

Contaminación lumínica observada

con imágenes

por satélite



Observación de la Comunidad de Madrid y, concretamente, de la ciudad de Madrid desde **satélites**, viendo la contaminación lumínica producida; y aportación de alternativas ecológicas y económicas para solventar el problema.

**Juan María García Valverde
y Rocío Ayesa Blanco
IES Santa Teresa de Jesús
Madrid
Grupo Heimdall**

<i>Introducción</i>		<i>página 2</i>
<i>Objetivo</i>		<i>página 4</i>
<i>Metodología</i>		<i>página 5</i>
<i>Análisis de la variación de contaminación lumínica en la Comunidad de Madrid</i>		<i>página 5</i>
<i>Análisis de la variación de contaminación lumínica en la ciudad de Madrid</i>		<i>página 7</i>
<i>Representación y análisis de los datos</i>		<i>página 8</i>
<i>Gráfica 1: Consumo</i>	<i>página 8</i>	
<i>Gráfica 2: Puntos de luz por distrito</i>	<i>página 9</i>	
<i>Gráfica 3: Gasto económico</i>	<i>página 10</i>	
<i>Gráfica 4: Densidad de consumo eléctrico</i>	<i>página 10</i>	
<i>Gráfica 5: N° de farolas por km²</i>	<i>página 11</i>	
<i>Gráfica 6: Farolas medio eficientes</i>	<i>página 12</i>	
<i>Conclusiones</i>		<i>página 13</i>
<i>Gráfica 7: Intensidad de radiación</i>	<i>página 15</i>	
<i>Gráfica 8: Potencia media por luminaria</i>	<i>página 15</i>	
<i>Agradecimientos</i>		<i>página 17</i>
<i>Bibliografía y otras fuentes de consulta</i>		<i>página 18</i>

Introducción

"Las **ciencias** tienen las raíces amargas, pero muy dulces los frutos". Así decía Aristóteles, hace ya más de 2000 años, cuando se refería al esfuerzo que supone la observación e interpretación de fenómenos, la formulación y valoración de hipótesis, el enunciado de teorías... que son las bases de cualquier trabajo científico. Trabajo que se ve compensado cuando, al final, gracias a las conclusiones obtenidas, la humanidad da un pequeño paso más hacia delante, hacia un mundo más completo.

Gracias a las ciencias, el hombre ha ido conociendo el mundo que le rodea, poco a poco. Esto ha permitido un mejor aprovechamiento de los recursos que tenía a su alcance, satisfaciendo sus propias necesidades y logrando una mayor comodidad. El mundo actual no sería concebible sin muchos de los adelantos aportados.

En la actualidad, centrándonos en la industria aeroespacial, específicamente en los satélites que toman fotografías de nuestro planeta, y la accesibilidad a ellos, podemos citar tres fuentes:

- World Wind de la NASA. [10]
- Virtual Earth de Microsoft.[8]
- Google Earth de Google.[12]

Que hayamos podido saber hasta la fecha, Virtual Earth todavía está en fase beta, World Wind aporta mayor número de datos que Google Earth y es un *Open Source*¹, lo que nos permite mayores posibilidades; sin embargo, para la obtención de datos que realizaremos en el trabajo presentado hemos decidido utilizar Google Earth porque tiene mayor accesibilidad.

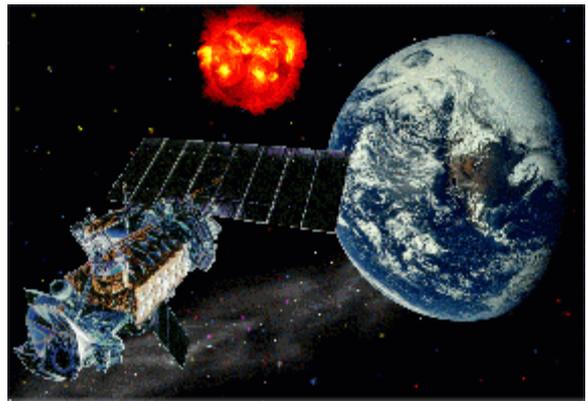


Imagen 1. Satélite

El satélite utilizado por Google forma parte del grupo de Observación de la Tierra del NGDC, sede de los archivos de la Defense Meteorological Satellite Program (DMSP). Además de mantener el archivo, el EOG realiza investigaciones con los datos que obtiene, así como la creación de productos.

¹ **Código abierto** (en [inglés](#) *open source*) es el término con el que se conoce al [software](#) distribuido y desarrollado libremente.

El DMSP, del Departamento de Defensa, es un programa dirigido por la Fuerza Aérea Espacial y el Centro de Sistemas de Misiles (SMC). El DMSP diseña, construye, pone en marcha y mantiene el seguimiento de satélites meteorológicos, oceanográficos y los entornos físicos solar-terrestre.

Cada satélite DMSP tiene una órbita de 101 minutos, síncrona solar cercana al polo a una altitud de 830 kilómetros por encima de la superficie de la Tierra. Los sensores infrarrojos y visibles (OLS) recogen las imágenes a través de una franja de 3.000 kilómetros, proporcionando una cobertura mundial dos veces al día. La combinación de satélites de día/noche y amanecer/anochece permite el seguimiento de la información global, cada 6 horas. Las microondas de imágenes (MI) y sondas (T1, T2) cubren la mitad de la anchura de la franja visible e infrarroja. Estos abarcan las regiones polares y, al menos dos veces al día, la región ecuatorial. El entorno de sensores espacial (J4, H, IES) registra a lo largo de la vía de plasma densidades, velocidades, la composición y la deriva.



Imagen 2. La Tierra vista desde el satélite de Google

Los datos de los satélites DMSP son recibidos y utilizados en los centros operativos continuamente. Se envían al National Geophysical Data Center's Solar Terrestrial Physics Division, Grupo de Observación de la Tierra (NGDC/STP/EOG) de la Air Force Weather Agency (AFWA) para la creación de un archivo.



