

Mapa Lumínico
Campus de Teatinos,
Universidad de Málaga,
Diciembre 2014.



Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales

<http://www.greenglobe.es>

	pag.
Presentación empresa	3
Servicios de Sostenibilidad en el Alumbrado Público	4
Trabajos destacados.	6
Mapa de evaluación del flujo lumínico del Alumbrado Público Municipal.	9
Toma de datos y planos municipios de Universidad de Málaga	14
Localización y fecha.	14
Material y método	15
Análisis de las mediciones y del estado del alumbrado.	17
Comparación de las medidas.	22

Presentación.

Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales como empresa Spin Off de la Universidad de Málaga tiene como objetivos la investigación de nuevas metodologías y el desarrollo de tecnologías que mejoren la sostenibilidad ambiental, conlleven el aumento de la eficiencia energética y provoquen un ahorro económico en empresas, instituciones y administraciones.

Desde los orígenes de la empresa se ha establecido una colaboración constante con Universidades, Grupos de Investigación e Instituciones nacionales e internacionales que están a la vanguardia en la investigación de



temas tan diversos como, la huella de carbono y huella energética, los sistemas de información geográfica, los sistemas de teledetección y telegestión, la luminotecnica, el análisis del ciclo de vida de productos, etc.

Gracias a esta colaboración el departamento de I+D+i de Green Globe ha participado en una decena de proyectos de investigación europeos en diferentes programas tales como: Seventh Framework Programme, Life +, Sudoe Interreg, Med Programme, Eco-Innovation y Horizon 2020 siendo miembro activo en los distintos proyectos e investigando y desarrollando soluciones innovadoras que generan valor a clientes y a la sociedad en general.



Fruto de la investigación constante y el desarrollo de nuevos productos Green Globe ofrece servicios de consultoría y desarrollo de proyectos e ingeniería a empresas, instituciones y administraciones. En referencia al alumbrado público municipal Green Globe trabaja ofreciendo distintas soluciones para mejorar la eficiencia y sostenibilidad ambiental del mismo.



Servicios de Sostenibilidad en el Alumbrado Público.

- Inventariado y caracterización de las instalaciones existentes.

Realizamos un inventario, análisis y caracterización de las instalaciones de alumbrado. Dicho inventario se carga en un sistema de información geográfica que permite un acceso fácil y rápido de la información que mejora la gestión del alumbrado municipal ya que facilita la toma de decisiones.



- Asesoramiento independiente para el cambio.



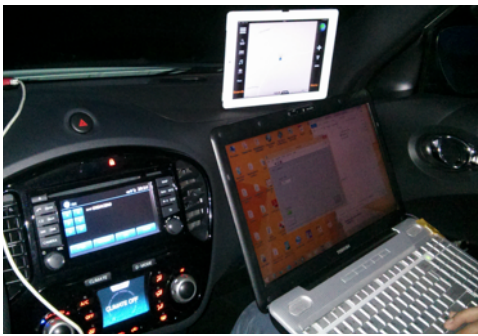
Prestamos un servicio de asesoramiento a empresas y administraciones para la toma de decisiones de cambio de iluminación. Evaluamos los cambios de forma objetiva, basado en ahorro energético, mejora de los niveles de iluminación, mantenimiento y calidad de los equipos y plazos de amortización de las nuevas instalaciones.

- Proyectos de instalaciones de alumbrado público. Auditorias de Alumbrado.

Estudios y proyectos luminotécnicos de sustitución y de nuevas instalaciones de alumbrado público cumpliendo los requisitos de la normativa autonómica y estatal. Auditorias energéticas y del estado del alumbrado público en municipios. Estudios y simulaciones de las nuevas instalaciones.



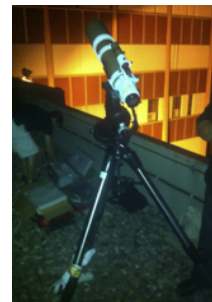
- Mapas lumínicos.



Realización de mapas de niveles de iluminación del alumbrado público para evaluar cambios y funcionamiento de las instalaciones.

- Mediciones de contaminación lumínica.

Somos la empresa referencia en cuanto a medida y evaluación de la contaminación lumínica habiendo desarrollado metodologías de análisis y determinación de la misma.



- Certificación de la calidad del cielo nocturno.

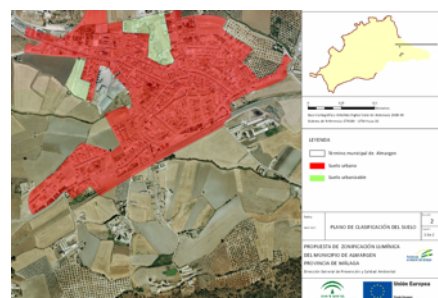


Para la protección del cielo nocturno y el reconocimiento de la calidad del cielo se emiten diferentes reconocimientos que promocionan espacios como reservas de cielo estrellado. Estas certificaciones emitidas por organismos internacionales IDA, UNESCO, etc. requieren de un análisis y medición y de un proceso de

verificación de la calidad que realizamos.

- Zonificación lumínica.

Según el Decreto 357/2010 de la Comunidad Autónoma de Andalucía se exige a los Ayuntamientos zonificar su territorio en función de distintas zonas de admisión lumínica. Green Globe es la empresa que presta servicio al área de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y a los Ayuntamientos ara realizar la zonificación lumínica tal y como marca el reglamento.



