

**Instalación y configuración  
del Medidor de Calidad del Cielo (SQM)  
en el Observatorio de Yebes**

*L. Barbas, F. Colomer, P. de Vicente*  
Informe Técnico IT-CDT 2013-7

### HISTÓRICO DE REVISIONES

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Autor</b>	<b>Cambio</b>
0.9	6/06/13	Francisco Colomer	Versión inicial.
1.0	26/08/13	Laura Barbas & Pablo de Vicente	Secciones 3 y 4.

# Índice

---

1	Introducción .....	1
2	Red Española de Estudios sobre la Contaminación Lumínica (REECL)....	1
3	Sky Quality Meter (SQM).....	2
3.1	Instalación.....	3
3.2	Configuración.....	4
3.3	Medidas.....	5
4	Acceso a los datos.....	8
5	Referencias.....	9

## 1 Introducción

---

En términos científicos, por **contaminación lumínica** se entiende la alteración de la oscuridad natural del medio nocturno producida por la emisión de luz artificial. Se trata de uno de los problemas ambientales que más se ha incrementado en los últimos tiempos, debido fundamentalmente al alumbrado nocturno de exteriores y con una localización asociada al medio urbano, pero con repercusiones de largo alcance. Sus impactos negativos son muy evidentes y afectan no sólo al paisaje y los ecosistemas, alterando su biodiversidad, sino también a la salud humana.

Los mapas globales de contaminación lumínica disponibles indican que, desde hace al menos 15 años, no existe ninguna zona del territorio nacional desprovista de luz artificial parásita en la atmósfera [3]. Se trata de un factor de degradación del entorno natural de origen artificial que afecta al paisaje y los ecosistemas de todos los espacios naturales protegidos existentes, y en particular en los situados en las inmediaciones de entornos urbanos. La contaminación lumínica prácticamente no ha sido contemplada en los marcos de protección de dichos espacios, y sólo en casos aislados, como el Parque Natural de la Albufera de Valencia o el Parque Nacional de Doñana se han comenzado a aplicar medidas de diagnóstico, estudio y/o prevención.

La contaminación lumínica afecta de manera específica a todas las especies que desarrollan su vida activa total o parcialmente en un medio nocturno, siendo conocidos ejemplos de muy diversos grupos taxonómicos como mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces, invertebrados y plantas [4].

Además de estos problemas, la iluminación artificial es una gran consumidora de recursos energéticos. El consumo total de energía en España para alumbrado público asciende a 3.400 GWh/año, lo que se traduce en 475 millones de euros y en 1,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

## 2 Red Española de Estudios sobre la Contaminación Lumínica (REECL)

---

Como se ha comentado, la contaminación lumínica es un problema ambiental, económico y social de gran impacto. Los investigadores dedicados a este campo pertenecen a diferentes áreas de conocimiento y abordan su estudio desde perspectivas muy diversas. La interacción entre ellos resulta escasa.

La **Red Española de Estudios sobre la Contaminación Lumínica** (SpLPR, o REECL) pretende reunir a los diferentes grupos de investigación sobre contaminación lumínica que trabajan en España para facilitar la comunicación con vistas a potenciar la colaboración entre ellos.

Las entidades participantes son la Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Santiago de Compostela, Observatorio Astronómico Nacional (del Instituto Geográfico Nacional), Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de València, Observatorio de Calar Alto, Universidad de Murcia, Estación Biológica de Doñana, Parc Astronòmic Montsec, Planetario de Pamplona, y recientemente, el Instituto de Astrofísica de Canarias.

El objetivo principal de la REECL consiste en vertebrar una red temática que reúna a los investigadores que estudian la contaminación lumínica en España, para realizar las siguientes tareas:

1. Catalogación de los grupos de investigación nacionales dedicados al estudio de la contaminación lumínica en todas las áreas de conocimiento.
2. Reunión de los investigadores para la puesta en marcha de la red.

