

Guía técnica para la realización de medidas dinámicas de iluminancia y luminancia en instalaciones de alumbrado exterior



Edita: Comité Español de Iluminación
© Copyright de la edición: Comité Español de Iluminación
Producción editorial: Editorial MIC · www.editorialmic.com
DL: LE 243-2018

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción total o parcial sin permiso expreso del Comité Español de Iluminación.

Guía técnica para la realización de medidas dinámicas de iluminancia y luminancia en instalaciones de alumbrado exterior

“No se puede mejorar lo que no se controla;
no se puede controlar lo que no se mide”.

William Edwards Deming

Índice de contenidos

1. OBJETO Y ALCANCE.....	8
1.1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.2. OBJETO.....	9
1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	9
2. DEFINICIONES.....	10
3. LEGISLACIÓN Y NORMAS DE APLICACIÓN.....	11
3.1. LEGISLACIÓN.....	11
3.2. NORMAS DE REFERENCIA.....	11
4. REQUISITOS DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN.....	12
5. SISTEMAS ESTÁTICOS O MANUALES.....	13
5.1. MEDIDA ESTÁTICA DE ILUMINANCIA.....	13
5.2. MEDIDA ESTÁTICA DE LUMINANCIA.....	13
6. SISTEMAS DINÁMICOS O DE ALTO RENDIMIENTO.....	14
6.1. MEDIDA DINÁMICA DE ILUMINANCIA.....	14
6.2. MEDIDA DINÁMICA DE LUMINANCIA.....	16
7. RESULTADOS A ENTREGAR.....	17
8. EJEMPLOS DE RESULTADOS CON MÉTODOS DINÁMICOS.....	18
9. REFERENCIAS.....	21
ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA CON MÉTODOS ESTÁTICOS	
ITC – EA – 07 RD 1890/2008.....	22
ANEXO II: DESCRIPCIÓN DE MEDICIÓN DE LUMINANCIA CON MÉTODOS ESTÁTICOS	
ITC – EA – 07 RD 1890/2008.....	25

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de la guía.....	8
Figura 2. Descripción remolque TIPO 3.....	14
Figura 3. Descripción de un luxómetro partido TIPO 3P.....	15
Figura 4. Ejemplo de resultados de sistema dinámico.....	18
Figura 5. Detalle de resultados de sistema dinámico.....	19
Figura 6 . Ejemplo de mapa lumínico con los valores de iluminancia (lux) y mapa lumínico.....	19
Figura 7. Ejemplo de mapa lumínico con los parámetros calculados de iluminancia media, iluminancia mínima, iluminancia máxima y uniformidad media.	20
Figura 8. Ejemplo medida luminancia horizontal de este sistema en el pavimento de un carril en carretera iluminada a cielo abierto y en túnel.....	20
Figura 9. Puntos de medida de iluminancia según la normativa UNE-EN 13201-3:2016.....	23
Figura 10. Posición puntos de cálculo en un carril de circulación.....	23
Figura 11. Puntos de medida de iluminancia según la normativa UNE-EN 13201-3:2016 para el caso que los puntos de cálculo de iluminancia cubran los carriles de una calzada	23
Figura 12. Puntos de medida de iluminancia según la normativa UNE-EN 13201-3:2016 para un carril de la calzada. Retícula simplificada según el método denominado de los “nueve puntos”.....	24
Figura 13. Puntos de medida para la iluminancia en el método de los nueve puntos.....	24
Figura 14. Puntos de medida de iluminancia en el estudio según método de los “nueve puntos”	24
Figura 15. Ejemplo de luxómetro durante mediciones estáticas.....	24
Figura 16. Ejemplo de medidas de luminancias puntuales con luminancímetros manuales.....	25
Figura 17. Ejemplo de medidas de luminancias con ILMD	26
Figura 18. Ejemplo de medidas de luminancias con ILMD	26
Figura 19. Extracción de la zona de medida de una imagen de luminancia de un ILMD	26
Figura 20. Posición de los puntos de medida en un carril de tráfico.....	27
Figura 21. Posición del observador para medida de L_m y U_0	27
Figura 22. Posiciones del observador para medida de U_l	27
Figura 23. Área límite de las luminarias que pueden contribuir a la luminancia en el punto de medida	27

1. Objeto y alcance

1.1. Introducción

La reglamentación¹ relativa a las instalaciones de alumbrado exterior *contempla* la necesidad de realizar mediciones luminotécnicas sobre éstas, una vez finalizada la instalación del alumbrado exterior. Siendo varios los parámetros que se deben evaluar en una instalación finalizada, la presente guía se va a centrar en cómo efectuar la medición de dos de estos parámetros: **Luminancia (L), iluminancia (E) y la evaluación de sus valores medios (Lm, Em) y sus uniformidades asociadas (U).**

Las mediciones pueden hacerse con sistemas de medición tanto estáticos como dinámicos. Los avances en las técnicas de mediciones luminotécnicas han hecho que se pueda pasar de mediciones estáticas por muestreo a mediciones dinámicas en el total de la superficie iluminada, en un tiempo más razonable.

El objeto de esta guía es presentar estas nuevas técnicas de mediciones dinámicas, que hacen necesario actualizar los parámetros, procedimientos y criterios de mediciones luminotécnicas. Los sistemas estáticos disponen de una extensa documentación, por lo que en este documento solo se mencionan como referencia y se describen en los anexos a modo divulgativo.

Las ventajas de los sistemas dinámicos son innegables, aportando seguridad en la correcta ejecución y operación del alumbrado público a todos los participantes en el proceso, tales como el proyectista, el instalador, y por supuesto, a la propiedad.

La no comprobación en este campo puede devenir en instalaciones fuera de normativa, tanto de seguridad como de aspectos ambientales y de eficiencia, pudiendo suponer que los parámetros de eficacia no estén acordes ni a lo proyectado ni a las exigencias reglamentarias.

Esta guía técnica desarrolla la medición de los parámetros luminotécnicos arriba descritos, proponiendo unas metodologías y alcances que permitan asegurar la adecuada determinación de estos dos valores prestacionales (E, L) de las instalaciones de alumbrado exterior.

Esta guía aporta soluciones técnicas a las necesidades de la realización de forma práctica de **mediciones extendidas para el total de la superficie de alumbrado exterior**, en zonas renovadas o sin renovar, que requieran la evaluación de estos dos parámetros luminotécnicos, para en al menos los casos de:

- Verificar la correlación entre las prestaciones de la instalación de alumbrado y los valores de diseño (auditoria previa, prueba final...).
- Cuantificación de la evaluación de las prestaciones de alumbrado y definición de necesidad de mantenimiento, en la vida del sistema.

En la siguiente figura puede verse un esquema de la estructura de la guía.



Figura 1: Esquema de la guía

1. RD 1890/2008, de 14 de noviembre, ITC EA 05: Documentación técnica, verificaciones e inspecciones, e ITC EA 07: Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado

1.2. Objeto

El objetivo de la guía técnica es describir los sistemas y la metodología actualmente disponible en la toma de datos mediante **sistemas de medida dinámicos** de la iluminación de los parámetros de iluminancia y luminancia, que la ITC-EA-05 exige evaluar. Se detallan en esta guía las características mínimas que deben de cumplir estos sistemas de medida, así como sus condiciones y ámbitos de aplicación.

Este documento pretende ayudar a los técnicos y personas relacionadas con el desarrollo, puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado exterior, en la aplicación e interpretación clara para la realización de las mediciones. Así pues, el destinatario de esta guía de aplicación es **cualquier personal técnico** que pretenda evaluar los parámetros luminotécnicos de una instalación de alumbrado exterior, al objeto de

cumplir los niveles de diseño y la comprobación de que estos están dentro de normativa de una manera eficaz y eficiente.

1.3. Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de esta guía técnica de los sistemas de medición se refiere a **todas las instalaciones de alumbrado exterior**, nuevas o reformadas, que estén obligadas por reglamento [1], entendiendo su aplicación a toda la superficie de un vial que sea afectada por uno o más puntos de luz.

Esta guía responde a la exigencia reglamentaria [1] de mediciones **luminotécnicas de todas las superficies iluminadas** (el área objeto de la instalación del alumbrado exterior) en obra nueva, renovación o reforma. De esta manera, no se contempla un muestreo de las zonas iluminadas, aunque la instalación haya sido diseñada de forma uniforme para toda el área de alumbrado.