Imagen 3. España vista desde el satélite

Actualmente, los datos de 4 satélites, tres día/noche y uno amanecer/anochece, se añaden al archivo cada día.[2]

La **contaminación lumínica** se define como el resplandor o brillo producido por

la difusión de la luz artificial, que no es aprovechada para iluminar el suelo y las construcciones. Tiene como manifestación más evidente el aumento del brillo del cielo nocturno, por reflexión y difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire, de forma que se altera su calidad y condiciones naturales hasta el punto de hacer desaparecer estrellas y demás objetos celestes. [4]

En las imágenes satélite, España aparenta tener poca CL (Contaminación Lumínica) debido a su baja densidad de población. Hay zonas en las cuales la imagen aparece saturada, y esto imposibilita realizar cualquier medida en ella.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es, mediante el uso de imágenes por satélite de la Tierra, observar cómo ha ido evolucionando la contaminación lumínica a medida que han ido pasando los años. En concreto, hemos obtenido datos de los años 2006 y 2007, con los cuales realizaremos las siguientes gráficas:

- ⊕ Consumo
- ⊕ Puntos de luz por distrito
- ⊕ Gasto económico
- ⊕ Nº de farolas por km²
- ⊕ Densidad de consumo eléctrico
- ⊕ Porcentaje de farolas medio eficientes

Con los resultados que esperamos obtener en estas gráficas pretendemos, además de **denunciar la Contaminación Lumínica (CL)**, intentar **deducir o identificar en lo posible sus fuentes y proponer ideas para reducir el impacto medioambiental** que está suponiendo.

También consideramos que, estando en momentos de crisis económica, el alto consumo de energía luminosa debe ser uno de los principales alarmantes para ayudar a solventar este problema, aparte del motivo ecológico.

Metodología

Utilizando el Google Earth, hemos comparado las imágenes satélite de varios años mediante la capa de la NASA. Al observar España desde satélite vemos que uno de los puntos que más destaca es la Comunidad de Madrid, en concreto, la ciudad de Madrid.

Gracias a las imágenes por satélite podemos obtener datos como la variación de contaminación lumínica. El uso de satélites como el del Google Earth nos permite realizar este tipo de trabajos de investigación. Pero no únicamente eso. Los satélites han facilitado muchas tareas. Actualmente es mucho más sencilla la realización de mapas, localizar puntos concretos en planos, la realización de viajes, etc. Incluso para los investigadores se han convertido en algo necesario, ya que mediante el uso de satélites pueden ver, por ejemplo, cómo se está deshelando el polo, los movimientos meteorológicos que se producen y otras tantas acciones. El Sigpac [3] nos ha permitido medir las áreas de los distritos para poder realizar las posteriores gráficas. Gracias a él, y si tuviéramos más tiempo, podríamos dar la densidad de consumo y el número de farolas por km² quitando la parte del área total que corresponde a los parques, lo cual induciría a reducir el error.

Sin las imágenes que nos proporcionan los satélites sería muy complejo realizar trabajos en los que sean necesarios datos como el recuento de farolas, ya que sería muy costoso, pero hay trabajos que serían imposibles, como el aumento o la disminución de la contaminación lumínica

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Observamos que con el transcurso del tiempo, la situación se ha ido agravando. Comparando imágenes satélite de distintos años vemos cómo en la inmensa mayoría del terreno de la Comunidad de Madrid aumenta la CL.

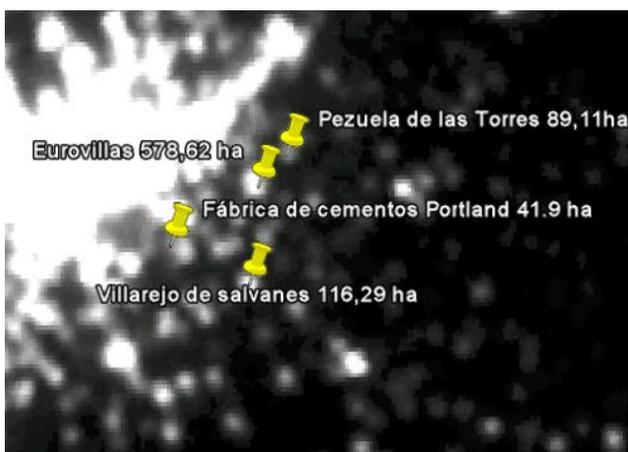


Imagen 4. Focos que aumentan (imagen del 1994)

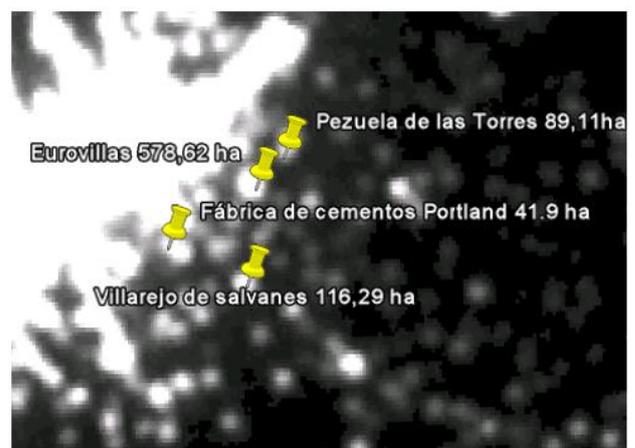


Imagen 5. Focos que aumentan (imagen del 2002)

Esto puede ser debido a varios factores: una mayor industrialización, el aumento del territorio edificado, mayor dependencia de la energía lumínica, el tipo de farola, su distribución, etc.

Pero observando atentamente y con mucho zoom, podemos ver determinados puntos en los cuales ocurre el fenómeno contrario, es decir, que la luminosidad disminuye.



Imagen 6. Focos que disminuyen (imagen 1994)

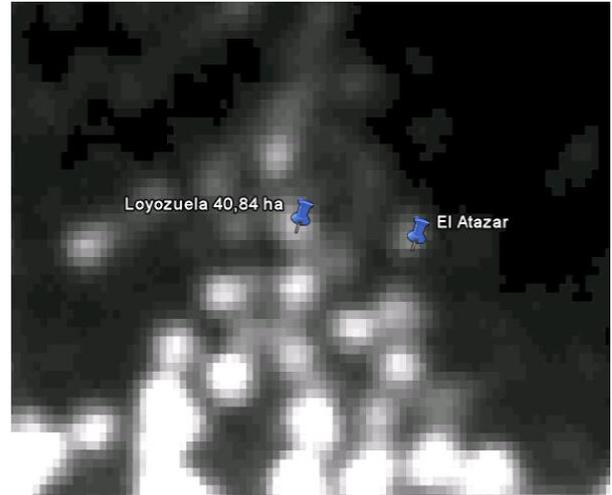


Imagen 7. Focos que disminuyen (imagen del 2002)

Buscando fotografías de El Atazar hemos descubierto que alrededor de su presa hay un tipo de farolas que no desaprovechan luz.

