



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Fiabilidad de sistemas de iluminación vial y urbana
basados en diodos LED

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

Autor: Eduard Mateu Salinas

Tutores: Miguel Ángel Satorre Aznar

Marcos Pascual Moltó

Curso: 2015-2016

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis tutores Miguel Ángel Satorre Aznar y Marcos Pascual Moltó por ofrecerme la oportunidad de realizar este Trabajo Fin de Grado con ellos ayudándome, aconsejándome y guiándome, sin duda ha sido la mejor forma de poner punto y final a estos cuatro años.

Al Departamento de Física Aplicada y de Electrónica por ofrecerme sus laboratorios, para realizar todas las mediciones y trabajos sin limitación alguna.

Al excelentísimo ayuntamiento de Alcoy por facilitarme semáforos averiados, para poder realizar el estudio.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

Gracias.

TABLA DE MATERIAS

1. INTRODUCCIÓN	página 5
1.1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	página 5
1.1.1. Objetivo del TFG	página 5
1.1.2. Motivación del TFG	página 5
1.1.3. Justificación del TFG	página 6
1.2. EL DIODO LED	página 7
1.2.1. ¿Qué es un led?	página 7
1.2.2. Características de los diodos led	página 7
1.2.3. Ventajas e Inconvenientes	página 9
1.2.4. Aplicaciones comunes de los diodos led	página 9
1.3. LAS SEÑALES VIALES: LOS SEMÁFOROS	página 10
1.3.1. Componentes	página 11
1.3.2. Ventajas e Inconvenientes	página 12
1.3.3. Normativa relacionada	página 12
2. MEDIDAS DE LA ILUMINANCIA Y TEMPERATURA RADIADA EN SEMÁFOROS	página 13
2.1. INTRODUCCIÓN	página 13
2.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	página 13
2.3. ESTRUCTURA DE LAS MEDIDAS	página 14
2.4. CONCEPTOS PREVIOS	página 17
2.5. RESULTADOS	página 18
2.5.1. Semáforo a temperatura ambiente (rojo)	página 18
2.5.2. Semáforo a temperatura elevada (ámbar)	página 18
2.5.3. Semáforo incidiéndole luz externa (verde)	página 18
3. ESTUDIO EN SEMÁFOROS AVERIADOS	página 28
3.1. INTRODUCCIÓN	página 28
3.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	página 28
3.3. SOLDADURA FRIA SIN PLOMO	página 29
3.4. REPARACIÓN DE SEMÁFOROS	página 29
4. CONCLUSIONES	página 33
5. BIBLIOGRAFÍA	página 34
6. ANEXOS	página 35

1. INTRODUCCIÓN

1.1 RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Resumen:

Hoy en día los sistemas de iluminación convencionales (constituidos por una lámpara incandescente) han sido sustituidos prácticamente en todas las poblaciones por un disco con varios leds. Esto ha supuesto una notable disminución en el consumo eléctrico de los semáforos. Sin embargo, también se han podido observar algunos fallos (diodos led apagados o parpadeando) que hacen insuficiente la correcta señalización.

Palabras clave:

Led, semáforo, estudio iluminación vial.

1.1.1 Objetivo del TFG

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es estudiar la viabilidad o eficiencia de los sistemas de iluminación viales que utilizan diodos led, centrándose en los semáforos, para garantizar un funcionamiento más fiable a largo plazo y averiguar por qué se producen estos fallos en un tiempo muy inferior al tiempo de vida asegurado por los fabricantes y cuáles serían las soluciones a aplicar.

Se han realizado dos tipos de estudios: 1. Estudio del comportamiento de tres semáforos en distintas condiciones de temperatura de funcionamiento. 2. Subsanación de semáforos averiados. Estos dos estudios conjuntamente permitirán obtener conclusiones para la optimización de su uso.

1.1.2 Motivación del TFG

La idea de este TFG surgió de una conversación con uno de mis tutores, sobre los fallos encontrados en los discos led de los semáforos (**Figura 1, 2, 3 y 4**) y cuáles serían las posibles causas. Ya que estas averías entran en contraposición al supuesto de que los diodos led ofrecen mayor duración que las lámparas incandescentes convencionales.



Figuras 1 y 2. Semáforos averiados en la ciudad de Alcoy.



Figuras 3 y 4. Semáforos averiados en la ciudad de Alcoy.

1.1.3 Justificación del TFG

La justificación de dicho trabajo es académica, al tratarse de un Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Eléctrica.

1.2 EL DIODO LED

1.2.1 ¿Qué es un led? ¹

Led (Light Emitting Diode) o diodo emisor de luz, es un dispositivo semiconductor que transforma directamente la energía eléctrica en luz mediante electroluminiscencia. La robustez, una larga duración y una elevada eficacia luminosa con un potencial de incremento adicional, son propiedades destacadas de los diodos led.

Los diodos led son un tipo de iluminación en estado sólido (SSL, Solid State Lighting), así como los OLED (Organic Light Emitting Diode) y los PLED (Polymer Light Emitting Diode). Recientemente han aparecido los PLET (Polymer Light Emitting Transistor).

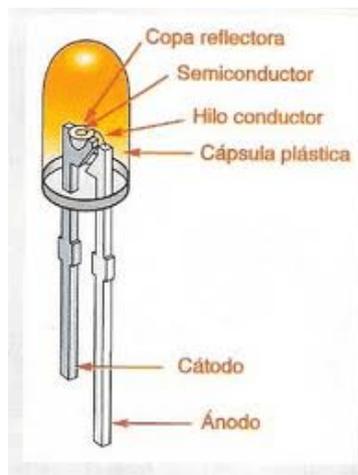


Figura 5. Diodo led. ²

1.2.2 Características de los diodos led

Larga vida útil

Dependiendo de tipos y potencias existen valores cercanos a las 50.000 horas manteniendo como mínimo un 70% del flujo luminoso, en comparación con las lámparas incandescentes, con una estimación media de 1.000 horas.

Escaso consumo

La mayor potencia de consumo para un conjunto de diodos led, como luminaria "Downlight", es de 32 W, dependiendo del tipo de luminaria a utilizar varían los valores de potencia, pero nunca supera los 32 W, en este caso sustituiría a una lámpara halógena de 60 W.

Emisión de calor y rayos ultravioleta

Los leds no emiten radiaciones que estén fuera del espectro visible por el ojo humano. La corriente que circula a través de ellos se libera en forma de calor que deberá ser disipado para no perjudicar a su vida útil. Por eso existen disipadores en la mayoría de luminarias led.



Figura 6. Disipador para disco led. ³

Sin embargo, los discos led de los semáforos implicados en este estudio no disponen de ningún tipo de disipación para sus diodos.

No se utilizan gases ni metales pesados

En comparación con las lámparas halógenas, fluorescentes, incandescentes, bajo consumo... los leds no contienen ningún gas ni metal pesado necesario para su funcionamiento.

1.2.3 Ventajas e Inconvenientes

TABLA 1	VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL DIODO LED ⁴
VENTAJAS	
Vida útil teórica larga: 50.000 horas (con un 70 % del flujo inicial).	
Reducidos costes de mantenimiento.	
Eficiencia energética elevada.	
Colores saturados, sin filtros.	
Luz direccional que incrementa la eficiencia del sistema al iluminar solo la superficie deseada.	
Robustez, seguridad en vibración, estado sólido.	
Menor luz dispersa debido a mejor control óptico.	
Regulable sin variación de color lo que permite ajustar la iluminación a los niveles necesarios.	
Encendido instantáneo al 100 % de intensidad y de forma frecuente.	
Trabajan a bajo voltaje en corriente continua.	
Alta eficacia en ambientes fríos.	
Sellado de por vida en luminarias estancas.	
Mayor libertad de diseño de las luminarias, con ópticas alargadas o con formato 3D.	
INCONVENIENTES	
No tiene un formato estandarizado ni suficiente normativa que los regule.	
El crecimiento exponencial de la eficacia del LED hace que las instalaciones que se están realizando hoy queden obsoletas antes de su amortización.	
Retorno de la inversión largo, fácilmente puede superar los ocho años.	
Por su concentración en pequeños focos las instalaciones de alumbrado fácilmente pueden deslumbrar.	
La electrónica de control asociada no tiene la misma vida útil, fallará antes que los LED.	
La eficacia del LED depende mucho de su temperatura de funcionamiento: un aumento excesivo y mantenido de la temperatura de funcionamiento provocará la depreciación del flujo emitido y un acortamiento drástico de su vida.	
Un aumento de potencia puede provocar la destrucción del LED.	
Requiere alimentación a corriente constante, cualquier fluctuación se traduce en fluctuación de la luz emitida.	
Afectación al medio ambiente por emisión de luz intensa en longitudes de onda cercana a los 440 nm (algunas normativas de comunidades autónomas exigen limitar estas radiaciones para proteger a la biodiversidad).	