2. Definiciones

Se detallan a continuación algunos conceptos y términos que se utilizarán en este documento:

- ▶ **Instalación de alumbrado exterior:** Son aquellas instalaciones que están dentro de la ITC-BT-09 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, RD 842/2002 [1].
- ▶ **Sistema de medición estático:** Sistema de medición cuyos sensores luminotécnicos y elementos de toma de datos no se mueven a lo largo de la superficie de medición durante el intervalo de tiempo en que se lleva a cabo la misma [4].
- ▶ **Sistema de medición dinámico:** Sistema de medición de alta eficiencia, cuyos sensores luminotécnicos y elementos de toma de datos se mueven a lo largo de la superficie de medición durante el intervalo de tiempo en que se lleva a cabo la misma [4].
- ▶ **ILMD, Dispositivo de medición de luminancia en imagen (Imaging Luminance Measurement Device):** Dispositivo electrónico digital, equipado con unas lentes, un filtro fotométrico adecuado, un sensor compuesto por una matriz de directores (pixel) con sensores CCD o CMOS, y calibrado para la medición de las distribuciones de luminancia de la escena encuadrada. Cada pixel se calibra para

determinar los valores de luminancia de las imágenes proyectadas en su superficie por el sistema de lentes.

- ▶ **Mapa lumínico:** Representación gráfica bajo una base cartográfica, donde se pueda identificar las zonas a evaluar parametrizadas y geolocalizadas que contengan gráficamente los valores luminotécnicos puntuales y medios de referencia de las vías donde se realizan las mediciones. El archivo o documento del mapa lumínico ha de contener la información necesaria para poder identificar las medidas geoposicionadas relativas al punto y la zona a evaluar, bajo los parámetros de medición necesarios, de tal manera que sean fácilmente interpretables.
- ▶ **Uniformidad extendida:** Parámetro introducido para analizar matemáticamente la influencia de la falta de homogeneidad del ambiente de o de la superficie a evaluar. Este parámetro es útil en sistemas de mediciones dinámicos y la presencia de faltas de homogeneidad que no se puede evaluar antes de la medición [4].

Para el resto de los términos y definiciones luminotécnicas estas se aplican los incluidos en el reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y el Vocabulario Internacional de Iluminación de la CIE (e-ILV) de acceso gratuito en <https://cie.co.at/e-ilv>.

3. Legislación y normas de aplicación

3.1. LEGISLACIÓN.

Se detalla a continuación la legislación aplicable a este documento:

- ▶ **REAL DECRETO 1890/2008**, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- ▶ **REAL DECRETO 866/2010**, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera. Este Real Decreto se debe tener en cuenta en la legalidad de circulación con las posibles modificaciones de un vehículo para la incorporación de los dispositivos de medida y su adaptación, para la realización medidas dinámicas

3.2. NORMAS DE REFERENCIA.

La normativa de referencia en la que se basa este documento y en la que se definen los requisitos a cumplir de los sistemas de medición dinámicos y elementos de medida son, al menos:

- ▶ **CIE-194:2011**: “Mediciones in situ de las propiedades fotométricas de alumbrado de carreteras y túneles”, que aborda las especificaciones técnicas de los sistemas dinámicos de medición de iluminancia (E) y de luminancia (L).
- ▶ **UNE-EN-13201-4: 2015**: “Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones de iluminación”. Asociación Española de Normalización y Certificación, donde se abordan los procedimientos y condiciones de medición de los parámetros de calidad fotométrica con metodología para evaluar las prestaciones de la iluminación.
- ▶ **UNE-CR 14380:2007**. Alumbrado de túneles.
- ▶ **CIE 244:2021**, Characterization of Imaging Luminance Measurement Devices (ILMDs).
- ▶ **CIE 69:1987**, Métodos de Caracterización de Luxómetros y Luminancímetros.
- ▶ **CIE 2331:2019**, CIE Classification System of Illuminance and Luminance Meters.



4. Requisitos de los sistemas de medición

Con carácter general, para la medición de las propiedades luminotécnicas objeto de este documento (iluminancia, luminancia) en el alumbrado exterior, se deben tener en cuenta aspectos como, entre otros:

- ▶ Objetivo de la medición.
- ▶ Cumplimiento de la normativa en cuanto a la forma de medición.
- ▶ Extensión de la zona a medir.
- ▶ Interferencias en la realización de la toma de datos.
- ▶ Afecciones en el uso público de la vía durante la realización de la toma de datos.
- ▶ Inmediatez de los resultados.
- ▶ Condiciones ambientales.
- ▶ Condicionantes de entorno.
- ▶ Precisión de los resultados.

Antes de la realización de cualquier medida de la iluminancia o de la luminancia, se deben cumplir los siguientes requisitos: Los procedimientos de medición y las características metrológicas de los instrumentos deben ser adecuados al propósito de las mediciones.

- ▶ Los equipos deberán estar calibrados.
- ▶ Las medidas se realizarán en condiciones de flujo nominal proyectado en horario nocturno.
- ▶ Las vías deben estar secas y con las condiciones adecuadas para la medición.
- ▶ Las mediciones se podrán realizar sin interferir con el tráfico de la vía.
- ▶ Las mediciones se deberán realizar sobre cada uno de los carriles de la vía.
- ▶ Las luminarias requieren un periodo de tiempo para que sus flujos luminosos se estabilicen y se deben hacer todas las mediciones después de este periodo de estabilización.
- ▶ Previamente a estas evaluaciones, es necesario hacer hincapié en la necesidad que la administración titular de las instalaciones facilite la clase de alumbrado de los distintos viales del municipio sobre los que realizar las mediciones luminotécnicas, para así conocer si los valores reales medidos suponen una desviación de los parámetros de referencia.
- ▶ Localización de los elementos que puedan generar distorsiones en las medidas, sombras o zonas afectadas por otra tipología de iluminación, y por lo tanto la afectar al cálculo de Uniformidades Extendidas (a detallar en esta guía en apartados posteriores).
- ▶ Se deben definir las secciones de referencia con posibles obstáculos (directos o indirectos) a la hora de analizar la distorsión de las medidas.

5. Sistemas estáticos o manuales

Se realiza mediante equipos que no se mueven en el transcurso de la toma de datos realizados en la medición de los parámetros luminotécnicos de la instalación de alumbrado. Estos sistemas, por su naturaleza, obligan a un mayor tiempo de ocupación de la vía, las mediciones son más lentas y requieren forzosamente de operarios en la vía, tanto para el marcado de la zona de medida (retícula o rejilla) como para la realización de las mediciones.

Se incluyen las mediciones estáticas en esta guía para obtener parámetros normativos² en la toma de datos y que sirvan para completar, así como contrastar los resultados obtenidos en sistemas de medidas dinámicas. La metodología de la realización de estas, viene definida en *RD 1890/2008, de 14 de noviembre, ITC EA 07, y la normativa referenciada para esta ITC.*

5.1. Medida estática de Iluminancia.

La medida de iluminancia se realiza con un “luxómetro”, que deberá cumplir con los requerimientos de la CIE 231:2019, UNE-EN-13201-4:2015 y el RD 1890/2008 (anteriormente citados). A título orientativo, en el [Anexo de descripción de medición de luminancia con métodos estáticos](#), se detallan las características que debe cumplir un luxómetro para la realización de estas medidas estáticas, así como el proceso que debe llevarse a cabo para estas mediciones.

5.2. Medida estática de luminancia.

La medida estática de luminancia se realiza bien con un “luminancímetro” o bien con una “cámara calibrada en luminancia” (ILMD: Imaging Luminance Measurement Device).

A título orientativo, en el [Anexo de descripción de medición de luminancia con métodos estáticos](#), se detallan las características que se deben cumplir para la realización de estas medidas estáticas, así como el proceso que debe llevarse a cabo la toma de datos para estas mediciones.

2. Parámetro normativo referido a cantidad medida o evaluada de acuerdo a una norma.

6. Sistemas dinámicos o de alto rendimiento

El **objetivo principal de esta guía** es dar a conocer y detallar los requisitos que deben cumplir los sistemas dinámicos de medida de iluminancia y de luminancia.

Un sistema de medición dinámico puede medir la superficie total de una instalación en un tiempo más razonable que un sistema de medición estático. Proporciona información detallada sobre toda la superficie iluminada, la medición se realiza sin la interrupción del tráfico rodado y los resultados pueden digitalizarse, integrándose en sistemas de visualización y gestión de la propiedad, con una presentación de resultados tridimensional, moderna y dinámica, mediante mapas lumínicos.

