido a su poca eficiencia no iluminan suficiente la calzada pero si producen deslumbramiento que impide ver convenientemente a los peatones. Este fenómeno se incrementa al aumentar la potencia de las lámparas (normalmente hecho erróneamente para compensar la pobre iluminación de la calzada). Este fenómeno debe tenerse muy en cuenta en futuras instalaciones debido al hecho de que el efecto del deslumbramiento es tres veces peor en una persona de 60 años que en una de 25 años y que el envejecimiento de nuestra población va en incremento.

- Derroche energético. Por lo visto en párrafos anteriores, si utilizamos la mayor parte de la luz en iluminar lo necesario y no fuera de los límites que queremos iluminar, necesitamos menos energía eléctrica para tener una iluminación adecuada.

Si se realizan los alumbrados con los niveles de iluminación necesarios (sin excederse) también reducimos el consumo eléctrico. Igualmente, si se optan medidas de reducción de flujo luminoso a partir de ciertas horas de la noche cuando los niveles de iluminación requeridos sean inferiores a los de las primeras horas de la noche, o incluso el apagado de la misma (alumbrados ornamentales, anuncios luminosos, etc.).

Realizar un alumbrado con una excesiva iluminación supondrá que las instalaciones vecinas tiendan a igualarlo produciéndose un efecto multiplicativo en el consumo de energía (innecesaria).

También debe tenerse en cuenta el usar el tipo de lámpara (bombilla) adecuada para cada instalación procurando usar la más eficiente para cada caso (por ejemplo, no debe usarse lámparas incandescentes o de vapor de mercurio para alumbrados de seguridad), esto vendrá condicionado por la reproducción cromática necesaria.

-Stress, vandalismo, disconfor visual: El deslumbramiento además provoca cansancio visual (somnia, dolor de cabeza). También ha sido demostrado su influencia en el stress y vandalismo (reduciendo el deslumbramiento se reduce el vandalismo) según



estudios realizados en la ciudad de Nueva York. No es inadvertido como en nuestras islas las luminarias tipo GLOBO reciben la mayor parte del vandalismo a instalaciones de alumbrado (autodestrucción).

En instalaciones alejadas de zonas iluminadas, es preferible no utilizar alumbrados de seguridad pues de lo contrario se esta indicando donde se encuentra la instalación y proporcionando posibles zonas de acceso a la misma. Es más efectivo un alumbrado disuasorio que se encienda por presencia o similar.

- Deslumbramiento de las aves nocturnas.

Las aves nocturnas son la que más sufren del deslumbramiento, especialmente las crías en su primer vuelo. Las crías en su primer vuelo se ven deslumbradas por estas instalaciones de alumbrado y muchas terminan cayendo en zonas urbanas y en el peor de los casos mueren al estrellarse contra paredes o edificios.

Si se quiere trabajar a fondo este tema y corroborar si en nuestra ciudad se da o no el fenómeno de la contaminación lumínica con el complementario desperdicio energético se debe trabajar a fondo en los siguientes temas:

- Que criterios se siguen en Bogotá en las instalaciones de alumbrado.
- Que recomendaciones se tienen para la iluminación de alumbrado en exteriores.
- Listado de luminarias, lámparas y proyectores que utiliza nuestra empresa de energía y su gasto energético.
- Criterios para las luminarias de uso especial.
- Si se cuenta con algún tipo de certificación de luminarias.
- Y que desarrollo de normativa se cuenta para el tema que nos ocupa.

De trabajar en este tema son muchos los logros que daríamos para los Bogotanos, entre otros los siguientes:

- Disminución del consumo energético e indirectamente el consumo de combustibles, emisiones de CO₂, NO_x, y SO₂ y otras partículas.
- Protección del medio ambiente nocturno, disminuyendo la perturbación de habitats naturales (animales, plantas, y procesos ecológicos). protección de aves nocturnas.
- Reducción del deslumbramiento a usuarios de vehículos, aumentando con ello la seguridad vial.
- Impidiendo el deslumbramiento del trafico aéreo.
- Evitando molestias a vecinos.
- Permitiendo la observación astronómica, tanto a astrónomos profesionales como aficionados.
- Preservando la oscuridad de la noche de acuerdo a la declaración universal de los derechos de las generaciones futuras (UNESCO): "*las personas de las generaciones futuras tienen derecho a una tierra indemne y no contaminada, incluyendo el derecho a un cielo puro.*"



Metodología de Medición y Control de la Contaminación Lumínica

Condiciones Generales

Selección de Luminarias y/o Proyectores para prueba fotométrica

Las luminarias y/o proyectores seleccionadas para las pruebas deberán ser representativos del producto típico de la fábrica. Las luminarias y/o proyectores prototipo deberán ser claramente identificadas en todos los informes. Se recomienda que se tomen al azar productos de la serie de producción para las pruebas.