3. Creación de un foro de discusión científica y técnica.
4. Identificación de campos de colaboración y establecimiento de colaboraciones multidisciplinares entre grupos de diferentes áreas.
5. Elaboración de mapas de brillo de fondo de cielo en zonas particularmente interesantes.
6. Divulgación y difusión de resultados.
7. Definición de las tareas pendientes y nombramiento de los responsables de las mismas.

La página web de la REECL se encuentra en <http://guaix.fis.ucm.es/splpr/>

### 3 Sky Quality Meter (SQM)

---

Con objeto de ejecutar el objetivo #5 antes descrito, se ha instalado en el Observatorio de Yebes un Medidor de la Calidad del Cielo (“Sky Quality Meter”, o SQM) en Abril de 2013. El medidor permite monitorizar el brillo de fondo del cielo a lo largo de la noche.

El modelo seleccionado ha sido el SQM-LE de la marca Unihedron. Junto con el medidor se ha adquirido una carcasa protectora cilíndrica, con una abertura de cristal en la parte superior para poder observar el cielo. Esta carcasa permite aislarlo de las inclemencias meteorológicas y es de color blanco para evitar que la temperatura sea demasiado elevada en el interior debido a la irradiación solar, sobre todo en verano.

El medidor está provisto de un sensor de temperatura que, en este caso, nos indica la temperatura en el interior de la carcasa y que también puede ser monitorizada.

Para las conexiones eléctrica y de datos del medidor se ha adquirido un adaptador PoE (“Power over Ethernet”) de la marca D-Link, modelo DWL-P200. Estos adaptadores están creados para proporcionar alimentación a dispositivos de red. De este modo evitamos tener que llevar corriente eléctrica hasta el lugar en el que se ubica el medidor.



Fig. 1 - Dispositivos para la instalación del SQM

### 3.1 Instalación

El SQM se ha instalado en la azotea del edificio de oficinas del Observatorio de Yebes. Para ello se ha utilizado un mástil de 1 metro de longitud. El mástil es un tubo cilíndrico hueco que alberga en su interior el cable de conexión Ethernet.



*Fig. 2 - Instalación final del SQM en el Observatorio de Yebes*

En la parte inferior de la carcasa se ha realizado un orificio circular en el que se ha colocado una pieza metálica para anclarlo al mástil de manera que se mantenga la estanqueidad de la misma.



*Fig. 3 - Anclaje para sujetar la carcasa del SQM al mástil*

El adaptador PoE utilizado para el suministro de alimentación está compuesto de una unidad base y una unidad terminal. La unidad base se sitúa dentro del edificio

de oficinas para conectarlo a la LAN del Observatorio, dispone de un conector de alimentación de entrada para su conexión a la red eléctrica y un conector RJ-45 de entrada para su conexión a la LAN correspondiente. Por el otro extremo tiene un conector de salida RJ-45 al que se conecta el cable Ethernet procedente de la unidad terminal y que es el que suministra la conexión de datos y la alimentación al SQM.

La unidad terminal del adaptador PoE está situada junto con el SQM en el interior de la carcasa anclada al mástil. Dispone de un conector RJ-45 de entrada al que llega el cable Ethernet desde la unidad base. Por el otro extremo tiene un adaptador de alimentación de salida que suministra la corriente al SQM y un conector RJ-45 de salida que se conecta al SQM para la transmisión de los datos.



Fig. 4 - Unidad base y unidad terminal de adaptador PoE.

## 3.2 Configuración

El control y la comunicación con el dispositivo se llevan a cabo mediante programas desarrollados en "Python" que residen en un servidor de la red privada del Observatorio:

- Lectura de datos y almacenamiento en ficheros y base de datos mysql (`pysqm_read.py`)
- Generación de gráficas (`plot_sqmle.py`).
- Envío de correos electrónicos (`email_sqmle.py`)

Todos los programas anteriores fueron suministrados por la Universidad Complutense de Madrid.

Al medidor SQM se le asigna una dirección IP de la red privada del Observatorio y se configuran los programas con información como nombre del observatorio, latitud, longitud, altitud, tipo de dispositivo, dirección IP del medidor, directorio de almacenamiento de datos, frecuencia de almacenamiento, etc.