6.1. Medida dinámica de iluminancia.

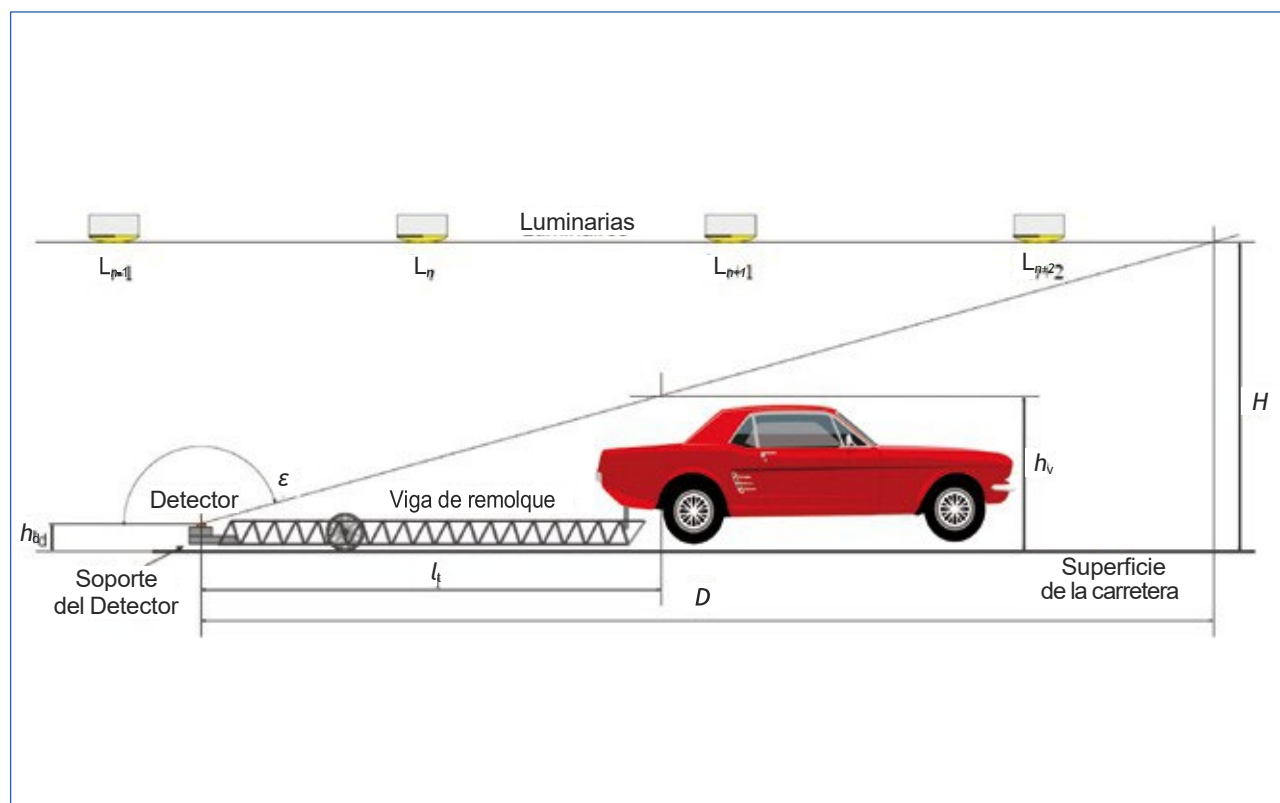
La medida de iluminancia dinámica consiste en desplazar longitudinalmente una serie de luxómetros situados perpendicularmente al eje del carril de forma que adquieran las mediciones de iluminancia según se van moviendo. La disposición física, altura de montaje y ubicación, así como las prestaciones

mínimas asociadas a dichos luxómetros, han de ser adecuadas para la tipología de medidas y frecuencia de adquisición datos, que entre otros requerimientos es fundamental para que las mediciones sean comparables con las medidas manuales o con los datos de diseño. El informe técnico CIE 194:2011 es una guía completa para establecer los requerimientos de este equipo de medida, por lo que un sistema dinámico de medida de iluminancia debe cumplir con lo detallado en este informe CIE.

A.) Características técnicas de los Sistemas de Medida Dinámica de la iluminancia:

En la CIE 194:2011 se definen las características exigibles en un sistema dinámico de iluminancia, que incluyen:

- ▶ Deberá poseer al menos 3 luxómetros. La colocación de estos 3 luxómetros dará lugar a hablar de los siguientes sistemas:
 - **Sistemas TIPO3 o Remolque:** Se trata de un sistema compuesto por un remolque en el que hay instalados 3 luxómetros.



▲ **Figura 2.** Descripción remolque TIPO 3.

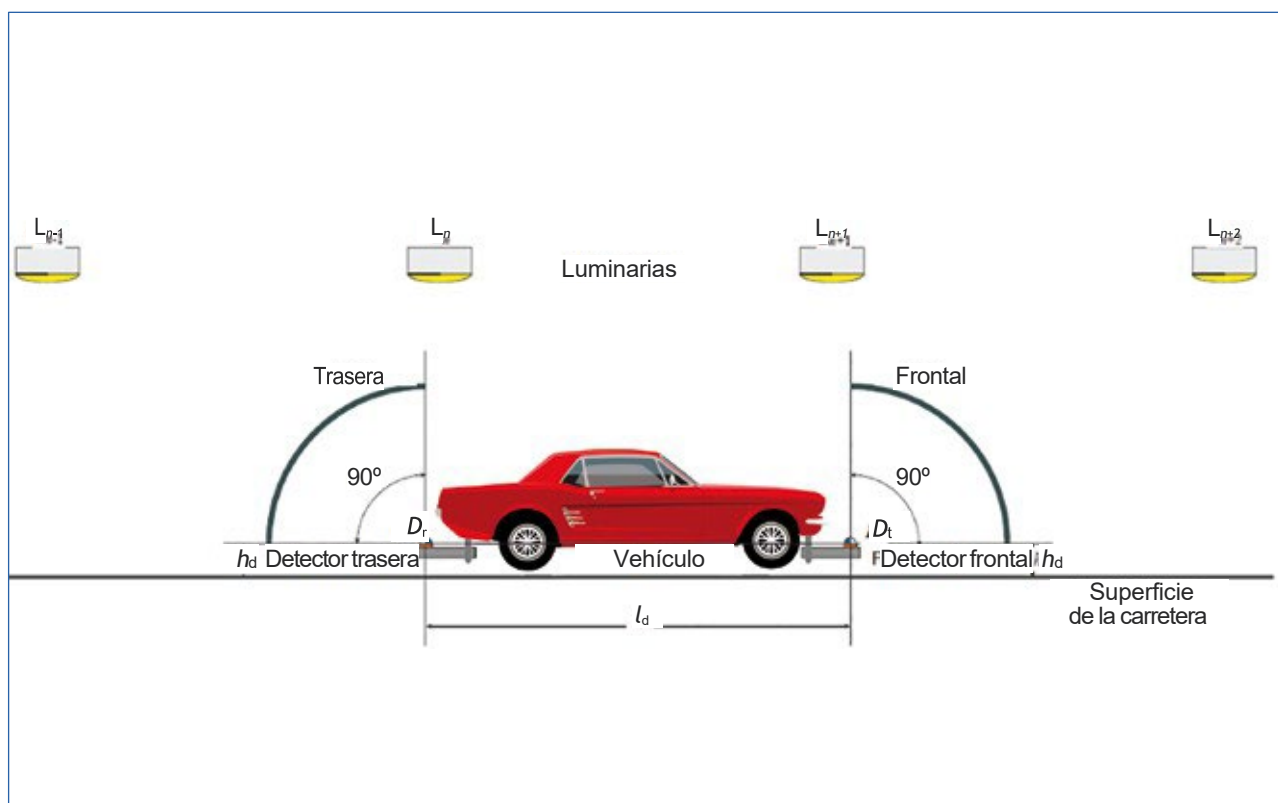


Figura 3. Descripción de un luxómetro partido TIPO 3P.

• **Sistemas TIPO3P o Luxómetro partido:** Se trata de un sistema compuesto por 3 luxómetros en la parte delantera y 3 luxómetros en la parte trasera del vehículo.

- ▶ La altura de cada uno de los luxómetros debe ser dentro de los 300 milímetros del nivel del suelo, por lo que se invalidan automáticamente los valores procedentes de mediciones con luxómetros situados en techo de vehículo o cualquier altura superior a esos 300 milímetros.
- ▶ Los luxómetros deben cumplir las mismas especificaciones técnicas de los estáticos, descritas en el apartado [descripción de medición de iluminancia con métodos estáticos](#), prestando atención a la velocidad de respuesta necesaria en la medición dinámica.
- ▶ La distancia máxima a lo largo de la cual los sensores realizan las mediciones (durante el tiempo de adquisición de datos) no debe ser mayor de 0,1 metros.
- ▶ Estos sistemas deben ser capaces de medir a la velocidad suficiente para evitar la interrupción del tráfico ni cortes de carril.
- ▶ Los sistemas deberán poseer un equipo de geoposicionamiento inercial para poder aportar con exactitud los resultados y evitar la falta de posicionamiento en situaciones como túneles o donde exista el efecto “cañones urbanos”.
- ▶ Los vehículos deberán cumplir con la reglamentación vigente para circular con seguridad por las condiciones de la toma de datos (Real Decreto 866/2010, de 2 de julio).