- Condiciones Básicas del Laboratorio

- Luz Externa. Se deben tomar precauciones para eliminar la luz externa de la cercanía de la prueba por medio del uso de un protector y desviador adecuado. Particular atención se debe dar al arreglo desviador-protector, de manera que la única luz que incida en el receptor sea la transmitida directamente desde el Proyector /o Luminaria.

Temperatura Ambiental. La temperatura ambiental de laboratorio fotométrico deberá ser mantenida en $25^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ ($77^{\circ}\text{F} + 9^{\circ}\text{F}$).

Selección de la Lámpara de Prueba y Envejecimiento. Las lámparas de pruebas deberán ser seleccionadas para conformidad de las dimensiones de diseño y construcción establecidas por los fabricantes. Las lámparas deberán ser envejecidas hasta que sus características permanezcan constantes durante la prueba.

Las lámparas incandescentes deberán ser probadas en condiciones de corriente constante do modo de obtener aproximadamente a un 75% de los lúmenes nominales de salida.

Las lámparas de descarga deberán ser operadas a la potencia nominal (watts). Antes de tomar cualquier dato, deberán tomarse lecturas cada quince minutos hasta que la lámpara sea estable.

Prueba de Distancia. La distancia desde el proyector y/o luminaria hasta el elemento fotosensor debe ser lo bastante grande para que se ajuste a la ley del cuadrado-inverso de la distancia.

Requerimientos Eléctricos.

- Regulación de Poder. La tensión no deberá variar más de + 0.5% durante la prueba.

- Forma de Onda. El suministro de potencia ac deberá ser tal que, la sumatoria de la raíz cuadrática media (rms), de los componentes armónicos, no exceda un 3% de la fundamental.

- Instrumentación. Al usar equipos digitales o análogos, el rango deberá ser seleccionado de modo que sea usado la porción media a máxima del rango seleccionado para cualquier medida específica. Como las lámparas de descarga en gases pueden presentar formas



de onda fuertemente distorsionadas, los instrumentos ac (tensión y corriente) deberán ser seleccionados de modo que respondan a valores rms verdaderos. Los instrumentos de potencia deberán indicar el promedio verdadero.

Instrumentos cuyas escalas están calibrados en valores rms pero cuyas deflecciones o lecturas dependen sobre valores promedio o valores peak, no deben ser usados.

Goniómetros

- General. El goniómetro debe ser un medio de montaje para el proyector y luminaria y un medio para rotarlos a través del recorrido angular requerido. El goniómetro debe ser lo suficientemente rígido como para entregar la medida correcta de ángulos cuando hay una carga desequilibrada que sea apreciable. La construcción del goniómetro debe permitir un exacto posicionamiento angular y deberá ser reproducible dentro 0.5°. El Gionómetro debe permitir generar los distintos sistemas de posicionamiento angular sin que sea necesario el tener que someter a la lámpara a angulaciones que provoquen una variación en su flujo. Este se logra, por ejemplo, con un Gionómetro de Espejo.

Eje de Coordenadas Polares. El goniómetro debe ser diseñado para usar un sistema de eje de coordenadas polares horizontal o un sistema de eje de coordenadas polares vertical.

Sensores de Luz. Un elemento sensible de luz será utilizado para las medidas de iluminación. La combinación del sensor y su equipo de medida deberán ser probados por linealidad de respuesta a través del rango en el cual es usado, así como para liberarlos de influencias de fatiga y temperatura en la sensibilidad del sensor. Puede ser necesario usar filtros de corrección especialmente diseñados para la fotocelda en particular.

Posicionamiento de las Lámparas/Luminarias

El centro de luz de la lámpara de prueba debe ubicarse en el goniómetro de manera tal que esté en el centro de los ejes del goniómetro. Se deben tomar precauciones para corregir las posiciones ópticas para la lámpara desnuda o luminaria en relación con el eje fotométrico.