1.2.4 Aplicaciones comunes de los diodos led

Los diodos led poseen una gran variedad de aplicaciones:

- Iluminación de interiores (hogares, comercios, hospitales, etc.).
- Iluminación exterior (calles, fachadas edificios, parques, etc.)
- Cabina de ascensores.
- Escaleras y sus escalones.
- Estacionamientos de coches en exteriores e interiores.

- Linternas.
- Paneles informativos y publicitarios.
- Faros de coches.
- Juguetes.
- Guirnaldas y adornos navideños.
- Rayo láser (luz coherente de color rojo, verde o azul).
- Retro iluminación de pantallas TFT de televisores.
- Pantallas gigantes de televisión (“Jumbo”).
- Semáforos de tráfico.

Este último ejemplo será el elegido para realizar el estudio de este trabajo.

1.3 LAS SEÑALES VIALES: LOS SEMÁFOROS.

Las señales viales son aquellos símbolos, leyendas, marcas o luces que la autoridad competente instala en la vía pública con el fin de regular el tránsito de peatones y vehículos ⁵.

Dentro de ellas y referente a las de iluminación podemos encontrar los semáforos que según la RAE (Real Academia Española) es un aparato eléctrico de señales luminosas para regular la circulación. Su función es regular la circulación de vehículos, peatones y bicicletas mediante tres luces: una roja, una ámbar y otra verde.



Figura 7. Aspecto típico semáforo en vía urbana. ⁶

1.3.1 Componentes de los semáforos

El semáforo consta de los siguientes componentes:

Cabeza

Se trata de la parte exterior donde se encuentran las partes visibles de los discos lumínicos del semáforo, suelen ser de metal, aunque hoy en día ya existen de plástico. Tendrá un número determinado de luces orientadas en distintas direcciones, por ejemplo, en un cruce de calles puede tener hasta 6 luces dentro de la misma cabeza.

Cara

Es cada uno de los conjuntos de luces orientados en la misma dirección, en el ejemplo anterior encontraríamos dos caras dentro de la misma cabeza.

Ópticas

Unidades localizadas en la cara del semáforo formadas por bombillas incandescentes o leds.

Visera

Elemento metálico colocado encima de las unidades ópticas para evitar que la luz del sol pueda hacer creer al conductor o al peatón que la luz está encendida, cuando en realidad es el reflejo del sol. En el caso de utilizarse discos led, al reemplazarse solo el disco iluminador, aún se conserva la visera, pero en los nuevos semáforos con cabeza de plástico ya no se encuentra este elemento.

Columna

Soporte donde estará sujeta la cabeza. Son metálicas (acero galvanizado o fundición de hierro)

Báculos

Otro tipo de soporte, éste se utiliza cuando es necesario su avistamiento a una mayor distancia. Constan de un tramo recto unido a otro curvo.

1.3.2 Ventajas e Inconvenientes

TABLA 2	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS SEMÁFOROS LED⁶
VENTAJAS	
El consumo de energía de un semáforo con leds es aproximadamente un 90 % inferior al consumo del mismo semáforo con lámparas de incandescencia.	
No son necesarias viseras en sus cabezas.	
Mantenimiento mínimo.	
Proyectan la luz uniformemente.	
Vida útil 10 veces superior respecto a los semáforos con lámparas incandescentes.	
En caso de fallo, suelen fundirse solo unos pocos leds y no toda la óptica del disco led.	
Al ser más visibles, mayor seguridad vial.	
Pueden funcionar mediante una batería o placa solar de forma autónoma.	
INCONVENIENTES	
Debido a los cambios bruscos de energía (encendido y apagado) algunos diodos suelen fundirse.	
Las altas temperaturas que pueden albergarse dentro de la cabeza, afectan a las soldaduras de los diodos, dejando éstos de alumbrar.	

1.3.3 Normativa relacionada

La normativa referente a la tecnología led aplicada a los semáforos es la siguiente:

- UNE – EN 12368: Equipos de control de tráfico. Cabezas de semáforo.
- UNE – CLC/TS 50509 EX: Uso de cabezas de semáforo de LEDs en sistemas semaforicos de la red viaria.

No se puede encontrar demasiada normativa debido a que es una tecnología nueva en el campo de los semáforos y aún no están instalados en la totalidad del territorio español.

UNE (Una Norma Española)

2. MEDIDAS DE LA ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA RADIADA EN SEMÁFOROS

2.1 INTRODUCCIÓN

No todos los discos led utilizados para las señales semaforicas funcionan correctamente, lo cual puede provocar que la señalización sea ineficiente. Para el esclarecimiento del porqué se producen estos fallos, en la siguiente parte del trabajo se someterán tres discos led a distintas condiciones de funcionamiento, concretamente en lo referente a las temperaturas a las que se ven sometidos.

2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Estos modelos de discos led cuentan con una óptica con 91 diodos led en total, con una fuente de alimentación de 230 voltios en corriente alterna a 15 voltios en corriente continua, además cuentan con un filtro EMI (ElectroMagnetic Interference) para evitar las interferencias que se puedan originar, afecten a la red eléctrica que lo alimenta, y varios condensadores y resistencias. También cuenta con un regulador de tensión lineal (LD1117AG) cuyo datasheet se incluirá en los anexos. Cada pista contará con 6 diodos led de 2 voltios cada uno y el regulador de intensidad consumirá 3 voltios. En el siguiente esquema y fotografía se podrán apreciar con más exactitud sus componentes.



Figura 8. Circuito disco diodo led.

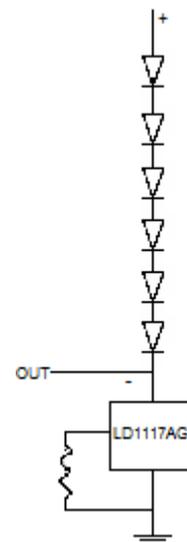


Figura 9. Esquema placa disco led.

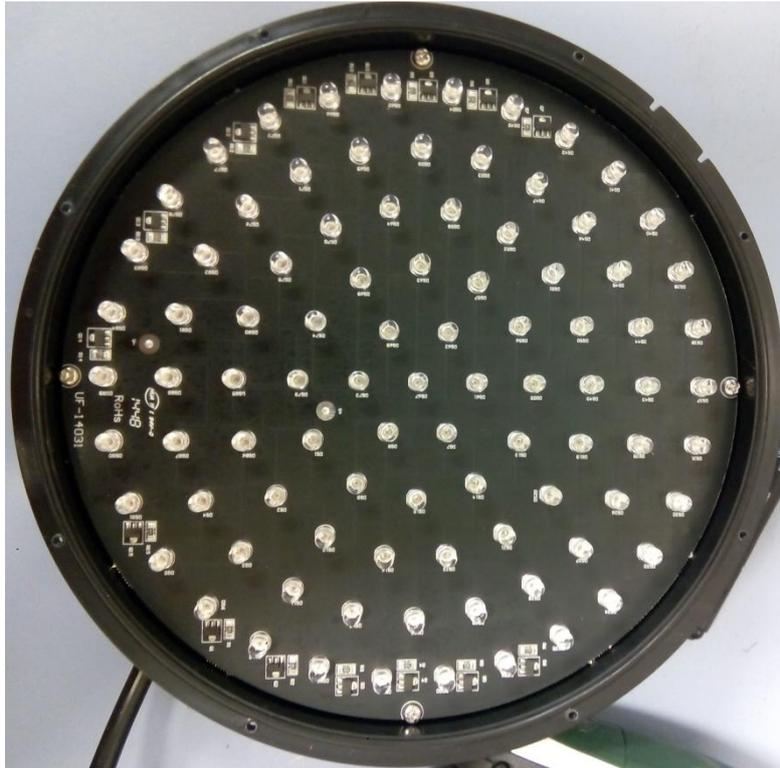


Figura 10. Disco led sin protección.

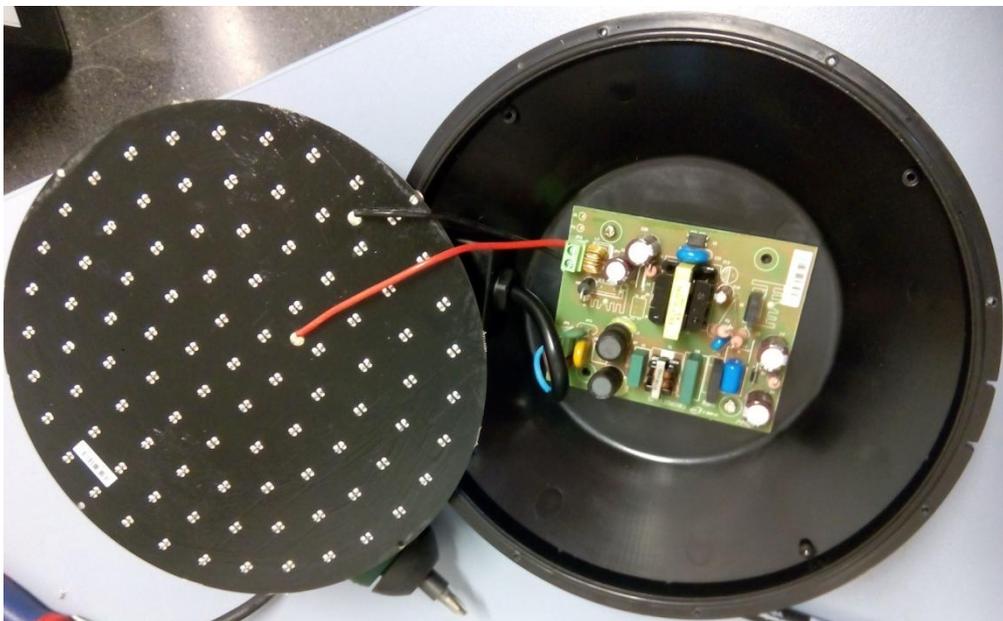


Figura 11. Aspecto interior disco led.

