



**Proyecto Energía, Desarrollo y Vida  
ENDEV/GIZ**

**Informe Técnico**

**Evaluación de 10 lámparas “Sunking Pro”  
(Después de 8 meses de uso en el campo)**

Elaborado por:

**Universidad Nacional de Ingeniería  
Facultad de Ciencias  
Laboratorio de Fotometría**

## 1. OBJETIVO /ANTECEDENTES

El presente informe técnico presenta los resultados de la evaluación en el laboratorio de diez lámparas “Sun King Pro”, recibido a fines de 2012 de la GIZ. Estas lámparas habían sido anteriormente usadas durante ocho meses en un ensayo de campo de Pico Sistemas Fotovoltaicos.

Anteriormente se había recibido para su evaluación una lámpara nueva del mismo modelo, cuyos resultados habían sido entregados a la GIZ en julio de 2012 y serán usados, como referencia, en el presente informe.

## 2. INSPECCIÓN PRELIMINAR DE LAS LÁMPARAS

Como primer paso se etiquetó cada lámpara con un código, el cual nos servirá para diferenciar cada lámpara. La tabla 1 muestra el respectivo código.



Fig. 1. Lámpara LF\_UNI\_121122\_05

En el Anexo A1 se presenta las fotografías de las 10 lámparas encendidas tal como llegaron al laboratorio.

Tabla 1: Código de cada lámpara

| Sistema Pico Pv | Código LF_UNI    |
|-----------------|------------------|
| Sun King Pro 01 | LF_UNI_121122_01 |
| Sun King Pro 02 | LF_UNI_121122_02 |
| Sun King Pro 03 | LF_UNI_121122_03 |
| Sun King Pro 04 | LF_UNI_121122_04 |
| Sun King Pro 05 | LF_UNI_121122_05 |
| Sun King Pro 06 | LF_UNI_121122_06 |
| Sun King Pro 07 | LF_UNI_121122_07 |
| Sun King Pro 08 | LF_UNI_121122_08 |
| Sun King Pro 09 | LF_UNI_121122_09 |
| Sun King Pro 10 | LF_UNI_121122_10 |

Observaciones del estado de las lámparas Sun King Pro recibidas:

- No se observó ningún defecto en las 10 lámparas; todas funcionaban bien, incluyendo sus interruptores y pantallitas de indicación del tiempo disponible de encendido.
- Todas las lámparas se encontraban con poca suciedad externa y sin presencia de residuos orgánicos o suciedad en su interior, lo que indica un buen sellado. La lámpara más sucia fue la lámpara LF\_UNI\_121122\_05 (figura 1 y 2).



Figura 2: Vista posterior de la lámpara LF\_UNI\_121122\_05

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

Se hicieron las mismas mediciones, usando los mismos instrumentos y el mismo procedimiento, como anteriormente con la lámpara nueva; con la excepción que en el presente caso se usó una nueva lámpara patrón con un flujo de 42,37 lm, más apropiada para medir flujos luminosos típicos de lámparas LED.

#### 3.1. MEDICIONES FOTOMETRICAS

Se usó el siguiente instrumental para las mediciones fotométricas:

- Esfera Integradora: Labsphere LMS 400 (1 m diámetro)
- Espectrómetro: Labsphere CDS 1100 (350 nm – 850 nm)
- Fuente de poder para lámpara patrón: Labsphere LPS-150-0268
- Lámpara patrón Labsphere SCL-050 A41, con 42,37 lm  $\pm$  1.0 %

##### 3.1.1. PRIMERA MEDICION FOTOMETRICA:

Mediciones fotométricas de las lámparas tal como llegaron al laboratorio en la posición 1(alta). Los datos obtenidos se muestran en la tabla 2 y 3.

**Tabla 2. Flujo luminoso, temperatura de color e IRC de las lámparas “Sun King Pro” tal como llegaron al laboratorio.**

| Lámpara          | Flujo (lm) | CCT (°K) | IRC (%) |
|------------------|------------|----------|---------|
|                  | ±4.5%      |          |         |
| LF_UNI_121122_01 | 97         | 3971     | 58      |
| LF_UNI_121122_02 | 102        | 4198     | 62      |
| LF_UNI_121122_03 | 118        | 4068     | 60      |
| LF_UNI_121122_04 | 110        | 4226     | 62      |
| LF_UNI_121122_05 | 107        | 3872     | 59      |
| LF_UNI_121122_06 | 101        | 4285     | 63      |
| LF_UNI_121122_07 | 106        | 4110     | 60      |
| LF_UNI_121122_08 | 112        | 3965     | 58      |
| LF_UNI_121122_09 | 101        | 3986     | 59      |
| LF_UNI_121122_10 | 110        | 4140     | 59      |

**Tabla 3. Valores promedios, desviación estándar del flujo luminoso, temperatura de color e IRC de la lámparas Sun King Pro tal y como llegaron al laboratorio.**

|                             | Valor promedio | Desviación estándar | Valor máximo | Valor mínimo |
|-----------------------------|----------------|---------------------|--------------|--------------|
| <b>Flujo luminoso</b>       | 106.3 lm       | ± 6.2               | 118 lm       | 97 lm        |
| <b>Temperatura de color</b> | 4082 °K        | ± 133               | 4285 °K      | 3872 °K      |
| <b>IRC</b>                  | 60.0 %         | ± 1.8               | 63 %         | 58 %         |

#### **PRIMERA DESCARGA:**

Después de la primera medición fotométrica se encendieron las lámparas en la posición 1 (alta) hasta que se apagaron. Estos tiempos de encendido indican el estado referencial de carga de las baterías de las lámparas en el momento de recepción en el laboratorio. Durante este proceso de descarga no se midió la carga eléctrica y energía extraídas. A continuación la tabla 4 muestra el tiempo que demoró en apagarse cada lámpara.

**Tabla 4. Tiempo que tomó cada lámpara en apagarse en la posición 1(alta)**

| Lámpara          | Tiempo total ± 15min |
|------------------|----------------------|
| LF_UNI_121122_01 | 10h40min             |
| LF_UNI_121122_02 | 4h55min              |
| LF_UNI_121122_03 | 5h50min              |
| LF_UNI_121122_04 | 9h40min              |
| LF_UNI_121122_05 | 9h40min              |
| LF_UNI_121122_06 | 12h40min             |
| LF_UNI_121122_07 | 10h40min             |
| LF_UNI_121122_08 | 13h40min             |
| LF_UNI_121122_09 | 8h40min              |
| LF_UNI_121122_10 | 9h40min              |

Considerando que el tiempo de encendido de la lámpara nueva (evaluada anteriormente) fue de 8.7 horas (en la posición de máxima intensidad luminosa), se observa que 8 de las 10 lámparas llegaron al Laboratorio con sus baterías bien cargadas, inclusive con tiempos de encendido superiores al de la lámpara nueva.

### 3.1.2. SEGUNDA MEDICIÓN FOTOMÉTRICA

Se realizó una segunda medición fotométrica con las baterías totalmente cargadas y con las lámparas limpias, en la posición de intensidad máxima. Los datos de corriente, voltaje y potencia extraídos de las baterías se obtienen de la medición eléctrica. Estos datos se encuentran en la tabla 5.