Sostenibilidad en el Alumbrado Público. Trabajos destacados.

Estudio de la Contaminación Lumínica de los Campus Universitarios de Andalucía.

Año	2011
Cliente	Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
Descripción	Análisis y Evaluación de la Contaminación Lumínica en los Campus Universitarios de Andalucía

Inventariado y Caracterización de los Campus universitarios de Andalucía.

Año	2012
Cliente	Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
Descripción	Realización de una base de datos GIS con los datos de inventario de las instalaciones de alumbrado público de los campus andaluces.

Evaluación de la Contaminación Lumínica Parque Natural Sierra de las Nieves - Sierra de Ronda. Reserva de la biosfera.

Año	2013
Cliente	Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
Descripción	Toma de medidas y análisis de las mismas mediante sistema desarrollado por Green Globe.

Mapa Lumínico Campus Cantoblanco Universidad Autónoma de Madrid.

Año	2013
Cliente	Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
Descripción	Toma de medidas y análisis de las mismas mediante sistema desarrollado por Green Globe.

Proyecto de sustitución de las Instalaciones y Auditoria de Alumbrado en el Campus Universitario de Teatinos Málaga.

Año	2014
Cliente	Universidad de Málaga.
Descripción	Auditoria de Alumbrado público y realización del proyecto de instalación y cambio de alumbrado en el Campus de Teatinos.

Proyectos nuevas instalaciones de alumbrado público y de sustitución en municipios.

Año	2013 - 2015
Clientes	Ayuntamientos. Diputación de Málaga.
Descripción	Realización proyectos de nuevas instalaciones y de cambio de alumbrado en 10 municipios menores de 2000 habitantes en la provincia de Málaga.

Mapas Lumínicos Municipios.

Año	2013-2015
Clientes	Empresas de Servicios Energéticos: SICE, Moneleg, L1a Soluciones eléctricas, Cofely, Ferroviario Servicios, ESCO CP , Cactus2e, etc.
Descripción	Realización de mapas lumínicos de más de 20 municipios en todo el territorio nacional para la evaluación de cambio y sustitución de alumbrado público.

Inventariado y caracterización de alumbrado público municipios de Córdoba.

Año	2014 - 2015
Clientes	Agencia de Medio Ambiente y Agua. Junta de Andalucía - Diputación de Córdoba.
Descripción	Inventariado en una Base de Datos GIS de 17 municipios de la Provincia de Córdoba para la ampliación de la Encuesta de Infraestructura Urbano de la Diputación de Córdoba.

Zonificación lumínica de los municipios de Málaga

Año	2014
Cliente	Agencia de Medio Ambiente y Agua. Junta de Andalucía.
Descripción	Zonificación lumínica de todos los municipios de Málaga para el cumplimiento del Decreto 357/2010.

Zonificación lumínica municipios de Córdoba.

Año	2014 - 2015
Clientes	Agencia de Medio Ambiente y Agua. Junta de Andalucía. - Diputación de Córdoba.
Descripción	Zonificación lumínica de todos los municipios de Córdoba para el cumplimiento del Decreto 357/2010.

Zonificación Lumínica e inventariado de las Instalaciones de Alumbrado Público para PGOU Mollina (Málaga).

Año	2015
Cliente	Ayuntamiento de Mollina
Descripción	Realización del inventario en base de datos gis y la realización de la zonificación lumínica para el Plan General de Ordenación Urbana del Municipio de Mollina (Málaga).

Certificación y evaluación de la contaminación lumínica Parque Nacional y Parque Natural de Doñana.

Año	2014 - 2015
Cliente	Agencia de Medio Ambiente y Agua. Junta de Andalucía.
Descripción	Realización de distintas medidas de contaminación lumínica en el Espacio Natural de Doñana para la certificación del mismo.

Mapa de evaluación del flujo lumínico del Alumbrado Público Municipal.

A la hora de afrontar un proyecto de cambio, sustitución o renovación del alumbrado público de un Municipio es imprescindible conocer los niveles lumínicos que se tienen de partida (antes de realizar los cambios) para poder evaluar:

- Las calles y viales con déficit o exceso de iluminación.
- Evaluar los niveles de uniformidad de flujo lumínico estos viales.
- Reconocer zonas con fallos en la iluminación.

Con estos datos se puede realizar un proyecto de sustitución basado en las necesidades reales de iluminación del municipio y cuantificadas numéricamente.

Tras realizar las actuaciones de sustitución y renovación del alumbrado ha de evaluarse la mejora los niveles de iluminación en las zonas con déficit aumentándolo y en las que hubiera de exceso reduciéndolo. De la misma manera se tiene que conocer la uniformidad del flujo lumínico en las calles para evaluar si ha aumentado o disminuido.

El proceso tradicional de evaluación de los niveles de iluminancia media real y uniformidad de las calles es un método que requiere una cantidad de personal, tiempo y medios materiales elevados siendo muy costoso a la hora de evaluar municipios enteros.

En Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales nos hemos valido de la última tecnología para desarrollar un método de evaluación de los niveles de flujo lumínico que mejore los sistemas tradicionales, ahorre tiempo y costes económicos y arroje datos reales, fiables, precisos y repetibles en el tiempo.