2.3 ESTRUCTURA DE LAS MEDICIONES

Las mediciones realizadas están agrupadas en tres bloques según el disco del led (rojo, ámbar o verde).

En cada uno de estos tres discos led se medirá la iluminancia y la temperatura, se utilizará un luxómetro de la marca RS 180-7133 y una cámara termográfica marca FLIR E50 cuyas fichas técnicas podrán encontrarse en los anexos.

El primer disco led a analizar será el rojo. En este caso se pretende estudiar su comportamiento a temperatura ambiente en el laboratorio de física aplicada. Aunque cuenta con aire acondicionado a 21 °C, se ha medido en cada toma la temperatura ambiente mediante un termómetro digital marca hamma, que también será añadido a los anexos. Dichas mediciones se han realizado disponiendo el disco led sobre la mesa y un trípode con la cámara termográfica o el luxómetro, con una distancia entre ambos de un metro.



Figura 12. Montaje medición disco led rojo.

El segundo disco led analizado ha sido el de color ámbar. A éste se le aplicará una temperatura elevada dentro de un horno con la intención de simular la temperatura que puede obtenerse dentro de la cabeza del semáforo. Esto permitirá averiguar si estas altas temperaturas están relacionadas con la aparición de averías en los discos led.

El horno utilizado es un P Selecta 209 se ha mantenido a una temperatura de 40 °C durante 70 días, de 55 °C durante 95 días y de 65 °C durante los últimos 7 días.

La toma de las mediciones se realizó sacando el disco del horno e inmediatamente se medía la temperatura y la iluminancia con un trípode a un metro de distancia.



Figuras 13 y 14. Montaje medición disco led ámbar.

En último lugar, en el disco verde se ha querido simular el efecto de la luz solar incidiendo sobre la óptica del disco led, y así saber si este efecto está relacionado con la aparición de averías.

El montaje consta de un foco con una bombilla halógena de 500 W colocada a poco más de 50 centímetros y colocada de forma en que incidía claramente en un lado del disco, mientras que en el otro lado quedaba a la “sombra” generada por el foco, que no es una sombra visible, pero al no incidir la luz del halógeno directamente los valores de temperatura registrados eran inferiores.



Figura 15. Montaje medición disco led verde.

2.4 CONCEPTOS PREVIOS

Primero se indicará las unidades de medida a utilizar para las medidas. En las medidas relacionadas con temperatura se utiliza el grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$) y para las medidas de iluminancia el lux.

La temperatura no será necesario definirla, pero en cuanto a la iluminancia debemos saber que es el flujo luminoso que recibe una superficie.

2.5 RESULTADOS

2.5.1 Semáforo a temperatura ambiente (rojo)

Este disco led ha estado encendido ininterrumpidamente durante 172 días a temperatura ambiente. A lo largo del estudio este disco no ha sufrido ninguna avería. Se podrá observar cómo está relacionada directamente la temperatura ambiente con la temperatura de funcionamiento. En cuanto a la iluminancia, conforme pasan los días obtenemos menos lux, aunque la luz natural del día influye mínimamente en las medidas, ya que no podía hacerse la oscuridad absoluta a la hora de medir. Los resultados obtenidos están representados en la Tabla 3 y figuras 19 y 20.

2.5.2 Semáforo a temperatura elevada (ámbar)

Este disco led ha estado encendido 172 días en un horno a elevadas temperaturas: 40 °C, 55 °C y finalmente 65 °C. Se ha llevado así al límite al disco led para estudiar su comportamiento. No se ha observado ninguna modificación en su funcionamiento a lo largo de este estudio. Al ser un horno con control de temperatura analógico nunca se conseguía la temperatura deseada exacta, por eso se puede observar la variación de temperaturas alrededor de la deseada. Referente a la iluminación a más temperatura el disco led ilumina menos. Los resultados están representados en la tabla 4 y figuras 21 y 22.

2.5.3 Semáforo incidiéndole luz externa (verde)

El disco led de color verde ha sido estudiado durante 165 días, ya que la lámpara halógena no se pudo obtener el primer día del estudio. Este disco tampoco ha sufrido ningún fallo ni avería, pero sí ha consumido 2 bombillas halógenas de 500 W, que se han fundido como consecuencia de sus horas de funcionamiento. La temperatura es menor cuanto menos incidencia existe, y la iluminación desde el primer día no ha sufrido demasiada variación. Resultados representados en la tabla 5 y en las figuras 23 y 24.

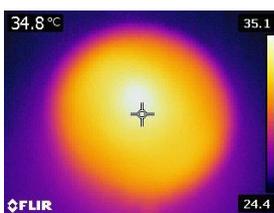


Figura 16



Figura 17

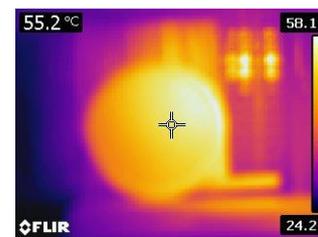


Figura 18

Fotos realizadas con la cámara termográfica FLIR E50; rojo(izquierda), ámbar (centro), verde (derecha).

TABLA 3	Semáforo a temperatura ambiente (rojo)		
FECHA	T Ambiente (°C)	T Semáforo (°C)	Lux
18-ene-16	18.4	26.2	295
20-ene-16	19.6	30.7	295
25-ene-16	19.8	31.2	295
27-ene-16	20.6	32.4	296
01-feb-16	21.0	32.6	294
03-feb-16	22.1	33.9	294
08-feb-16	21.4	32.9	290
10-feb-16	22.6	34.4	294
15-feb-16	21.5	33.0	294
17-feb-16	21.0	32.3	295
22-feb-16	21.4	32.7	296
24-feb-16	21.6	33.5	294
29-feb-16	20.6	32.8	292
02-mar-16	24.1	36.2	292
07-mar-16	21.9	33.8	293
09-mar-16	22.1	34.3	291
14-mar-16	21.6	33.4	292
16-mar-16	23.1	36.2	289
21-mar-16	23.0	35.2	288
23-mar-16	21.9	33.8	288
29-mar-16	22.4	34.3	289
30-mar-16	22.7	34.9	288
04-abr-16	21.5	33.2	288
06-abr-16	21.9	34.8	289
11-abr-16	23.2	35.8	287
13-abr-16	23.0	35.3	288
18-abr-16	21.3	33.7	289
20-abr-16	20.9	33.4	289
25-abr-16	22.1	33.8	287
27-abr-16	21.6	33.1	288
02-may-16	21.3	32.7	287
04-may-16	21.4	32.6	287
09-may-16	21.1	32.9	288
11-may-16	21.6	33.2	288
16-may-16	23.6	34.6	290
18-may-16	23.0	33.9	292
23-may-16	23.3	34.3	290
25-may-16	22.7	33.5	291
30-may-16	23.1	34.0	290