Dependiendo del tipo de farola que se utiliza, se obtendrá un mayor o menor aprovechamiento de la luz; para no desaprovechar la luz, la luminaria debe enfocar hacia el suelo y poseer un cristal plano, además de que entre las farolas debe haber una determinada distancia que permita no dejar lugares de oscuridad innecesarios, pero que no haya excesos de luminosidad.



Imagen 8. Presa de El Atazar.

En términos más particulares, no toda la luz generada por la luminaria se transmite en línea recta, sino que una parte se esparce por efecto de la atmósfera, propagándose en todas las direcciones. Parte de la luz dirigida hacia el cielo vuelve a la superficie terrestre produciendo el efecto "resplandor luminoso". El análisis del esparcimiento de la luz en la atmósfera debido a las moléculas gaseosas demuestra que el esparcimiento es mayor cuanto más

pequeña es la longitud de onda de la luz. Es decir, las lámparas que emiten más proporción de luz azul (vapor de mercurio) producen un mayor resplandor luminoso nocturno que aquellas con emisiones superiores en la banda del rojo (vapor de sodio) de longitudes de onda más largas.



Imagen 9. Esquemización de la luz aprovechada en dos tipos de farola.

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN LA CIUDAD DE MADRID

Buscando en la web del municipio de Madrid, encontramos el número de farolas que hay en cada distrito, la potencia total que generan (en kW) y el consumo (en miles de kW/h) en los años 2006 y 2007. [11]



Imagen 10. Fotografía de la CL de Madrid.

Representación y análisis de los datos

El número total de horas de alumbrado no ha variado en estos dos años, luego consideramos innecesario representarlo gráficamente.

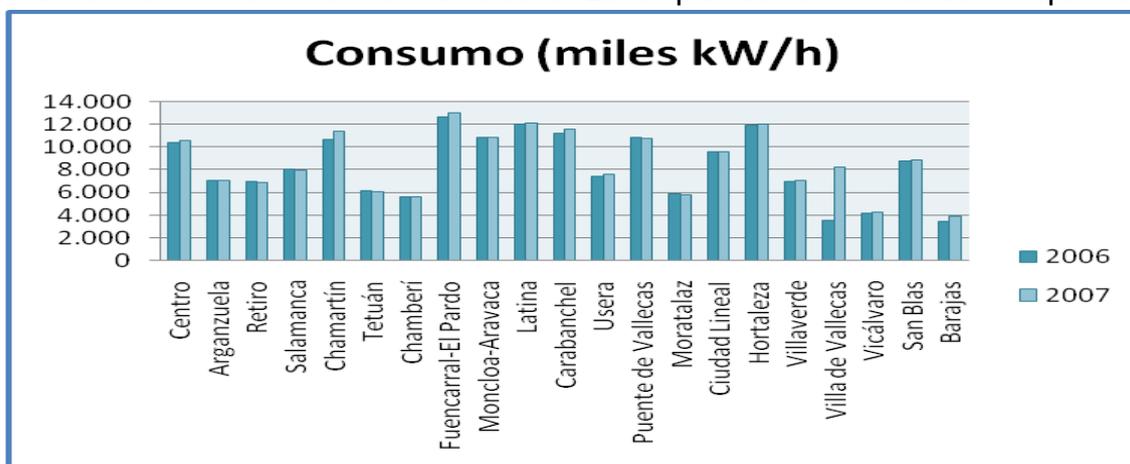
También hemos hallado las horas en cada mes que las farolas permanecen encendidas a lo largo de estos dos años; lógicamente, hay menos gasto en verano, debido a un mayor número de horas de luz solar aprovechable.



Consumo

A continuación representamos el consumo eléctrico en miles de KW por hora en los años de 2006 y 2007.

Podemos observar cómo aumenta el consumo en todos los meses prácticamente en la misma cantidad. Esto puede ser debido a que se ha

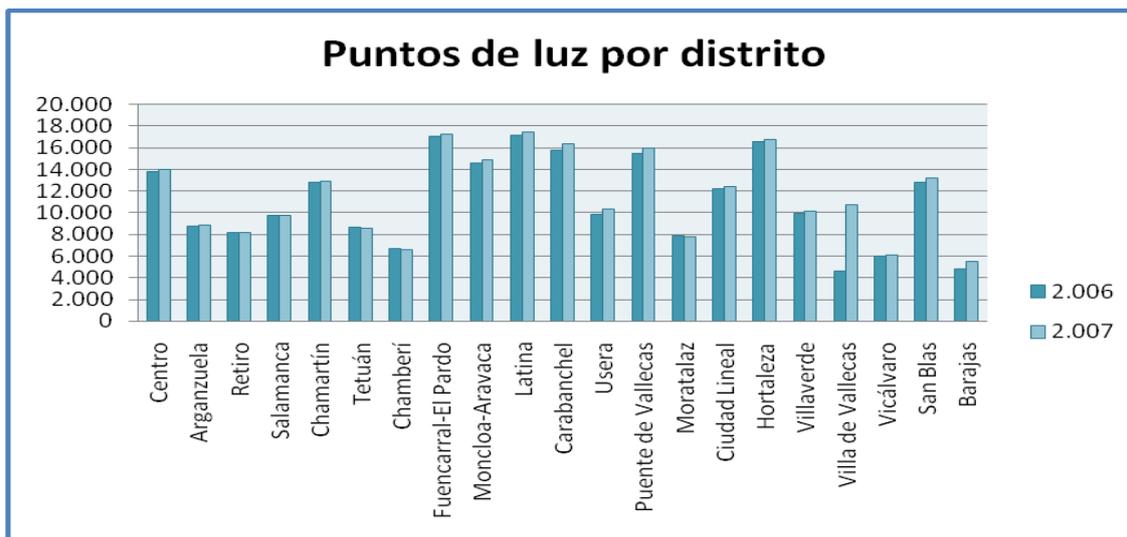


Gráfica 1. Consumo

edificado en todos los distritos y se ha creado calles nuevas, por lo que el alumbrado aumenta. Observando las imágenes satélite de estos años vemos como Madrid ha aumentado su área edificada, por lo que se confirma lo anteriormente dicho.