**Tabla 5. Flujo luminoso, temperatura de color e IRC de las lámparas “Sun King Pro” limpias y con las baterías totalmente cargadas.**

| Lámpara           | Flujo(lm) | CCT( <sup>0</sup> K) | IRC  | Corriente(mA) | Voltaje (V) | Potencia(W) | Eficacia(lm/W) |
|-------------------|-----------|----------------------|------|---------------|-------------|-------------|----------------|
|                   | ±4.5%     |                      |      | ±0.01         | ±0.01       | ±0.003      |                |
| LF_UNI_121122_01* | ----      | ----                 | ---- | ----          | ----        | ---         | ----           |
| LF_UNI_121122_02  | 102       | 4237                 | 62   | 166           | 6.62        | 1.10        | 88.63          |
| LF_UNI_121122_03  | 115       | 4077                 | 60   | 172           | 6.58        | 1.13        | 90.30          |
| LF_UNI_121122_04  | 107       | 4233                 | 62   | 164           | 6.62        | 1.09        | 108.60         |
| LF_UNI_121122_05  | 107       | 3898                 | 59   | 167           | 6.59        | 1.10        | 99.50          |
| LF_UNI_121122_06  | 101       | 4317                 | 63   | 175           | 6.61        | 1.16        | 92.15          |
| LF_UNI_121122_07  | 106       | 4110                 | 60   | 164           | 6.61        | 1.08        | 92.99          |
| LF_UNI_121122_08  | 112       | 3965                 | 58   | 164           | 6.61        | 1.08        | 97.60          |
| LF_UNI_121122_09  | 101       | 3986                 | 59   | 166           | 6.61        | 1.10        | 102.07         |
| LF_UNI_121122_10  | 110       | 4104                 | 59   | 169           | 6.58        | 1.11        | 90.74          |

\* No se realizó las mediciones fotométricas de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 porque se encontraba inoperativo debido a un error de parte del personal del laboratorio de fotometría.

La tabla 6 muestra los resultados promedios de la tabla 5 excluyendo la lámpara LF\_UNI\_121122\_01.

**Tabla 6. Valores promedios, desviación estándar del flujo luminoso, temperatura de color, IRC y eficacia de las lámparas Sun King Pro limpias y con las baterías totalmente cargadas.**

|                             | Valor promedio      | Desviación estándar |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Flujo luminoso</b>       | 107 Lm              | ± 4.9               |
| <b>Temperatura de color</b> | 4103 <sup>0</sup> K | ± 139.7             |
| <b>IRC</b>                  | 60.2 %              | ± 1.7               |
| <b>Eficacia</b>             | 96 lm/W             | ± 6.6               |

### 3.1.3 MEDICION DE LA ILUMINACION SOBRE UNA MESA DE 1M<sup>2</sup>

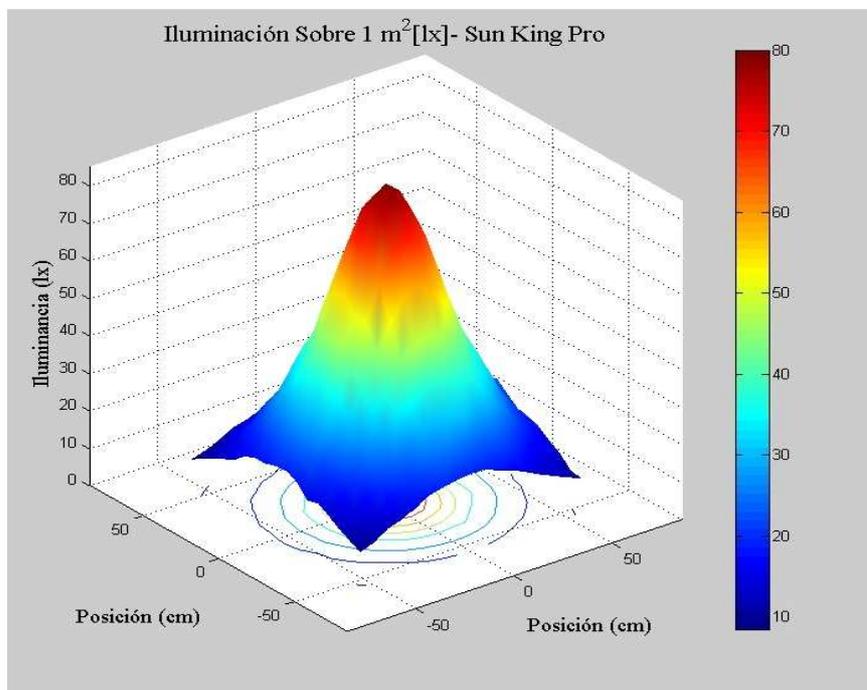
Se realizó la medida de iluminación sobre una mesa de trabajo de 1m<sup>2</sup> en la posición de máxima intensidad, con las baterías completamente cargadas, con los resultados indicados en la tabla 7: I<sub>c</sub> es la iluminación en la parte central de la mesa, I<sub>b</sub> la iluminación en el borde, h es altura de la lámpara encima de la mesa para la cual I<sub>b</sub> es máxima.

La figuras 3 y 4 muestran el mapeo de la lámpara LF\_UNI\_121122\_07

**Tabla 7. Iluminación sobre una mesa de trabajo de 1 m<sup>2</sup>.**

| Lámpara          | I <sub>c</sub> (lux) ± 1 | I <sub>b</sub> (lux) ± 1 | h(cm) ± 2 |
|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| LF_UNI_121122_07 | 85                       | 20.4                     | 45        |

Se hicieron las medidas en un área de 1 m<sup>2</sup> de un círculo de radio r = 56 ± 0.5 cm.



**Figura 3. Mapeo, en 3D, de la iluminancia en 1 m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_121122\_07**

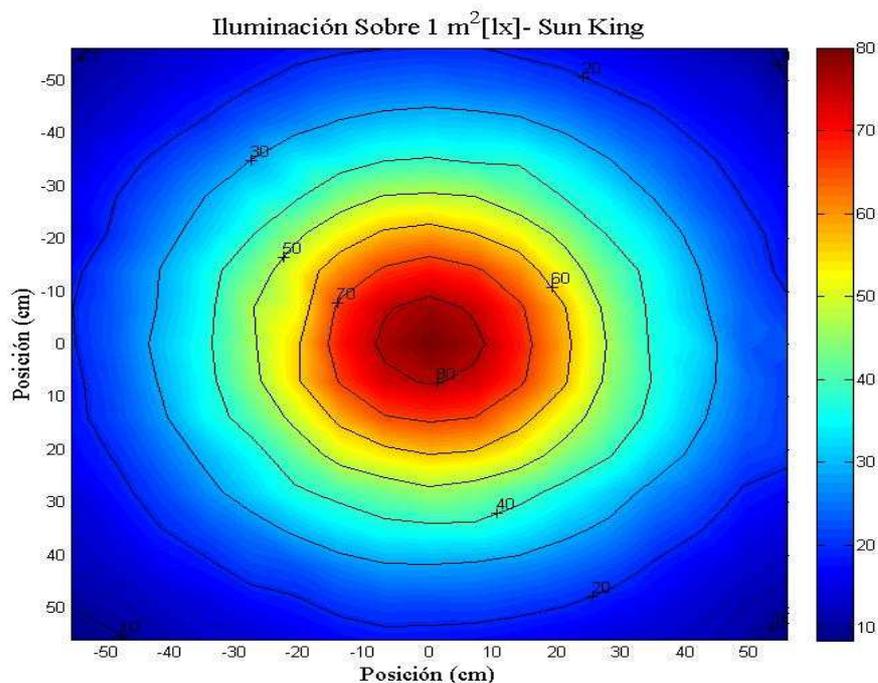


Figura 4. Mapeo, en 2D, de la iluminancia en 1 m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_121122\_07

### MEDICIONES ELECTRICAS DE LAS BATERIAS

- Multímetro: Fluke 45 dual display multimeter  $\pm 0.003\%$
- Shunt: Bader 10 m $\Omega$   $\pm 0.1\%$  (medición de corriente)
- Fuente de alimentación para las baterías: Gw Instek GPR1810 OHD (carga de baterías)
- Luxmeter: Lutron modelo: LX – 1108  $\pm 0.1 \%$

#### 3.1.2. PRIMERA CARGA:

Después de haber realizado la primera descarga de las lámparas, se realizó la primera carga, alimentando el circuito electrónico de la lámpara con una fuente de voltaje – corriente que simula un panel con las características:  $V_{max} = 7,8 \text{ V}$  y  $I_{max} = 0,35 \text{ A}$ .