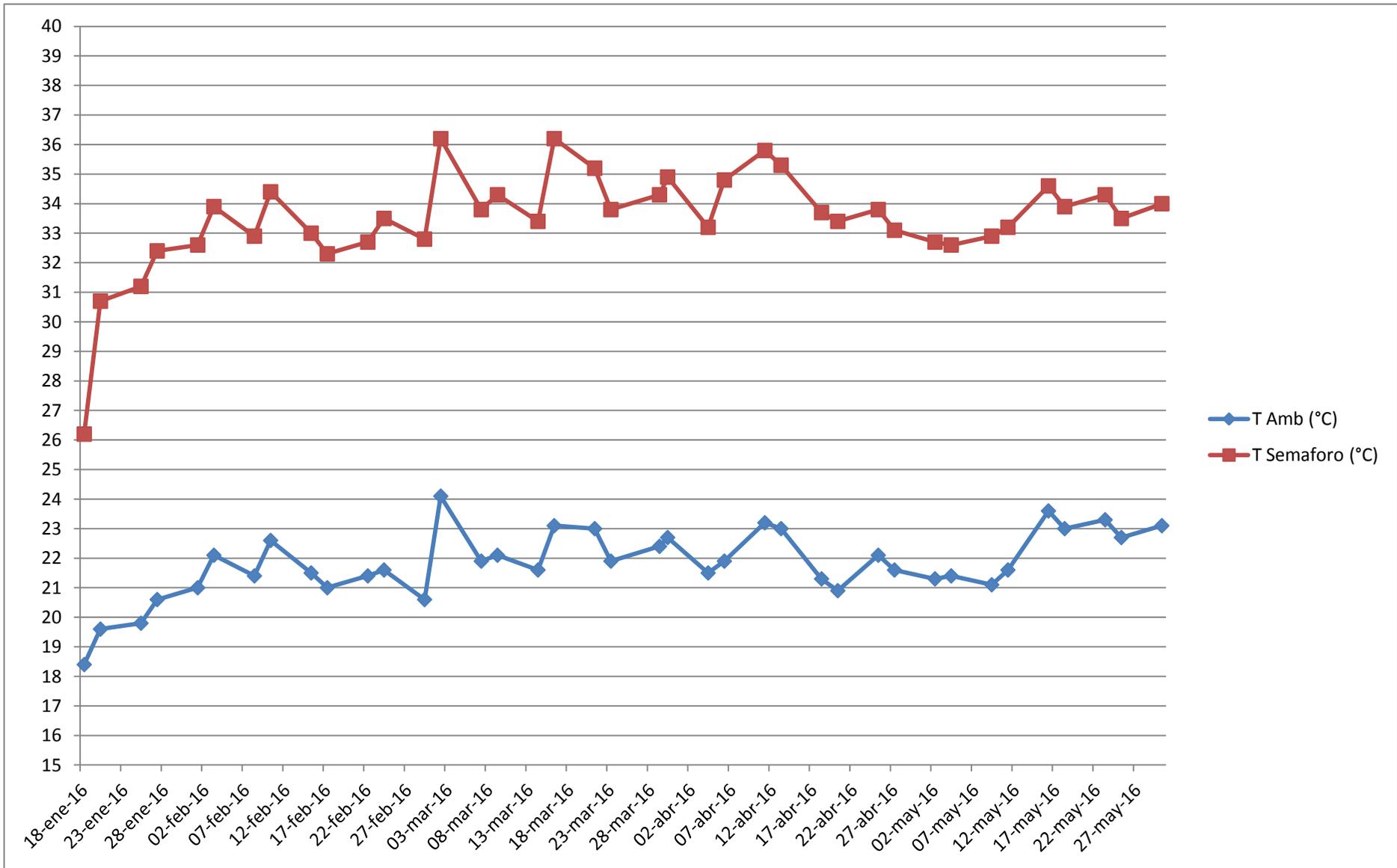


Figura 19. Gráfica medición temperatura disco led rojo.

Fiabilidad de sistemas de iluminación vial y urbana basados en diodos LED

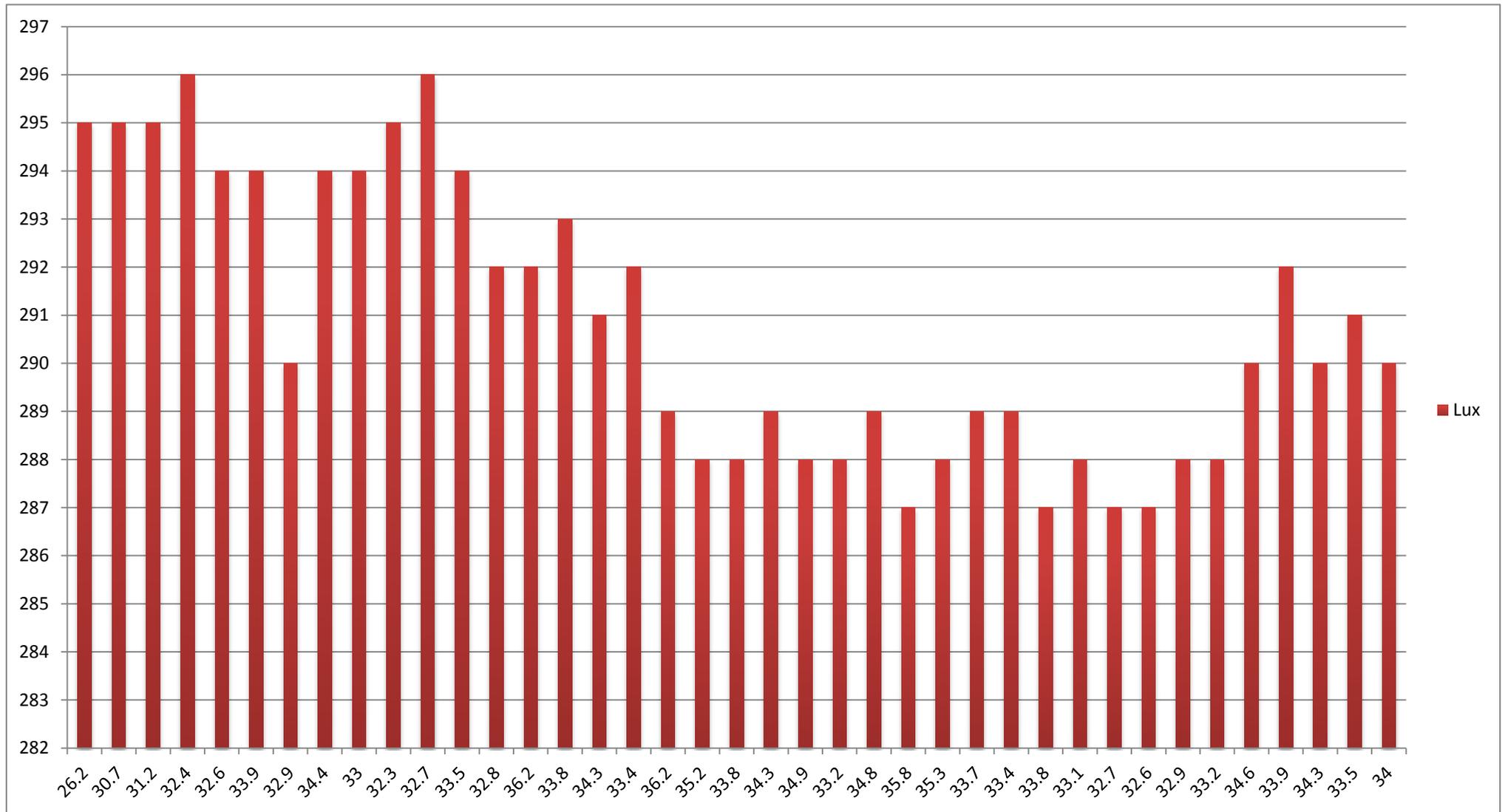


Figura 20. Medición iluminación disco led rojo.

TABLA 4	Semáforo a temperatura elevada (ámbar)		
FECHA	T Horno (°C)	T Semáforo (°C)	Lux
18-ene-16	40.0	45.2	220
20-ene-16	40.0	50.6	196
25-ene-16	40.0	48.6	200
27-ene-16	40.0	48.3	205
01-feb-16	40.0	49	209
03-feb-16	40.0	50.9	199
08-feb-16	40.0	48.7	192
10-feb-16	40.0	49.3	195
15-feb-16	40.0	49.7	206
17-feb-16	40.0	48.6	202
22-feb-16	40.0	49.2	205
24-feb-16	40.0	49.8	203
29-feb-16	40.0	50.9	198
02-mar-16	55.0	59.9	166
07-mar-16	55.0	58.8	168
09-mar-16	55.0	59.1	165
14-mar-16	55.0	58.5	167
16-mar-16	55.0	60.7	164
21-mar-16	55.0	60.1	161
23-mar-16	55.0	58.8	162
29-mar-16	55.0	59.6	163
30-mar-16	55.0	59.3	162
04-abr-16	55.0	59.1	163
06-abr-16	55.0	60	161
11-abr-16	55.0	59.4	163
13-abr-16	55.0	58.7	162
18-abr-16	55.0	58.5	163
20-abr-16	55.0	59.7	162
25-abr-16	55.0	59.3	162
27-abr-16	55.0	58.7	163
02-may-16	55.0	59.8	161
04-may-16	55.0	59.3	162
09-may-16	55.0	60.2	161
11-may-16	55.0	59.7	163
16-may-16	55.0	62.3	161
18-may-16	55.0	59.7	161
23-may-16	65.0	68.3	160
25-may-16	65.0	67.4	162
30-may-16	65.0	67.9	161

