

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN DE SOFTWARE DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE NIVELES DE ILUMINACIÓN EN VÍA PÚBLICA MEDIANTE GPS.

Rubén Sanz

Carlos Sierra

Universitat Politècnica de Catalunya

Abstract

Street lighting facilities are designed with the goal of providing adequate lighting settings for the proper development of human activity at night on public roads. It is therefore necessary to evaluate light levels to ensure that streetlights illuminate with the amount of light required and properly distributed. The usual evaluation methods tend to be slow and tedious, based on manual measurements along meshes in limited areas that need to be representative of the rest, preventing a more extensive and frequent use.

The application developed tries to simplify and automate the collection of measures. To do this, illuminance and GPS sensors are mounted on a vehicle, taking georeferenced light level measurements while it is traveling on the road. Once measured and stored data, the program provides tools to manage and display it so that it's possible to make comparisons and draw conclusions for the maintenance and facilities planning. Some of these tools are lists and measurements reports of illuminance and uniformity representative values, graphs of illuminance evolution, light level maps, comparison of measures, etc.

Keywords: *urban lighting; data acquisition; software development*

Resumen

Las instalaciones de alumbrado público se realizan con el objetivo de proporcionar valores lumínicos adecuados para el correcto desarrollo de la actividad humana durante la noche en las vías públicas. Tanto como para garantizar un funcionamiento adecuado tanto en términos de luz suficiente y correctamente distribuida como en términos de eficiencia de la instalación es necesario evaluar los niveles de iluminación. Los métodos habituales de evaluación suelen ser lentos y tediosos, basándose en medidas manuales a lo largo de mallas en zonas limitadas que han de ser representativas del resto, dificultando un uso más extensivo y más frecuente.

La aplicación desarrollada pretende simplificar y automatizar el proceso de recolección de medidas. Para ello, montando sensores iluminancia y posición GPS en un vehículo, se pretende tomar medidas georreferenciadas del nivel de iluminancia mientras este circula por la vía. Una vez medidas y almacenadas, el programa proporciona herramientas para gestionarlas y visualizarlas, de forma que se puedan establecer comparaciones y sacar conclusiones útiles para el mantenimiento y planificación de las instalaciones. Algunas de estas herramientas son listados e informes de mediciones con valores de iluminancias y

uniformidades, gráficos de evolución de iluminancia, mapas de niveles, superposición de medidas, etc.

Palabras clave: *alumbrado público; adquisición de datos; desarrollo software*

1. Introducción

Las instalaciones de alumbrado público se diseñan y despliegan con tal de permitir un desarrollo correcto de la actividad humana en nuestras calles, siempre teniendo en cuenta tanto las características de la zona, de la actividad y de las personas que las habitan, así como los costes asociados a su instalación, explotación y mantenimiento. Es, por lo tanto necesario, no solo garantizar que las instalaciones proporcionen las prestaciones necesarias cuando se desplieguen, sino que estas prestaciones se mantengan a lo largo de su vida y que los costes asociados a éstas, como el consumo energético o el mantenimiento, sean lo más reducidos posible sin menoscabarlas. Esto exige una monitorización, no solo de la instalación terminada sino a lo largo del tiempo para asegurar unas prestaciones mínimas de parámetros lumínicos y de eficiencia.

Conocer tanto los costes asociados es una tarea relativamente sencilla. Mediante la facturación eléctrica o los sistemas de telegestión de cuadros de mando de alumbrado público se puede conocer con exactitud los consumos de las instalaciones y su coste. Los costes asociados al mantenimiento son en función del número de operaciones realizadas y del coste del material y del operario y por lo tanto fácilmente computable.

Lo que no es tan sencillo es conocer las prestaciones lumínicas de las instalaciones, que:

- Aseguran la correcta iluminación de la zona.
- Permiten conocer la eficiencia de la instalación enfrentando prestaciones lumínicas por potencia consumida, y hacer un seguimiento de la misma.
- Permiten ajustar un mantenimiento preventivo ajustado a las variaciones de depreciación de las instalaciones. Es decir, conociendo las prestaciones de la instalación podemos decidir si conviene realizar limpieza de luminarias o recambios masivos de lámparas más o menos a menudo, con la consiguiente mejora del servicio y/o reducción de costes de mantenimiento.