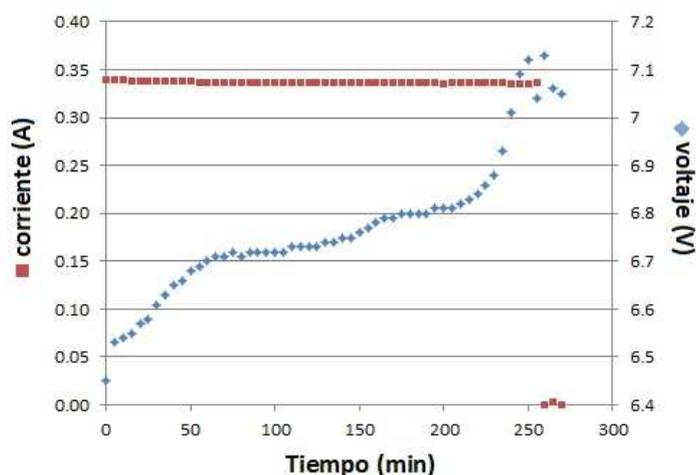


Fig. 5. Proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02

La Figura 5 muestra las curvas de la corriente (medidas con un shunt de 10 mohm) y del voltaje de la batería de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02 durante el proceso de carga. En la Tabla 8 se presenta los resultados obtenidos para las 10 lámparas. Las curvas respectivas de todas 10 lámparas, todas muy parecidas a las de la Figura 5, están dadas en el anexo A2.

**Tabla 8: Carga eléctrica y energía entregadas a las baterías después de la primera descarga.**

| Proceso de carga  |                |              |            |              |
|-------------------|----------------|--------------|------------|--------------|
| Lámpara           | Carga - Q (Ah) | Energía (Wh) | tiempo (h) | Tiempo (min) |
| LF_UNI_121122_01* | 1.51           | 10.18        | 4.5        | 270          |
| LF_UNI_121122_02  | 1.46           | 9.76         | 3.8        | 225          |
| LF_UNI_121122_03  | 1.03           | 7.05         | 2.9        | 175          |
| LF_UNI_121122_04  | 1.39           | 9.51         | 4.3        | 255          |
| LF_UNI_121122_05  | 1.39           | 9.40         | 4.0        | 240          |
| LF_UNI_121122_06  | 1.50           | 10.18        | 4.3        | 260          |
| LF_UNI_121122_07  | 1.47           | 9.92         | 4.3        | 255          |
| LF_UNI_121122_08  | 1.47           | 10.12        | 4.3        | 260          |
| LF_UNI_121122_09  | 1.45           | 9.96         | 4.1        | 245          |
| LF_UNI_121122_10  | 1.53           | 10.35        | 4.5        | 270          |

\* Se realizó las mediciones de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 usando la electrónica de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08, porque la electrónica de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 se encontraba inoperativo debido a un error de parte del personal del laboratorio de fotometría.

### 3.1.3. SEGUNDA DESCARGA

Una vez cargado por completo todas las baterías (ver 3.2.1.), se procedió a descargar por completo las baterías de las 10 lámparas.

Para permitir una descarga profunda, se reemplazó las lámparas por una resistencia de 38.9 ohm, que simulaba la carga de la lámpara en la posición más intensa. La descarga profunda se realizó hasta llegar a 6.0 voltios.

Todas las curvas de descarga de las 10 lámparas son similares. En la Fig. 6 se muestra, como ejemplo, la descarga de la lámpara 2. En el anexo A3 se muestran las curvas de descarga de las 10 lámparas.

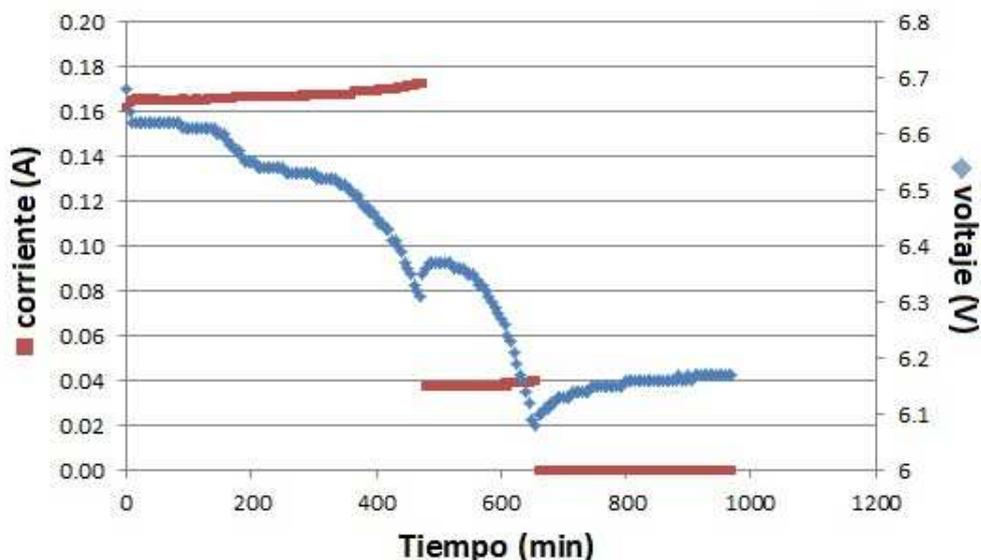


Fig.6 Curvas de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02

La siguiente tabla 9 indica las cargas eléctricas y las energías que se han podido extraer de las baterías, previamente completamente cargadas.

Tabla 9: Segunda descarga: Carga eléctrica y energía extraídas de las baterías previamente completamente cargadas

| Proceso de descarga |                |              |            |              |
|---------------------|----------------|--------------|------------|--------------|
| Lámpara             | Carga - Q (Ah) | Energía (Wh) | tiempo (h) | Tiempo (min) |
| LF_UNI_121122_01*   | 1.51           | 9.87         | 10.75      | 645          |
| LF_UNI_121122_02    | 1.45           | 9.43         | 10.9       | 655          |
| LF_UNI_121122_03    | 1.03           | 6.68         | 6.6        | 395          |
| LF_UNI_121122_04    | 1.39           | 9.05         | 14.2       | 850          |
| LF_UNI_121122_05    | 1.42           | 9.19         | 14.7       | 880          |
| LF_UNI_121122_06    | 1.51           | 9.84         | 17.6       | 1055         |
| LF_UNI_121122_07    | 1.45           | 9.42         | 11.7       | 700          |
| LF_UNI_121122_08    | 1.28           | 8.38         | 9.8        | 585          |
| LF_UNI_121122_09    | 1.40           | 9.15         | 13.6       | 815          |
| LF_UNI_121122_10    | 1.54           | 9.96         | 18.5       | 1110         |

\* Se realizó las mediciones de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 usando la electrónica de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08, porque la electrónica de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 se encontraba inoperativo debido a un error de parte del personal del laboratorio de fotometría.

La tabla 10 y 11 muestran la eficiencia de las baterías de cada lámpara y el promedio de las mismas, respectivamente.