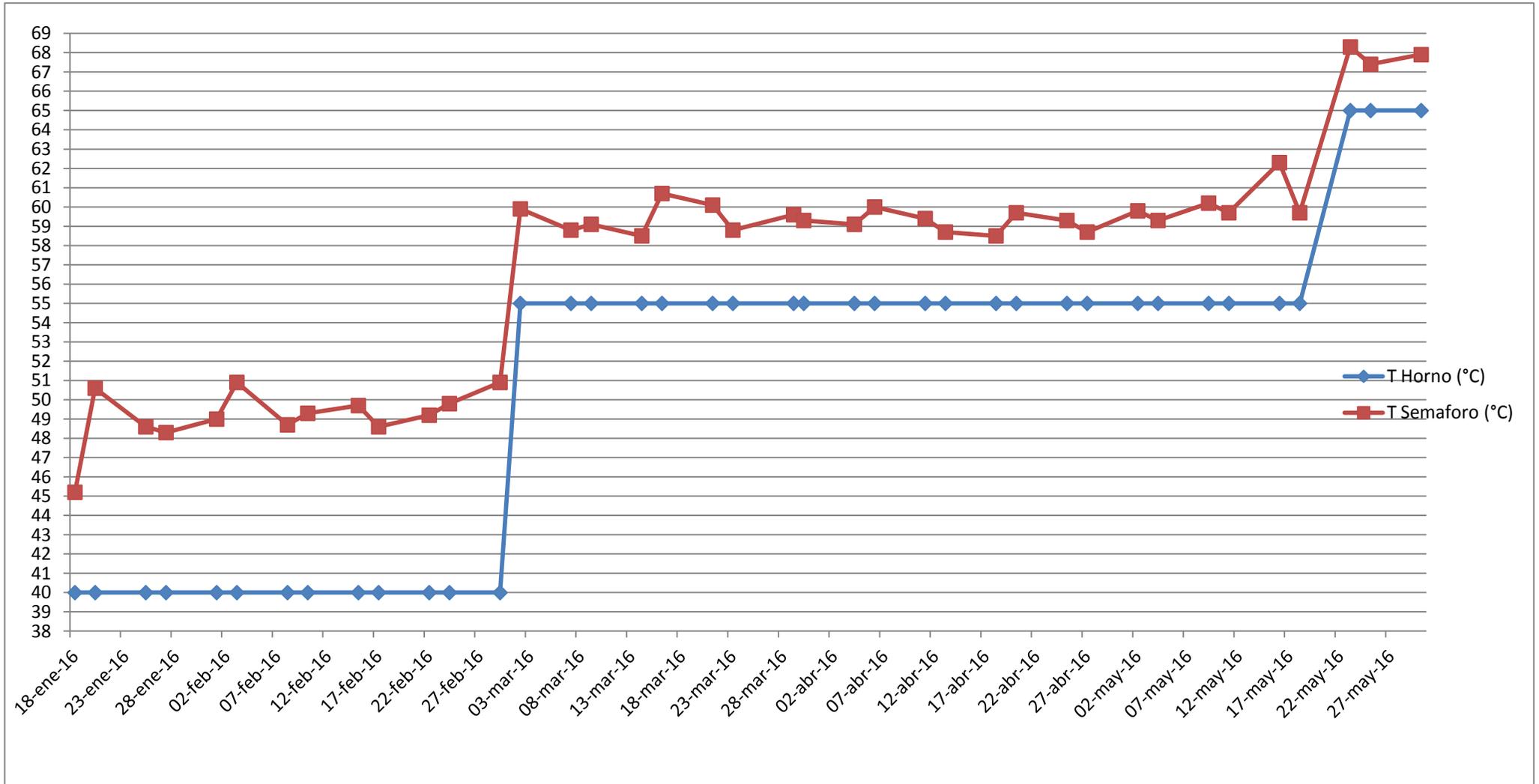


Figura 21. Gráfica medición temperatura disco led ámbar.

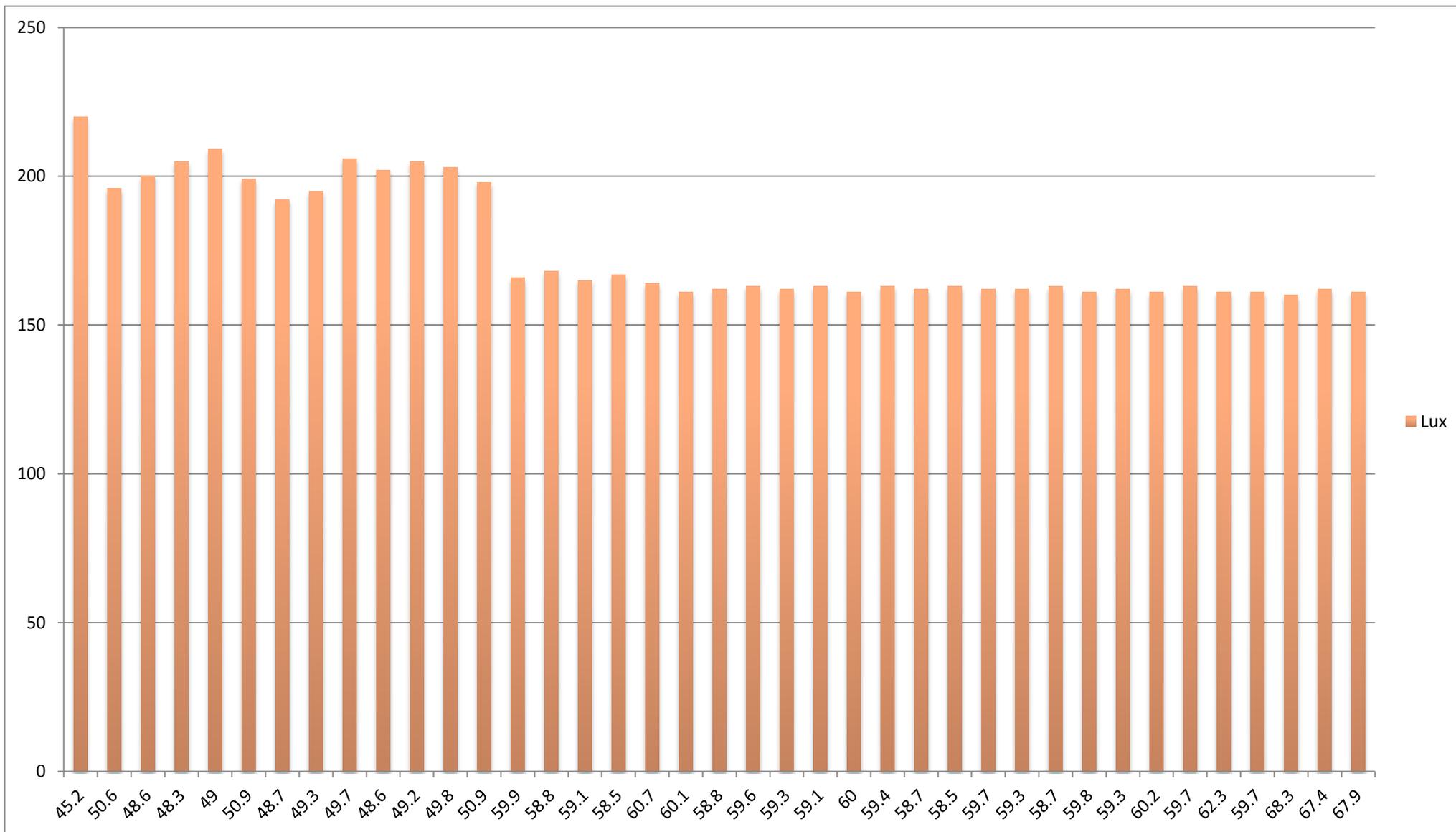


Figura 22. Medición iluminación disco led ámbar.

TABLA 5	Semáforo inciéndole luz externa (verde)			
FECHA	Incide (°C)	Medio (°C)	Sombra (°C)	Lux
25-ene-16	39.2	36.4	32.1	410
27-ene-16	39.8	37.8	32.7	416
01-feb-16	40.3	38.4	33.4	418
03-feb-16	40.0	38.4	33.6	417
08-feb-16	40.6	39.3	33.1	419
10-feb-16	53.4	51.0	43.7	418
15-feb-16	52.2	50.6	43.2	418
17-feb-16	51.6	49.2	42.5	419
22-feb-16	52.0	49.7	42.9	417
24-feb-16	52.6	50.3	43.2	415
29-feb-16	51.8	49.5	41.1	419
02-mar-16	59.0	54.7	44.3	418
07-mar-16	54.6	53.4	44.0	419
09-mar-16	55.7	53.5	44.8	417
14-mar-16	52.9	50.7	43.1	416
16-mar-16	56.9	53.9	44.3	414
21-mar-16	57.7	54.6	45.1	413
23-mar-16	55.3	52.1	42.7	415
29-mar-16	56.5	53.7	44.1	417
30-mar-16	56.9	54.0	44.7	414
04-abr-16	52.6	50.9	42.6	415
06-abr-16	53.1	51.4	42.9	417
11-abr-16	58.0	54.9	45.5	415
13-abr-16	57.8	54.5	45.2	416
18-abr-16	52.0	50.6	42.9	417
20-abr-16	51.9	50.4	42.3	416
25-abr-16	53.4	50.9	43.2	418
27-abr-16	52.5	50.2	42.6	419
02-may-16	51.8	50.0	42.5	417
04-may-16	52.0	49.9	42.6	419
09-may-16	51.6	49.7	42.1	417
11-may-16	52.3	50.2	43.0	418
16-may-16	58.8	54.9	45.4	416
18-may-16	57.9	54.5	45.1	418
23-may-16	58.2	55.1	45.6	419
25-may-16	53.5	51.2	43.8	417
30-may-16	58.0	54.7	45.4	416