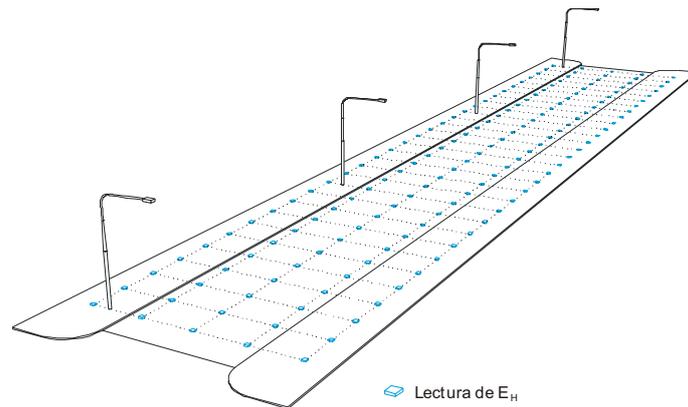
Para poder entender porque esta tarea no es sencilla es necesario comprender el proceso más habitual para evaluar las prestaciones lumínicas de las instalaciones de alumbrado público.

Una de las principales magnitudes empleadas para ello es la iluminancia, definida como el cociente entre el flujo luminoso que recibe una superficie y el área de la misma y la unidad que se suele emplear es el *lux*. Si bien no se trata de la mejor magnitud para evaluar la percepción del ojo humano, es muy utilizada debido al bajo coste de los equipos de medida y su sencillez en el proceso de medida y simulación. A partir de la iluminancia derivan parámetros ampliamente utilizados como la iluminancia media horizontal (para valorar la cantidad de luz que incide sobre la superficie de estudio) o las uniformidades media y general (para valorar la correcta distribución de la luz).

Junto a otras magnitudes lumínicas, la iluminancia es especialmente contemplada en el reciente Reglamento de eficiencia energética en alumbrado exterior (Real Decreto 1890/2008), donde se formula el parámetro de eficiencia energética en función de ella, se definen los niveles recomendados y máximos permitidos y también permite valorar el factor de mantenimiento de las instalaciones en función de la variación de las iluminancias medias horizontales iniciales. Así mismo el reglamento define metodologías de evaluación de las mismas.

La metodología habitual de evaluación de iluminancias horizontales de las instalaciones es a través de medidas manuales en forma de matriz regular sobre la totalidad de la superficie de la instalación o sobre una zona representativa del resto de la instalación (si esta dispone de una distribución regular de sus elementos).

Figura 1: Esquema de distribución de medidas de iluminancia.



Para ello es necesario realizar medidas manualmente: midiendo la zona, dividirla en partes, situar la sonda en los puntos, tomar la medida procurando que el operario no haga sombras sobre la célula, anotar el valor y posteriormente introducir y procesar los datos para obtener valores medios, uniformidades, etc. Además, en el caso de zonas viales, procurando que no haya influencia alguna de iluminaciones no habituales, tales como alumbrado de vehículos en movimiento (necesitando incluso cortar calles) u otras fuentes de luz (que a partir de ciertas horas no están encendidas, o que son de instalaciones cercanas y que sería necesario apagar para evitar su influencia). Es, por lo tanto, un proceso tedioso, lento y en ocasiones complejo.

Es por todo ello que el objetivo propuesto es el diseño de un sistema de medición de iluminancias mucho más ágil, automatizando la captura de medidas empleando un vehículo en movimiento, sensores de iluminancia y posicionamiento GPS y un ordenador para almacenar, procesar y visualizar los datos obtenidos.

2. Metodología

Para la consecución del objetivo cabe distinguir por un lado el conjunto de hardware encargado de las medir y por otro lado el conjunto de software encargado de procesar adecuadamente, almacenar y visualizar los datos proporcionados por el hardware.

El primer paso fue el desarrollo de un prototipo, básicamente funcional pero también experimentando opciones más avanzadas como integración de los datos en Sistemas de Información Geográfica (GIS) o sensores adicionales de apoyo al GPS. Con ello se contempló las problemáticas de sensores, software y metodología, permitiendo conocer que las medidas eran suficientemente fiables sin el uso de sensores de apoyo.

El segundo paso fue el desarrollo de una versión inicial para su comercialización, mejorando la integración de los equipos, ampliando el número de medidas y superando algunos de los problemas del prototipo. También se procedió a simplificar el sistema, reduciendo cableados y haciendo un interface del software más limitado y sencillo extrayendo la componente GIS.

Un tercer paso, todavía en desarrollo, es la integración de la componente GIS sobre la versión anterior, una vez esta se consolide comercialmente.