**Tabla 10. Eficiencia de la batería con los datos de proceso de carga y descarga**

| EFICIENCIA       |                |       |                       |              |       |                       |
|------------------|----------------|-------|-----------------------|--------------|-------|-----------------------|
| Lámpara          | Carga - Q (Ah) |       | Eficiencia<br>Coulomb | Energía (Wh) |       | Eficiencia<br>Energía |
|                  | Descarga       | Carga |                       | Descarga     | Carga |                       |
| LF_UNI_121122_01 | 1.51           | 1.51  | 1.00                  | 9.87         | 10.18 | 0.97                  |
| LF_UNI_121122_02 | 1.45           | 1.46  | 0.99                  | 9.43         | 9.76  | 0.97                  |
| LF_UNI_121122_03 | 1.03           | 1.03  | 1.00                  | 6.68         | 7.05  | 0.95                  |
| LF_UNI_121122_04 | 1.39           | 1.39  | 1.00                  | 9.05         | 9.51  | 0.95                  |
| LF_UNI_121122_05 | 1.39           | 1.39  | 1.00                  | 9.19         | 9.40  | 0.98                  |
| LF_UNI_121122_06 | 1.51           | 1.50  | 1.00                  | 9.84         | 10.18 | 0.97                  |
| LF_UNI_121122_07 | 1.45           | 1.47  | 0.99                  | 9.42         | 9.92  | 0.95                  |
| LF_UNI_121122_08 | 1.28           | 1.47  | 0.87                  | 8.38         | 10.12 | 0.83                  |
| LF_UNI_121122_09 | 1.40           | 1.45  | 0.97                  | 9.15         | 9.96  | 0.92                  |
| LF_UNI_121122_10 | 1.53           | 1.53  | 1.00                  | 9.96         | 10.35 | 0.96                  |

**Tabla 11. Promedio y desviación estándar de la eficiencia Coulomb y eficiencia Energética**

|                                   |      |                     |      |
|-----------------------------------|------|---------------------|------|
| Promedio de Eficiencia Coulomb    | 0.95 | Desviación estándar | 0.06 |
| Promedio de Eficiencia Energética | 0.83 | Desviación estándar | 0.04 |

Para hallar el DOD (Depth of Discharge), se midió la carga eléctrica que se puede extraer a la batería a partir del apagado automático de la lámpara en la posición de máxima intensidad, así como la carga total que se puede entregar a la batería completamente descargada. La relación de estas dos cargas es el DOD (tabla 12).

**Tabla 12. Cálculo del DOD de la batería de Li – Ion del Sistema Sun King Pro**

| Batería          | Q <sub>1</sub> (Ah) | Q <sub>2</sub> (Ah) | R (Ω) | DOD  |
|------------------|---------------------|---------------------|-------|------|
| LF_UNI_121122_09 | 1.40                | 0.02                | 38.9  | 0.99 |
| LF_UNI_121122_10 | 1.53                | 0.02                | 38.9  | 0.99 |

Q<sub>1</sub> : Carga extraída hasta que la lámpara se apaga.  
 Q<sub>2</sub> : Carga extraída con resistencia R  
 R: Resistencia que simula el circuito integrado  
 DOD (Descarga Profunda) = Q<sub>1</sub> / (Q<sub>1</sub>+Q<sub>2</sub>)

La figura 7 muestra el comportamiento de corriente y voltaje cuando se realizó el proceso de DOD de la lámpara LF\_UNI\_121122\_09.

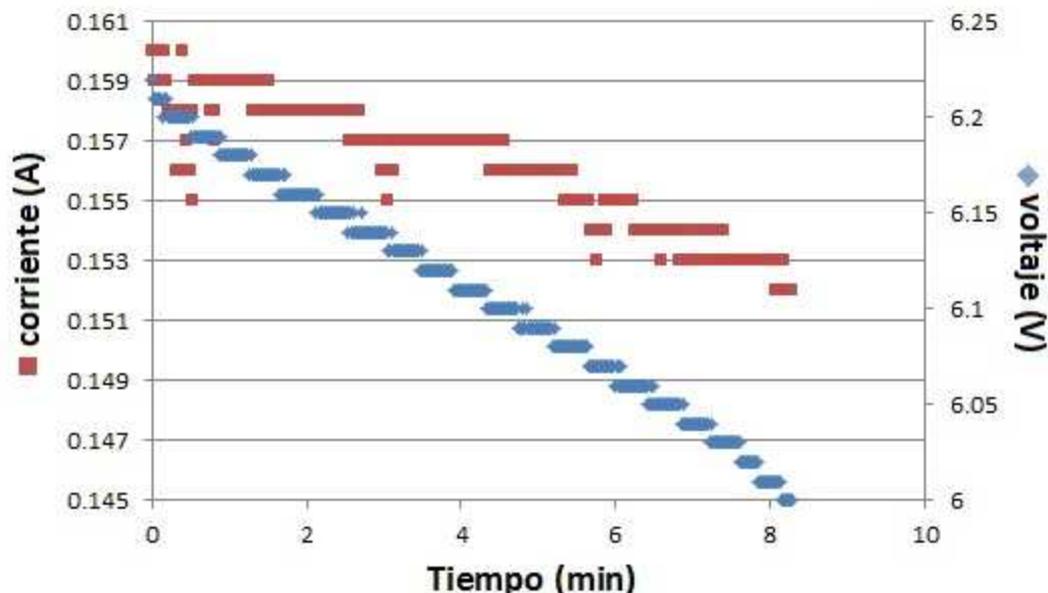


Fig.7. Proceso de DOD de la lámpara LF\_UNI\_121122\_09

### 3.2. MEDICION DEL FLUJO LUMINOSO CON EL TIEMPO

Para evaluar el tiempo de encendido y la variación de la intensidad luminosa a través del tiempo, se acondicionó una caja negra y se usó el luxmeter Lutron LX – 1108. Los resultados se muestran en la tabla 15 y en la figura 8

Tabla 15. Intensidad luminosa vs tiempo, en la posición más intensa

| INTENSIDAD LUMINOSA EN EL TIEMPO |                         |                          |                         |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Lámpara                          | Tiempo de encendido (h) |                          |                         |
|                                  | Total                   | A 100% del flujo inicial | A 21% del flujo inicial |
| LF_UNI_121122_01*                | 10.83                   | --                       | --                      |
| LF_UNI_121122_02                 | 10.92                   | 7.95                     | 2.97                    |
| LF_UNI_121122_03                 | 6.58                    | 5.72                     | 0.86                    |
| LF_UNI_121122_04                 | 14.17                   | 6.68                     | 7.49                    |
| LF_UNI_121122_05                 | 14.67                   | 6.52                     | 8.15                    |
| LF_UNI_121122_06                 | 17.58                   | 5.93                     | 11.65                   |
| LF_UNI_121122_07                 | 11.67                   | 7.90                     | 3.77                    |
| LF_UNI_121122_08                 | 9.72                    | 7.08                     | 2.64                    |
| LF_UNI_121122_09                 | 13.58                   | 6.78                     | 6.79                    |
| LF_UNI_121122_10                 | 18.52                   | 6.30                     | 12.22                   |

\* Se realizó las mediciones de flujo en el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 usando la electrónica de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08, porque la electrónica de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 se encontraba inoperativo debido a un error de parte del personal del laboratorio de fotometría.

En la figura 8 se observa como el flujo luminoso disminuye un poco al inicio y se mantiene constante durante los primeros  $435 \pm 5$  min, después de este tiempo se mantiene en un 20% del flujo inicial durante  $220 \pm 5$  min para luego apagarse totalmente. Los demás comportamientos de flujo luminoso con el tiempo se muestran en el anexo 4.

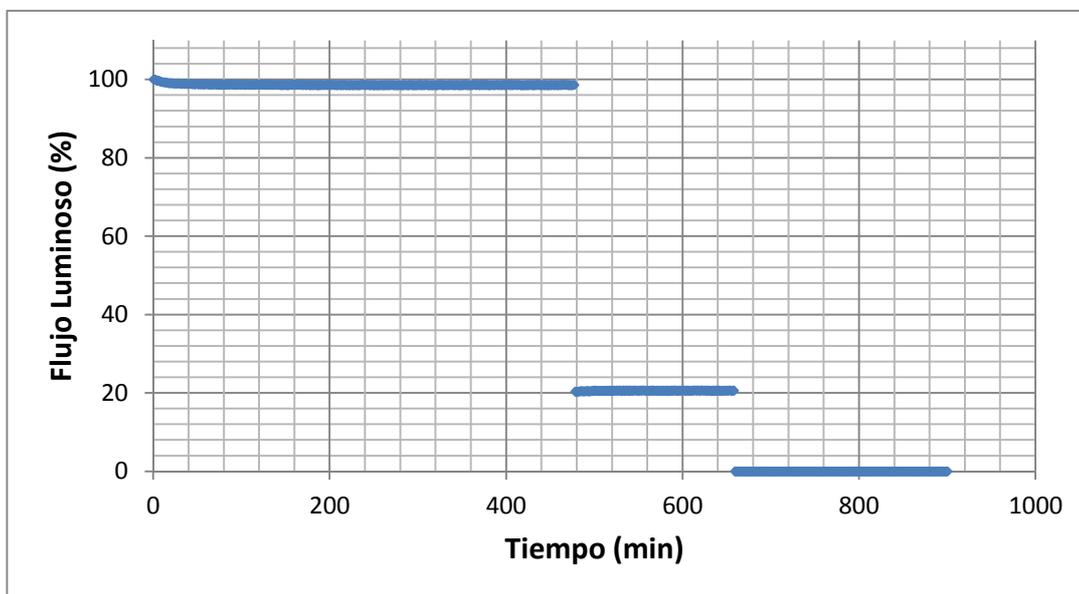


Figura 8. Comportamiento del flujo con el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02

#### 4. OBSERVACIONES

- El personal del laboratorio de fotometría cometió un error en el proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01 y debido a este error se malogró la electrónica de dicha lámpara, más no la batería. Todas las mediciones eléctricas después de este error se hicieron con el circuito de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08.

