

# ILUMINACIÓN LED ÁMBAR PARA ZONAS DE ALTO INTERÉS NATURAL Y ASTRONÓMICO. LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, LAS PERSONAS Y LA FAUNA

Ramon Llorens Soler

Alumbrado Público e Industrial.  
SACOPA - IGNIALIGHT  
e-mail: rllorens@fluidraindustry.com

## Resumen

La tecnología LED para el alumbrado público ya no es novedad. En cualquier lugar se puede encontrar instalaciones con luminarias urbanas o viales LED, ya sean pruebas piloto o grandes instalaciones donde se ha elegido esta tecnología.

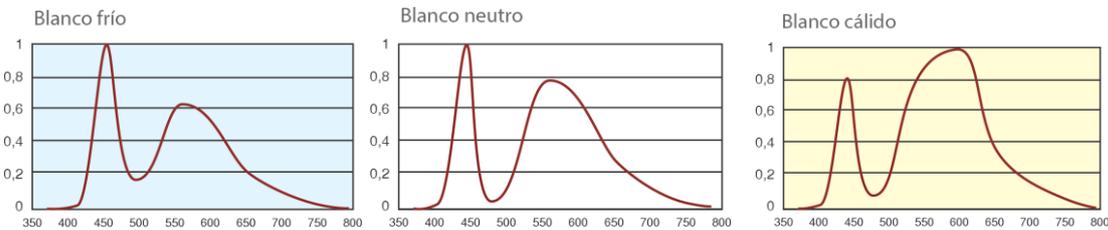
El alumbrado público de espacios de alto interés natural y astronómico debe cumplir unos requerimientos muy estrictos que hasta hoy sólo se podían cubrir con lámparas de vapor de Sodio de alta o baja presión. Ignialight como empresa fabricante de luminarias con tecnología LED ha desarrollado luminarias para alumbrado público con tecnología LED PC-Ámbar que permite la iluminación de estas zonas con tecnología LED.

## 1 Espectrometría

En el mundo de la iluminación LED para alumbrado público generalmente se utiliza un espectro de emisión blanco neutro (4500K), cálido (3000K) o frío (6000K).

La elección entre estas tres temperaturas de color se suele hacer por temas puramente estéticos, para encajar más en el entorno... por ejemplo, en centros históricos se usa más el blanco cálido, mientras que en iluminación vial se utiliza el blanco neutro y en ocasiones incluso el blanco frío.

Generalmente obviando la incidencia de éstas temperaturas de color en el medio nocturno ya sea a nivel astronómico o biológico.



*Ilustración 1. Espectros emisión Blanco frío, neutro y cálido*

En las tres gráficas anteriores comprobamos que alrededor de los 440nm, hay un pico de emisión pronunciado, dado que el LED blanco se fabrica a partir de un LED azul (Royal Blue) al que se aplican diversas capas de fósforo, con el fin de emitir luz blanca. Este pico es el que afecta tanto a la contaminación lumínica como a la fauna nocturna.

SACOPA - IGNIALIGHT incorpora un nuevo concepto de iluminación respetuosa con el hábitat nocturno, introduciendo el color ámbar en el mundo del alumbrado público LED.

El LED utilizado, PC-Ámbar, tiene un espectro de emisión que por debajo de los 500nm la emisión de luz es prácticamente nula.

Por ello se reduce significativamente el nivel de contaminación luminosa a la vez que disminuye la afectación al medio nocturno.

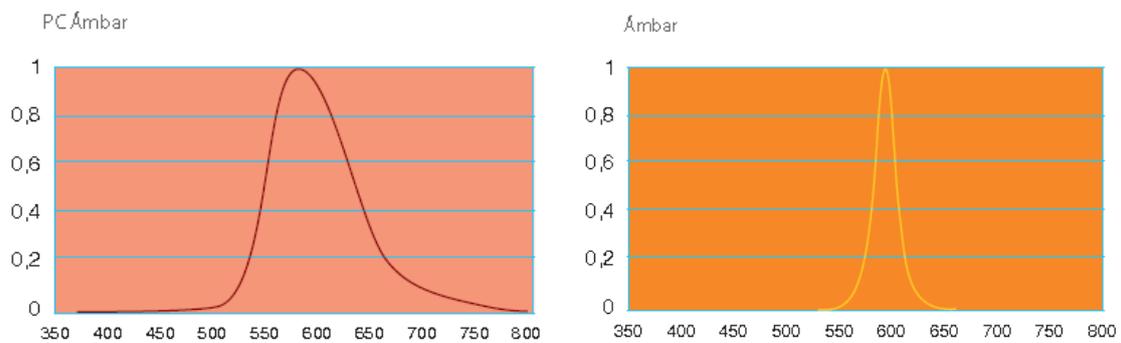
El LED utilizado del tipo PC-Ámbar (Phosphor Converted Amber) se fabrica también a partir de un LED azul, pero el tipo y cantidad de fósforo que se utiliza elimina el pico de emisión en los 440nm, manteniendo su eficiencia en niveles altos (110lm/W).