2.1 Hardware

El elemento base sobre el que se monta todo elemento es un vehículo. Se optó por emplear vehículos de turismo y pequeños vehículos comerciales, que suelen ser los más económicos

y habituales en las compañías de mantenimiento de alumbrado público. Los únicos requerimientos es que pueda disponer de barras porta equipajes sobre el techo del vehículo para situar los sensores y que no haya ningún elemento del vehículo que pueda causar sombras o luz propia sobre el sensor de iluminancia.

Es importante remarcar que el sensor de iluminancia va situado sobre el techo del vehículo, a pesar de que las medidas de iluminancia definidas en reglamentos o recomendaciones siempre van referidas a nivel del suelo. Esto tiene efecto sobre las medidas, pero los efectos de las luces y sombras de vehículos (propias y ajenas) al situar los sensores a nivel del suelo hace que para que las medidas sean independientes de las condiciones de tráfico se tengan que situar los sensores en el techo.

En cuanto al sensor del prototipo se optó por una versión de GPS “de mano”, con la peculiaridad de integrar una brújula electrónica. La salida de los datos se hacía a través de un puerto serie mediante protocolo NMEA, conectándose al ordenador a través de un adaptador serie-USB. La alimentación se podía hacer a través de baterías AA o bien a través de la toma de 12V.

Respecto a la medida de iluminancia se empleó una sonda luxométrica con salida analógica y un multímetro con salida a puerto serie, que se conecta al ordenador a través de una adaptador serie-USB y que se puede alimentar a través de baterías AA o a través de la toma de 12V del vehículo.

Para recopilar datos y procesarlos es necesario un ordenador portátil. El empleado se trata de un netbook con procesador de 1,6 GHz y 1 GB de memoria RAM, ya que estos disponen de una autonomía generalmente superior a portátiles más grandes y potentes.

Figura 2: Esquema del prototipo del sistema.



Para la primera versión comercial se conservó los requerimientos para el vehículo y el ordenador, pero se decidió dar un enfoque diferente para los sensores y se optó por crear un único modulo con conexión USB que integrara la célula luxométrica y GPS en un mismo cuerpo y que pudiera ser alimentado por el propio cable USB. Los motivos para esto fueron:

- El exceso de cables de conexión (2 conexiones de datos, 2 adaptadores y hasta 3 de alimentación) que hacían el sistema complejo.
- Excesivo coste del conjunto multímetro + célula luxométrica. Además la célula luxométrica empleada se dejó de fabricar y no se encontraron alternativas asequibles y con comportamiento fiable a bajas iluminancias (niveles de una calle por la noche, por ejemplo).

- La velocidad de refresco del GPS empleado en el prototipo era lenta, provocando incertidumbres de posición entre medidas, que limitaba la velocidad a 20 km/h para contener el error.
- El GPS iba en el interior del vehículo, con una peor recepción de la señal.
- Las velocidades de refresco de los datos GPS y multímetro eran fijas, por lo que requería velocidad constante para poder garantizar una uniformidad constante de los puntos de medida a lo largo del recorrido.
- Las velocidades de refresco de los datos de GPS y multímetro diferente, por lo que las medidas no estaban sincronizadas y era necesario interpolar.

2.2. Software

Respecto al conjunto de programas informático se decidió hacer énfasis de dos partes bien diferenciadas. Por un lado un parte de captura de datos, encargada del proceso de captura de medidas de iluminancia.

La plataforma escogida fue Microsoft Windows (de XP en adelante), y se programó sobre C++ la versión de prototipo y sobre .NET en el resto.

2.2.1. Captura de datos

Se encarga de:

- Pedir los datos a los sensores un ritmo determinado en función de la velocidad (para garantizar la uniformidad de las distancias entre medidas).
- Recibir los valores de los sensores a través de puertos serie virtuales (mediante USB).
- Procesar los datos recibidos, valorando el mejor posicionamiento GPS, convirtiendo unidades y coordenadas, calculando parámetros, interpolando valores, etc.
- Almacenar los datos recibidos en una base de datos.
- Mostrar por pantalla y por audio, los datos recibidos, los datos relativos a la zona estudiada y avisos de parámetros fuera de funcionamiento correcto.

2.2.1. Procesado de los datos

Se encarga de:

- Mostrar por pantalla la información introducida en la base de datos por la parte de captura: como los valores de iluminancia horizontal, iluminancia horizontal media, uniformidad media y extrema, etc.
- Proporcionar herramientas para la edición de medidas: recortar tramos, eliminar medidas individuales o que cumplan ciertas características.
- Proporcionar herramientas para la comparación directa entre diferentes sesiones de medida, como casamiento de posiciones.