El método de elaboración de los mapas de evaluación del flujo lumínico del Alumbrado Público Municipal se basa en la minería de datos, data mining o big data, lo que significa que se obtiene de un gran volumen de datos puntuales de los niveles de iluminación de cada calle por medio de distintas sondas

luxométricas colocadas en el techo de un vehículo. A medida que el vehículo circula por las calles un ordenador recoge los datos quedando registrados con la posición de cada uno de ellos en cada calle o vial. En una calle de unos 500 metros de longitud se pueden registrar de cientos a miles de datos de iluminancia posicionados. El tratamiento de los datos registrados se hace con software de sistemas de información geográfica GIS realizando un geoproceto desarrollado por Green Globe específicamente para la evaluación de la iluminancia real en cada calle donde se procesan los datos registrados por las sondas luxométricas, la velocidad del vehículo y las características geométricas de cada calle y vial. El resultado es un mapa de iluminancia media real en lux, el mapa de uniformidad media y un mapa con los niveles puntuales de iluminación por cada calle del municipio donde los resultados se pueden reconocer visualmente de forma fácil e intuitiva. Estos datos ofrecen la posibilidad de exportación al visualizador de mapas Google Earth.

Para el desarrollo de este sistema existen una serie de factores que lo hacen determinante:

- La velocidad a la que circula el vehículo. Se desestiman los valores tomados por encima y por debajo de unas determinadas velocidades.
- Las sondas luxométricas empleadas. Se han seleccionado las sondas de instantánea estabilización y de precisión 0.01 lux.
- Software de registro de datos geolocalizados desarrollado por Green Globe.
- Tratamiento y geoproceto de los datos registrados con sistema de información geográfico desarrollado por Green Globe que ofrece datos de iluminancia media real y de uniformidad equiparables a los que propone el método de los nueve puntos de la ITC-EA-07 del RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado. El método de los 9 puntos se basa en las medidas de

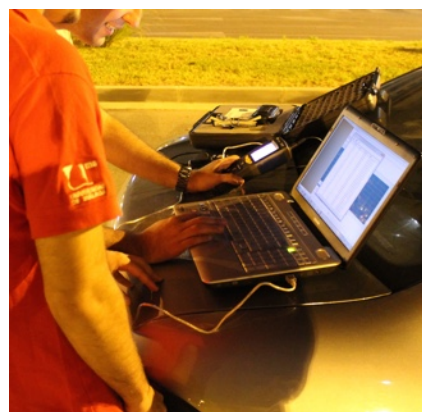


Imagen de la puesta en funcionamiento de los equipos la realización de las mediciones.

puntos distribuidos uniformemente entre dos puntos de luz en una misma calle, con el sistema desarrollado se obtiene un volumen de puntos mayor y distribuidos por todo el vial con lo que se obtienen unos datos más precisos y cercanos a la realidad de cada calle.

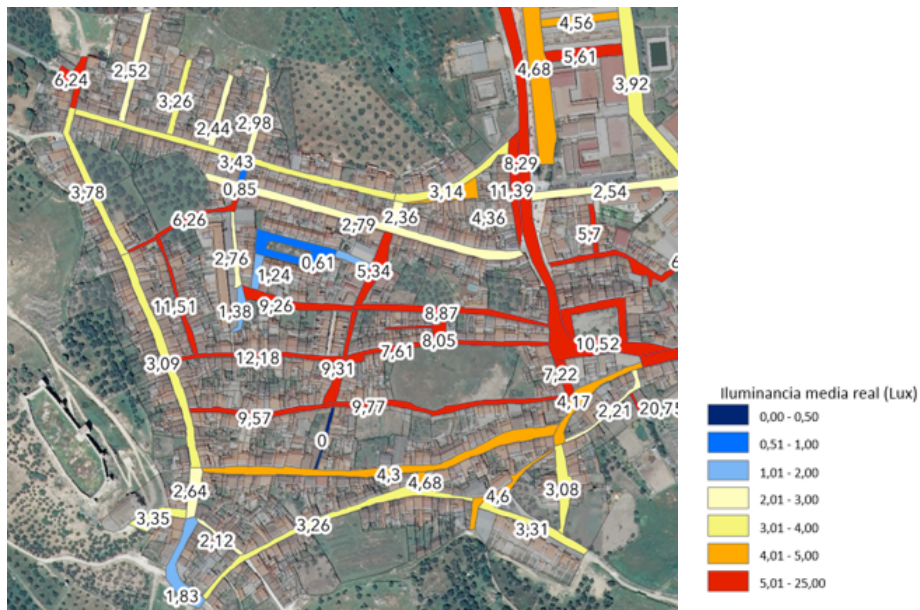
Como resultado se obtienen 3 tipos de mapas que se explican a continuación:

- Mapa Nivel de Iluminación Puntos de Medida.