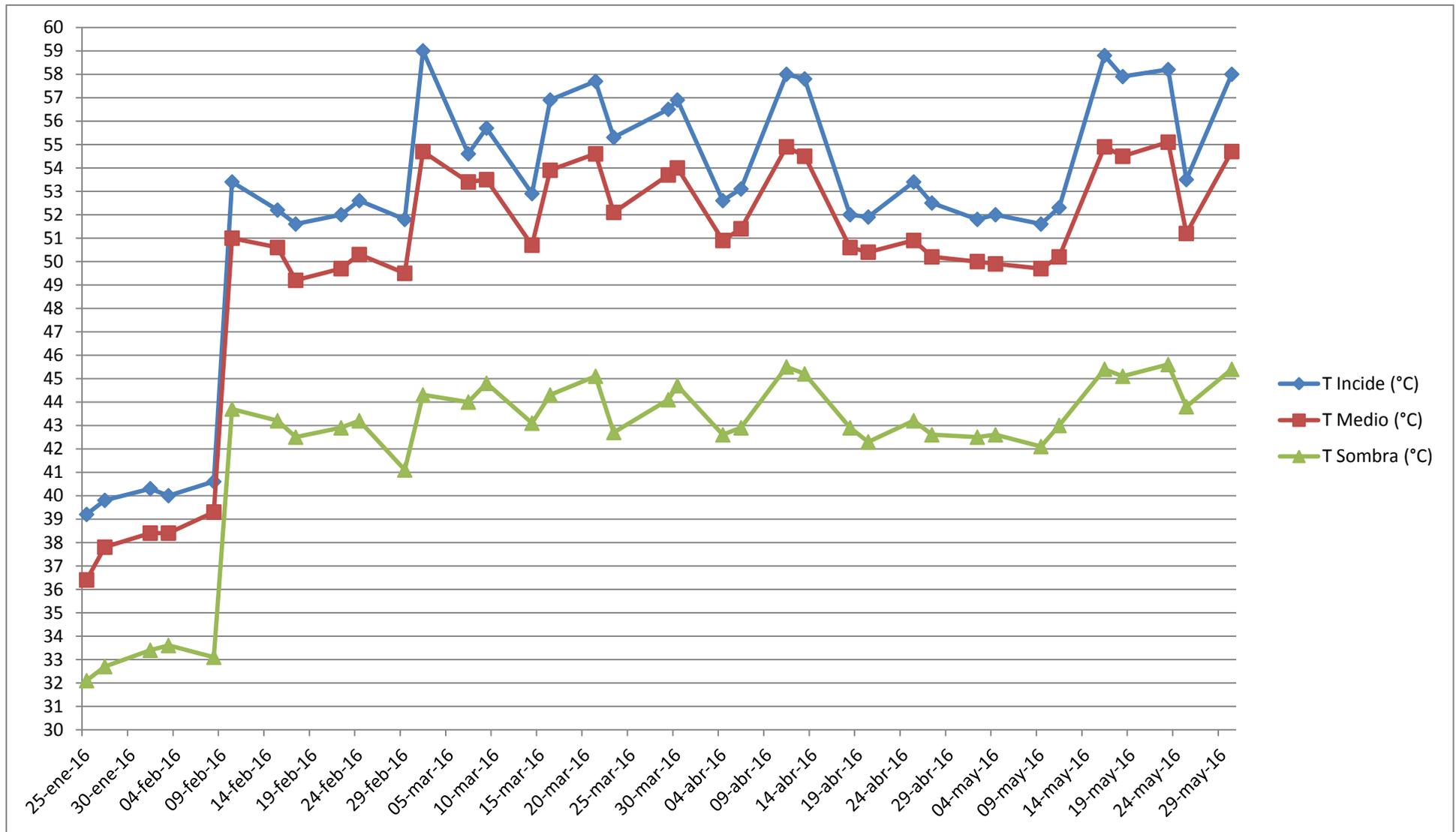


Figura 23. Gráfica medición temperatura disco led verde.

Fiabilidad de sistemas de iluminación vial y urbana basados en diodos LED

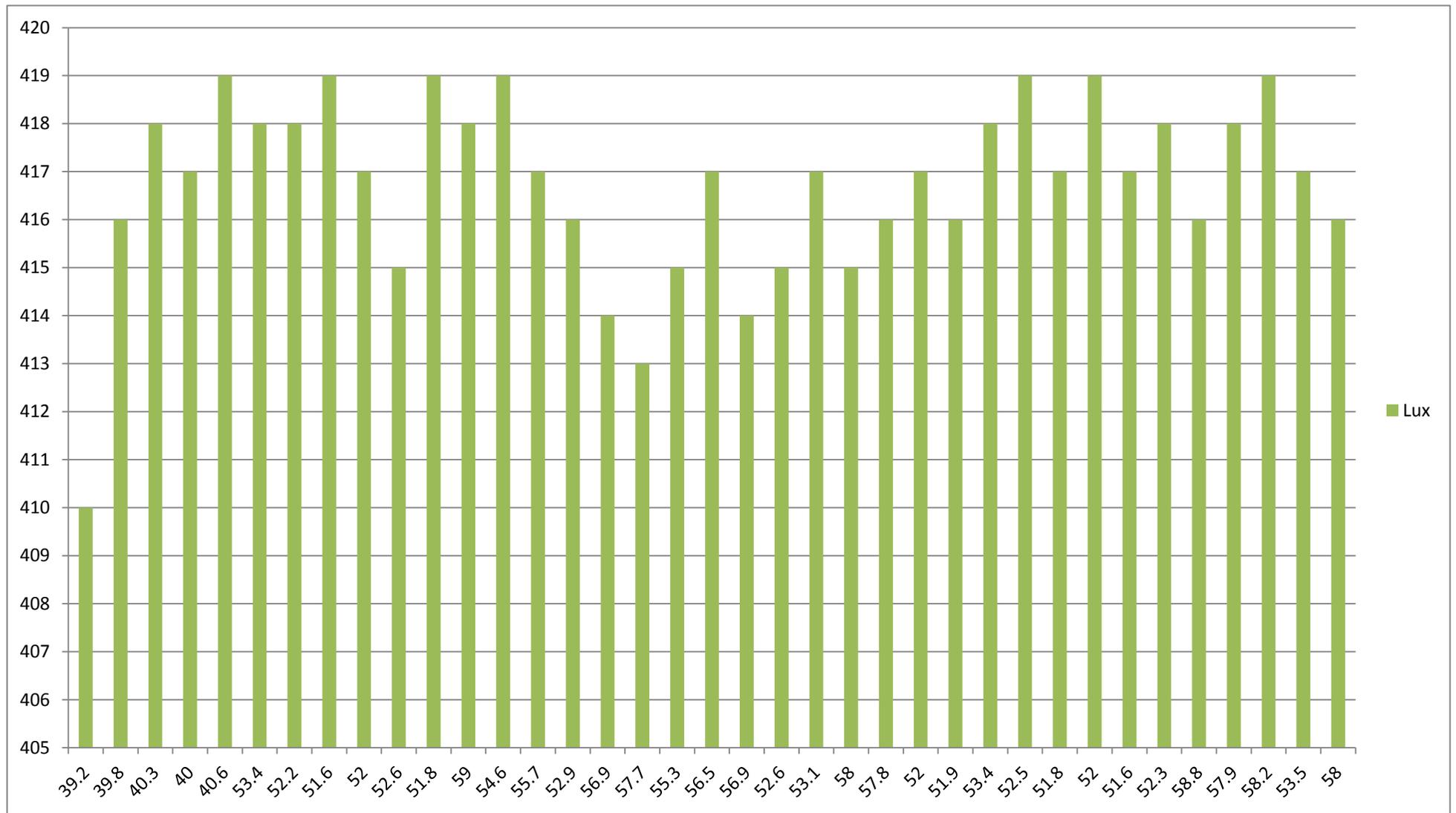


Figura 24. Medición iluminación disco led verde.

3. ESTUDIO EN SEMÁFOROS AVERIADOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se procederá al estudio de semáforos averiados y a averiguar el porqué de estos fallos. Se desmontarán y se estudiarán los componentes de cada uno de ellos.

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los semáforos facilitados por el ayuntamiento de Alcoi constan de un disco con 120 diodos led, también han sido facilitados semáforos de peatones con 88 diodos led, con la forma del peatón parado o caminando. Estos discos led están formados por una fuente de alimentación, resistencias y condensadores. En estos discos led encontraremos resistencias en la parte visible desde su óptica, para regular la intensidad en los diodos led. En las siguientes figuras podremos observar mejor su aspecto exterior e interior.