Puntos de luz por distrito

Además, hemos hallado los puntos de luz (luminarias) en cada distrito en 2006 y 2007:



Gráfica 2. Puntos de luz por distrito

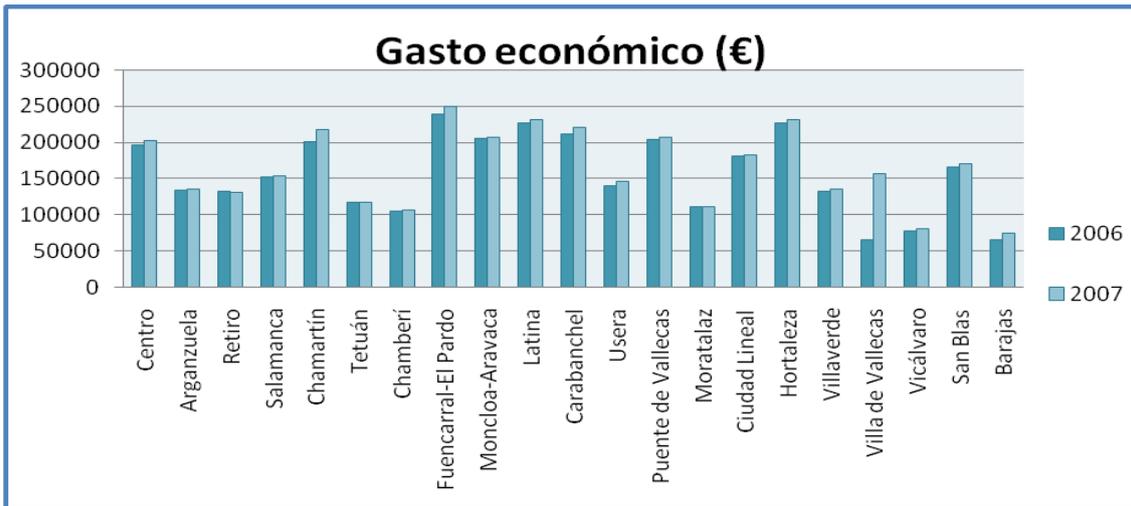
Como se puede apreciar, hay mayor número de puntos de luz, y aumentan más de un año a otro en los distritos más ricos, o con más extensión, como Fuencarral-El Pardo, que otros de menos área o más pobres. Cabe destacar Villa de Vallecas, ya que ha sido un distrito que ha experimentado un crecimiento digno de mencionar a nivel de construcciones de viviendas, lo cual se refleja en el aumento de los puntos de luz en este distrito. Al crearse nuevas calles, se instala alumbrado en ellas.

Gasto económico

El precio del kW/h en 2006 es de 0,07658 € y en 2007 subió un 1,2%, quedándose en 0,0775 €²

² Datos extraídos de:

<http://www.economista.es/empresas-finanzas/noticias/220037/05/07/Precios-electricos-tienden-a-bajar-en-Europa-con-excepciones.html+precio+kilovatio+hora+en+españa+2007&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=es>

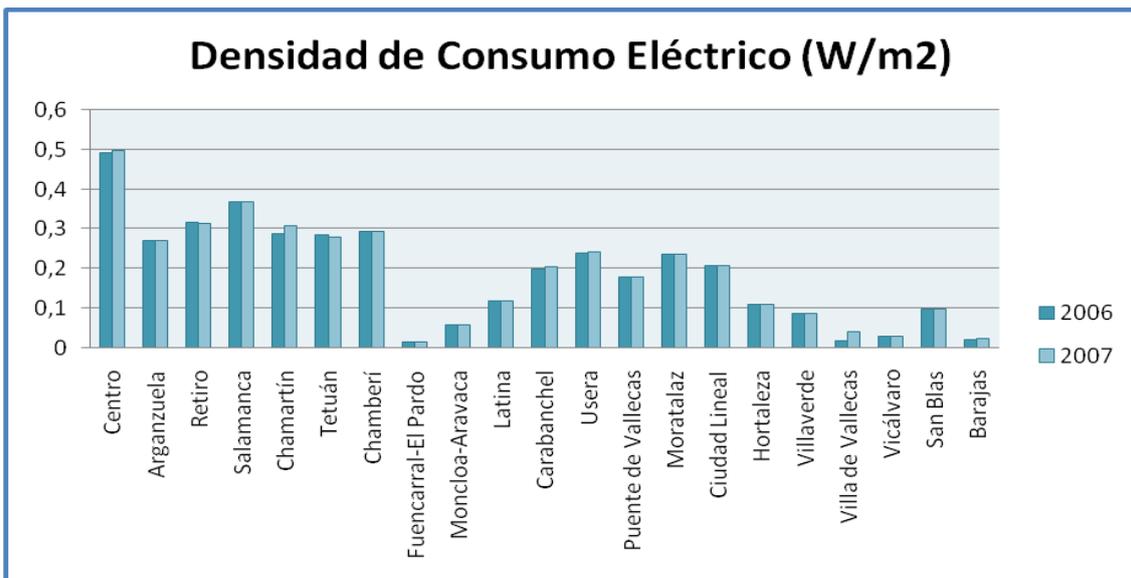


Gráfica 3. Gasto económico

Desde el 2006 al 2007, el precio del vatio ha subido un 1,2%; teniendo en cuenta el aumento producido en el consumo eléctrico, el gasto económico es mucho mayor. Distritos como Fuencarral-El Pardo, Moncloa-Aravaca, Latina, Carabanchel y Hortaleza son de los mayores valores representados en la gráfica. Al ser superficies de un elevado número de hectáreas, la necesidad de alumbrado es mayor, aunque sea de peor calidad que la de otros lugares, como por ejemplo Centro. El aumento del número de luminarias produce, ineludiblemente, un aumento del gasto económico, ya que las horas de iluminación se mantienen constantes.

Densidad de consumo eléctrico

En esta gráfica representamos la densidad de consumo eléctrico de cada uno de los distritos.