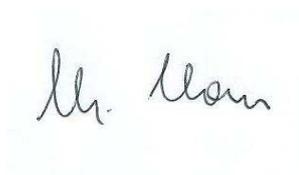
#### 5. CONCLUSIONES

Evaluando los principales parámetros técnicos de las lámparas, podemos concluir:

- Las diez lámparas evaluadas tienen un flujo luminoso encima de 101 lm, con un promedio de 107 lm, y con una eficacia de  $(96 \pm 6.6)$  lm/W. Si comparamos estos valores con el valor indicado por el fabricante, de 100 lm, y con los obtenidos con una lámpara nueva, de un flujo luminoso de  $97.5 \text{ lm} \pm 4.5\%$  y una eficacia de  $93 \text{ lm/W} \pm 4.8\%$ , concluimos que no se puede detectar una reducción ni del flujo luminoso ni de la eficacia luminosa.

- La capacidad medida de 9 de las 10 baterías está en el rango de (1,28 – 1,54) Ah, con un promedio de 1,44 Ah. Una batería tiene la capacidad de 1,03 Ah. Si comparamos estos valores con los obtenidos con la lámpara nueva, de 1,45 Ah (que es también el valor indicado por el fabricante), observamos que 9 baterías tienen capacidades similares a la nueva y solamente una tiene una capacidad reducida, de 71% del promedio de las otras.
- Las lámparas quedaron encendidos con su potencia plena durante 5,72 – 7,95 horas. Después el flujo bajó a 21 % y el tiempo restante, con este flujo reducido, varía bastante, entre 0,86 horas y 12,22 horas. Para comparación: la lámpara nueva quedaba encendida con plena potencia durante 7,3 horas y siguió después todavía encendida, con 30% de su flujo inicial, durante 1,4 horas.
- La intensidad de iluminación sobre una mesa de 1 m<sup>2</sup> (usando, como ejemplo, la lámpara 7) varía entre 20,4 lx y 85,0 lx, valores superiores a los obtenidos con la lámpara nueva: 17,4 lx y 81,6 lx.
- No se observó ninguna deficiencia en las lámparas, como rajaduras, interruptores o conectores defectuosos.
- En forma general, las 10 lámparas Sun King Pro evaluadas tienen un comportamiento, después de 8 meses de uso en el campo, que se puede considerar entre bueno y muy bueno.

Lima, 17 de enero del 2013

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Horn', is written on a light blue rectangular background.

Manfred Horn

Profesor, Responsable del Laboratorio de Fotometría

## Anexo 1



Figura 9: Imagen de las 10 lámparas Sun King Pro encendidas tal como llegaron al laboratorio

## Anexo 2

El anexo 2 muestra las curvas de carga de las 10 lámparas Sun King Pro. La lámpara LF\_UNI\_121122\_01 se cargó utilizando el circuito de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08