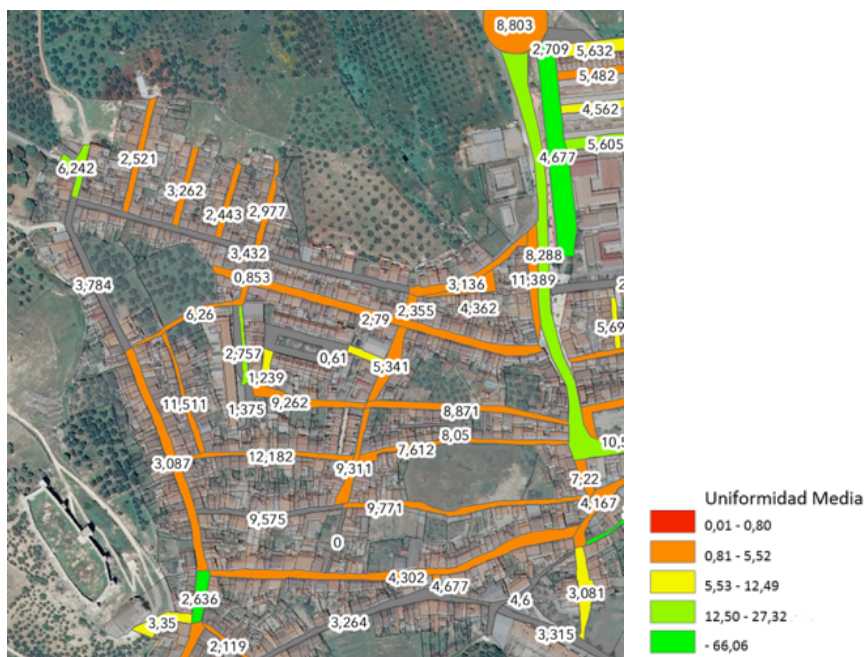
Se muestra una nube de puntos con los valores tomados en cada zona de la calle. Ofrece una visión global del estado de la iluminación en cada calle. Con este mapa se puede ver las zonas de las calles más y menos iluminadas zonas dónde puede haber una posible avería de la instalación y que necesite reparación.

- Mapa Iluminancia Media Real en Lux.



En este plano se puede observar los niveles de iluminancia media real de cada calle. Ofrece una información rápida de los niveles de cada calle.

- Mapa Uniformidad Media Real.



En este plano se ve la uniformidad media calculada para calle.

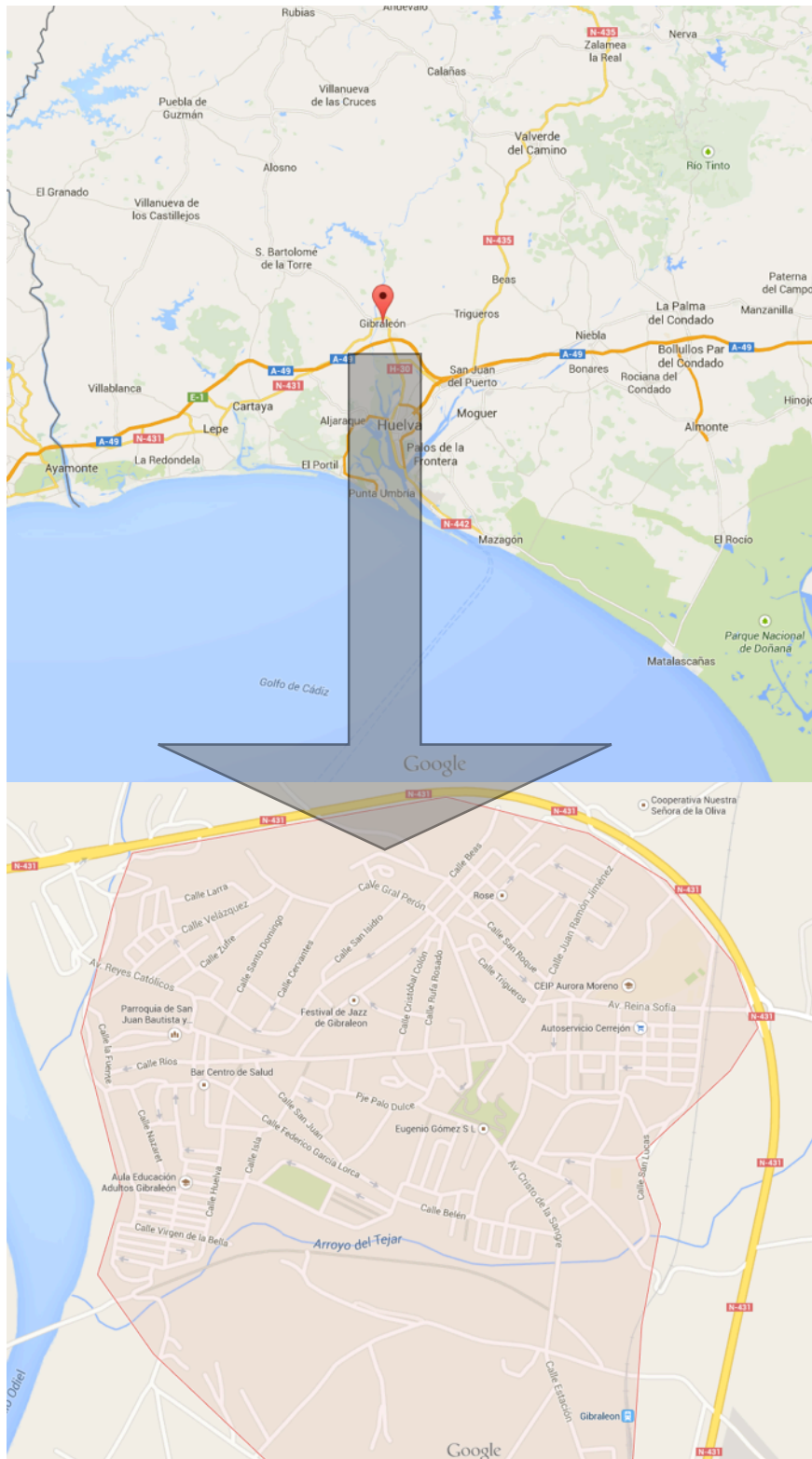
En definitiva las ventajas principales de la elección del Mapa de evaluación del flujo lumínico del Alumbrado Público Municipal mediante el sistema desarrollado por Green Globe se destaca:

- Disminución de los costes de realización de estudios de nivel y calidad iluminación.
- Rapidez en la toma de datos y volcado digital.
- Mejora en la toma de decisiones de cambio de alumbrado.
- Obtención de datos precisos, fiables y repetibles de iluminación de las instalaciones de alumbrado.
- Verificación de la mejora de la instalación en el proceso de cambio del alumbrado.
- Optimización de ahorro energético por calle en función de las necesidades de iluminación de cada una de ellas.