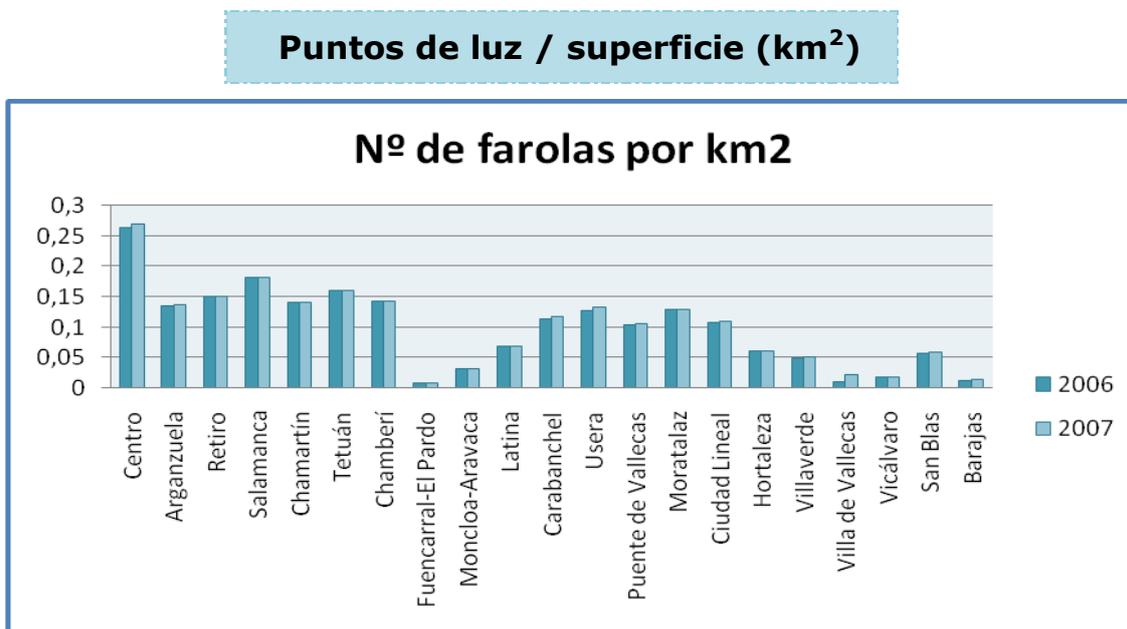


Gráfica 4. Densidad de Consumo Eléctrico

Nuevamente, aumenta en todos los distritos, destacando la Villa de Vallecas, debido al crecimiento urbanístico que ha sufrido esta durante este periodo. Podemos observar cómo distritos como Fuencarral-El Pardo tienen muy escasa densidad. Es debido a la existencia de zonas con parques, que poseen menor número de luminarias. El Pardo tiene 105.480.200 m² de parque, por lo que el dato correcto de densidad de consumo eléctrico sería 0,024 W/m². Ocurre lo mismo con Retiro, que a pesar de tener una elevada densidad, posee una amplia zona de parques, con lo cual el valor obtenido en la gráfica es incorrecto. Para obtener el valor correcto debemos restar a la superficie utilizada en la gráfica, la superficie, en el caso de Retiro, del parque, que es de 1.232.200 m² y hallar la densidad de consumo con este nuevo dato.

También podemos ver como la densidad de consumo eléctrico es mucho mayor en el Centro que en el resto de distritos. Incluso se podrían diferenciar dos sectores: los distritos más céntricos, arquitectónicamente más antiguos y de mayor turismo, por lo tanto, con mayor concentración de personas, luego necesariamente con un mayor número de luminarias, lo que produce un mayor consumo, y los más periféricos, que no necesitan tanta iluminación, ya que las calles son más anchas y las edificaciones no están tan juntas como en el otro sector.

Nº de farolas por km²



Gráfica 5. Nº de farolas por km²

Por el mismo motivo que en los anteriores casos, ha aumentado, produciéndose un incremento mayor en Villa de Vallecas. Fuencarral-El Pardo vuelve a tener uno de los niveles más bajos por las explicaciones anteriormente dadas y Centro destaca siendo la máxima de la gráfica por los mismos motivos que en la densidad de consumo eléctrico.

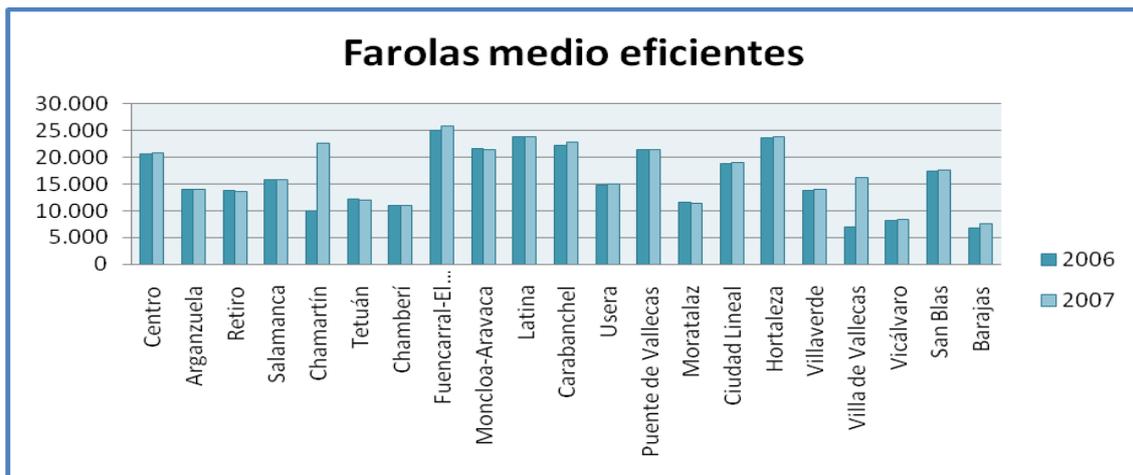
Porcentaje de farolas medio eficientes

Las farolas denominadas como "medio eficientes" son las farolas de 125 W. Las farolas no eficientes son las de 250 W. Para hallar el porcentaje de farolas eficientes que hay en cada distrito, hemos realizado la siguiente fórmula:

$$250 \cdot X + 125(1 - X) = \text{Potencia media del barrio}$$

Despejamos la X y tenemos:

$$X = (\text{Potencia media del barrio} - 125) / 125$$



Gráfica 6. Farolas medio eficientes

Se produce un aumento de las farolas medio eficientes, destacando de forma singular Chamartín y Villa de Vallecas, las cuales han aumentado casi el doble en el periodo de un año. Podemos suponer que se ha realizado un cambio del tipo de luminaria, añadido al crecimiento de la zona, o como consecuencia de él.

Iluminación española total

Los datos oficiales dicen que el consumo de Madrid es de 3 TW/h. Nosotros calculamos que del total de la energía del alumbrado público total, Madrid utilizará el 50-60%, luego nos salen 5 TW/h. La diferencia se deberá al uso de diferentes datos o a que la suposición del porcentaje de luz utilizado en Madrid sea excesiva.