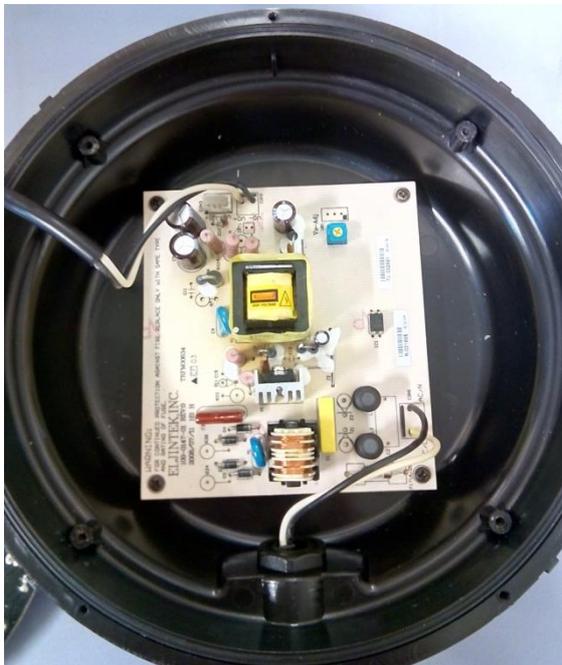


Figura 25. Aspecto interior diodo led.



Figura 26. Aspecto exterior diodo led.

3.3 SOLDADURA FRÍA SIN PLOMO ⁷

El 1 de Julio de 2006 se publicó una directiva europea llamada “directiva RoHS” (Restriction of use of certain Hazardous Substances) para restringir el uso de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos. Esta norma es conocida coloquialmente como la “sin plomo”. Sin embargo, también restringe el uso del cadmio (Cd), mercurio (Hg), cromo hexavalente (Cr VI), polibromobifenilos (PBB) y polibromodifeniléteres (PBDE).

El principal inconveniente de este tipo de soldadura es que todas las aleaciones exentas de plomo funden a una temperatura superior que la de las aleaciones que si que contienen plomo, es decir, se necesitará una temperatura de soldadura mucho mayor. Esto afectará directamente a los componentes y la placa PCB que deben soportar niveles más altos de temperatura sino pueden ver perjudicado su funcionamiento.

Este tipo de soldadura cuando se desuelda nos puede hacer creer que los componentes de la placa del disco led (diodos y resistencias) no funcionen adecuadamente.

3.4 REPARACIÓN DE SEMÁFOROS

Para la reparación de los discos led pertenecientes a semáforos averiados en la ciudad de Alcoi se procedió de la siguiente forma:

1. Se conectó de nuevo a la red eléctrica, para detectar los diodos que no iluminaban o parpadeaban.
2. Se procedió al re-soldado de los diodos que no funcionaban correctamente, ya que la primera impresión al desmontarlos fue que muchas conexiones a los elementos no eran adecuadas. Esta vez se utilizó al re-soldado estaño con plomo.
3. Por último si con el re-soldado el diodo seguía sin iluminar, se soltó de la placa y se probó en una fuente de alimentación externa, para poder saber si el fallo se producía en la placa del disco o era problema del propio diodo.

En las siguientes imágenes se pueden apreciar semáforos averiados, reparados y en proceso de reparación.

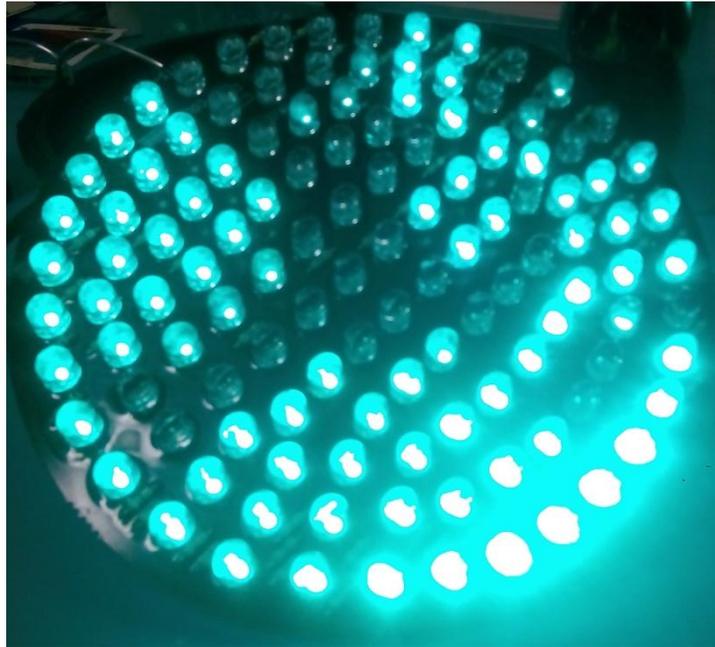


Figura 27. Disco led verde averiado.

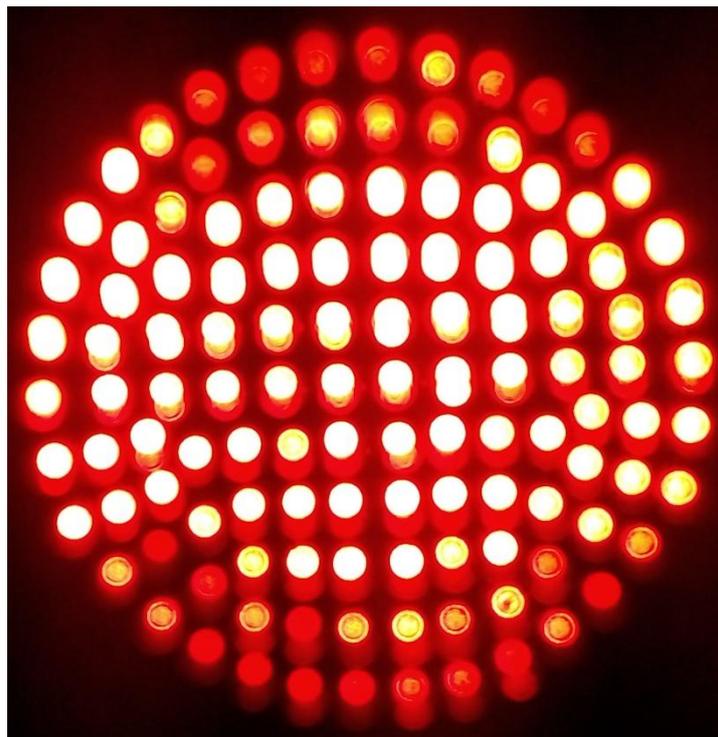


Figura 28. Disco led rojo reparado.

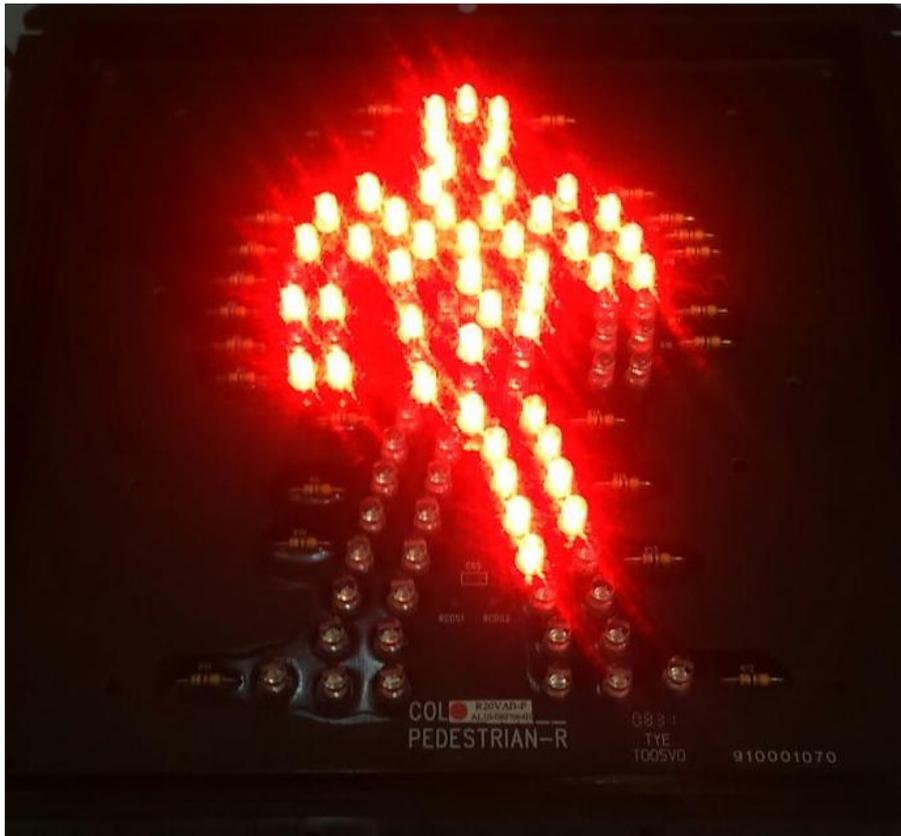


Figura 29. Disco led peatón rojo averiado.