El índice de reproducción cromática CRI tiene un valor de 40, lo que significa una mejora del 60% respecto al VSAP que tiene un valor de 25.

Existe también un LED ámbar que no proviene de un LED azul + Fósforo, sino que la combinación del material semiconductor utilizado en su fabricación (AlInGaP) es la que genera la luz ámbar.

En este caso el espectro de emisión es monocromático, su CRI equivalente es 0, similar al Vapor de Sodio Baja Presión y su eficiencia es inferior (60lm / W).

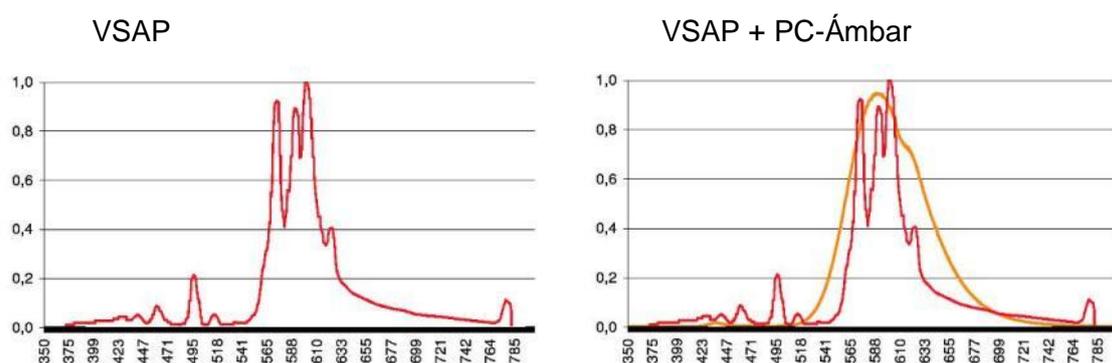
A continuación se muestra el espectro lumínico del LED PC-Ámbar, donde puede apreciarse que el pico de emisión en los 440nm prácticamente desaparece por completo y del LED Ámbar monocromático



*Ilustración 2. Espectros emisión PC-Ámbar y Ámbar Monocromático*

Para terminar con la comparativa de espectros a continuación se muestra el espectro lumínico del Vapor de Sodio Alta Presión. Como puede observarse es mucho más irregular además de tener algunos picos de emisión relativamente importantes en los 460, 495 y 780 nanómetros.

Si sobreponemos las espectrometrías del VSAP y PC-Ámbar podemos observar mejor sus diferencias.



*Ilustración 3. Espectros emisión VSAP y VSAP + PC-Ámbar*

## **2 Eficacia luminosa**

El uso de los LEDs en alumbrado público ha venido respaldado por dos de sus mayores puntos fuertes. La vida útil y la eficacia luminosa.

La vida útil, si la temperatura y corriente de alimentación del LED son gestionados de forma correcta y conservadora, supera las 50.000 horas L70 (manteniendo flujo lumínico del 70% inicial), pudiendo llegar a valores superiores a las 80.000 horas L70 o L80.

Esto supone un gran ahorro en mantenimiento y costes de lámparas de reemplazo a medio y largo plazo. Evidentemente si el LED no se gestiona de forma correcta su vida útil puede ser mucho más limitada.