- Preparación del Equipo para la Prueba

- Posicionamiento del Proyector o Luminaria en el Goniómetro. Cuando el centro de luz de la lámpara de prueba no está encerrado por el reflector, el proyector o luminaria, en adelante "equipo", deberá ser montado en el goniómetro de manera tal que el centro de luz esté en el centro de la lámpara, a su vez en el centro del goniómetro. Cuando hay más de una lámpara que no está encerrada por el reflector, el equipo deberá ser montado en el goniómetro de manera tal que el centro aparente de luz de las lámparas esté en el centro del goniómetro. Cuando el centro de luz de la lámpara está al interior del reflector, el equipo deberá ser posicionado de manera tal que el centro de la apertura del reflector coincida con el centro del goniómetro.



- Orientación de la Lámpara. Cuando el reflector del equipo y la lámpara son diseñados para una relación fija entre ellos, tal como ocurre con lámparas de base preenfocadas, la posición normal deberá ser usada para la prueba. Cuando la relación no es fija, así como cuando es usada una lámpara de base atornillada, el siguiente arreglo debe ser adoptado a menos que se establezca otra cosa en el informe:

- a. Cuando las lámparas incandescentes tengan filamentos, tales como tungsteno, halogenado, y son usadas con sus ejes perpendiculares al eje del reflector, las pruebas deberán ser conducidas con el extremo abierto del filamento o tetilla de llenado alejándose del elemento óptico principal.
- b. Cuando las lámparas incandescentes tengan filamentos de tungsteno, halogenados, y son usadas con sus ejes paralelos al eje del reflector, las pruebas deberán ser conducidas con el extremo abierto del filamento, apuntando hacia arriba en relación a la posición horizontal del eje del reflector.
- c. Cuando las lámparas de descarga luminosa son usadas de manera que el eje de la lámpara está a lo largo del eje del reflector principal, las pruebas deberían ser conducidas con la vara de soporte del tubo de arco arriba del tubo de arco en relación a la posición horizontal del eje del reflector. Si dos soportes de tubo de arco son usados, ellos deberían estar en la línea de centro vertical.
- d. Cuando las lámparas de descarga luminosa son usadas de manera que el eje de la lámpara es perpendicular al eje principal del reflector, las pruebas deberán ser conducidas con las varas de soporte del tubo de arco, en un plano paralelo al eje principal del reflector. Cuando sólo se presenta una vara de soporte, deberá ser rotada alejándola del reflector.

Las orientaciones anteriores de las lámparas son escogidas para permitir un promedio de los valores de los lados del haz con distorsión mínima de la forma del haz e información. Cuando es usada una lámpara incandescente teniendo una configuración lineal de filamento, deberá ser tratada del mismo modo que las lámparas de descarga luminosa. Para las condiciones no definidas arriba, la orientación de la lámpara deberá ser determinada y el posicionamiento anotado para referencia.

- Enfoque. En unidades de foco fijo, el centro de luz de la lámpara deberá ser localizado en el punto focal de diseño del reflector. Esto significa que el largo del centro de la luz de la lámpara de prueba debe ser medido y la posición de la lámpara ajustada si la prueba de lámpara no tiene el mismo largo de luz de centro como la lámpara nominal.

En unidades de foco ajustables, la lámpara deberá ser ajustada en el proyector para otorgar el haz específico para la cuál es usada. La posición de la lámpara usada para la prueba deberá estar establecida en el informe de la prueba.

Procedimiento de Calibración

- Métodos Generales de Calibración.

Se usará el método relativo cuando se desea establecer los resultados de la prueba para el proyector en términos de la operación de la lámpara en las condiciones nominales. Para los pronósticos de la prueba este método permite el uso de cualquier lámpara del tipo deseado teniendo dimensiones físicas propias. La lámpara no necesita operar a los



lúmenes nominales. La misma instrumentación es usada para mediciones tanto de la lámpara como del proyector; por lo tanto, los efectos de las diferencias de respuesta del instrumento son llevados a un mínimo. Los datos son prorrateados a la información dada por el fabricante de ese tipo de lámpara.

La corriente de la lámpara o potencia, dependiendo del tipo de fuente usada, deberá ser chequeada con un instrumento calibrado teniendo una precisión de + 0,25 %. La corriente o potencia seleccionada, dependiendo del tipo de lámpara, deberá ser mantenida constante durante toda la prueba.