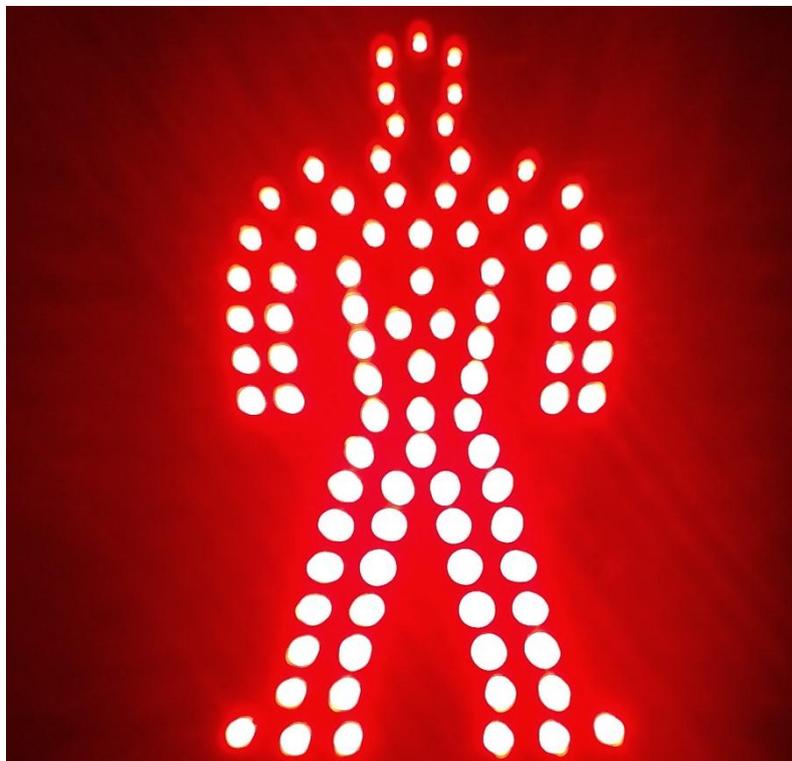


Figura 30. Disco led peatón rojo reparado.

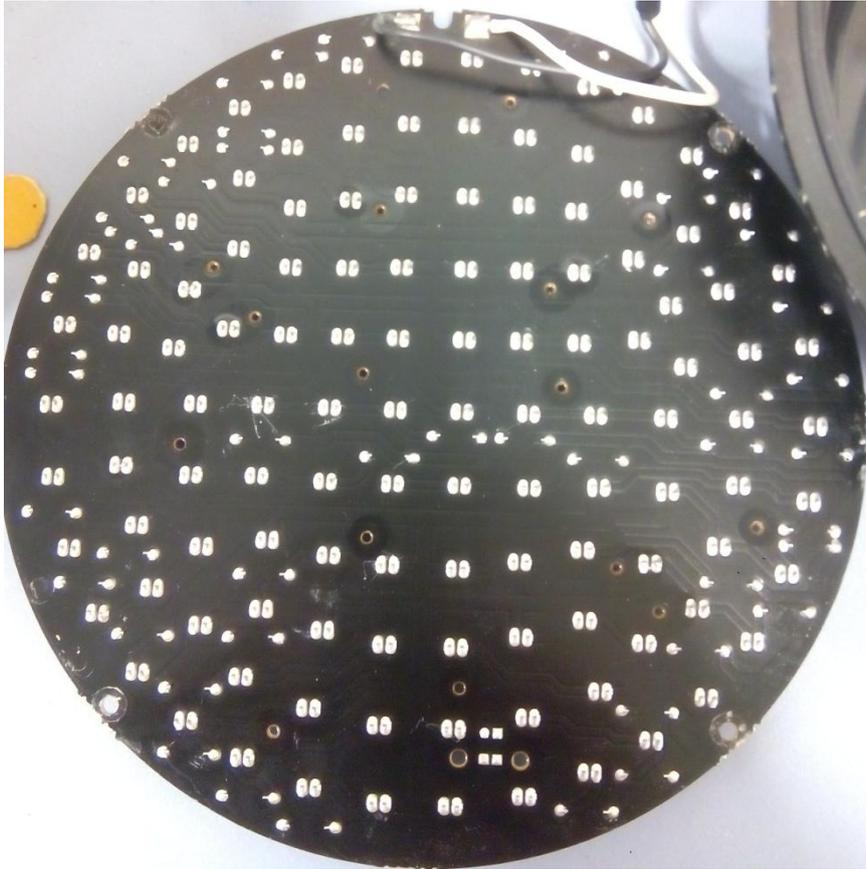


Figura 31. Placa PCB disco led con soldadura fria.

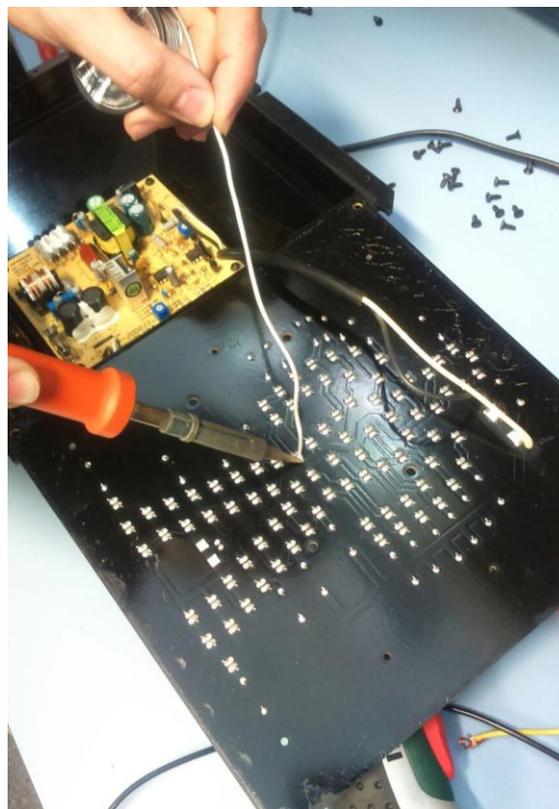


Figura 32. Proceso de soldado a placa PCB.

4. CONCLUSIONES

En este estudio se han analizado dos tipos de discos led: los tres proporcionados por el Departamento de Física y los averiados provenientes de semáforos instalados en la ciudad de Alcoi. El primer hallazgo destacable es que no se ha producido ninguna avería en ninguno de los tres discos led sometidos a diferentes condiciones durante 172 días, lo cual puede ser explicado mediante dos hipótesis: a) la duración del estudio no ha sido la suficiente como para provocar la aparición de averías; b) estos discos led cuentan con una mejor tecnología que los instalados en la ciudad de Alcoi.

Por lo que respecta a los semáforos proporcionados por el Excelentísimo Ayuntamiento de Alcoi, es posible que sus fallos estén relacionados con la soldadura fría sin plomo, que no sería lo suficientemente fuerte como para soportar que la placa se combe y en consecuencia la conexión de los elementos falla. Esto se ha verificado al observar que después de su re-soldado el 80% de diodos led vuelven a iluminar.

El combe de la placa PCB está directamente relacionado con las altas temperaturas alcanzadas dentro de la cabeza de un semáforo. Sin embargo, este fenómeno no se ha podido observar en el disco ámbar de la otra marca sometido a altas temperaturas en el laboratorio (hasta 65 °C). Algunas de las diferencias con respecto a los semáforos averiados de la ciudad que pueden explicar este hecho son: los discos led son más modernos y el tipo de diodo mejor, el tipo de soldadura es diferente o la temperatura alcanzada ha sido insuficiente.

En conclusión, una serie de medidas podrían ser aplicadas para que no se averiasen tantos discos led:

- Sustitución del tipo de soldadura.
- Instalación de sistemas de refrigeración o disipación del calor.
- Recambio de componentes por otros de mejor tecnología.

Futuros estudios irían encaminados a estudiar si la aplicación de estas medidas es útil en la mejora del funcionamiento de los semáforos. También se podría observar si una causa de las averías puede ser el gran número de ciclos de encendido y apagado que soportan dichos discos junto con las variaciones de temperatura que sufren durante todo un día.

5. BIBLIOGRAFIA

1. California Sustainability Alliance Solid State Lighting, 24 de julio de 2010.
2. Imagen led.(Figura 5) [Consulta 7 Junio 2016] Disponible en:
<http://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html>
3. Imagen disipador.(Figura 6) [Consulta 8 Junio] Disponible en:
<http://tiendacve.com/disco.html>
4. Ventajas e Inconvenientes diodo led. [Consulta 8 Junio 2016] Disponible en:
<http://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>
5. Real Academia Española (RAE).
6. Imagen semáforo. (Figura 7) [Consulta 9 Junio] Disponible en: www.casaled.com
7. Ventajas e Inconvenientes semáforo led. Miriam Achau Piqueras - *Estudio de la Eficiencia Energética de la iluminación LED aplicada a la red semafórica para el control del tráfico rodado* – EPSA 2015.
8. Soldadura fría sin plomo. [Consulta 15 Junio] Disponible en:
http://www.metalia.es/guiadeempresas/Centralairlaser/pdf/070613164415-13_Soldadura%20sin%20plomo.pdf

6. ANEXOS

A: Ficha técnica Luxómetro digital RS 180-7133.

B: Ficha técnica cámara termográfica FLIR E50.

C: Ficha técnica termómetro digital Hamma TH-50.

D: Datasheet regulador de tensión lineal - CD00000544.