Para comprobar la correcta comunicación con el dispositivo se utiliza el programa `sqmsocket.py`, que establece la conexión y envía un comando genérico "rx". El comando anterior devuelve la siguiente información (datos correspondientes a las 09:00 hora local):

**r, 00.00m,0000568123Hz,0000000000c,0000000.000s, 026.1C**

[modo lectura, brillo del cielo (mag/arcsec2), frecuencia del sensor en Hz, periodo del sensor en cuentas, periodo del sensor en segundos, n temperatura ]

### 3.3 Medidas

Los programas están configurados para realizar medidas continuas (cada minuto) durante la noche. Estos valores se almacenan en **ficheros** diarios "SQM\_YEBES\_yyy-mm-dd.dat" y mensuales "SQM\_YEBES\_yyy-mm.dat".

```
...
# UTC Date & Time, Local Date & Time, Temperature, Counts, Frequency, MSAS
# YYYY-MM-DDTHH:mm:ss.fff;YYYY-MM-DDTHH:mm:ss.fff;Celsius;number;Hz;mag/arcsec^2
# END OF HEADER
2013-04-29T18:07:23;2013-04-29T19:07:23;24.10;0.000;567881.400;-0.000
2013-04-29T18:08:25;2013-04-29T19:08:25;24.10;0.000;568008.000;-0.000
2013-04-29T18:09:28;2013-04-29T19:09:28;24.40;0.000;568071.800;-0.000
2013-04-29T18:10:30;2013-04-29T19:10:30;24.40;0.000;567961.200;-0.000
2013-04-29T18:11:33;2013-04-29T19:11:33;24.10;0.000;567939.400;-0.000
...
```

y se guardan en una **base de datos** MySQL en la que están definidos los siguientes campos:

- Fecha y hora UTC
- Fecha y hora LOCAL
- Temperatura en grados centígrados
- Periodo del sensor en cuentas
- Frecuencia del sensor en Hz
- Brillo del cielo (magnitudes/arcsec<sup>2</sup>)

Diariamente se generan y almacenan dos gráficas del brillo de fondo del cielo como la que se muestra en la figura 5, en la que se recoge además información de la fase lunar. La generación de gráficas se hace con la biblioteca matplotlib y el cálculo de efemérides con el paquete Python: Ephem.

El panel superior de la figura 5 muestra el brillo en magnitudes por segundos de arco al cuadrado en función de la altura del Sol. Se observan dos curvas de colores diferentes; la curva verde se emplea para la primera parte de la noche (que corresponde al final del primer día) y la curva azul para la segunda parte.

Al atardecer la altura del Sol está en su máximo valor y la curva verde está en su valor mínimo. A medida que pasa el tiempo se va desplazando hacia la izquierda hasta que la altura del Sol alcanza un valor mínimo. En este momento se produce el cambio de día y la curva se torna azul y se mueve a la derecha según avanza el tiempo. El valor mínimo de la curva se produce al alba.

La luminosidad no es simétrica respecto de la media noche y esto se aprecia fácilmente ya que ambas curvas recorren un camino diferente, siendo habitualmente la azul más alta que la verde.

El panel inferior de la figura 5 muestra también el brillo en función del tiempo universal coordinado. Nuevamente las curvas verde y azul representan el primer y segundo día respectivamente. La zona sombreada en rojo indica la presencia de la Luna por encima del horizonte. Se puede apreciar fácilmente como la luminosidad crece a medida que nos acercamos al límite del intervalo en el que hay Luna.

Los programas de generación de gráficas y toma de datos fueron modificados en el Observatorio de Yebes para generar correctamente los límites de las gráficas, así como las horas correctas en UTC y el área sombreada indicando la presencia de la Luna en el cielo. También se añadió el código necesario para almacenar la información en una base de datos de MySQL.