Suponiendo que toda España está iluminada como el Centro, $0,30\text{W/m}^2$, y teniendo en cuenta que el área de superficie iluminable de España es de **8384.53 km²**, obtenemos **10,3 TW/h**.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que estamos en una época de crisis económica, consideramos importante la reducción de cosas innecesarias en todos los campos, siempre y cuando sea posible. En especial, en el ámbito lumínico, ya que el derroche energético y económico es impresionante. Como medidas para llevar esto a cabo, se nos ocurre una mayor optimización de los recursos. Anteriormente hemos hablado de la optimización de la luz dependiendo del tipo de farola. Somos conscientes del esfuerzo económico que puede suponer una nueva instalación eléctrica generalizada, pero ha de tenerse en cuenta el ahorro económico que esto supondrá. Utilizando un mayor voltaje con una mayor concentración, se obtendrán mejores resultados y no se desaprovechará energía.

Hay muchos polígonos industriales que durante la noche no están habitados, ya que solo tienen fábricas, almacenes, grandes superficies, etc. y sin embargo, tienen farolas alumbrando por la noche. Se podría realizar un ahorro energético con pequeños detalles que no alterarían el ritmo de vida habitual. Podría ponerse un horario de alumbrado, ya que esa luz es luz no utilizada, luego desperdiciada. Sería preferible tener programadas las farolas para que a una determinada hora se encendiesen o que tuviesen foto sensores que reaccionasen con el movimiento.

La función del alumbrado público es sustituir a la luz solar para no dificultar la realización normal de las actividades urbanas manteniendo cierta seguridad y, en ocasiones, conseguir efectos específicos, como resaltar puntos singulares (intersecciones, edificios, pasos de peatones, monumentos...) o crear y diferenciar ambientes. Se distinguen dos tipos de iluminación, dependiendo de su período de funcionamiento:

- Nocturna, cuyo objetivo es suplir la iluminación natural durante las horas de la noche. Como en las calles.
- Permanente, cuyo objetivo es sustituir a la luz solar durante el día, allí donde ésta no llega. Como dentro de las casas.



Imagen 12.

Comúnmente se emplean lámparas de vapor de sodio de alta presión. En las instalaciones que requieren mayores exigencias cromáticas, como áreas estanciales, vías en áreas centrales o comerciales, calles residenciales, áreas monumentales, etc., pueden emplearse otras lámparas, mientras estén homologadas conforme a los correspondientes artículos del PCTG del Ayuntamiento de Madrid.

En general, con dos aceras, se recomienda la disposición alternada o al tresbolillo. Es aconsejable colocar las luminarias de forma que resalten los puntos más singulares de la red peatonal y la carretera, como por ejemplo, la entrada a recintos o parques públicos, el entronque de sendas peatonales o de bicicletas, la presencia de badenes o reductores de velocidad, etc.

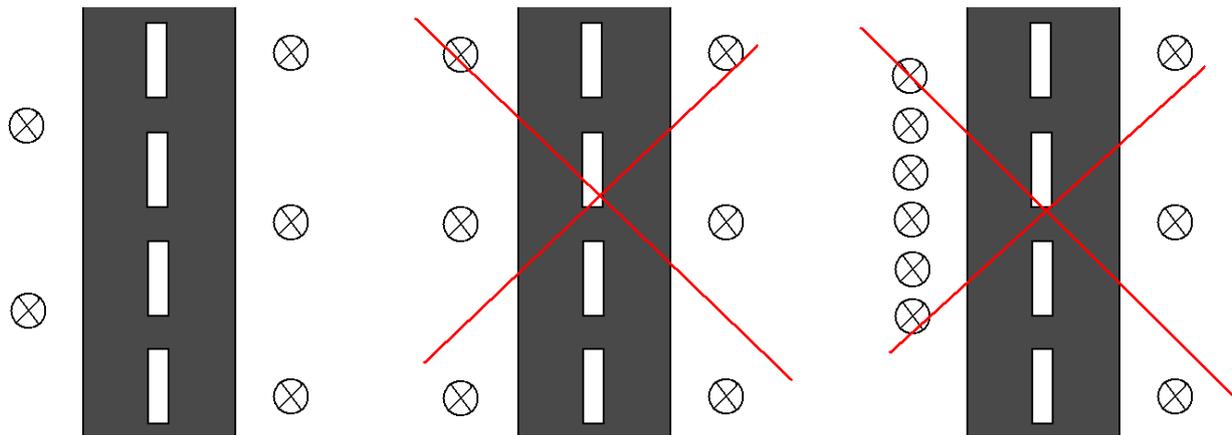


Imagen 13. Posición de farolas

Es conveniente reducir la altura de las luminarias e introducir iluminación complementaria, específica para las aceras o áreas peatonales, que puede montarse sobre los mismos soportes (recomendado para aceras) o localizarse autónomamente. El tipo de vidrio utilizado en las luminarias también es preciso de tener en cuenta. Un vidrio horizontal plano impide que se desperdicie luz de la luminaria, evitando el resplandor luminoso.

En determinadas zonas las farolas solares han comenzado a utilizarse. Durante el día almacenan la energía solar captada, para por la noche emplearla en encender las luminarias. Tienen un rendimiento variable a lo largo del año, ya que el Sol no incide con la misma potencia en todas las estaciones del año, siendo mayor la energía que recibe la superficie terrestre en verano y mayor diferencia entre verano e invierno cuanto más lejos estemos del ecuador.