- Calibración de la lámpara y Goniómetro. En el método relativo, la luz relativa total emitida por la lámpara de prueba está determinada por la suma de los productos de intensidad lumínica relativa y áreas zonales angulares sólidas apropiadas (constantes de lúmenes). Las lecturas son tomadas a intervalos verticales de 10 grados (5,15,25,35 grados... y así sucesivamente) y a espacios de 8 o más intervalos iguales para cada intervalo vertical de esta sumatoria. Las intensidades lumínicas relativas son aquellas que son medidas en un sistema de respuesta lineal, usualmente no calibrado directamente en candelas. Es establecida una constante k, tomando la relación de la emisión de lúmenes nominales para la lámpara específica a la emisión de luz total relativa de la lámpara de prueba. Las intensidades lumínicas relativas son multiplicadas por la constante k, para calcular las intensidades lumínicas (en candelas) en términos de la clasificación para el tipo de lámpara usada. La razón de la intensidad lumínica calibrada (en candelas) a la intensidad medida por el instrumento es la constante de calibración.

Esta constante es usada con cualquier lectura posterior en la prueba del proyector. Deberá ser usado para convertir las lecturas del instrumento a la intensidad lumínica (en candelas) las cuales serán presentadas si la lámpara en el proyector estuviera operando a las condiciones nominales.

El método de calibración compensa por esta diferencia que pudiere haber entre la emisión de la lámpara usada en la prueba y la lámpara que se use efectivamente en el proyector de luminaria.

Cuando las lecturas de intensidad lumínica son tomadas en la combinación lámpara-luminaria, la lámpara de prueba deberá ser operada en la misma posición como lo fue durante la calibración de la lámpara. Es necesario corregir los cambios que ocurren en la emisión de luz si la posición de la lámpara al interior de la luminaria no concuerda con la posición de la lámpara. Esto se logra determinando un factor de corrección para este cambio de posición.

Método para Pruebas de Fotometría de Luminarias de Carreteras Utilizando Filamento Incandescente y Lámparas de Descarga de Alta Intensidad

- Determinación del Flujo Luminoso Hacia el Hemisferio Superior

Este se establece a partir de la determinación de los porcentajes de Flujo de Lámpara emitidos por la Luminaria en el Hemisferio Superior, tanto en el lado Calzada como vereda. Para ello es preciso investigar fotométricamente la emisión de luz el Hemisferio Superior de la Luminaria hasta un ángulo de elevación de al menos 135 grados.



Informe de Prueba

- General

Los resultados de la prueba deben incluir la descripción de la luminaria, descripción de la lámpara, y los datos del fotómetro como se pide:

I. Descripción de la Luminaria:

- A. Nombre del Fabricante
- B. Solicitante del Ensayo
- C. Número de Certificado o informe Fotométrico y Fecha
- D. Identificación del Organismo que emite el informe o Certificado
- E. Período de Validez del informe o certificado
- F. Número del Catálogo y/o descripción adecuada para identificar:

(1) Las dimensiones para tener una idea general del tamaño

(2) Ubicación del centro de luz, e.g., dimensiones y posición del soquete

(3) Tipo de Refractor

II. Descripción de la Lámpara:

- A. Identificación del tipo de la lámpara
- B. Potencia, tensión y lúmenes de lámpara nominales
- C. Forma del bulbo y tipo de base
- D. Construcción del filamento y longitud del centro de luz

III. Datos del fotómetro: Distancia de prueba (distancia recorrida por luz desde el centro goniométrico hasta el fotoreceptor).

- Información obligatoria

Un informe fotométrico rutinario debe incluir como mínimo:

(1) Una tabla de valores de intensidad luminosa emitidos por la luminaria a partir del ángulo de elevación de 90 grados hasta 135 grados con intervalos de 5 grados.

(2) El porcentaje de flujo de Lámpara emitido por la Luminaria hacia el Hemisferio Superior

(3) Posición angular de montaje de la Luminaria



(4) La información general señalada en 3.1.