En cuanto a la eficacia luminosa del sistema LED / lámpara + luminaria, a continuación se muestra una tabla comparativa de los niveles teóricos y reales medidos en goniómetro en módulos LED IGNIALIGHT en las CCT 4500K, 3000K, PC-Ámbar y Ámbar, así como de luminarias con lámpara de VSAP, HM y VM.

|                   | Teórico LED/ lámparas Tj25°C | Real LED / lámpara + luminaria Tj65°C |
|-------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Led Blanco Neutro | 130lm/W                      | 90 - 110 lm/W                         |
| Led Blanco Cálido | 115lm/W                      | 75 - 95 lm/W                          |
| Led PC-Ámbar      | 110lm/W                      | 70 - 90 lm/W                          |
| Led Ámbar         | 60lm/W                       | 35 - 40 lm/W                          |
| VSAP              | 120lm/W                      | 70 – 80 lm/W                          |
| HM                | 85 lm/W                      | 40 - 50 lm/W                          |
| VM                | 55 lm/W                      | 25 – 30 lm/W                          |

*Ilustración 4. Tabla eficacias luminosas*

En todos los casos la eficacia luminosa real es menor que la teórica que nos dan los fabricantes de LEDs y de lámparas de VSAP, HM y VM.

Esto es debido a que la información del fabricante del LED es a temperatura en el interior del LED de 25°C, mientras que en aplicación real la temperatura en el interior del LED se encuentra entre 65°C - 85°C. Además también en aplicación real tenemos que añadirle la eficiencia de Driver o Balastro, eficiencia lentes primaria y secundaria.

La diferencia entre lúmenes teóricos y reales en VSAP, HM y VM son debidos además de la temperatura de trabajo, a las pérdidas por reflexión dentro de la luminaria, eficiencia luminaria, balastro,...

En este sentido se puede afirmar que los LEDs son mucho más eficientes al direccionar todos los lúmenes emitidos hacia el plano inferior, mientras que la tecnología de lámparas de descarga emiten la luz a 360°, esto supone pérdidas de lúmenes por reflexiones.

En igualdad de condiciones la utilancia con luminarias LED es mucho mayor que con luminarias con lámparas de descarga, esto permite que con menos lúmenes iluminemos de forma más correcta, uniforme y eficiente

Por último, otra ventaja respecto a las lámparas de menor potencia de VSAP (50W.) o de HM (20W.) es que con el LED PC-Ámbar, al igual que con el LED de otras temperaturas de color, la potencia puede ser inferior a 20W. En determinadas instalaciones podemos reducir más el consumo, si con estas potencias superamos los niveles lumínicos requeridos, actuando sobre el driver. Esto nos permite dosificar la luz al valor justo y necesario en aquellas actuaciones en las que solo es preciso un cambio de luminaria.

### **3 Análisis realizados:**

Con el fin de asegurar y certificar la idoneidad de estos LEDs para su uso en alumbrado público se ha procedido a contactar con diversas personas y organismos de reconocido prestigio y enviarles muestras de nuestras luminarias con led PC-Ámbar para su análisis.

### **3.1 Sr. Alfons Dolsa. Museu de les Papallones de Catalunya.**

El Sr. Dolsa ha realizado pruebas empíricas comparando la atracción que producen luminarias con diferentes tecnologías de iluminación:

Luminaria equipada con lámpara de Vapor Mercurio 4000°K

Luminaria equipada con lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión

Luminaria IGNIALIGHT equipada con led PC-Ámbar

El resultado ha sido que la atracción provocada por el VSAP era un 60% inferior que la provocada por la luminaria VM, y la atracción provocada por la luminaria Ignialight LED PC-Ámbar era un 70% inferior que la provocada por el VM.

Se puede afirmar que el uso de LED PC-Ámbar para alumbrado público cumple con las restricciones de protección al medio nocturno que limitaban las instalaciones al uso del VSAP.