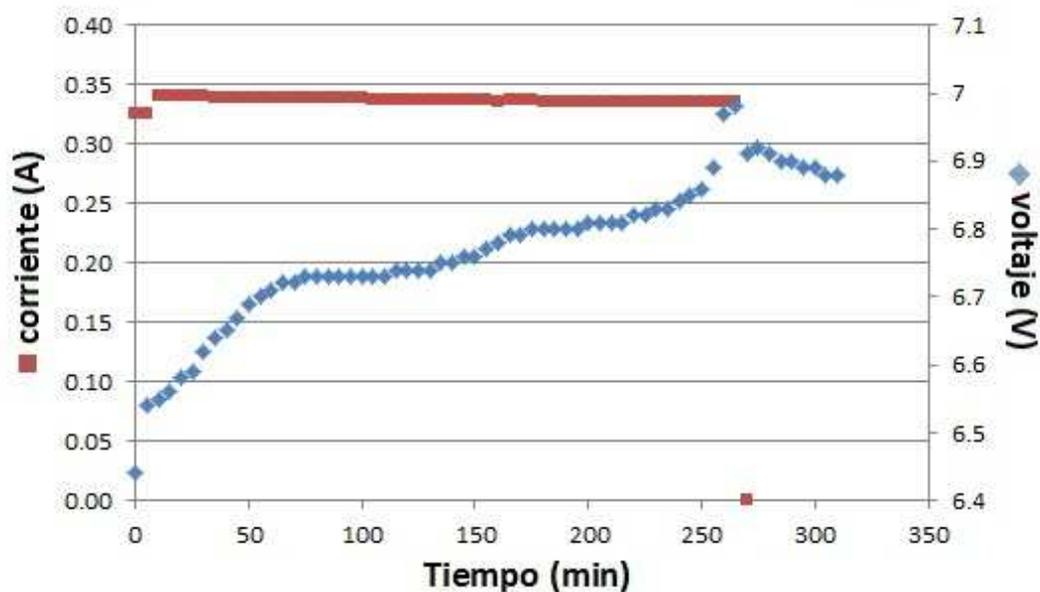


Figura 10: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01

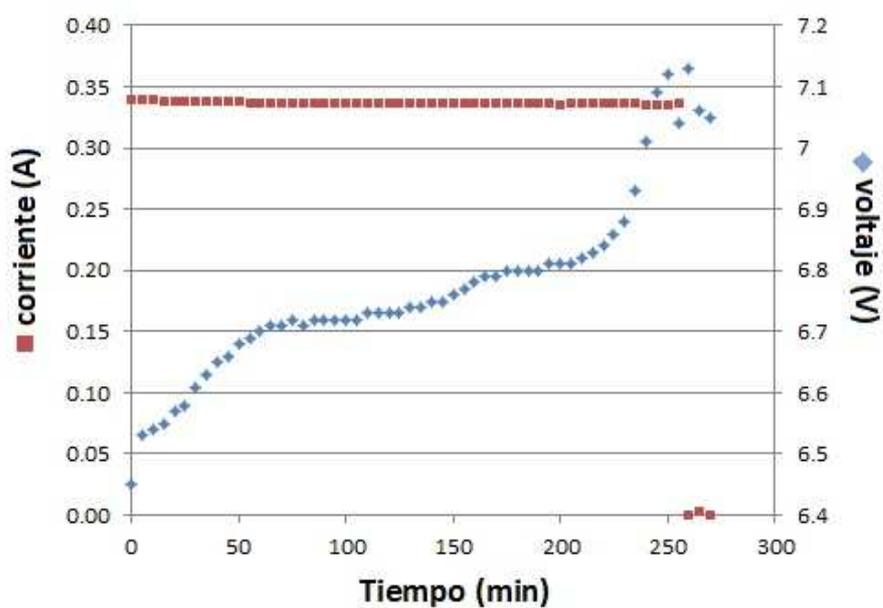


Figura 11: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02

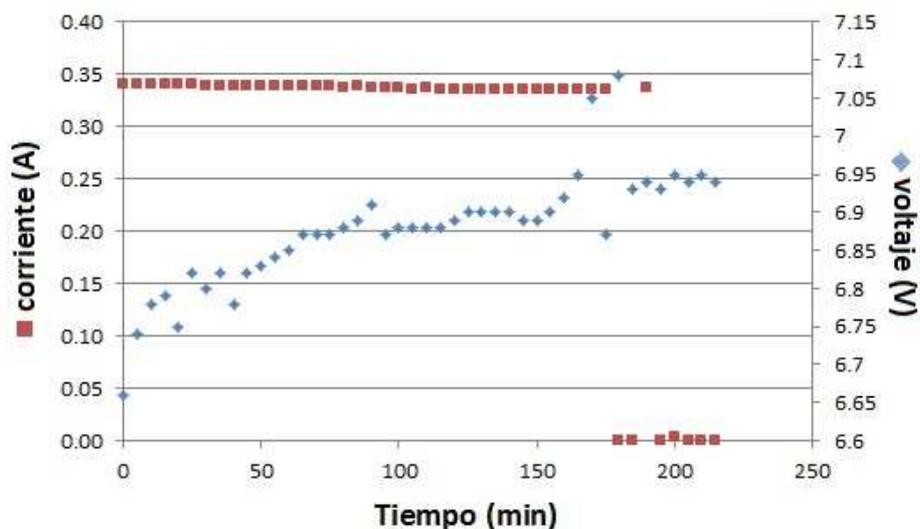


Figura 12: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_03

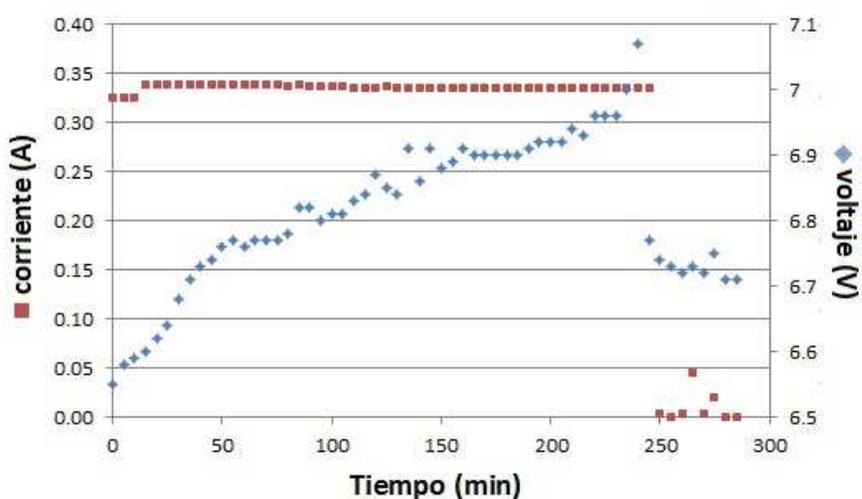


Figura 13: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_04

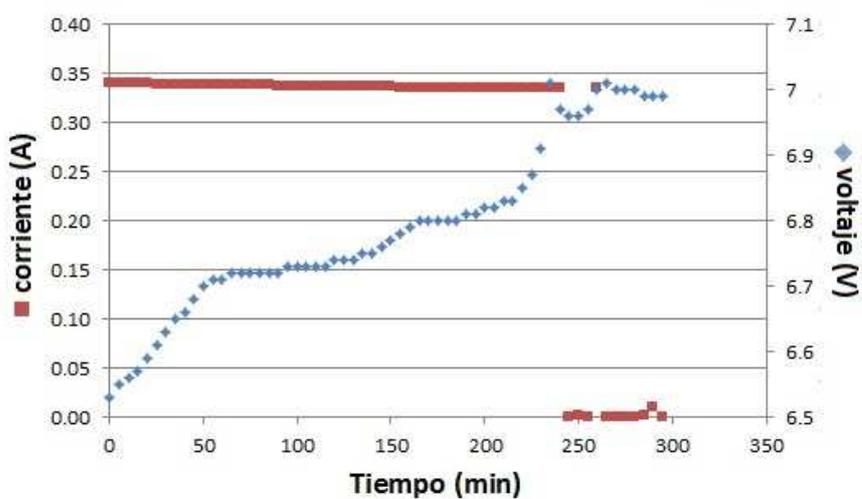


Figura 14: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_05

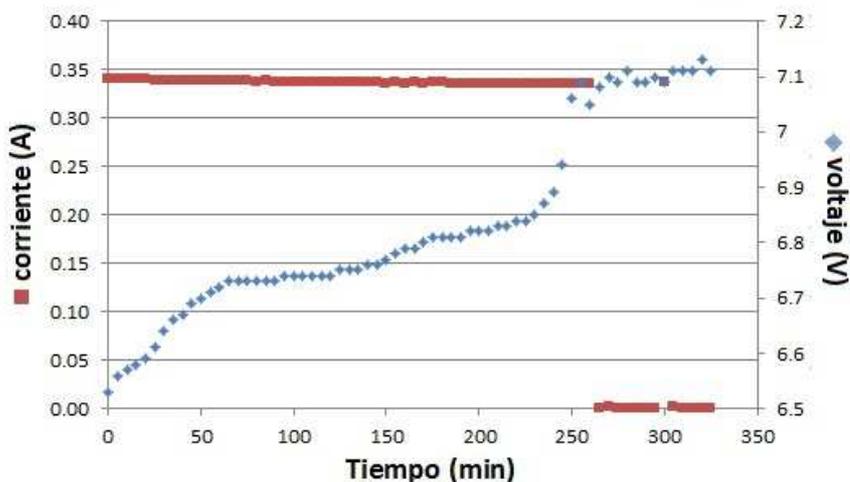


Figura 15: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_06