- Información Opcional

Información opcional que puede ser puesta en un informe fotométrico:

(1) Datos completos de distribución de intensidad la en discos computacionales IESNA (LM-63)

- Método Para Pruebas Fotométricas De Proyector Usando Lámparas De Filamento Incandescente o Lámparas De Descarga

- Procedimientos de Prueba y Mediciones

- Clasificación. La forma de medición y ubicación de los datos está determinada por la clasificación del proyector. La clasificación de los proyectores está basada en el ancho del haz de luz del proyector tanto en el eje horizontales como vertical de la distribución de intensidades. La clasificación es designada por números tipo, como está listado en la Tabla 1.

Para una distribución simétrica rotacional, el tipo de proyector se define como el promedio del ángulo horizontal y vertical del haz de luz. Para proyectores de distribución con simetría no rotacional, el tipo es designado por el ángulo horizontal y vertical del haz de luz y en ese orden. Por ejemplo, un proyector con un ángulo horizontal de haz de luz de 75 grados (Tipo 5) y un ángulo vertical de campo de 35 grados (Tipo 3), sería designado como un proyector Tipo 5x3.

Tabla 1- Designaciones de Proyector y Tamaño de Zonas			
Tipo	Angulo de Haz de Luz (grados)	Tamaño de Zona de Prueba (grados)	Número de Puntos de Prueba en Matriz de Haz
1	10 a 18	1	100a 324
2	18 a 29	2	100a 256
3	29 a 46	3	100a 256
4	46 a 70	5	100a 196
5	70 a 100	8	100a 196
6	100a 130	10	100a 196
7	130a 180	10	196a 324

- Selección de Angulos y Zonas para Mediciones Fotométricas

- General. Los cálculos realizados a partir de los datos de la prueba, están hechos bajo el supuesto de que una medición de intensidad en el centro de una zona representa la



intensidad promedio en toda la zona. Por lo tanto, para la uniformidad en la clasificación es necesario que se adopte para escoger el tamaño de la zona un procedimiento estandarizado.

- Procedimiento para Selección del Tamaño de Zona. El procedimiento para seleccionar el tamaño de zona apropiado es como sigue:

(1) Observe la forma de distribución del proyector como proyectado en una superficie perpendicular al eje de la distribución.

(2) Si la distribución tiene un máximo único, haga una búsqueda exploratoria de la intensidad lumínica a lo largo de los ejes horizontal y vertical a través del punto de intensidad máxima. Determine la posición angular a lo largo de esos ejes donde la intensidad es 10 por ciento de la máxima. El número de grados entre estas posiciones de 10 por ciento en cada eje es usado para determinar el tamaño de zona de la prueba. La relación entre el ángulo y el tamaño de zona de la prueba se muestra en la Tabla 1.

(3) Si la distribución tiene dos máximos o una serie de máximos de igual o casi igual valor en una línea, haga una búsqueda exploratoria de la intensidad a lo largo de un eje a través de esos máximos y a lo largo de un eje perpendicular al primer eje y centrado con respecto al grupo de máximos. Determine la posición angular a lo largo de esos ejes donde la intensidad es de 10 por ciento de la máxima. La cantidad de grados entre estas posiciones en cada eje es usada para determinar el tamaño de zona de la prueba. La relación entre el ángulo y el tamaño de zona de la prueba se muestra en la Tabla 1.

(4) Si la distribución tiene un máximo único deprimido en el centro o un anillo de máximos proceda como en (2), pero con los ejes centrados en el centro de la depresión.

- Angulo del Haz de Luz. El ángulo de campo usado para determinar el tipo, es el número de grados entre las posiciones de la intensidad del 10 por ciento de la intensidad lumínica máxima.

Cuando el ángulo máximo de campo no ocurre en el eje, debería ser registrado el ángulo máximo de campo y su posición.

Cómputo de los Resultados de la Prueba y del Reporte de Prueba.

- Procesamiento de los Datos Fotométricos. Los siguientes pasos son usados en el desarrollo de la información de las características del proyector.

(1) Cuando la distribución se intenta que sea simétrica en relación a los lados derecho e izquierdo, puede ser promediada la intensidad correspondiente (en candelas) en los lados derecho e izquierdo de la distribución.



(2) Si la información fue tomada usando un goniómetro Tipo A o Tipo C, será necesario convertir este arreglo de información a un arreglo de información correspondiente a los ángulos en el sistema de coordenadas Tipo B, por medio de interpolación.