### **3.2 Universidad de Murcia. Laboratorio de Cronobiología**

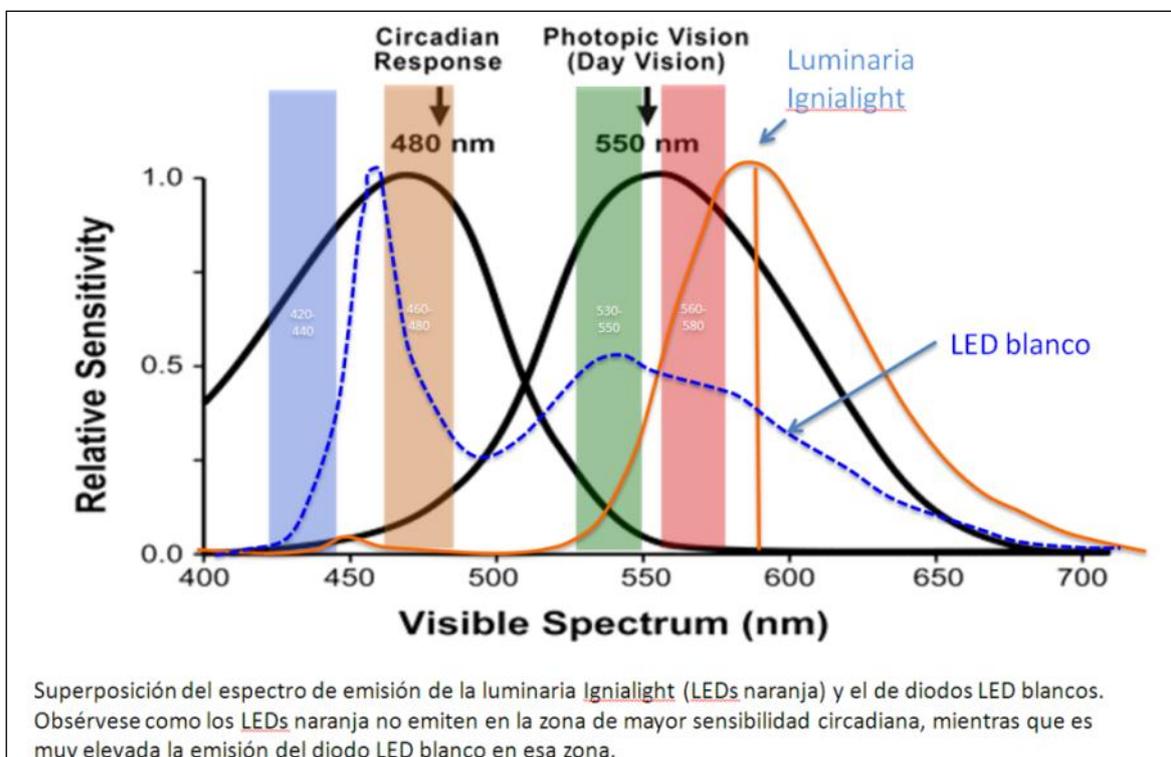
La Universidad de Murcia cuenta con el profesor Dr. Juan Antonio Madrid, el cual lidera el Laboratorio de Cronobiología CRONOLAB: <http://www.um.es/cronobio/>

En este laboratorio se encuentra la Unidad de Iluminación, además de disponer de técnicas de espectrorradiometría para caracterizar los principales parámetros físicos de la luz, cuenta con los dos procedimientos más modernos para medir la actividad biológica de la luz en humanos: la pupilometría y la medida de la inhibición de la melatonina en saliva. La pupilometría permite valorar la respuesta del reloj biológico cerebral a cualquier tipo de luz, mientras que la medida de la melatonina es la técnica aceptada generalmente como “gold estándar” para determinar los efectos de la luz sobre la glándula pineal y el sistema circadiano.

Para analizar el efecto de la espectrometría de las luminarias Ignialight con LED PC-Ámbar a los ciclos circadianos del ser humano, se envió una muestra de módulo LED al laboratorio.

A continuación se muestra una gráfica realizada por el Laboratorio de Cronobiología en el que se encuentra una comparativa entre el espectro de emisión de la luminaria Ignialight y el espectro de emisión de un LED blanco, donde se observa que la luminaria con LED PC-Ámbar no emite en la zona de mayor sensibilidad circadiana, donde sí lo hace el LED blanco.

Esto significa que el uso de LED PC-Ámbar para alumbrado público nocturno prácticamente no tiene efecto sobre los ciclos circadianos en el ser humano.



*Ilustración 5. Curva de respuesta circadiana + espectro leds blanco y PC-Ámbar*

### 3.3 IREC Institut de Recerca en Energia de Catalunya

El alumbrado público de zonas de especial protección por su interés natural y astronómico, como son las E1 y E2, es un alumbrado en el que se tiene que prestar especial atención, como así se ha detallado en el apartado 3.

Para asegurar que no existe ninguna emisión en longitudes de onda que puedan ser dañinas o perjudiciales se ha procedido a la medición de una luminaria Ignialight según normativa de seguridad fotobiológica EN-62471.