Toma de datos y planos Campus Teatinos.

Localización y fecha.

Las medidas de iluminancia real fueron tomadas en el Campus de Teatinos en la Universidad de Málaga. En las noches del 2, 3 y 4 de diciembre de 2014.



Material y método.

Para la toma de medidas se han utilizado sondas luxométricas con fotodiodo de silicio con filtro $V(\lambda)$ de clase B con rango de medida de 0.01 lux a 199 900 lux y con una frecuencia de dos medidas por segundo que cumple con todos los requerimientos de los estándares 5032-7 y CEI 69, así como la corrección del coseno para la incidencia de la luz en oblicuo.

Las medidas se han registrado con un dispositivo desarrollado específicamente para tal fin que se compone de un hardware que automatiza la toma de mediciones de iluminancia y las geolocaliza gracias al uso de un GPS y un software desarrollado para tal fin. Por medio de este dispositivo se instalan las sondas medidoras en el techo del automóvil y registra la iluminancia y la posición por cada segundo.

En la medición se ha tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Que la velocidad del automóvil fuera constante sobre unos 10km/h y nunca superior a los 20 km/h.
- Se ha buscado unas sondas luxométricas con una estabilización de medidas rápida y precisa.
- Se han despreciado de la muestra las medidas al inicio de una serie de mediciones y al final.
- Se ha evitado las mediciones cuando el piso está mojado, hay lluvia o condiciones climatológicas desfavorables, porque pueden presentarse reflexiones que introducen errores.

Una vez registradas las medidas de iluminancia se dispone una malla de puntos en las calles ha transitado el vehículo con el dispositivo de toma de datos instalado.

Se ha usado un método de cálculo de medida de iluminancia media real haciendo uso de sistemas de información geográfica valorando las calles por tramos con igual tipo de alumbrado. Para esto se ha desarrollado un geoproceto que analiza los polígonos (calles) y los puntos (medidas de iluminancia) que están

contenidos en las calles o están contiguos devolviendo la iluminancia media real de cada calle en luxes. En este geoproceso se tiene en cuenta también la velocidad a la que va el automóvil en el momento en el que registra la medida, la geometría de la calle o vía, el número de puntos de medidas y la posición de la misma. Para el trazado de cada polígono se ha tenido en cuenta el tipo de alumbrado y la forma de la misma.

En cuanto a la determinación de la uniformidad media se ha tomado el valor mínimo registrado por la sonda en cada calle o polígono y se ha dividido entre el valor de la iluminancia media real tal y como se determina en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, Instrucción Técnica 07 (ITC-EA-07). En calles o zonas donde la sonda haya registrado un valor próximo a cero bien por falta de iluminación o por la generación de sombras de los árboles o elementos arquitectónicos el valor de la uniformidad es cero.

Este método ofrece mediciones de iluminancia media real muy equiparables a las que exige el reglamento de eficiencia energética de alumbrado público. El método que fija el reglamento se basa en 9 puntos distribuidos espacialmente entre 2 luminarias de similares características. Con la medición realizada con el automóvil para cada tramo de calle se puede registrar del orden de la centena de mediciones distribuidas regularmente por todo el espacio lo que ofrece una idea más global y real del estado del alumbrado. Además podemos observar puntualmente (con el mapa de puntos de medida) el estado del alumbrado que muestra zonas con déficit o exceso de iluminación.

Análisis de las mediciones y del estado del alumbrado.

En los días de trabajo se han registrado del orden de 26000 medidas de iluminancia puntuales. De los datos tomados, procesados y mostrados en los distintos planos se arrojan las siguientes conclusiones:

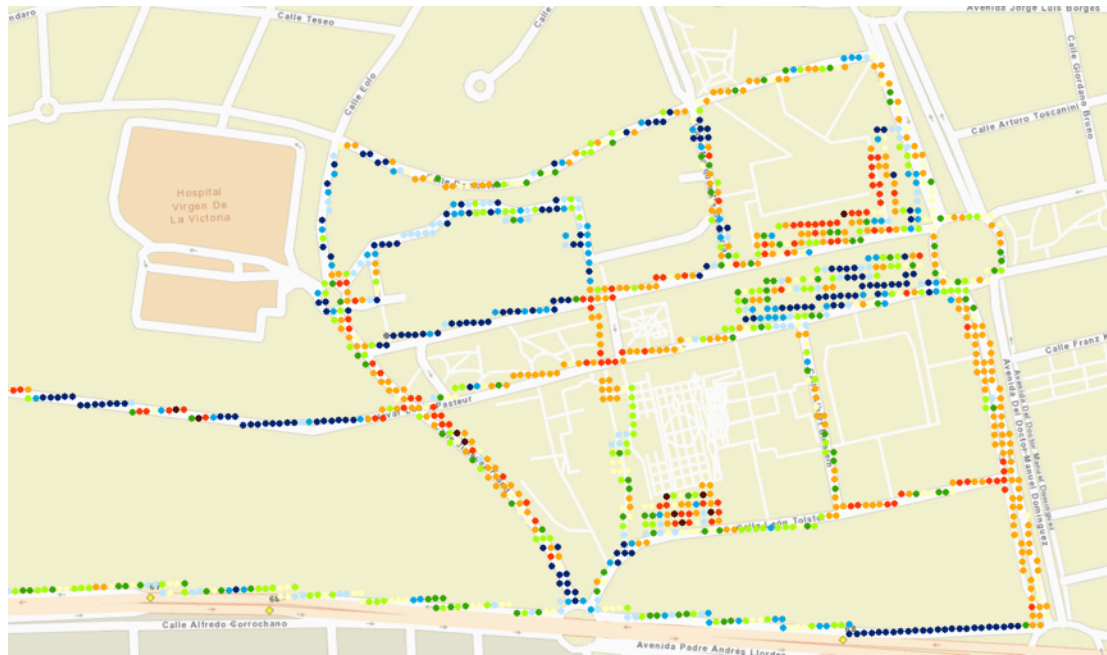
En general flujo luminoso es alto o muy alto para todo el campus siendo más alto en la zona de la ampliación.

Analizando los datos tomados en el la zona más antigua del campus se puede decir que la iluminancia media por calles es correcta en la mayoría de ellas.

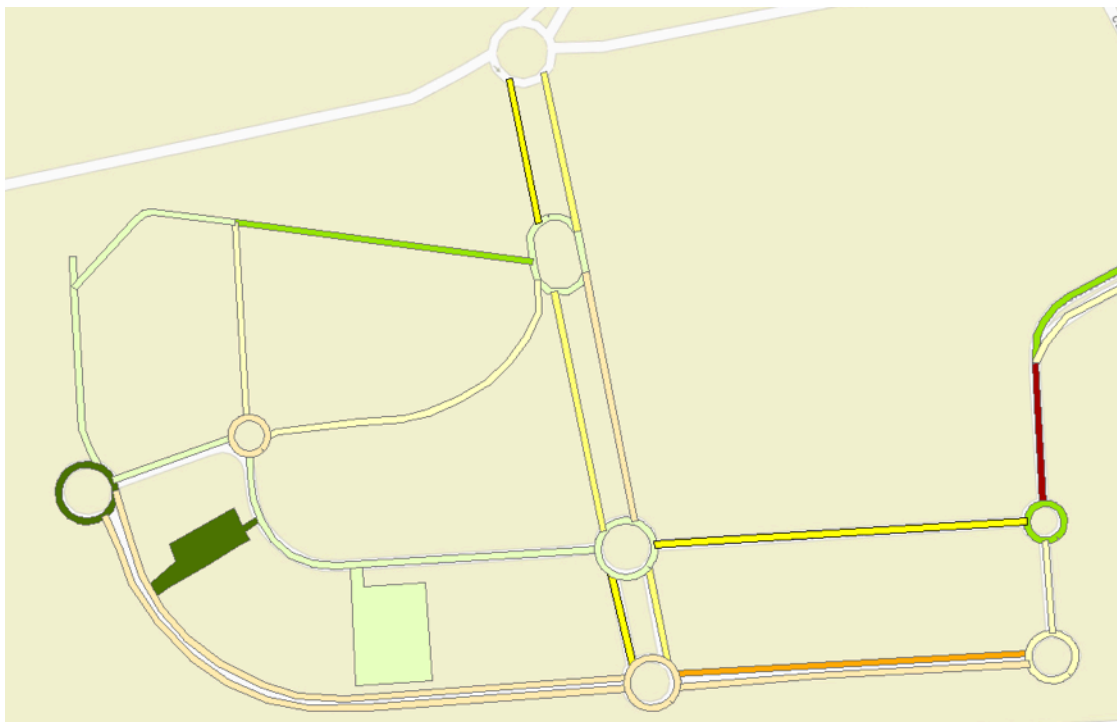


Entorno a 5 - 15 lux. Existen calles donde se debería aumentar el flujo como León de Tolstoi y en el aparcamiento de frente a la facultad de educación.