3. Resultados

3.1. Hardware

Al integrar el sensor de posición GPS y luxométrico en un solo cuerpo permitió dar un paso más allá y pasar de una sola medida sobre el eje del carril del prototipo a tres medidas por calzada de la versión final, ya que se redujo notablemente el número de cables.

El uso de tres sensores y además fuera del vehículo permite una mayor robustez de los datos de posición, ya que la señal llega más clara y de las tres medidas de posición se emplea la de mayor calidad de recepción.

Figura 3: Fotografía de la sonda con sensores GPS y luxométrico.



El control sobre la velocidad de refresco, debido a que se pasó de un modelo en que los sensores mandaban datos automáticamente a un modelo en que los datos se obtenían bajo demanda evita interpolar, garantiza la uniformidad de las interdistancias entre medidas y ofrece una precisión que permite aumentar la velocidad hasta velocidades legales de circulación.

Al margen del diseño electrónico, las principales problemáticas del diseño fueron la selección de sensor de iluminancia y los filtros para ajustar la respuesta espectral de sensor a la respuesta del ojo humano (curva V-lambda), así como la gestión de las escalas y de la amplificación para no perder precisión al discretizar valores bajos de iluminancia y el filtrado de los 50 Hz de la luz producidos por la red eléctrica.

Figura 4: Esquema del montaje de los sensores.



3.2. Software

En la versión comercial se decidió incluir un gestor de proyectos y tareas. Para organizar las sesiones de medidas y facilitar así la posterior comparación de datos.

En el caso del prototipo se realizaron programas independientes aunque enlazados para las dos diferentes tareas, mientras que para simplificar en la primera versión comercial se decidió integrar todo en un único programa.

En la figura 5 se puede observar la pantalla de captura de datos mostrando los diferentes valores implicados en la medición. En la parte superior izquierda se observan los datos acerca de la tarea que se está realizando. En la parte central superior se encuentran los valores medidos por cada célula luxométrica y el número de satélites fijados por cada sensor GPS. En esquina derecha superior se encuentran datos relativos a la velocidad, posición y distancia.

Figura 5: Pantalla de captura de datos.



En la parte central se encuentra el gráfico de evolución de la iluminancia a lo largo del recorrido y el estado del programa (si está capturando datos, esta pausado o hay alguna incidencia), mientras que en la parte inferior están los controles del programa para:

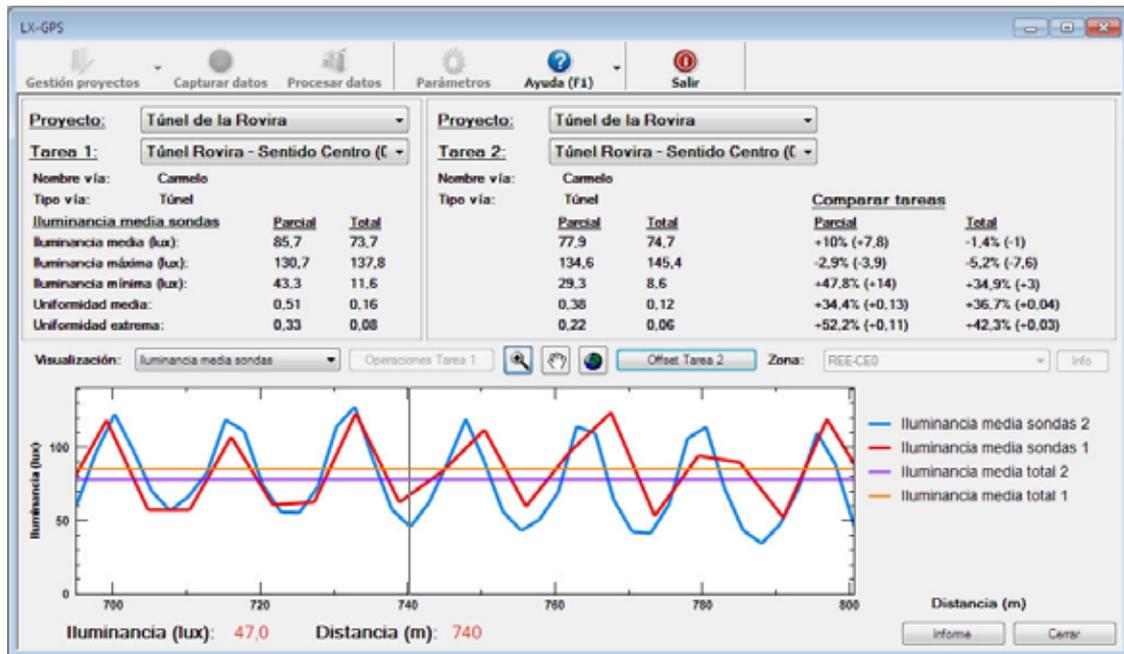
- Reiniciar los sensores GPS.
- Cambiar la visualización de pantalla (modo día con colores más claros o modo noche con tonos oscuros para no deslumbrar).
- Los botones para activar/desactivar avisos de alarma por velocidades (pese al control dinámico de las interdistancias es preferible tener acotadas las velocidades) y aviso de pérdida de cobertura de señal GPS.
- Inicio y parada del almacenamiento de las medidas
- Salir de la pantalla de captura.