B.) Condiciones de las medidas:

Las medidas dinámicas de iluminancia se deben realizar en las condiciones previas definidas en el apartado [“Requisitos de los sistemas de medición”](#).

C.) Tratamiento excepcional de los datos (uso de los valores mínimo y máximo):

Según se detalla en la “UNE EN 13201-4:2016 Anexo B.3: Uso de uniformidad extendida”, las definiciones normativas de uniformidades, tanto global como longitudinal, requieren el conocimiento de los valores mínimo y máximo de luminancia o iluminancia de un conjunto de puntos de una cuadrícula. Estos valores pueden estar fuertemente influenciados por no homogeneidades del ambiente o de la superficie de la zona de evaluación, tales como manchas de aceite, parches de nuevo pavimento o sombras procedentes de objetos, y uniformidades evaluadas en diferentes zonas del mismo carril pueden diferir significativamente.

La uniformidad obtenida usando valores medios de un porcentaje dado del total de zonas o líneas medidas da una descripción más exacta de la situación real que usando valores límite en un punto singular. Para distinguir estas uniformidades particulares y los parámetros correlacionados de los parámetros normativos, se añade a sus nombres el adjetivo “extendida” y se añade al final de sus símbolos el subíndice “e(c)”. El parámetro

“c” especifica el porcentaje del área total medida de la superficie, o de la longitud total de la línea usada para promediar el parámetro luminotécnico. Los valores sugeridos para “c” pueden ser 10%, 5%, 1% y 0,5%. Para cada zona a ser evaluada, se debería hacer la elección apropiada a partir de la experiencia y relacionada con la situación particular.

D.) Tipos de resultados a aportar por un Sistema de Medida Dinámica de la iluminancia:

Los resultados que deberán aportarse consistirán en los valores de iluminancia (lux) de “vía” iluminada, junto a valores de iluminancia media (E_m), iluminancia mínima, iluminancia máxima, uniformidad media (U_m), uniformidad general (U_g) y uniformidad longitudinal (U_l).

Los formatos de entrega de los resultados podrán ser alguno de los siguientes:

- ▶ Resultados parciales en longitudes o secciones inferiores a la vía, por ejemplo, carril, secciones de la vía, rejillas, puntos de luz.
- ▶ Resultado de la medición suficiente para la elaboración de un mapa lumínico y el análisis posterior por parte de los técnicos.

6.2. Medida dinámica de luminancia.

La medida de luminancia dinámica consiste en la instalación de una o más ILMD en un vehículo para que capturen imágenes de la vía según se desplaza, la cámara debe estar calibrada en luminancia y tomar las imágenes a la geometría descrita de la vía marcada por la norma.

Las imágenes tomadas deben ser tratadas para localizar la rejilla de medida y las superficies de medición, al igual que ocurre en la medida de luminancia estática con ILMD.

A.) Características técnicas de los Sistemas de Medida Dinámica de la luminancia:

Se definen las siguientes características exigibles en un sistema dinámico de luminancia:

- ▶ Deberá ser capaz de realizar estas mediciones a la velocidad permitida de la vía, sin interrupción del tráfico ni cortes de carril.
- ▶ Los ILMD deben cumplir las mismas especificaciones técnicas de los luminancímetros estáticos, descritas en el apartado **descripción de medición de luminancia con métodos estáticos**, prestando atención a la velocidad de respuesta necesaria en la medición dinámica.
- ▶ Las mediciones se realizarán conforme a lo establecido en la norma “UNE-EN 13201 parte 3 y parte 4:2016: Iluminación en carreteras”, es decir, mediante una cámara calibrada en luminancia (*Imaging Luminance Measurement Device (ILMD)*) y situada de forma **que respete la geometría** de 60 metros de distancia frente a 1,5 metros de altura. En el caso que se desee instalar la ILMD a una altura inferior de 1,5 metros de altura, se deberá respetar la proporción de ángulos de medida.
- ▶ Es necesario que estos sistemas posean un sistema de geoposicionamiento inercial para poder aportar con

exactitud los resultados y evitar la falta de posicionamiento en situaciones como túneles o donde exista el efecto “cañones urbanos”.

- ▶ La distancia máxima a lo largo de la cual los sensores realicen las mediciones (durante el tiempo de adquisición) no debe ser mayor de 10 metros.

B.) Condiciones de las medidas:

Las medidas dinámicas de luminancia se deben realizar en las condiciones previas definidas en el apartado **“Requisitos de los sistemas de medición”**.

C.) Tratamiento excepcional de los datos (uso de los valores mínimo y máximo):

Al igual que ocurre con la medición dinámica de la iluminancia, la uniformidad obtenida usando valores medios da una descripción más exacta de la situación real. Esta uniformidad se denomina “extendida” y se identifica con el subíndice “c”.

El parámetro “c” especifica el porcentaje del área total medida de la superficie, o de la longitud total de la línea usada para promediar el parámetro luminotécnico. Los valores sugeridos para “c” pueden ser 10%, 5%, 1% y 0,5%. Para cada zona a ser evaluada, se debería hacer la elección apropiada a partir de la experiencia y relacionada con la situación particular.

Cabe destacar que, según la UNE EN 13201-4:2016, “en presencia de no uniformidades de la superficie de la carretera (manchas de aceite, luces de carretera, parches en el pavimento de la carretera), de vehículos aparcados, árboles, hojas o de diferentes fuentes de iluminación de aquellas de la instalación de iluminación de carretera, son adecuados valores “c” = 10% o de “c” = 5%”. Por otro lado, “en autopistas o en otras carreteras de alta velocidad son generalmente correctos valores bajos de “c” (los resultados extendidos son similares a los valores normativos), mientras que en carreteras principales o calles en las ciudades se adoptan valores altos de c porque tienen un efecto “filtrante” mayor. Generalmente, si “c” es 0,3%, la diferencia entre parámetros extendidos y normativos es insignificante”.

D.) Tipos de resultados a aportar por un Sistema de Medida Dinámica de la luminancia:

Los resultados que deberán aportarse de cada calzada o zona evaluada se centrarán en la variación de luminancia media a lo largo de calzada, además de aportar valores de Luminancia media (L), Uniformidad global (U) y Uniformidad longitudinal (U_l).

m

g

L

Los formatos de entrega de los resultados serán:

- ▶ Resultados discriminados en longitudes o secciones inferiores a la vía, por ejemplo, carril, secciones de la vía, rejillas, puntos de luz ...
- ▶ Gráfica de la variación de la Luminancia a lo largo de cada carril (la distancia de los valores de las variaciones no debe ser mayor de 10 metros).
- ▶ Resultado de la medición suficiente para la elaboración de un mapa lumínico y el análisis posterior por parte del técnico.

7. Resultados a entregar

Los resultados a entregar deben permitir el análisis del objeto de la medición y explicar la forma en la que se han realizado las mediciones.

Estos resultados deben permitir su interpretación tanto por parte de la empresa instaladora como de la administración titular de la instalación.

Se detalla a continuación la información que, al menos, debe presentarse en un informe de resultados y que procede de la norma “UNE EN 13201:2015”, en su “Anexo (informativo) H: Informe de ensayo”.

- a) Los objetivos de la medición.
- b) Tipo de sistema dinámico (tipo 3, tipo 3P).
- c) Características del sistemas de medición de :
 - ▶ Tipo de vehículo
 - ▶ Número de luxómetros y clasificación (CIE 231:2019)
 - ▶ Clasificación y tipo de luminancímetro.
- d) Localización de cada una de las mediciones:
 - ▶ Nombre del emplazamiento.
 - ▶ Fecha de la medición.
 - ▶ Hora de comienzo y finalización de la medición.
- e) Esquema de la vía analizada:
 - ▶ Posiciones de las luminarias.
 - ▶ Posiciones del mobiliario que puedan interferir.
- f) Los detalles del equipamiento utilizado.
- g) Una referencia o descripción corta de los procedimientos adoptados para la medición y la elaboración de los datos:
 - ▶ Los detalles sobre el clima, y las condiciones medioambientales y del suministro de energía eléctrica.
 - ▶ La acción tomada para prevenir o tener en cuenta la luz directa o reflejada que proviene de los alrededores.
- h) Los resultados de la medición deben incluir al menos:
 - ▶ Una ficha resumen por población o zona completa a renovar incluyendo al menos: Localidad, fecha inicio, fecha fin,

responsable de las mediciones, tipo de medida dinámica luminancia (L) o Iluminancia (E), tipo de sistema dinámico (tipo 3, tipo 3P), que deben incluir los datos de luminancia (L) o Iluminancia (E), Iluminancia media (Emed) y mínima (Emin), uniformidad media (Umed) y mínima (Umin), Uniformidad global (Uo) y Uniformidad longitudinal (UL), para cada vía / sección.