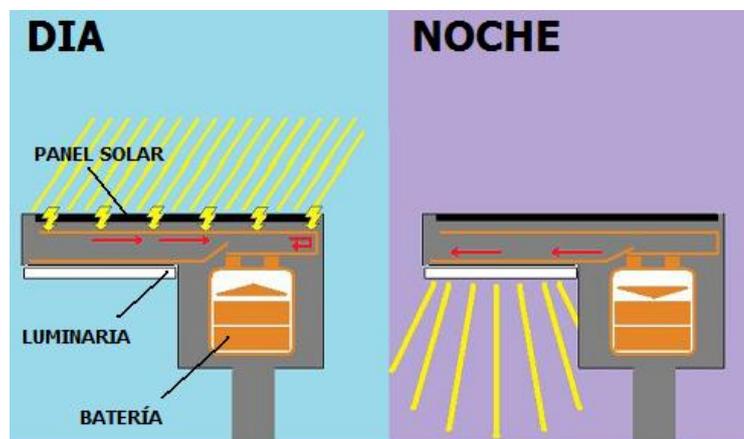
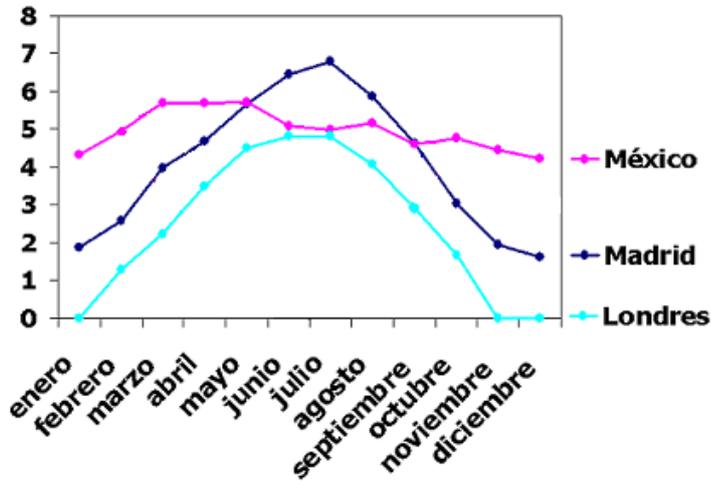


Imagen 14. Luminarias con panel solar

Intensidad de radiación solar media en ciudades del hemisferio Norte



Gráfica 7. Intensidad de radiación

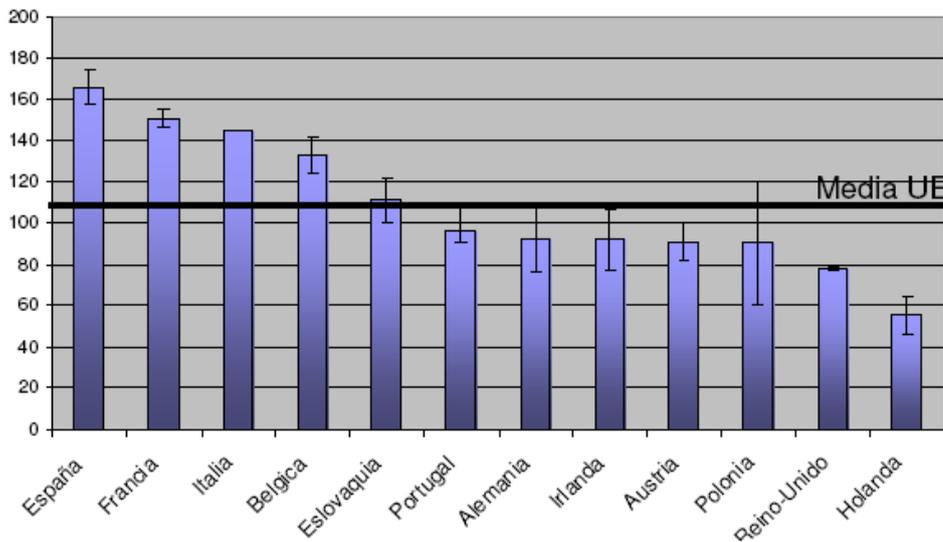
Podemos observar en esta gráfica cómo la radiación es más uniforme durante todo el año en las latitudes de los trópicos (México), donde las farolas fotovoltaicas ofrecen buen rendimiento durante todo el año.

En cambio, en las latitudes de clima templado hay gran variabilidad de radiación solar que llega a la superficie entre verano e invierno. Aquí las farolas ofrecen un rendimiento desigual según la estación, existiendo un excedente de radiación en

verano y un déficit en invierno.

Se ha llegado incluso a instalar farolas con LEDs de resonancia lunar, reduciendo su luminosidad en luna llena y aumentándola en luna nueva. Además, los LEDs ofrecen un alumbrado más potente. Ya están en funcionamiento en San Francisco, produciendo un ahorro energético de hasta un 95%.

Potencia media por luminaria(W)



Gráfica 8. Potencia media por luminaria

En Madrid hay dos tipos de farolas. De vapor de sodio encontramos 245.667 farolas, mientras que de vapor de mercurio encontramos 3.305 farolas, en 2007. Las lámparas de vapor de mercurio, además de ser

contaminantes, tienen una vida media de 12.000 a 24.000 horas. Actualmente están siendo prohibidas por la UE. Además, son la mitad de eficientes que las de sodio, iluminando, cada año que transcurre, la mitad.

La potencia máxima por farola permitida en Europa es de 110 W por luminaria. España está a la cabeza, con 165 W por luminaria y dentro de España, Madrid, con 190 W por luminaria.

Al utilizar un alumbrado excesivo, se está produciendo un consumo energético excesivo. Por el comportamiento del ojo humano, los niveles de iluminación elevados en una instalación se extienden a las instalaciones adyacentes que se perciben como oscuras. Esa producción conlleva no solo un aumento de la factura de la luz, sino un incremento significativo en el consumo de recursos naturales no renovables (centrales eléctricas con combustibles fósiles) y la emisión a la atmósfera de sustancias que, como el CO₂, influyen en el efecto invernadero, u otras, como el SO₂, causantes de las lluvias ácidas. El cambio de lámparas y equipos asociados instalados en España por otros de mayor eficiencia energética produciría un ahorro de aproximadamente 10.200 gW/h al año, reduciendo el consumo de iluminación un 50% y un ahorro económico de 900 millones de euros, y medioambiental de 1,7 Tn de mercurio, 3,4 millones de Tn de CO₂, 34.000 Tn de SO₂ y 10.500 Tn de NO_x. Estos datos tienen en cuenta el consumo de iluminación total. Si tenemos en cuenta el número de farolas de sodio y de mercurio y sus correspondientes potencias, además de la relación de ahorro utilizada en los datos anteriores, obtenemos un ahorro de 1140 GW/h, y como consecuencia medioambiental, 0,19 Tn de mercurio, 0,38 millones de Tn de CO₂, 380 Tn de SO₂ y 1200 Tn de NO_x. El proceso de sustitución de los equipos actuales por otros más eficientes debe darse con una adecuada gestión de los residuos, la investigación de nuevos productos con menor contenido en productos tóxicos, una vida útil más larga y que sean susceptibles de reutilización y reciclado.