Además, respecto a la versión del prototipo en la final se implementó la posibilidad de seguir capturando medidas de iluminancia a intervalos regulares de tiempo cuando no se recibe señal GPS alguna, para poder interpolar los datos entre dos medidas de posición válidas. Con esto lo que se obtiene es la posibilidad de seguir midiendo en el interior de túneles y

otras zonas donde no se recibe suficiente señal GPS. Al ser intervalos regulares en el tiempo y no en la distancia, para garantizar distancias uniformes entre medidas es necesario una velocidad lo más constante posible, de ahí el uso de alarmas de velocidad.

Una vez realizadas las medidas estas son procesadas y almacenadas en la base de datos interna del programa, siendo accesibles desde la pantalla de procesamiento de datos.

Figura 6: Pantalla de procesado de datos.



En la figura 6 se pueden distinguir las diferentes partes de la pantalla de procesado de datos. En la barra superior se encuentran los accesos a otras partes del software. A continuación se encuentran dos paneles donde se pueden seleccionar dos tareas y se muestran datos de las tareas y los parámetros lumínicos asociados para la totalidad o para el tramo visualizado en el gráfico:

- Iluminancia media
- Iluminancia máxima
- Iluminancia mínima
- Uniformidad media
- Uniformidad extrema

En el panel de la tarea 2 se muestran también las diferencias porcentuales entre las dos tareas seleccionadas.

En la parte inferior de la pantalla se encuentra el gráfico de evolución de la iluminancia, con sendos controles en la parte superior e inferior del mismo. En estos controles se puede seleccionar que valores se muestran en pantalla (media de los sensores, sensores individuales, etc.), las operaciones que se pueden realizar sobre las tareas (recortar, listar y modificar medidas individuales, guardar o descartar cambios, ajustar el casamiento en la comparación de tareas etc. También se hallan los controles para el grafico, pudiéndose

ampliar/reducir la vista o desplazar lateralmente. Así mismo se puede seleccionar la visualización de parámetros de referencia preestablecidos.

En la parte inferior del gráfico de evolución se muestran los valores sobre los que se sitúa el cursor dentro de la pantalla, así como el comentario que se haya introducido si es el caso en el punto seleccionado.

En la esquina inferior derecha se encuentran los controles para abandonar la pantalla y para la generación de informes de tareas individuales, comparativas y listados de tareas y sus respectivos valores que cumplan ciertos criterios.

3.3. Medidas

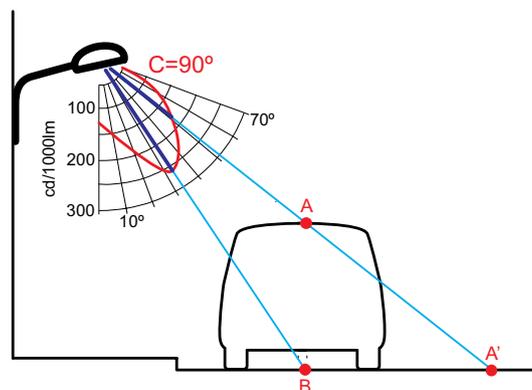
Uno de los aspectos principales del sistema es la utilización de un vehículo a la hora de realizar las medidas. De esta forma se agiliza la toma de datos, haciendo la tarea de medir una calle entera un proceso tan simple y rápido como recorrerla en coche. Pudiendo estudiar grandes áreas, evitando el extrapolar valores a partir de una zona representativa de la calle, proporcionando así una visión más ajustada a la realidad. Otra ventaja derivada es que no son necesarios los cortes de circulación para tomar medidas sobre la calzada, ya que el vehículo puede integrarse en el tráfico.