- ▶ En el caso de “Sistemas dinámicos de medida”, se deben aportar los resultados detallados en los apartados relativos a los “Tipos de resultados a aportar por un Sistema de Medida Dinámica”, tanto de iluminancia como de luminancia (apartado D del documento).
- ▶ Adjuntarse una ficha por cada una de las vías analizadas:

Esta ficha debe permitir la comparación con los requerimientos lumínicos: (luminancia, luminancia o uniformidades) de cada vía objeto de auscultación de forma que sea sencillo interpretar si:

- a) La vía o sección medida cumple en su totalidad
- b) La vía o la sección medida no cumple debido a algunas rejillas, estando identificadas las zonas de cumplimiento y las de no cumplimiento.
- c) La vía no cumple al estar todos los valores por defecto o por exceso de lo requerido.

Para ello se propone la elaboración de una ficha de la vía o sección evaluada, que contenga al menos: nombre de la vía, fecha de medición, nivel lumínico evaluado, medida dinámica de iluminancia para Emedia (Ix) y Emin (Ix), medida dinámica de luminancia para Lmed y Lmin, y las uniformidades Uglobal, Ulongitudinal, además de la localización, mapa y comentarios.

- ▶ Actualmente existen diferentes formas de presentar los resultados tal y como se puede apreciar en las imágenes de los apartados de ejemplos de sistemas de medida de **iluminancia y luminancia**.
- ▶ En el caso de que las medidas hayan sido tratadas, es necesario que en el informe se describan detalladamente los criterios seguidos para el tratamiento de los datos de estas mediciones, como, por ejemplo, para la eliminación de obstáculos en el cálculo de la Uniformidad Extendida.

8. Ejemplos de resultados con métodos dinámicos

En este apartado se muestran algunos resultados obtenidos a través de sistemas de medición dinámicos.

Previamente a la realización de las mediciones, y al objeto de poder obtener unos resultados válidos y fiables, es necesario tener presente las siguientes consideraciones (ver requisitos del apartado 4º).

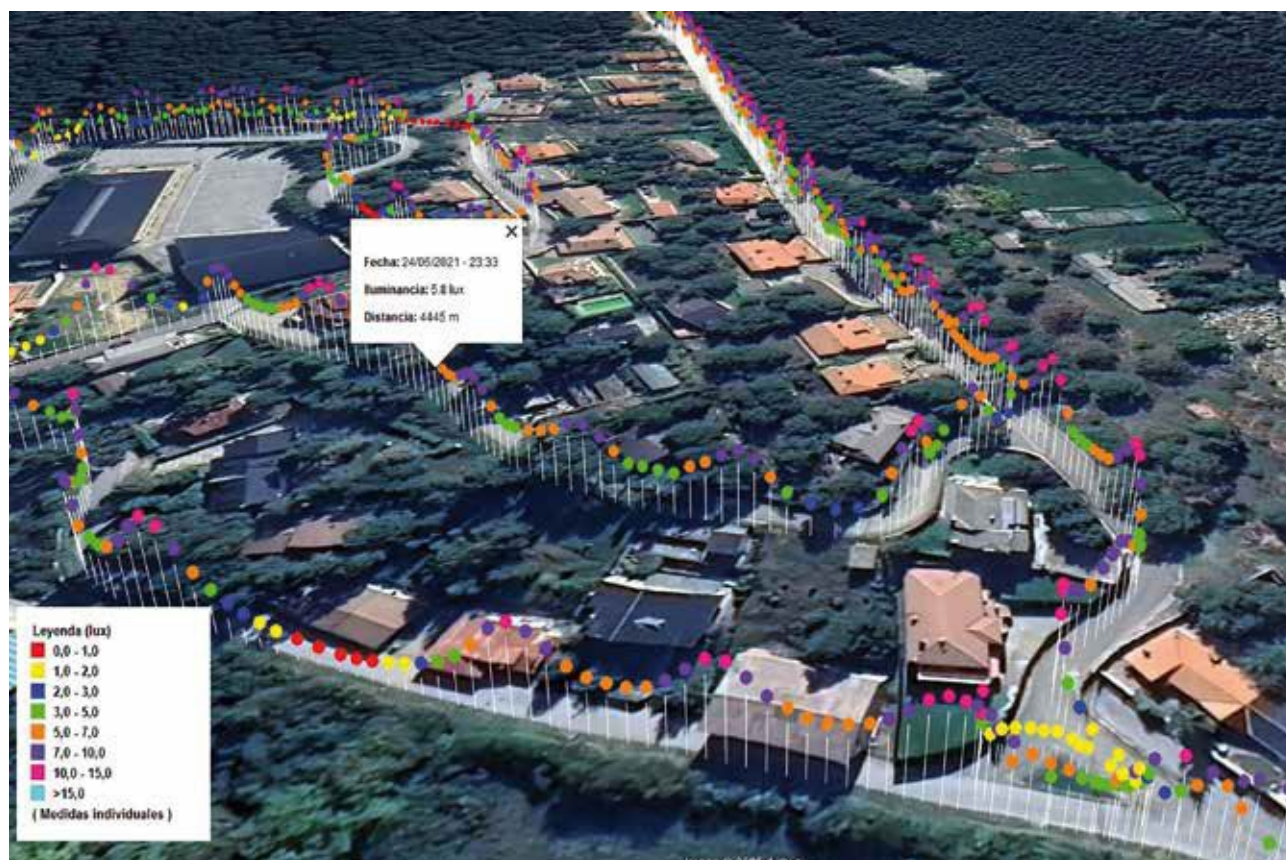
- ▶ Las mediciones nocturnas se realizan utilizando un vehículo adaptado para ese fin, equipado con los sistemas de medición y de almacenamiento de datos. Poseerá un dispositivo de posicionamiento global para el correcto posicionamiento cartográfico de los valores adquiridos en el proceso de medida.
- ▶ El vehículo estará homologado en su conjunto, o dispondrá de las autorizaciones necesarias si fuera necesario, para circular por una vía de tráfico en las condiciones nominales de la medida.
- ▶ En vías de circulación con varios carriles, las mediciones se deberán realizar para cada uno de los carriles de la calzada.
- ▶ Las mediciones nocturnas se realizarán con la regulación de flujo lumínico de la instalación de alumbrado a la potencia nominal de proyecto.

- ▶ Se elegirán las horas de poco tráfico para efectuar las mediciones.
- ▶ Se evitará realizar mediciones en calzadas o vías mojadas

A su vez, los resultados se deberán presentar en un formato fácil de explotar e interpretar. A tal fin:

- ▶ Los resultados deberían contener una serie de mapas lumínicos que permitan conocer, de una manera rápida e intuitiva, el valor puntual de la iluminancia de los componentes de la instalación de alumbrado y su posición GPS.
- ▶ El formato de entrega del mapa lumínico se puede realizar, entre otros, con formato de archivo tipo KMZ, KML, SHP, o equivalente, con el objetivo de poder ser visualizado con sistemas de información geográfica.

En las siguientes figuras se representan ejemplos de imágenes de las mediciones volcadas sobre un mapa lumínico, que permiten consultar los valores calculados de iluminancia media, mínima, máxima y uniformidad media por cada uno de los tramos. Esta información suele completarse con una tabla de resultados en formato tipo XLS, CSV o equivalente, con la siguiente información: vía, posición GPS, iluminancia media, iluminancia mínima, iluminancia máxima y uniformidad media. Para cada vía, se muestra un único valor.



■ **Figura 4.** Ejemplo de resultados de sistema dinámico.



Figura 5. Detalle de resultados de sistema dinámico.



Figura 6. Ejemplo de mapa lumínico con los valores de iluminancia (lux) y mapa lumínico.



Figura 7. Ejemplo de mapa lumínico con los parámetros calculados de iluminancia media, iluminancia mínima, iluminancia máxima y uniformidad media.