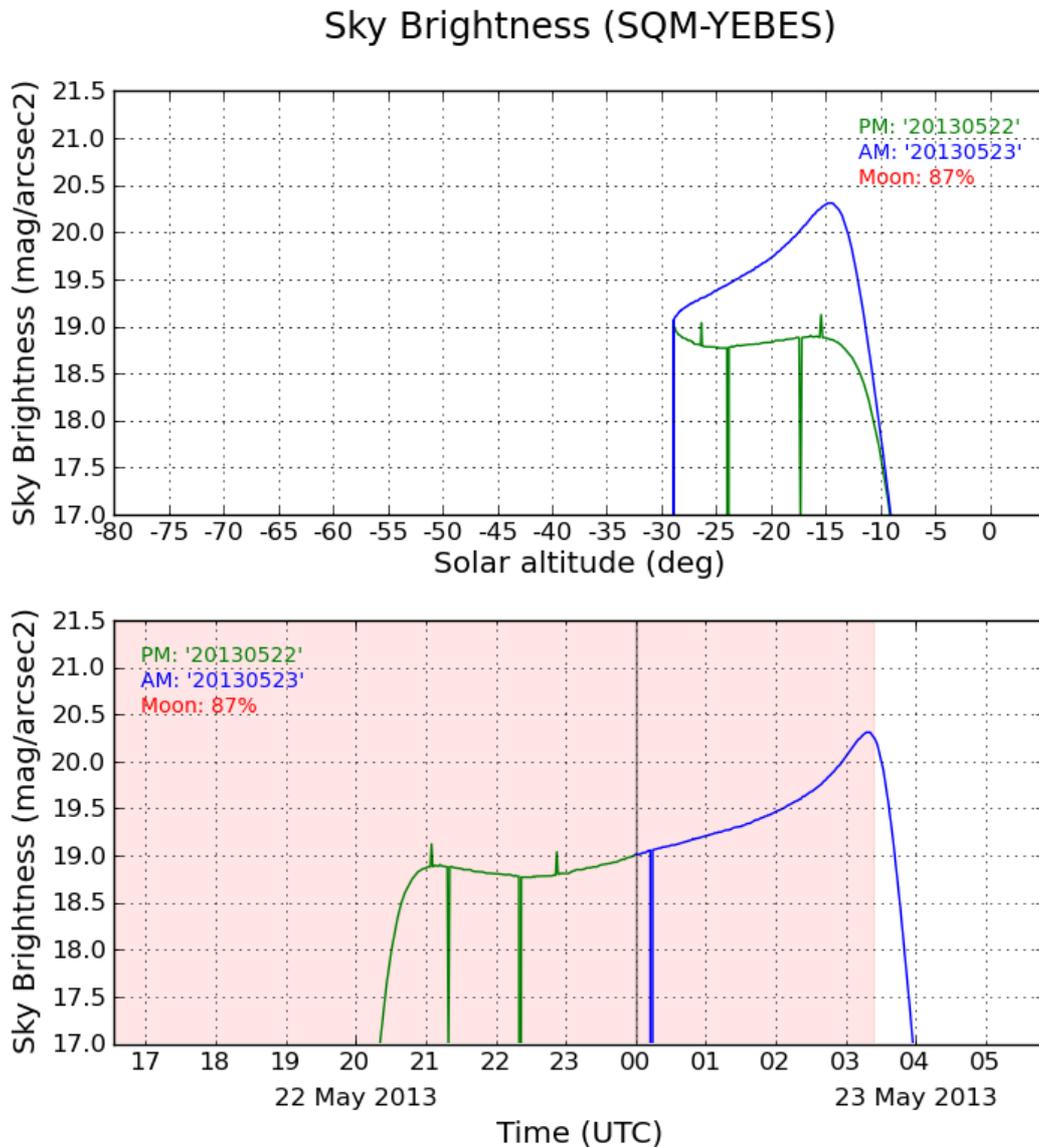


Fig. 5 - Gráfica del brillo del cielo en el Observatorio de Yebes

Para comprobar el funcionamiento correcto del sensor se compararon los resultados con los generados el mismo día en otros observatorios de la red gestionados por la UCM.