Existen, en cambio, dos limitaciones que afectan notablemente a la hora de comparar la metodología habitual a la metodología empleando un vehículo:

- El sensor de iluminancia no puede colocarse a nivel del suelo: A causa de posibles interferencias mecánicas con elementos de la vía y por la posible influencia sobre las medidas que puedan tener las sombras y el alumbrado del propio vehículo y de los otros que están circulando, es necesario montar el sensor de iluminancia sobre el techo del vehículo (entre 1,4 y 1,8 metros, según modelo).
- El alcance del sistema no es el mismo que al tomar las medidas de forma manual: Las posiciones posibles para realizar medidas están limitadas por los lugares por donde pueda circular el vehículo. Es decir, únicamente se pueden medir sobre los carriles por los que está permitido circular, excluyendo posiciones fuera de esos ejes como pueden ser aceras o carriles bici. Aún así, la mejora al ser más compacto permite al sistema implementarse satisfactoriamente fuera del vehículo, permitiendo medir en zonas no habilitadas para el tránsito.

La consecuencia principal derivada sobretodo de la primera limitación es que las iluminancias medias y uniformidades obtenidas, de esta manera y por los métodos habituales no son, a priori, valores comparables.

Figura 7: Distribución de la luz en plano suelo y plano coche.



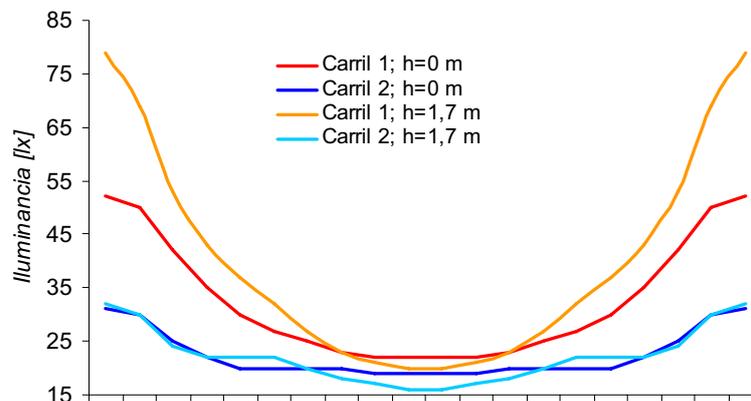
En la figura 7 se puede observar, mediante la curva de distribución luminosa (diagrama polar) superpuesta, que la intensidad luminosa puede ser diferente en los puntos A y B, variando según la disposición de los elementos y la forma de distribuir la luz de la luminaria.

Es, por lo tanto, imposible de extrapolar la iluminancia en el punto B (en el suelo) a partir de la iluminancia observada en el punto A (techo del vehículo) sin conocer con detalle la posición de los elementos y las características de la luminaria. Si las medidas de iluminancia no se pueden relacionar en planos diferentes, como es el caso del presente sistemas en el que no intervienen en los cálculos datos de las instalaciones, los parámetros basados en una medida puntual, como pueden ser las uniformidades tampoco serán comparables en un plano y en otro.

Pese a ello, la evolución de las iluminancias puntuales a lo largo del recorrido muestra comportamientos parecidos aun tratándose siempre de valores diferentes en las dos alturas. En la figura 8 se pueden observar evoluciones parecidas de iluminancias sobre el eje de la calzada entre dos puntos de luz con luminarias a 8 metros de altura, separadas 25 metros y equipadas con lámparas de 150 W de vapor de sodio de alta presión. Dependiendo del carril no solamente el comportamiento es similar, sino que prácticamente también lo son los valores (líneas azules).

Se observa de lo anteriormente comentado, que los valores de iluminancia no son iguales en planos diferentes y la diferencia entre ellos depende entre otros factores de las posiciones de los elementos involucrados, si bien las iluminancias tienen comportamiento muy parecido y compensado, es decir, la distribución de las iluminancias hace que en el plano superior sean más altas en los puntos de iluminancias máximas y más bajas en los puntos de iluminancias mínimas, compensando las iluminancias medias y haciéndolas similares, pero a costa de hacer aún más diferentes las uniformidades (generalmente siempre por debajo de las medidas a nivel del suelo).