(3) Crear un lote de isogramas de intensidad lumínica constante desde el arreglo de información. Debe usarse el arreglo de los valores de intensidad después de la conversión a la información de Tipo B.

(4) Calcular el flujo lumínico (en lúmenes) en cada zona o área de prueba usando la constante de lumen apropiada.

(5) Sumar los flujos lumínicos en todas las zonas que tienen una intensidad lumínica central igual o mayor que el 10 por ciento de la intensidad lumínica máxima para obtener el flujo de campo lumínico.

(6) Para el método relativo, calcular la eficiencia de campo del proyector, dividiendo el flujo de campo lumínico por el flujo lumínico nominal de la lámpara como es usado en la determinación de las candelas de zona central. Para el método absoluto es necesario medir el flujo lumínico de la lámpara de prueba antes de que pueda ser establecida la eficiencia del campo del proyector.

(7) Calcular la eficiencia del haz determinando el haz de flujo lumínico en todas las zonas que tienen una intensidad lumínica central igual o superior a 50 por ciento de la intensidad lumínica máxima, y divide esta cantidad por los mismos valores de lumen de lámpara usados en el número (6).

(8) La luz de fuga debería ser calculada por uno de los métodos mostrados comentados. Cuando esta distribución es simétrica en relación a los lados derecho e izquierdo, la información es presentada en forma de un diagrama que muestra el flujo lumínico en las zonas basado en el promedio de los lados derecho e izquierdo.

(9) Calcular la eficiencia total (opcional) dividiendo el flujo lumínico total del proyector (sumatoria del flujo de campo más el flujo de la luz de fuga) por el flujo lumínico de la lámpara asignado en la determinación de las candelas de zona central.

- Reporte de Prueba. El reporte de prueba debería incluir lo siguiente como mínimo:

1. Descripción del proyector:

- a. Nombre del fabricante.
- b. Tipo de proyector, Número de catálogo, descripción para identificar el proyector.
- c. Bosquejo del proyector mostrando el tamaño y dimensiones.
- d. Forma del reflector, material y dimensiones.



2. Descripción de la Lámpara:

- a. ANSI (Instituto de Estándares Nacionales Americano), tipo, orden de abreviación, servicio.
- b. Clasificación en watts, volts, amperes y lúmenes nominales.
- c. Forma del bulbo, tamaño, término y tipo de base.
- d. Construcción de filamento o arco y longitud del centro de luz.
- e. Especifique posiciones de soporte o alambres de alimentación.
- f. Filamento o arco nominal y dimensiones reales de la fuente de luz.
- g. Posición del centro de luz durante la prueba.

3. Características de Distribución:

- a. Tipo IES.
- b. Curva de distribución horizontal y vertical.
- c. Intensidad lumínica máxima (en candelas) y posición.
- d. Angulo del campo en grados en ambas direcciones horizontal y vertical a 10 por ciento de la candela máxima.
- e. Angulo del haz en grados en ambas direcciones horizontal y vertical a 50 por ciento de la candela máxima.
- f. Flujo del campo y haz (en lúmenes) y eficiencia del campo.
- g. Flujo total (en lúmenes) y eficiencia total (opcional).

4. Datos de la Distribución:

- a. Tabla de flujos lumínicos en lúmenes por cada zona al interior del ángulo del campo (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos).
- b. Tabla del flujo lumínico en lúmenes por cada zona de luz de fuga (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos) cuando es especificado por el usuario.
- c. Curvas de igual intensidad lumínica (en candelas) en el ángulo del campo (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos).
- d. Tablas de intensidades lumínicas en candelas en centros de zona (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos) cuando es especificado por el usuario.

Otros Datos:

- a. Lúmenes del haz
- b. Línea de puntos para mostrar las zonas del ángulo del haz
- c. Dirección del eje polar de la presentación del dato angular en el reporte.
- d. Distancia de la prueba.
- e. Presentación dando flujo lumínico en lúmenes que han sido asignados para la lámpara para establecer las bases para los datos fotométricos presentados.



Recomendaciones

La distancia de prueba mínima para probar los proyectores del Tipo 4 al Tipo 7, deberá ser de 8 a 10 metros (26 a 30 pies).

Una distancia de 25 metros (82 pies) es el mínimo recomendado para probar proyectores Tipo 2 y Tipo 3.

Equipos

H-20 Luxómetro.

Modelo profesional, idóneo para medidas de iluminación en áreas de trabajo donde se requiera un control lumínico constante.