Esta medición se ha realizado en el IREC, donde además de su equipo humano especializado, disponen de las últimas tecnologías de medida y análisis óptico:

<http://www.irec.cat/index.php/es/areas-tecnologicas-y-de-investigacion/iluminacion>

A continuación se muestra la tabla de resultados donde puede observarse que el LED PC-Ámbar se encuentra libre de riesgo en todas las clasificaciones que la norma detalla.

| Risk   | Action spectrum | Symbol           | Emission limits |          |          | Units                               | Source under Test | Category Found |
|--|-----------------|------------------|-----------------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------|----------------|
|  |                 |                  | Exempt          | Low risk | Mod risk |                                     |                   |                |
| Actinic UV   | S <sub>UV</sub> | E <sub>S</sub>   | 0,001           | 0,003    | 0,03     | W·m <sup>-2</sup>                   | 0.0002            | <i>Exempt</i>  |
| Near UV  | B (λ)           | E <sub>UVA</sub> | 10              | 33       | 100      | W·m <sup>-2</sup>                   | 0.001             | <i>Exempt</i>  |
| Blue light   | B (λ)           | L <sub>B</sub>   | 100             | 10000    | 4000000  | W·m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup> | 0.59              | <i>Exempt</i>  |
| Blue light, small source   | R (λ)           | E <sub>B</sub>   | 1,0*            | 1,0      | 400      | W·m <sup>-2</sup>                   | 0.009             | <i>Exempt</i>  |
| Retinal thermal  | R (λ)           | L <sub>R</sub>   | 28000/α         | 28000/α  | 71000/α  | W·m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup> | 83,6              | <i>Exempt</i>  |
| Retinal, thermal, weak visual stimulus**   |                 | L <sub>IR</sub>  | 6000/α          | 6000/α   | 6000/α   | W·m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup> | 83,6              | <i>Exempt</i>  |
| IR radiation eye   |                 | E <sub>IR</sub>  | 100             | 570      | 3200     | W·m <sup>-2</sup>                   | 0.001             | <i>Exempt</i>  |
| * Small source defined as one with α<0,011 radian. Averaging field of view at 10000s is 0,1 radian. ** Involves evaluation of non-GLS source |                 |                  |                 |          |          |                                     |                   |                |
| Categoría final: <i>Exempt Group</i>   |                 |                  |                 |          |          |                                     |                   |                |

*Ilustración 6. Resultados análisis según EN-62471*

### 3.4 IAC Instituto de Astrofísica de Canarias

Como se ha comentado anteriormente, el Instituto de Astrofísica de Canarias es un referente a nivel Europeo y Mundial en lo que se refiere a la protección de Cielo Nocturno.

EL IAC dispone de la Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC), la cual fue creada para facilitar la aplicación de la Ley del Cielo, y desde la cual, entre otras muchas cosas, se analizan, homologan y certifican lámparas y luminarias para uso



en entorno de especial protección del cielo por su interés natural y astronómico:  
<http://www.iac.es/servicios.php?op1=28>

Es por este motivo que se ha procedido a facilitar al IAC de muestras de luminarias Ignialight con LED PC-Ámbar para validar su aprobación según sus requerimientos.

Al mismo tiempo y a petición del IAC, se ha procedido a realizar una certificación de radiancia espectral en el espectro visible (350-850nm).

Como resultado se ha conseguido el certificado de luminaria y lámpara, validando que más del 80% de su radiancia se produce entre 550-700nm, es inferior a 0,5% entre 350-440nm, inferior al 1% entre 350-500nm e inferior al 15% entre 350-550nm, ni hay emisión singular por debajo de 500nm que sobrepase 1/50 de la emisión máxima del LED.

#### **4 INSTALACIONES REALIZADAS, CASOS DE ÉXITO:**

A continuación se muestran algunas instalaciones realizadas con luminarias Ignialight con LED PC-Ámbar.

#### **Iluminación vial Santa Pau**

Población: Santa Pau

Potencia: 130W

Sistema de iluminación anterior: VSAP 250 W (+15% reactancia)

Eficiencia: 55% reducción de potencia



*Ilustración 7. Iluminación Santa Pau*

## Iluminación vial Serinyà.

Población: Serinyà

Potencia: 75W (Doble Nivel autoregulado)

Sistema de iluminación anterior: VSAP 100 W (+15% reactancia)