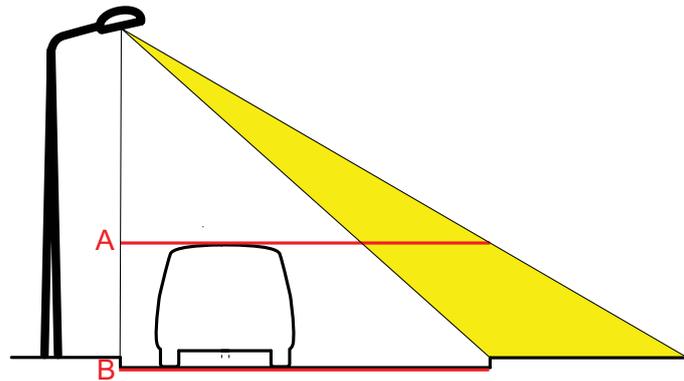
Figura 8: Pantalla de procesamiento de datos.



En el caso de la iluminancia media la situación podría ser diferente al no depender de medidas puntuales sino del conjunto de ellas; la iluminancia media se había definido como el flujo lumínico dividido por la superficie que se estudia. En la figura 5 se puede observar que a pesar de tratarse superficies iguales en el plano A y B, nuevamente según la disposición de los elementos el flujo puede ser diferente en ambos planos (en amarillo la diferencia). El flujo del plano B sólo cubre una parte de la superficie en el plano A, resultando más denso en esa zona, provocando los valores máximos mayores de iluminancia que se observan en la figura 4 (color naranja) respecto a nivel del suelo (color rojo). Si además tenemos en

cuenta que el vehículo puede medir en la zona de flujo adicional (zona amarilla) donde la intensidad de la luz puede ser diferente (según la curva de intensidad luminosa) las iluminancias medias pueden diferir más aún. A modo de ejemplo, en una calzada de 6 metros de anchura el flujo adicional medido oscila entre un 4 y un 7 por ciento dependiendo si se trata de una iluminación vial funcional de 8 metros o ambiental con luminarias de 3,6 metros.

Figura 9: Ejemplo de la diferencia de flujo entre los dos planos.



A partir de lo anteriormente expuesto se puede decir que, generalmente, los valores de iluminancias medias y uniformidades obtenidos por métodos tradicionales, como los observados por el Reglamento de eficiencia energética no son valores directamente comparables si se realizan mediante un vehículo, aunque los valores de iluminancia media son aceptablemente parecidos y las uniformidades obtenidas acotan inferiormente los valores reales.

El hecho de que las medidas no sean directamente comparables con los métodos habituales, no impide la utilidad de las medidas, ya que permite constatar las variaciones de iluminancias, y por ende, del flujo lumínico útil que dan las luminarias, de forma que el comportamiento y evolución de una metodología se puede valorar con el de la otra. Es decir, estudiando el comportamiento de las medidas a lo largo del tiempo (entre diferentes sesiones de medidas en diferentes días) y a lo largo del recorrido (en una misma sesión de medidas en función de la distancia) mediante el vehículo puede permitir sacar conclusiones sobre el comportamiento y la evolución de las iluminancias medias y uniformidades que se obtendrían por métodos manuales. Por ejemplo, una reducción en el flujo por suciedad o depreciación de las lámparas en las luminarias afectará tanto a los valores obtenidos por un método como en otro, por lo tanto si se encuentra un descenso de la iluminancia media por un método es de esperar que por el otro también se encuentre un descenso proporcional. De la misma manera sucedería con las uniformidades, un descenso de la uniformidad media por una lámpara fundida implicaría descenso de la uniformidad media obtenida por ambos métodos.

$$E_H = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (1)$$

De esta manera, con una formulación alternativa de la iluminancia horizontal con la ecuación 1 (donde α es el grado de incidencia de la intensidad sobre el punto, d la distancia del punto con la luminaria y h la altura de la misma) se observa una dependencia lineal de la iluminancia horizontal respecto al intensidad, hecho que hace que una variación de las intensidades (por suciedad uniforme o depreciación de la lámpara) afecte de la misma manera, en un porcentaje común determinado, a todas las iluminancias. En el caso de que haya más de un punto de luz, hay que considerar la influencia de los diversos puntos en las

diferentes posiciones medidas, pero en el caso de comparaciones en planos con diferentes alturas, debido a la disposición horizontal de los puntos de luz la influencia será parecida entre dos puntos sobre la misma vertical (misma distancia de los puntos aproximadamente).

Además, estableciendo unas medidas de partida según la metodología habitual y en paralelo realizando medidas en el plano del vehículo se podrá posteriormente estudiar el comportamiento que tendrían las iluminancias medias a nivel de suelo mediante el uso de un factor calculado a partir de las dos medidas iniciales.