Ajuste a cero automático.

Compensación automática de desvíos según fuente de luz: día, tungsteno, fluorescente y mercurio.

Memoria de máx. mín. y promedios.

Salida RS-232 para PC.

Opcional: Software para conexión a PC registro de datos y gráficas.

Incluye: Estuche, sensor lumínico desplazable.

Peso: 335 g. Tamaño: 18,2 x 7,2 x 3,2 cm. Garantía de 1 año.

Rango: 2.000/20.000/50.000 lux. - 200/2.000/5.000 candelas.



Controlar la contaminación lumínica no es sinónimo de dejar de iluminar, es iluminar donde corresponde evitando la dispersión de luz a puntos que no corresponden y por tanto causar desperdicio. No significa quitar luminarias, es colocarlas de forma más inteligente con dispositivos que permitan el ahorro energético. Conviene, en general, evitar el criterio de "cuanta más luz mejor", ya que eso no implica ni más seguridad ni más visibilidad.

Para controlar y gestionar mejor esta problemática se propone:

Una mejor iluminación, más racional y menos derrochadora, que respete a los ciudadanos y al Medio Ambiente.

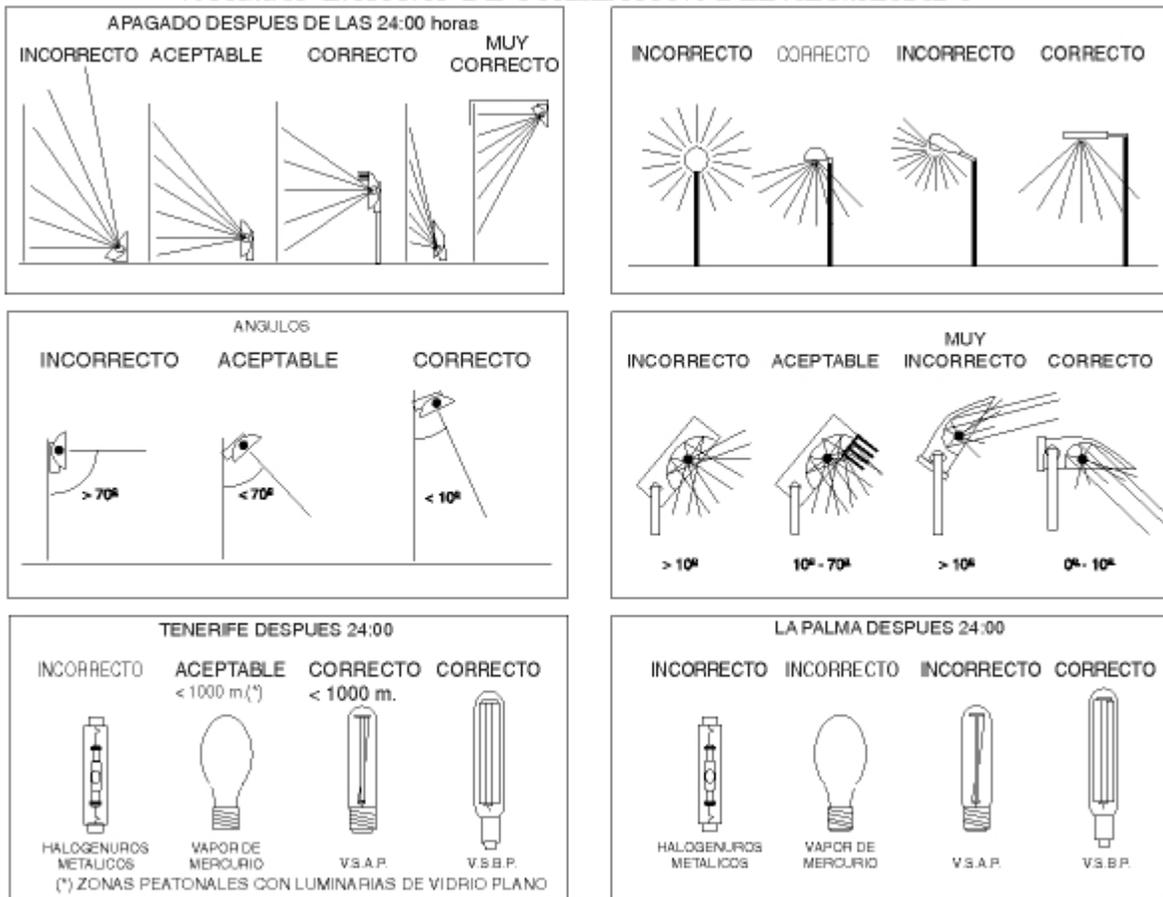
- Utilizar lámparas de sodio a baja presión porque no utilizan metales pesados y consumen:
 - 5 veces menos que las lámparas incandescentes.
 - 2.2 veces menos que las lámparas de mercurio.
 - 1.5 veces menos que las de sodio a alta presión y fluorescentes.
- Un reciclaje correcto de las bombillas, (mercurio, cadmio y otros metales pesados).
- Apagar las luces exteriores cuando no sean realmente necesarias.
- Apagar el alumbrado público de monumentos y edificios corporativos después de medianoche, (¿quién contempla los monumentos después de medianoche?).