Eficiencia: 35% reducción de potencia



*Ilustración 8. Iluminación Seriny*

## **Iluminación vial Banyoles**

Población: Banyoles

Potencia: 40W

Sistema de iluminación anterior: Nueva urbanización

Eficiencia: 50% reducción de potencia sobre propuesta inicial VSAP 70W



*Ilustración 9. Iluminación Banyoles*

## **Iluminación vial Tortellà.**

Población: Tortellà

Potencia: 50W

Sistema de iluminación anterior: Nueva urbanización

Eficiencia: 50% reducción de potencia sobre propuesta inicial VSAP 70W



*Ilustración 10. Iluminación Tortellà*

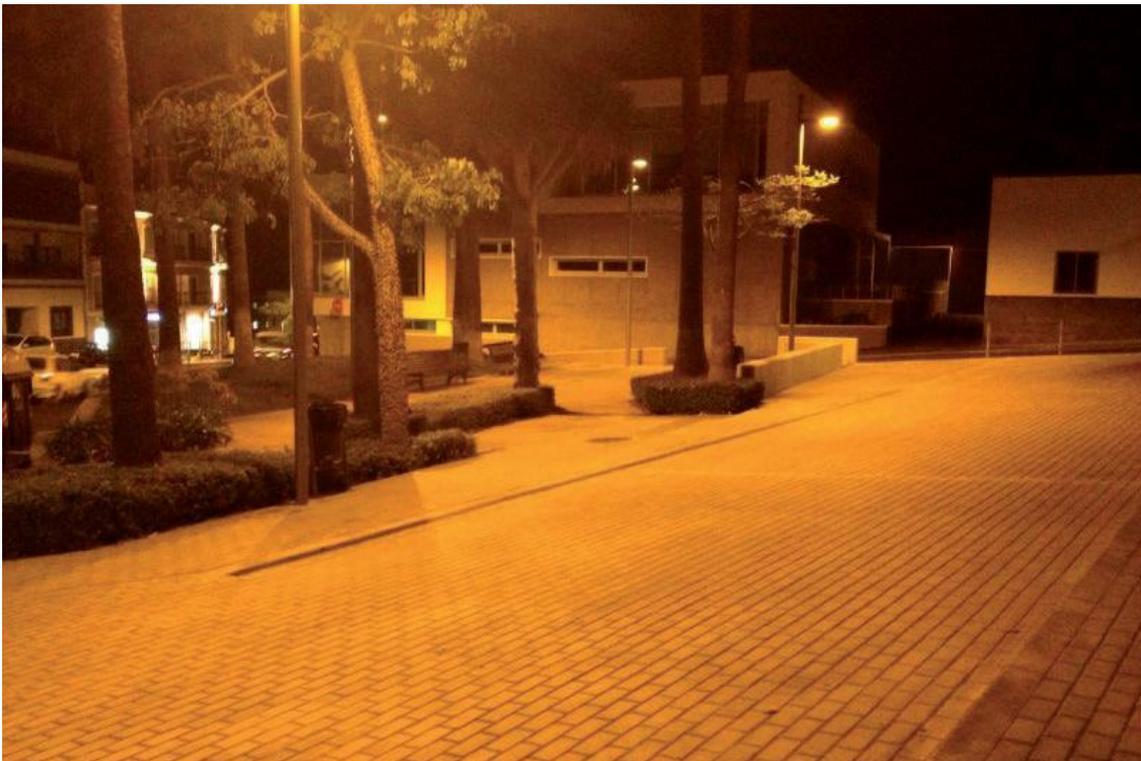
## Iluminación vial Tejina (Santa Cruz de Tenerife)

Población: Tejina

Potencia: 30W

Sistema de iluminación anterior: VSAP 150W

Eficiencia: 72% reducción de potencia



*Ilustración 11. Iluminación Tejina*

## **5. Conclusiones y opiniones de expertos, técnicos y usuarios.**

Como resultado y conclusiones de este informe podemos destacar que este es un proyecto en el que se lleva trabajando más de 2 años.

Durante este tiempo se ha desarrollado la tecnología y se ha contrastado, testeado y certificado hasta asegurar que es una alternativa real a la instalación de luminarias con tecnología de VSAP, evidentemente también para el resto de tecnologías más antiguas que todavía existen en nuestro mercado.

Los análisis y tests realizados por técnicos y expertos, así como las opiniones de usuarios finales también avalan su utilización para aplicaciones de alumbrado público.

En conclusión puede afirmarse que el uso de LED PC-Ámbar para alumbrado público E1 y E2 cumple e incluso mejora las restricciones existentes que limitaban la instalación al uso del VSAP.