Este factor de error de las iluminancias medias, de las medidas en el techo del vehículo respecto a las medidas en el suelo, será muy similar en el tiempo. Por lo cual, en el cálculo del factor de mantenimiento como este error está en ambas medidas se cancelará y el factor de mantenimiento resultante será prácticamente igual al obtenido realizando las medidas en el suelo.

Este comportamiento se puede observar también en el cálculo de la eficiencia energética y el factor de mantenimiento, cancelándose el error, incluso, en el segundo.

Así pues, resumiendo, si bien la metodología de medición de iluminancias con un vehículo no puede proporcionar valores absolutos directamente comparables con los valores establecidos sobre las prestaciones de las instalaciones, sí que puede ser útil para controlar y hacer el seguimiento de las prestaciones de las instalaciones y de la efectividad las actuaciones realizadas y de la evolución de la eficiencia energética y el factor de mantenimiento, todo de una forma mucho más ágil, sencilla y extensiva.

3.4. Aplicaciones

3.4.1 Seguimiento del mantenimiento de las instalaciones de alumbrado exterior

Permite controlar la evolución del factor de mantenimiento de la instalación, y por tanto de su depreciación. Este seguimiento permite elaborar políticas de mantenimiento preventivo más ajustadas al estado de las instalaciones, garantizando así unas malas prestaciones debido unos periodos entre operaciones excesivamente largo, o bien ahorrando unos costes adicionales debidos a periodos excesivamente cortos en relación a la depreciación existente.

También permite observar rápidamente la efectividad de operaciones de mantenimiento o de otros factores que puedan afectar a la iluminación de la zona, como el apantallamiento por ramas de árboles antes y después de podado.

3.4.2. Estudios lumínicos de reales y a gran escala de las instalaciones

Debido a la agilidad del sistema es posible estudiar todas las calles, no únicamente mediante zonas representativas, y se hace teniendo en cuenta las diferentes influencias que puede haber a lo largo de un tramo con el mismo tipo de instalación (diferente vegetación o depreciación, influencia de otros alumbrados, etc.) y que a menudo no se considera en la zona representativa de medida tradicional.

También puede ser de utilidad en el desarrollo de planes directores de alumbrado público, no únicamente en el sentido de conocimiento de niveles sino en la uniformidad de niveles a lo largo del municipio. Una mayor uniformidad de niveles puede conducir a un ahorro energético si las zonas con más iluminación se ajustan al nivel de las demás (siempre y cuando las características de las zonas sean las mismas) y un menor número de quejas vecinales acerca de que su calle está menos iluminada que otras.

3.4.3. Zonas transitadas o especiales

Al poder medir sobre un vehículo es posible medir zonas sin la necesidad de cortar el tránsito para poder medir manualmente. También puede ser útil para la valoración de la iluminación en túneles, no solo para no tener que interrumpir el tráfico, sino para estudiar las transiciones de iluminación a la salida del túnel.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha descrito una aplicación para la monitorización de los niveles de alumbrado en vías públicas de forma mucho más ágil y extensiva que las metodologías existentes, de forma que permite conocer de forma mucho más detallada y actualizada el comportamiento de las instalaciones. Si bien las medidas no son directamente comparables entre las dos metodologías, la variación de los valores es coherente entre ellas, mostrando el mismo comportamiento y pudiendo extrapolar las mismas conclusiones del mismo. Estas conclusiones pueden ser útiles para un mantenimiento más eficiente, una supervisión más sencilla y detallada de las instalaciones y una mejor política de alumbrado para el municipio.

5. Referencias

CIE [Comisión Internacional de Iluminación] 1977. Depreciación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público. Publicación CIE nº 33-1977. [T.C. 4.6]

Manzano, E.R. Estudio de una metodología para evaluar la calidad del servicio del alumbrado urbano. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya 2000. [Caps. 1 y 5]

CIE [Comisión Internacional de Iluminación] 1999. Informe técnico. Métodos de diseño para la iluminación de Carreteras. CIE nº 132-1999. [Págs. 2 y 3]

Correspondencia (Para más información contacte con):

Rubén Sanz Ciria.

Departamento de Proyectos de Ingeniería – Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)

Av. Diagonal, 647, Planta 10. 08028 BARCELONA.

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Phone: + 34 93 401 71 66

E-mail : ruben.sanz@upc.edu