La figura 6 muestra una comparativa del brillo del cielo en 4 lugares diferentes: Facultad de Físicas en la UCM, Villalbilla, Observatorio de Yebes y Villaverde del Ducado del día 2 de Junio de 2013.

La figura 7 muestra un mapa de la región centro con las localizaciones de los observatorios mencionados anteriormente. Se puede apreciar que cuanto más nos alejamos de Madrid y de los grandes núcleos de población mejor es la calidad del cielo.

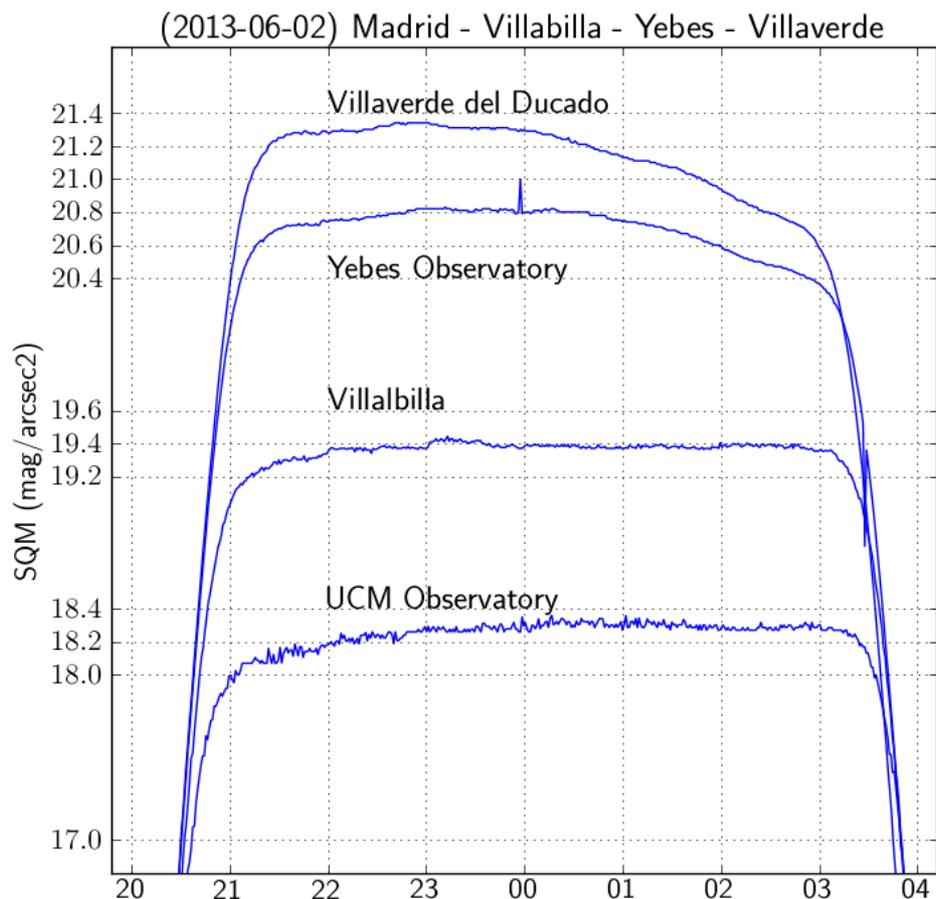


Fig. 6 - Brillo del cielo en cuatro localizaciones diferentes gestionadas por la UCM. Los lugares se corresponden con una línea a lo largo de la N-II, alejándose de Madrid.