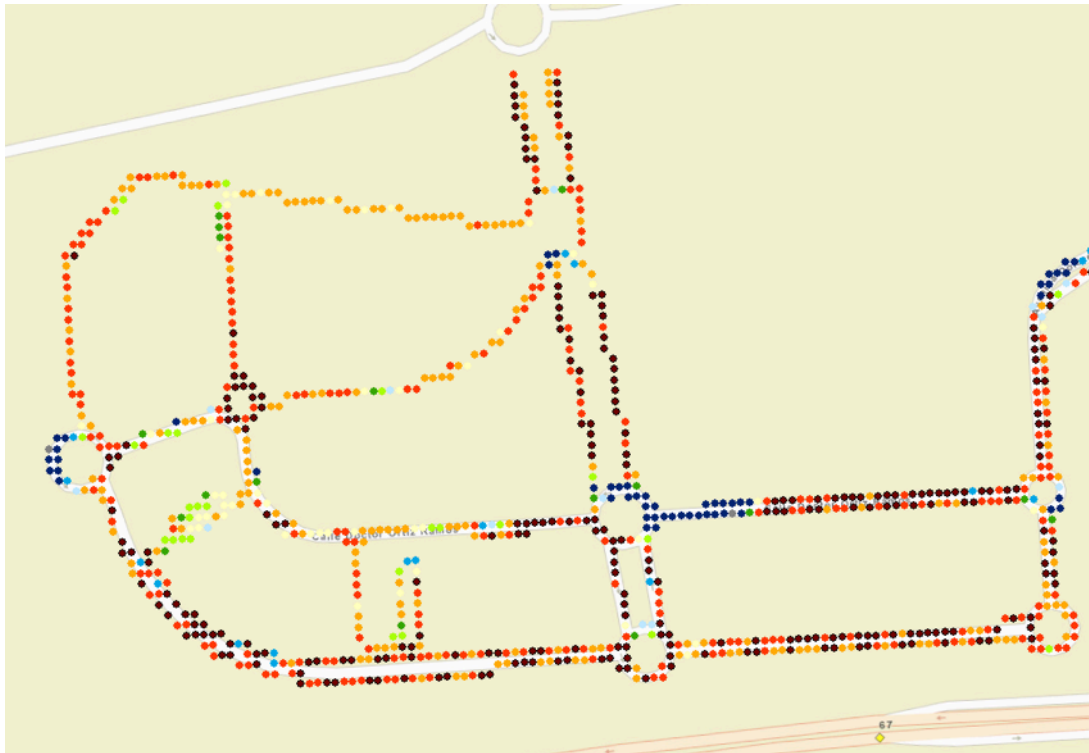
Pero si revisamos el plano de puntos de medida vemos que calles como el Bulevar Louis Pasteur o Jimenez Fraud existen zonas con exceso de iluminación (puntos rojos y naranjas) y con defecto (puntos azules y grises).



En la ampliación del Campus en general la iluminancia media es alta o muy alta por encima de 15 lux. Este flujo es alto aún habiendo tramos de calles con las



luminarias apagadas como muestra la figura de puntos de medida con los puntos en azul.

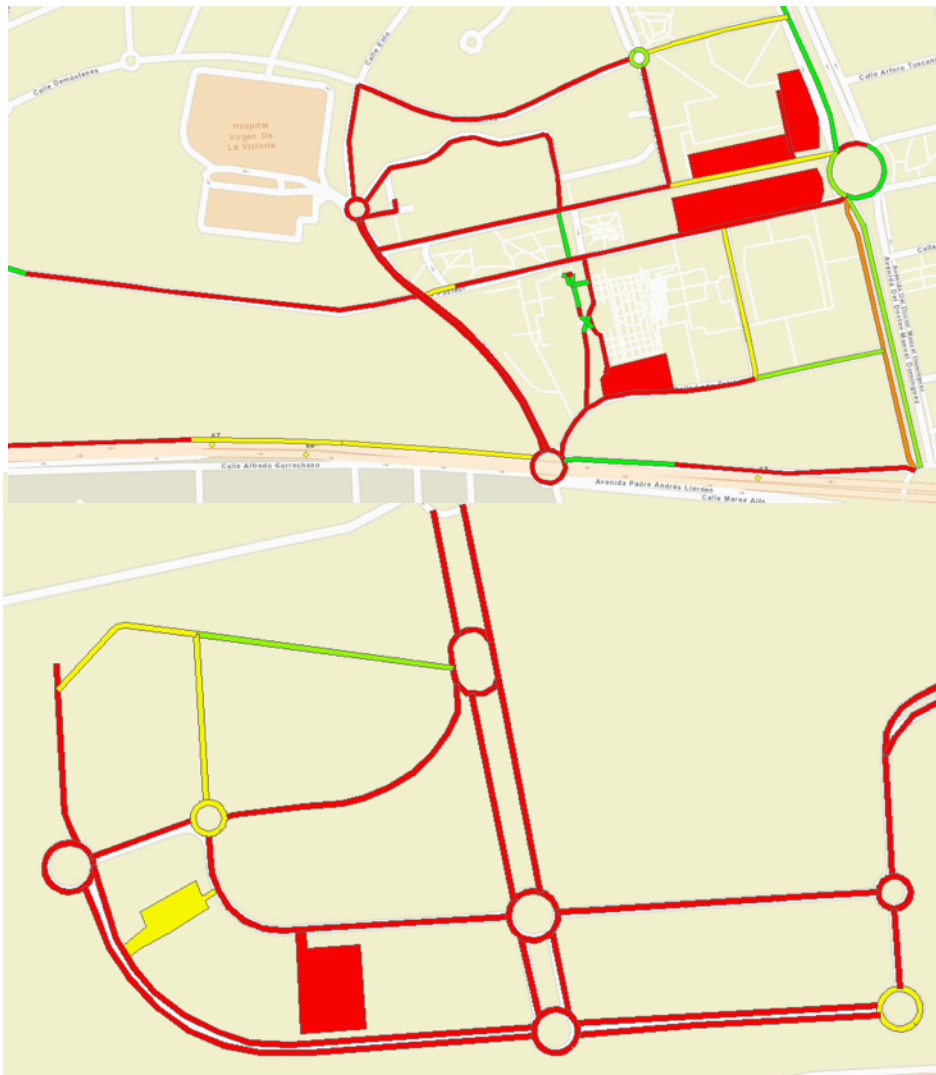


Se recomienda en general reducir el flujo en la zona de la ampliación del campus ya que está sobredimensionada la instalación así como corregir las zonas apagadas o oscuras.