Similares procedimientos son los aplicados para las mediciones de luminancias; en estos casos los resultados principales se centran en la variación de la luminancia a lo largo de la zona evaluada: Luminancia media (L_m), Luminancia mínima y máxima, Uniformidad global (U_o) y Uniformidad longitudinal (U_L).

El tipo de informe de resultados puede ser una hoja de cálculo en la que se mostrarán los valores de la rejilla de luminancia desplazada a lo largo del carril evaluado en intervalos de 10 metros como máximo.

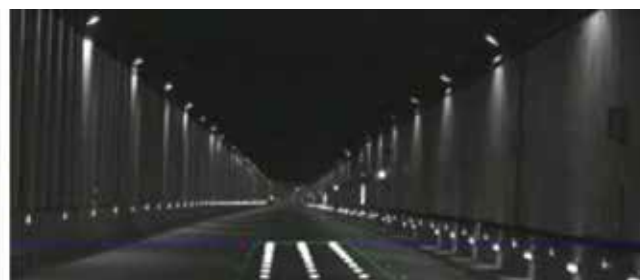


Figura 8. Ejemplo de medida de luminancia horizontal en el pavimento de un carril en carretera iluminada a cielo abierto y en túnel.

9. Referencias

1. **REAL DECRETO 1890/2008**, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
2. **REAL DECRETO 866/2010**, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera.
3. **CIE 194:2011**: “Mediciones in situ de las propiedades fotométricas de alumbrado de carreteras y túneles”.
4. **UNE-EN-13201-4: 2015**: “Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones de iluminación”.
5. **UNE-CR 14380:2007**. Alumbrado de túneles.
6. **CIE 244:2021**, Characterization of Imaging Luminance Measurement Devices (ILMDs).
7. **CIE 69:1987**, Métodos de Caracterización de Luxómetros y Luminancímetros.
8. **CIE 2331:2019**, CIE Classification System of Illuminance and Luminance Meters.

Anexo I: Descripción de medición de iluminancia con métodos estáticos

Anexo I: 1.- Medida de iluminancia según ITC – EA – 07 RD 1890/2008

La realización de mediciones estáticas luminotécnicas debe realizarse en base a las normativas, instrucciones o recomendaciones existentes.

Anexo I: 1.1.- Características del luxómetro.

La medida de iluminancia se debe realizar con un iluminancímetro, también llamado luxómetro, que deberá cumplir las siguientes exigencias (CIE 231:2019, UNE-EN-13201-4:2015 y RD 1890/2008):

- ▶ Deberá tener un rango de medida adecuado, acorde a los niveles a medir y estar calibrado por un laboratorio acreditado.
- ▶ Deberá disponer de corrección del coseno hasta un ángulo de 85°.
- ▶ Tendrá corrección cromática, según CIE 69:1987 de acuerdo con la distribución espectral de las fuentes luminosas empleadas y su respuesta se ajustará a la curva media de sensibilidad V (λ).
- ▶ El coeficiente de error por temperatura deberá estar especificado para margen de las temperaturas de funcionamiento previstas durante su uso.
- ▶ La fotocélula de luxómetro estará montada sobre un sistema que permita que ésta se mantenga horizontal en cualquier punto de medida.
- ▶ Además, cuando se mide la iluminancia, para minimizar la interferencia de los sistemas de medición o de los operadores, se recomienda un medidor de iluminancia con una cabeza fotométrica unida al medidor por medio de un cable o bien, un medidor de iluminancia con un cable de manejo remoto. Los cables deben ser suficientemente largos para que los observadores se posicionen de modo que no oscurezca nada de la luz que podría de otro modo alcanzar la cabeza fotométrica.
- ▶ Por otro lado, para la medida de iluminancia horizontal la altura de medición debe estar dentro de 200 mm del nivel del suelo. Si el sistema de iluminación de carretera tiene luminarias a alturas inferiores a 2 m, la cabeza fotométrica debe estar dentro de 50 mm del nivel del suelo o los valores de iluminancia se deben calcular también a la altura de medición nominal.

Anexo I: 1.2.- Características de las medidas de iluminancia.

Se debe tener en cuenta que para las mediciones de la iluminancia horizontal el plano de la superficie sensible a la luz de la cabeza fotométrica debe ser horizontal o paralelo al plano de superficie convencional de la carretera. De igual manera, el

valor nominal de la altura del plano de la superficie sensible a la luz de la cabeza fotométrica (altura de medición) se debe especificar en el informe de ensayo.

Teóricamente la superficie sensible a la luz de la cabeza fotométrica debería estar posicionada al nivel del suelo, pero generalmente esto no es posible por el espesor del detector y de cualquier soporte, por ejemplo, suspensiones Cardan.

Se debe considerar que si la altura de medición aumenta entonces las discrepancias entre los valores medidos y la iluminancia real o calculada de la superficie de la carretera aumenta también. La influencia de la altura de la medición se debe evaluar en la incertidumbre de la medición. Si es posible se debería determinar un valor de corrección para la altura de medición. En este caso la incertidumbre de medición debe considerar el valor de iluminancia corregido y la influencia de la incertidumbre del factor de corrección.

También se debe considerar que se obtiene un factor para corregir la altura de medición evaluando para cada punto de la cuadrícula usada la relación entre la iluminancia calculada en la superficie y la iluminancia calculada en el plano a la altura de medición nominal y paralelo a la superficie de la carretera.

Anexo I: 1.3.- Características de las rejillas o retículas sobre las que medir.

Respecto a la forma de medición en la vía, es el REAL DECRETO 1890/2008, el que define cómo se debe realizar la medida manual de iluminancia, en concreto la "ITC – EA – 07: MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO. En esta ITC, se describen cómo se deben realizar las medidas luminotécnicas (iluminancia) de una instalación. En concreto, detalla que las medidas se deben realizar sobre la capa de rodadura y en los puntos de la retícula elegida.

La metodología que se utiliza es la de medir iluminancias medias (horizontales y uniformidades) por el denominado método "punto a punto" y que se basa en medir iluminancias con el sensor horizontal a la altura del terreno, colocado en diferentes puntos de manera uniforme en forma de rejilla o retícula. Posteriormente se procede a calcular la iluminancia media a partir de la media de las iluminancias medias (ponderando, si es necesario, cada iluminancia medida según la superficie que representa si todos los puntos no abarcan áreas iguales), y las uniformidades a partir de los valores máximos, mínimos y medios observados.

La retícula sobre la que se debe medir, se debe ajustar a dos posibles configuraciones:

- Retícula según el informe técnico “CIE-194:2011: On site measurement of the photometric properties of road and tunnel lighting.” y según la “UNE-EN 13201-3:2016. Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones fotométricas.

En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de superficie iluminada comprendido entre dos luminarias consecutivas. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho de área aplicable, tal y como se representa en la Figura 9.

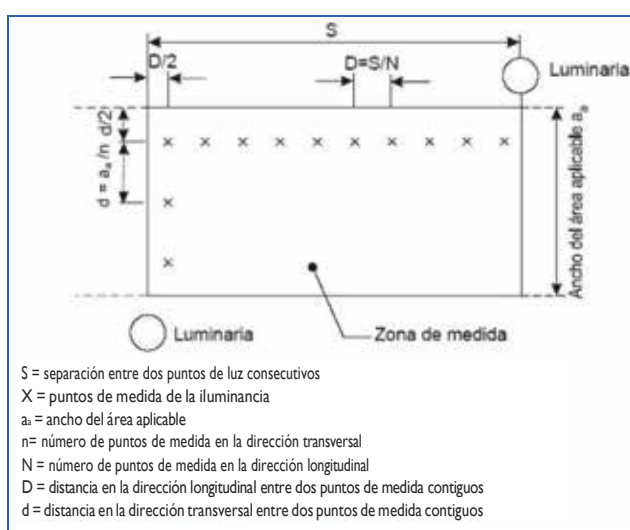


Figura 9. Puntos de medida de iluminancia según la normativa UNE-EN 13201-3:2016.

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados y cubriendo toda el área aplicable, como muestra la Figura 9, siendo su separación longitudinal D, no superior a 3 m, y su separación transversal d, no superior a 1 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N será de 3.

Las medidas se realizarán sobre la capa de rodadura de la calzada, en los puntos determinados en la retícula de cálculo del proyecto. Todas las luminarias que intervienen en la medida y forman parte de la instalación de alumbrado, deben estar libres de obstáculos y podrán verse desde la fotocélula.

Una reducción de la retícula de medida, con respecto a la de cálculo, será admisible cuando no modifique los valores mínimos, máximos y medios en $\pm 5\%$.