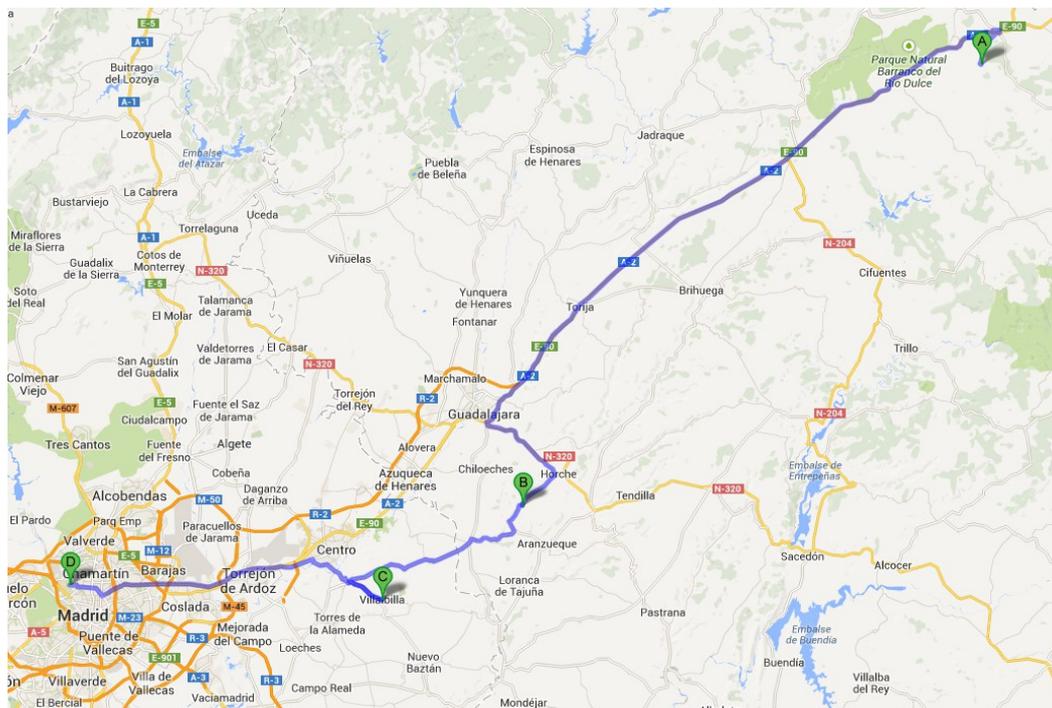


Fig. 7 - A: Villaverde del Ducado, B: Observatorio de Yebes, C: Villalbilla, D: UCM.

La figura 8 muestra los valores máximos del brillo de fondo del cielo a lo largo de 4 meses (de mayo a agosto de 2013). Los mínimos periódicos que se observan corresponden con las fases de luna llena. La variabilidad de los valores de brillo depende, entre otros factores, de las condiciones atmosféricas. Para apreciar una tendencia sería necesario disponer de series más largas de datos. Dicha tendencia nos permitiría averiguar si la contaminación lumínica empeora, mejora o se mantiene en el tiempo en el entorno del Observatorio.



Fig. 8 - Valores máximos del brillo de fondo del cielo a lo largo de 4 meses.

## 4 Acceso a los datos

---

Para poder consultar los datos del medidor SQM se ha diseñado una página web de acceso interno para el Observatorio, en la que se muestra las gráficas diarias del brillo de fondo del cielo. Además esta página permite consultar las gráficas generada en cualquier fecha. <http://hercules.oan.es/cay/sqm/>

El acceso público a las gráficas diarias se puede realizar a través de la web pública del Observatorio <http://www.oan.es/sqm/> o en el servidor de la UCM <http://guaix.fis.ucm.es/node/1579>, en la que también se encuentran datos de otros medidores SQM situados en la Universidad Complutense de Madrid, Villalbilla (Alcalá de Henares) o Villaverde del Ducado (Guadalajara).

Los ficheros de datos y las gráficas de los medidores SQM de todos los centros mencionados más arriba se comparten a través de una cuenta en Dropbox.

## 5 Referencias

---

- [1] REECL, <http://guaix.fis.ucm.es/splpr/>
- [2] SQM-LE: <http://unihedron.com/projects/sqm-le/>
- [3] Cinzano, P., Falchi, F. & Elvidge, C.D. The first world atlas of the artificial night sky brightness. M.N. Royal Astronomical Society, Vol. 328, 689 (2001)
- [4] Rich, C. & Travis Longcore, T. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting, Island Press, (2005)