En la zona antigua del campus se recomienda corregir las zonas de sombra del bulevar y la calle Jimenez Fraud así como mejorar la iluminación en la Calle León Tolstoi.

En general en todo el campus la uniformidad es baja debido a los siguientes factores:

- la interdistancia entre luminarias.
- la altura de la luminaria.
- la colocación cercana a muros o paredes o elementos arquitectónicos .
- la presencia en las calles de árboles provocan sombras.
- el tipo de luminaria.
- la fisonomía de las calles.
- el bajo flujo lumínico de ciertas calles.

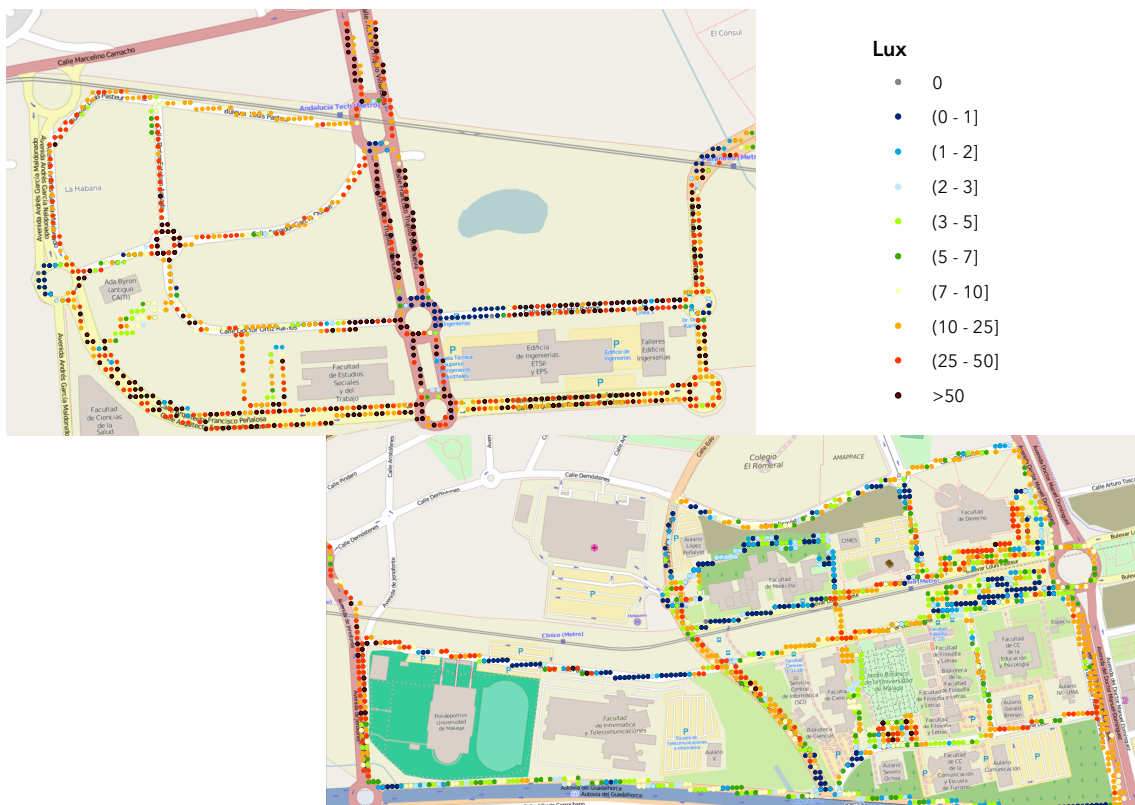


Para mejorar la uniformidad media de las calles en general se propone disminuir la interdistancia entre luminarias y aumentar la altura de las mismas para mejorar la uniformidad allí donde las vías lo permitan. Reducir las zonas donde se encuentre sombras en el alumbrado de la calle producido por algún elemento arquitectónico, por la presencia de arbolado, o por el mal estado de las lámparas o luminarias.

Comparación de las medidas del campus entre la zona de Teatinos y la Ampliación.

Los niveles de iluminación están claramente diferenciados entre ambas zonas campus de teatinos y ampliación del campus. El alumbrado de ambas zonas difiere en antigüedad la zona de la ampliación del campus tiene un alumbrado moderno con poco tiempo. Otro factor es la morfología de los viales en la zona de Teatinos encontramos calles estrechas (a excepción del bulevar y Jimenez Fraud), viales con una disposición irregular de las luminarias, sin embargo en la ampliación del campus los viales tienen gran anchura y las luminarias están dispuestas regularmente con una interdistancia y altura regular.

Estos factores repercuten de forma directa sobre la calidad del alumbrado en ambas zonas junto con la potencia de los equipos instalado y el tipo de lámpara.



En la imágenes se ven los puntos de medida entre ambas zonas. Se ve claramente que los niveles de iluminancia puntual son superiores en la zona de ampliación que en el campus antiguo. Las únicas zonas que se pueden asemejar

en es Jimenez Fraud y la zona del Bulevar Louis Pasteur en su carril pegado a la parte de la Facultad de Ciencias. Esto además se puede observar en los planos de iluminancia media real que se muestran a continuación.