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado, en los valores medidos de iluminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida, cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación. El área límite a considerar está definida por una distancia al punto de medida de 5 veces la altura de montaje H de las luminarias de la instalación considerada.

En el caso en que el campo de los puntos de cálculo de iluminancia cubra los carriles de una calzada, la definición de los puntos de la cuadrícula debe respetar la definición para el cálculo de luminancia dada en el apartado 7.1.3 y en la Figura 9 de la normativa UNE-EN 13201-3:2016:

7.1.3 Posición de puntos de cálculo

Los puntos de cálculo deben estar uniformemente espaciados en el campo de cálculo como se muestra en la figura 9.

La primera y la última fila transversales de puntos de cálculo están separadas a la mitad de la separación longitudinal entre puntos desde los límites del campo de cálculo.

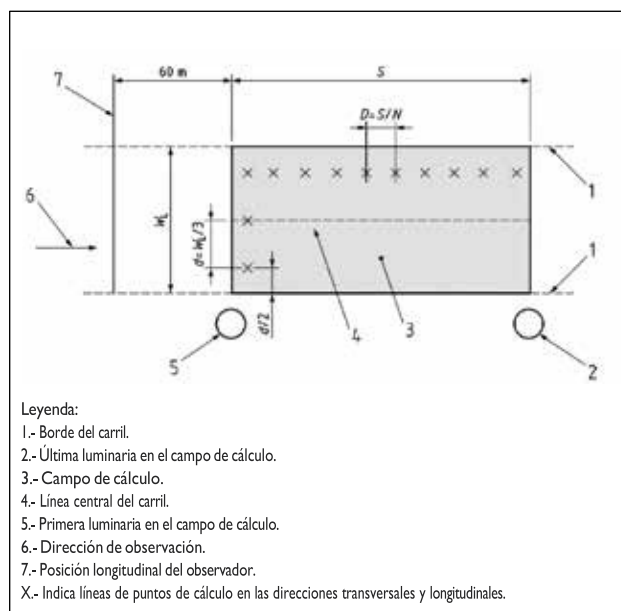


Figura 10. Posición puntos de cálculo en un carril de circulación.

La separación de los puntos en las direcciones longitudinal y transversal se debe determinar como sigue:

- a) En la dirección longitudinal

$$D = \frac{S}{N}$$

Donde

- D: es la separación entre puntos en la dirección longitudinal, en metros.
- S: Es la separación entre luminarias en la misma fila, en metros.
- N es el número de puntos de cálculo en la dirección longitudinal con los siguientes valores:
para $S < 30$ m, $N = 10$
Para $S > 30$ m, el menor número entero que dé $D \leq 3$ m. La primera fila transversal de puntos de cálculo está separada a una distancia $D/2$ más allá de la primera luminaria (alejada del observador).

Figura 11. Puntos de medida de iluminancia según la normativa UNE-EN 13201-3:2016 para el caso que los puntos de cálculo de iluminancia cubran los carriles de una calzada.

Con estas especificaciones, se detalla a continuación un ejemplo de rejilla planteada entre dos luminarias de un vial:



Figura 12. Puntos de medida de iluminancia según la normativa UNE-EN 13201-3:2016 para un carril de la calzada. Retícula simplificada según el método denominado de los “nueve puntos”.

El método denominado de los “nueve puntos” permite determinar de forma simplificada, la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades medias (U_m) y generales (U_g).

A partir de la medición de la iluminancia en quince puntos de la calzada (véase imagen siguiente), se puede determinar la iluminancia media horizontal (E_m) mediante una media ponderada, de acuerdo con el denominado método de los “nueve puntos”. Mediante el luxómetro se mide la iluminancia en los quince puntos resultantes de la intersección de las abscisas B, C, D, con las ordenadas 1, 2, 3, 4 y 5, de la figura siguiente.

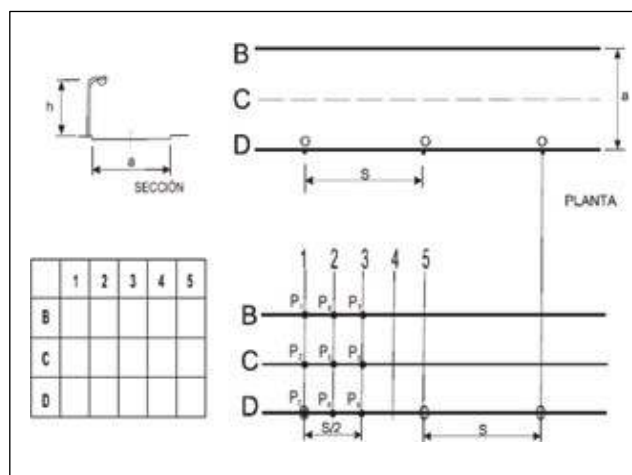


Figura 13. Puntos de medida para la iluminancia en el método de los nueve puntos.

Teniendo en cuenta una eventual inclinación de las luminarias hacia un lado u otro, se debe adoptar como medida real de la iluminancia en el punto teórico P1 la media aritmética de las medidas obtenidas en los puntos B1 y B5 y así sucesivamente.

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

donde:

$$E_1 = (B1 + B5) / 2$$

$$E_2 = (C1 + C5) / 2$$

$$E_3 = (D1 + D5) / 2$$

$$E_4 = (B2 + B4) / 2$$

$$E_5 = (C2 + C4) / 2$$

$$E_6 = (D2 + D4) / 2$$

$$E_7 = B3$$

$$E_8 = C3$$

$$E_9 = D3$$

La uniformidad media (U_m) de iluminancia es el cociente entre el valor mínimo de las iluminancias E_i calculadas anteriormente y la iluminancia media (E_m). La uniformidad general o extrema (U_g) se calcula dividiendo el valor mínimo de las iluminancias E_i entre el valor máximo de dichas iluminancias.

Con estas especificaciones, se detalla a continuación un ejemplo de rejilla planteada entre dos luminarias de un vial:

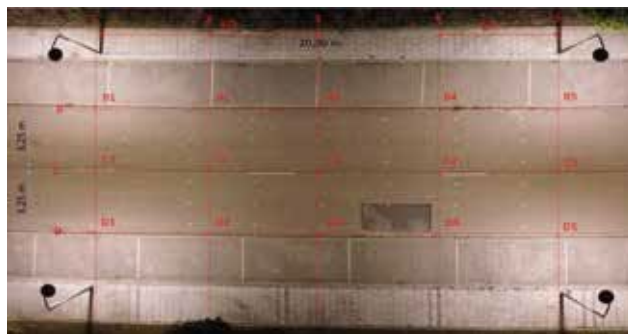


Figura 14. Puntos de medida de iluminancia en el estudio según método de los “nueve puntos”.

Cabe destacar que las medidas que se realicen de manera estática deben realizarse con luxómetros debidamente calibrados, contando con su certificado de calibración.



Figura 15. Ejemplo de luxómetro durante mediciones estáticas.

Anexo II: Descripción de medición de luminancia con métodos estáticos

Anexo II: 1.- Medida de luminancia según ITC – EA – 07 RD 1890/2008

La realización de mediciones estáticas luminotécnicas debe realizarse en base a las normativas, instrucciones o recomendaciones existentes.

Anexo II: 1.1.- Características del luminancímetro o cámara calibrada en luminancia.

La medida de luminancia supone aportar un valor fundamental para la clasificación de vías preferentemente motorizadas y de alta velocidad, las vías tipo (M).

La medida de la luminancia media y las uniformidades deberán realizarse sobre el terreno, comparándose los resultados obtenidos en el cálculo incluido en el proyecto con los de la medida. La medida requiere un pavimento usado durante cierto tiempo, y un tramo recto de calzada de longitud aproximada de 250 m.

Medidas con Luminancímetro:

Las medidas se realizarán:

- ▶ La medida deberá hacerse con luminancímetro, con un medidor de ángulo no mayor de 2' en la vertical, y entre 6' y 20' en la horizontal, con un rango de medida adecuado.
- ▶ Para la medida de la luminancia media se utilizará un luminancímetro integrador, con limitadores de campo que correspondan a la superficie a medir: 100 m de longitud por el ancho de los carriles de circulación. El punto de observación estará situado a 60 m antes del límite anterior de la zona de medida, y el luminancímetro estará situado a 1,5 m de altura y a 1/4 del ancho de la calzada, medido desde el límite exterior en el último carril.