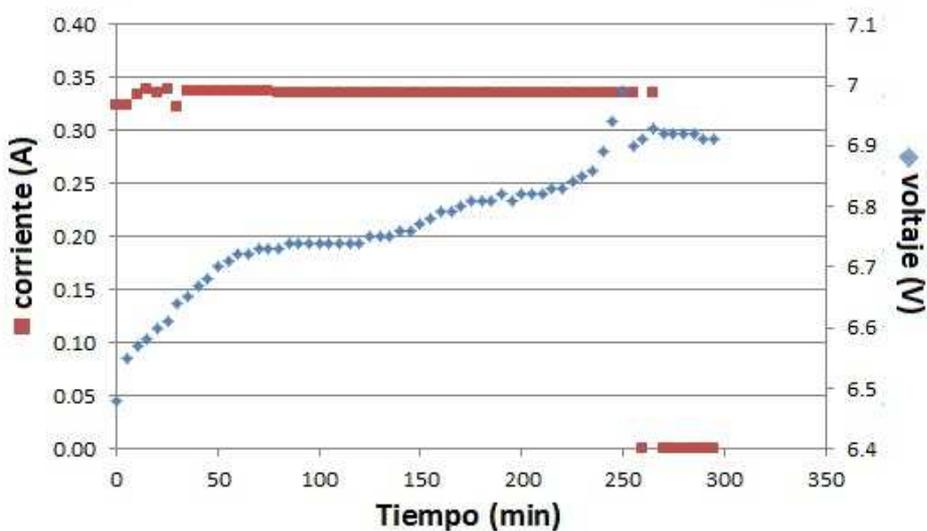


Figura 16: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_07

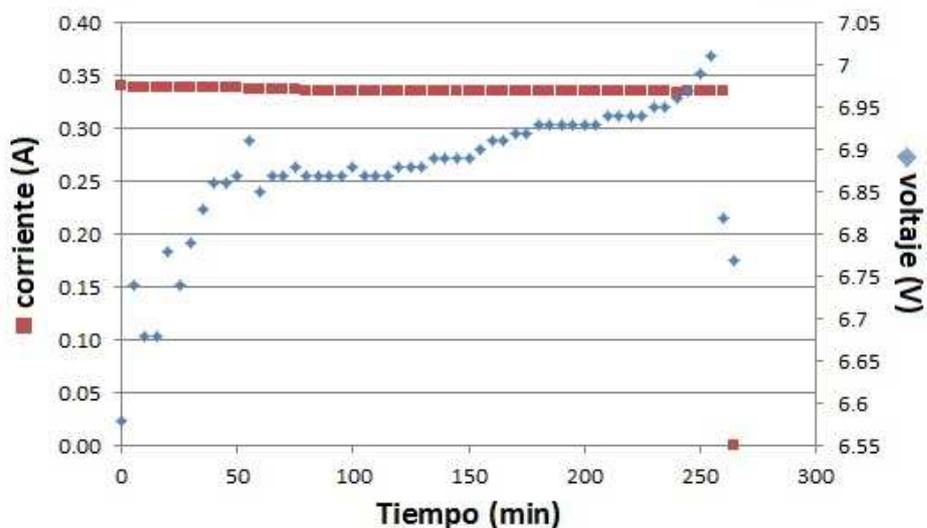


Figura 17: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08

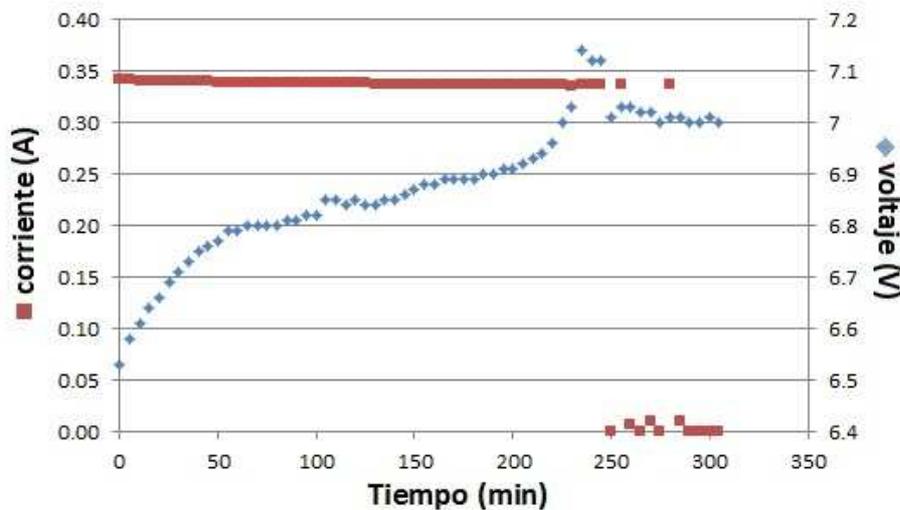


Figura 18: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_09

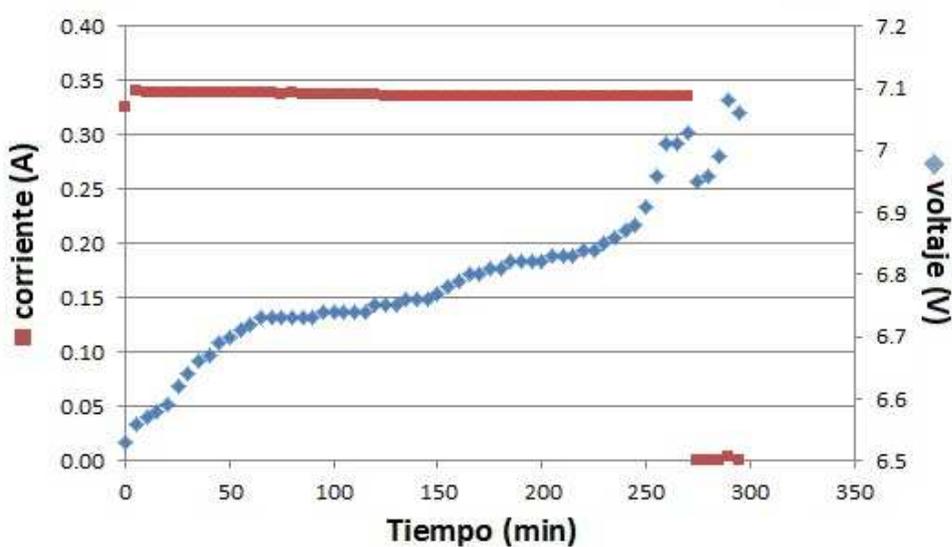


Figura 19: Curvas del proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_10

### Anexo 3

El anexo 3 muestra las curvas de descarga de las 10 lámparas Sun King Pro. La lámpara LF\_UNI\_121122\_01 se descargó utilizando el circuito de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08