- Dirigir el haz de luz hacia la vía pública, no a los ojos de los peatones o conductores.
- Apantallar correctamente las lámparas.
- No utilizar lámparas de bola sin pantalla totalmente opaca y reflectora. Desaprovechan más del 50% de la electricidad que consumen, (y al dispersar tanto la luz se hace necesario poner bombillas de más vatios para iluminar un poco el suelo)
- No dirigir luces, focos ni láser hacia el cielo. El cielo no es un espacio publicitario, es patrimonio de todos.
- Uso de pantallas asimétricas siempre que sea posible. Son un 25% más eficientes en términos de iluminación

Resumiendo, la única manera de controlar la contaminación lumínica es reducir la cantidad de luz que enviamos al cielo, reducir el consumo, utilizar bombillas monocromáticas de sodio a baja presión y no iluminar allí donde no haga falta. Hemos de respetar el ecosistema nocturno.

NORMAS BASICAS DE UTILIZACION DEL ALUMBRADO



Esquema de recomendaciones proporcionado por la Oficina Técnica del Instituto de Astrofísica de Canarias



BIBLIOGRAFIA

Breve introducción sobre aportación por parte de Alberto Contreras de Lucas como representante de Red Eléctrica de España (REE) en el apartado de I+D nuevas tecnologías

La problemática de la Contaminación lumínica en la conservación de la Biodiversidad

I Sesión de trabajo sobre la Contaminación Lumínica Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya

Marco Legislativo para la Prevención de la Contaminación Luminosa en Catalunya I acciones realizadas por el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de La Generalitat De Catalunya. Sra. Mercè Terradellas i Vilaró; Sr. Lluís Gustems i Romeo. Oficina per a la prevenció de la contaminació Iluminosa. Direcció General de Qualitat Ambiental. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.

Protección de la calidad del cielo frente a la contaminación lumínica. Acciones llevadas a cabo por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. OCTUBRE 2006

Alfons G. Dolsa, Ma Teresa Albarrán, 29 de julio del 1998 Traducción al castellano: Ferran Casarramona 6 de octubre de 2003

Los mapas lumínicos como herramientas para la gestión sostenible del alumbrado en municipios, Guillermo Leira Nogales, Colexio Oficial de Enxeñeiros Técnicos Industriais de A Coruña

ILUMINACIÓN DINAMICA (1) Introducción, Conceptos, Tecnología Gorm Teichert, Jesse Lilley, Eduard Baro, Alfred Sa, (CEISP)

Alumbrado de carretera: ¿garantía de seguridad?, Ángel Calero Torroba (CEISP) “Nuevas posibilidades de iluminación con LEDs” Werner Diewand.

“Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004 – 2012, Sector Servicios Públicos”, publicada por el Ministerio de Economía.

“Principales cifras de la siniestralidad vial 2004”, publicado por la Dirección General de Tráfico. España

Metodología para ordenamiento territorial bajo el prisma de Sostenibilidad. Carlos Parrado UPC. (2000)

PÁGINAS WEB:

<http://www.greenglobe.es/servicios/estudios-prevencion-contaminacion-luminica>

http://www.nationalgeographic.com.es/2008/12/01/contaminacion_luminica_final_noche.html



<http://www.astromalaga.es/>

<http://www.ventanilla-ambiental.com>

<http://futurosostenible.greenglobe.es/>

<http://www.astrogea.org/>