Los requisitos específicos para estas mediciones de luminancia son:

- ▶ Para cada tipo de medidores de luminancia, debe considerarse la influencia de las fuentes de luz externas sobre el campo encuadrado. De igual manera, en cada caso de medición puntual de la cuadrícula (más adelante se define esta cuadrícula), el ángulo subtendido de la superficie de la carretera medida no debe ser mayor de 2 min de arco en el plano vertical y no mayor de 20 min de arco en el plano horizontal. El ángulo subtendido mínimo no debe ser menor de 1 min de arco.
- ▶ El campo de cálculo especificado en la Norma EN 13201- 3 comienza de 60 m del observador. Esto significa que para prevenir la superposición de las áreas de medición como se ve a través de un medidor de luminancia fijado a esta distancia, el valor máximo del ángulo del cono de medición.

El valor mínimo del ángulo subtendido considera una agudeza visual convencional de 1 min de arco.

Si la medición se lleva a cabo a una distancia más cercana respecto a las posiciones nominales del observador dadas en la Norma EN 13201-3, se recomienda que el cono de medición del medidor de luminancia no debería exceder de 30 min de arco, y el tamaño del área de medición de la carretera no debería ser mayor de 0,5 m transversalmente y 2,5 m longitudinalmente.



Figura 16. Ejemplo de medidas de luminancias puntuales con luminancímetros manuales.

Medidas con ILMD:

Tanto para medidas de luminancia media como para medidas de luminancia puntual es posible el uso de una ILMD. Esta medida tiene la ventaja de tomar una única imagen por rejilla, mientras que por contra es necesario un software específico para la delimitación de la rejilla en la imagen y la extracción de los puntos de medida.

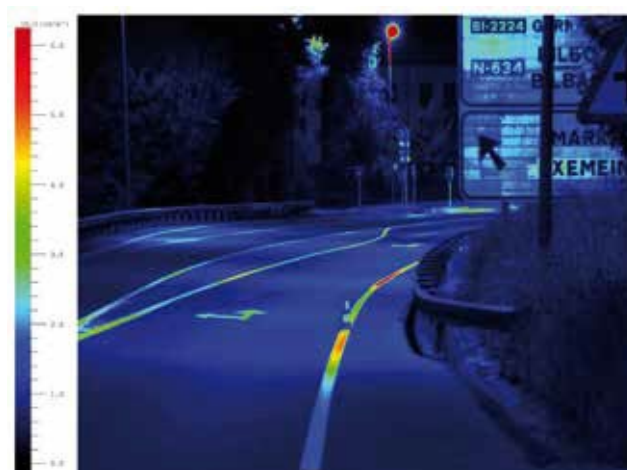


▀ **Figura 17.** Ejemplo de medidas de luminancias con ILMD.



▀ **Figura 18.** Ejemplo de medidas de luminancias con ILMD.

En la Figura 18, se puede observar ver una imagen tipo tomada por un ILMD, en particular de un túnel, en la que está representada la luminancia en falso color. Una vez tomada esta imagen, es necesario localizar la rejilla de medición a la distancia indicada por la norma y extraer el valor de luminancia del área que corresponde a la zona de medida, tal y como se aprecia en la Figura 19.



▀ **Figura 19.** Extracción de la zona de medida de una imagen de luminancia de un ILMD.

Así, con estas imágenes, se observa un ejemplo de extracción de luminancia en el área de cada punto de medición de la rejilla. Cada punto de la rejilla se convierte en una superficie en la que el luminancímetro proyecta su “spot” de medida. Los ILMD deben obtener el valor de luminancia en la misma área en el que lo recogería un luminancímetro manual, de esta forma las medidas serán comparables.

Anexo II: 1.2.- Características de las rejillas o retículas sobre las que medir.

De igual manera que la medición estática de la iluminancia se realiza en base a la "ITC – EA – 07: MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO", para la medida de Luminancia hay que recurrir a esta misma instrucción.

La retícula sobre la que se realizarán estas mediciones puntuales es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de luminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de calzada comprendido entre dos luminarias consecutivas del mismo lado. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho definido para el área de referencia (normalmente la anchura del carril de tráfico), tal y como se representa en la Figura 20. Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados, siendo su separación longitudinal D , no superior a 5 m, y su separación transversal d , no superior a 1,5 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N , o transversal n , será de 3.

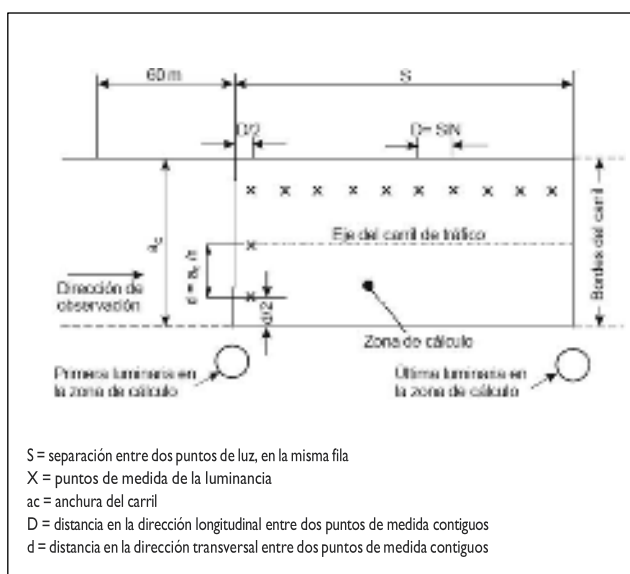


Figura 20. Posición de los puntos de medida en un carril de tráfico.

La posición del observador será tal que dicho observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada y en sentido longitudinal, a 60 m de la primera línea transversal de puntos de cálculo, como ya se ha indicado anteriormente. En sentido transversal se situará a:

- 1/4 de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma (lado opuesto al de los puntos de luz en implantación unilateral), para la medida de la luminancia media L_m y de la uniformidad global U_0 y

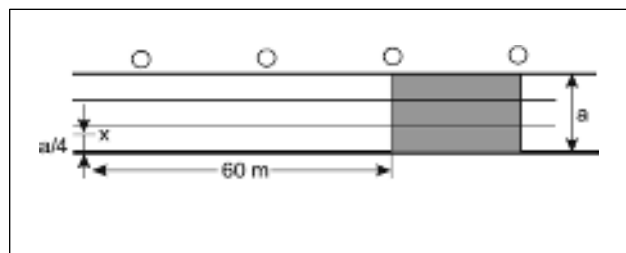


Figura 21. Posición del observador para medida de L_m y U_0 .

- en el centro de cada uno de los carriles del sentido considerado Para la medida de la uniformidad longitudinal U_l , para cada sentido de circulación.

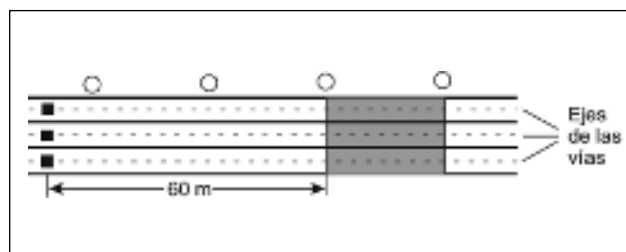


Figura 22. Posiciones del observador para medida de U_l .

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de luminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación. La imagen siguiente refleja el área límite citada anteriormente, siendo H la altura de montaje de las luminarias de la instalación considerada.

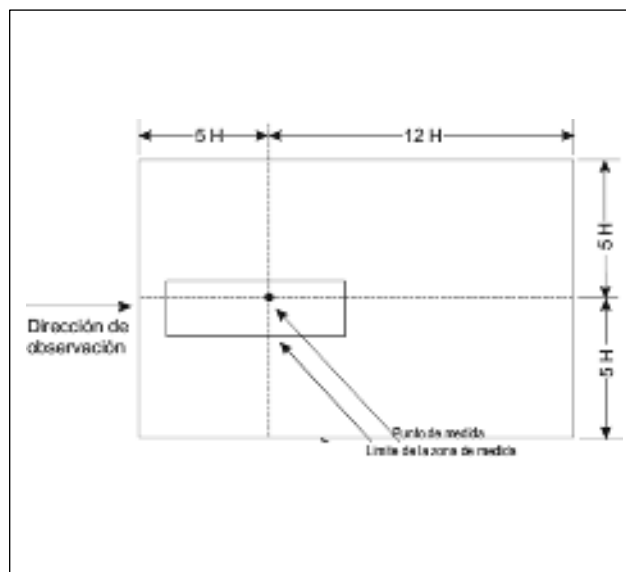


Figura 23. Área límite de las luminarias que pueden contribuir a la luminancia en el punto de medida.