Imagen 15

Hay que tener en cuenta que la energía final consumida en España, 17% aproximadamente, lo es en forma de energía eléctrica y que de este porcentaje corresponde al alumbrado artificial eléctrico un porcentaje del orden del 15%; de esto se deduce que el consumo final de energía referente a este concepto no llega al 3% del total consumido. La cuestión que se plantea es que, ante el enorme incremento del consumo de energía del actual modelo de desarrollo, al cual aspiran muchos países en vías de desarrollo, todos los sectores industriales y sociales deben adoptar una cultura de aprovechamiento de los recursos naturales, sobre todo si los cambios a introducir son amortizables en plazos razonablemente cortos y aportan ventajas adicionales a las energéticas.

La sociedad, afortunadamente, es cada vez más sensible a este tipo de problemas. Acuerdos internacionales como el Protocolo de Kioto (1997), donde la UE se compromete a limitar durante el periodo 2008-2010 sus emisiones de gases de efecto invernadero hasta alcanzar una reducción de un 8% del nivel de sus emisiones de 1990, o de Decisiones del Consejo de Ministros de Medio Ambiente de la UE, como el Tratado sobre la Carta de la Energía, o el Protocolo de la Carta de la Energía sobre la Eficacia Energética y los Aspectos Medioambientales Relacionados, fomentan la aplicación de principios de eficacia energética compatibles con el desarrollo sostenible.

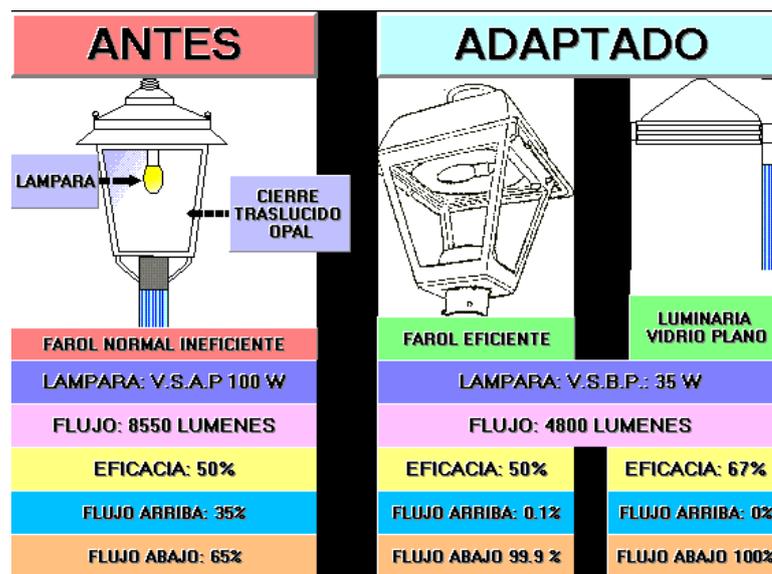


Imagen 16. Adaptación de luminarias

Agradecimientos

Queremos agradecer a Alejandro Sánchez de Miguel, vocal de actividades de la Agrupación Astronómica de Madrid (AAM), su dedicación, esfuerzo y ayuda, porque sin él, no habríamos podido llevar a cabo esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA y otras fuentes de consulta

"Guía para la iluminación de áreas urbanas". Comité Internacional del Alumbrado (C.I.E.) Publicación nº 136.

"Estudio de emisión hacia el hemisferio superior de diferentes tipos de luminaria y criterios para evitar la potencia contaminación lumínica". XX Simposium Nacional de Alumbrado. Francisco J. Díaz Castro, Federico de la Paz Gómez. La Laguna 1994.

"Resumen de criterios a seguir en las instalaciones de alumbrado que afectan a la calidad del cielo en Tenerife y La Palma". Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo. Instituto de Astrofísica de Canarias (I.A.C.). Revisión: 5. Enero 1997.

"El resplandor luminoso nocturno: Análisis luminotécnico". Alfredo Valero-Serós. SOCELEC S.A.

"Guía para la reducción del resplandor luminoso". José Ignacio Urraca Piñeiro. Informe Técnico. Comité Internacional de Alumbrado (C.E.I.) Marzo 1999.

"Contaminación lumínica. Situación presente y estrategias para el futuro". Horts, Pere. Tribuna Astronómica. Madrid. Febrero 1998

[1] Instituto de Astrofísica de Canarias OTPC (Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo).

<http://www.iac.es/OTPC>

[2] Earth Observation Group (EOG)

<http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/>

[3] Visor SIGPAC Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

[4] Astrowiki

http://www.asaaf.org/astrowiki/index.php/Programas_contra_Contaminaci%C3%B3n_lum%C3%ADnica

[5] http://www.asaaf.org/astrowiki/index.php/Portal:Contaminaci%C3%B3n_Lum%C3%ADnica

[6] Efficient Christmas lighting in Sants (Barcelona)

<http://www.eu-enlight.org/index.php?c=21000027>

[7] Contaminación lumínica en España, de Alejandro Sánchez de Miguel y Jaime Zamorano

http://asaaf.fis.ucm.es/~alex/CL/SEA2008_Sanchez_v1_6.pdf

[8] Virtual Earth

<http://www.microsoft.com/virtualearth/>

[9] Año Internacional de la Astronomía 2009 en España

<http://www.astronomia2009.es/>

[10] NASA World Wind

<http://worldwind.arc.nasa.gov/>

[11] Web del Ayuntamiento de Madrid

www.munimadrid.es/

[12] Google Earth

<http://earth.google.com/>

[13] Grupo de Protección del Cielo (GPC)

<http://asaaf.fis.ucm.es/~gpc/>

[14] Blog sobre contaminación lumínica

<http://contaminacionluminosa.blogspot.com/2007/10/noticias-del-grupo-de-proteccion-del.html>

[15] Google - Street View

<http://maps.google.es>

[16] Corine Land Cover 2000

<http://etc-lusi.eionet.europa.eu/CLC2000>

[17] OUNAE

<http://www.ounae.com/2007/08/13/farolas-inteligentes-solo-alumbrando-cuando-es-necesario/>

[18] Enlight

<http://www.eu-enlight.org/index.php?c=21000027>

[19] Internacional Commission on Illumination (CIE)

<http://www.cie.co.at/cie>

[20] Data Service Pivot View

<http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/viewdata/viewpvt.asp?id>

=343

Videos relacionados

<http://www.youtube.com/watch?v=88P93WCTQTE>

<http://www.youtube.com/watch?v=7LNgTuKErtA>

<http://www.youtube.com/watch?v=8d7vMxd1JTk&feature=related>