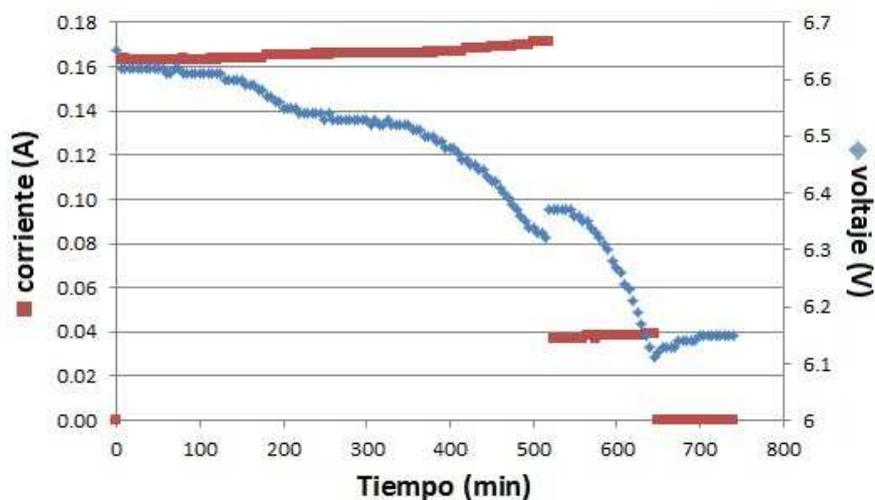


Figura 20: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01

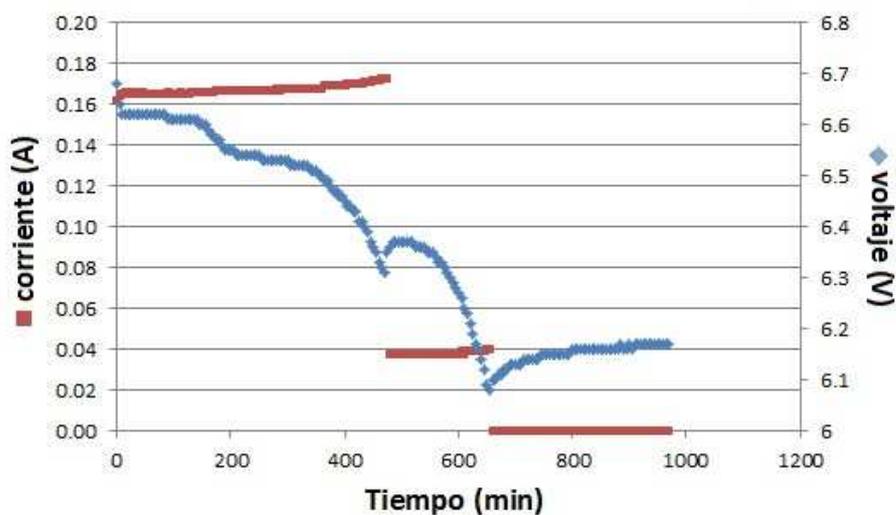


Figura 21: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02

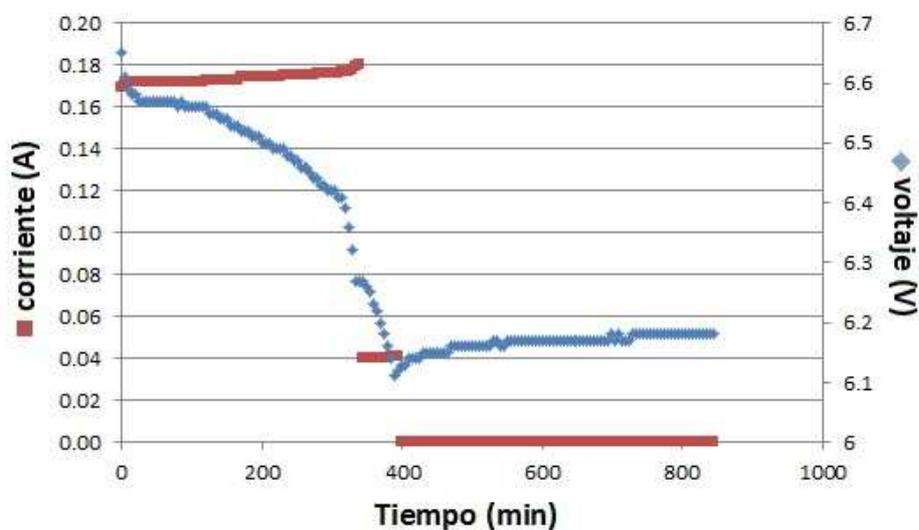


Figura 22: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_03

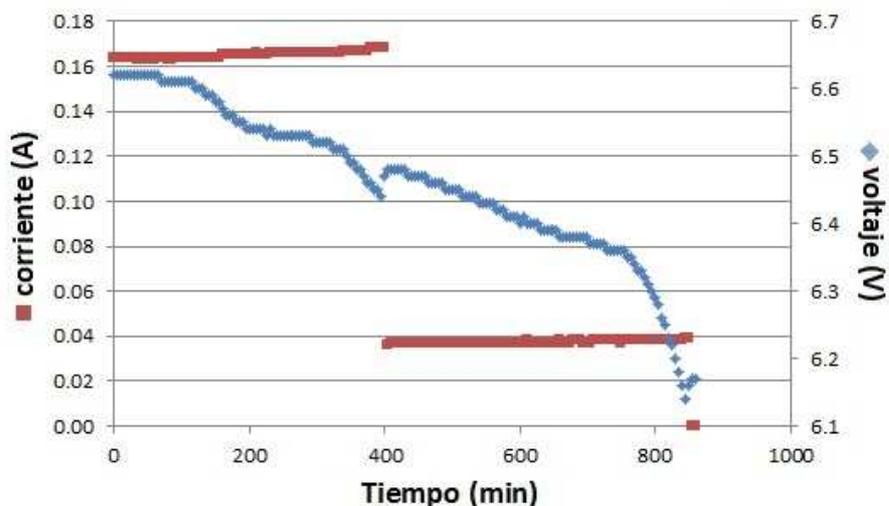


Figura 23: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_04

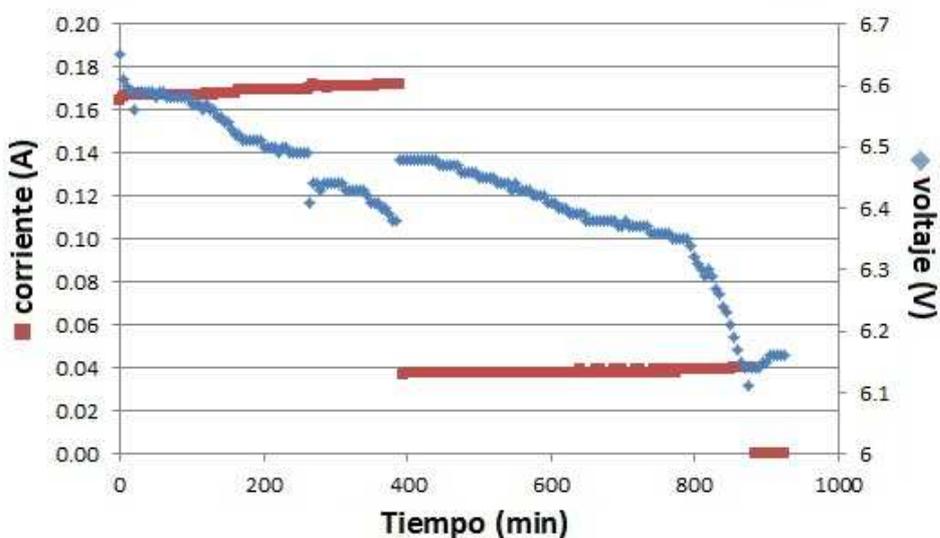


Figura 24: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_05

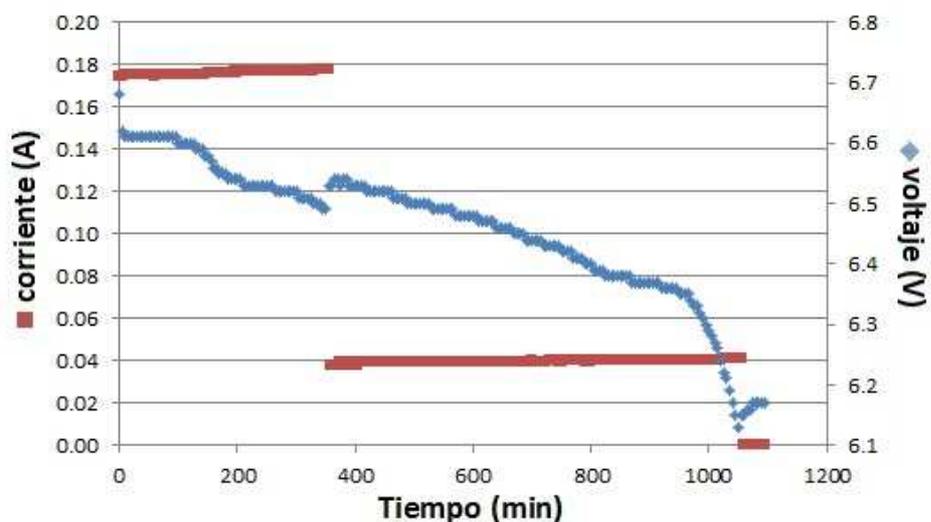


Figura 25: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_06

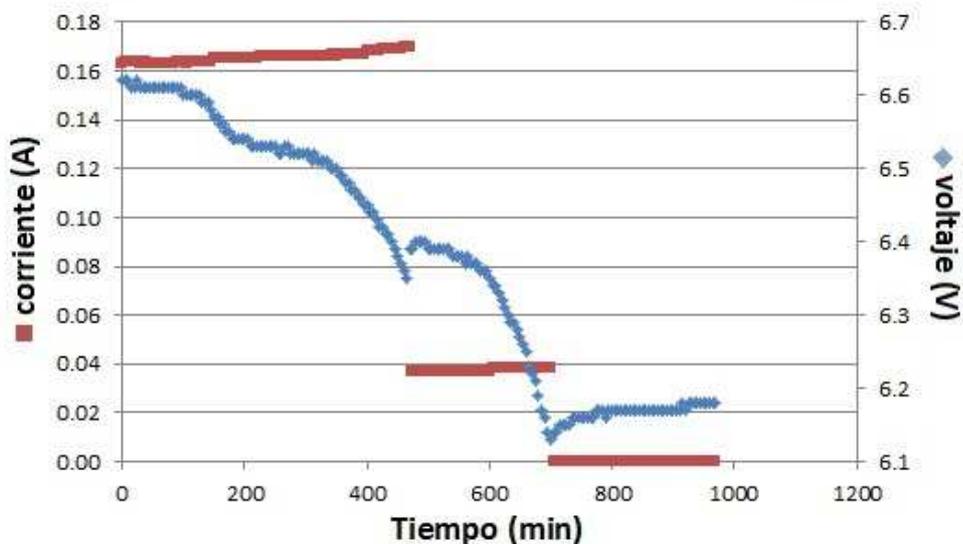


Figura 26: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_07

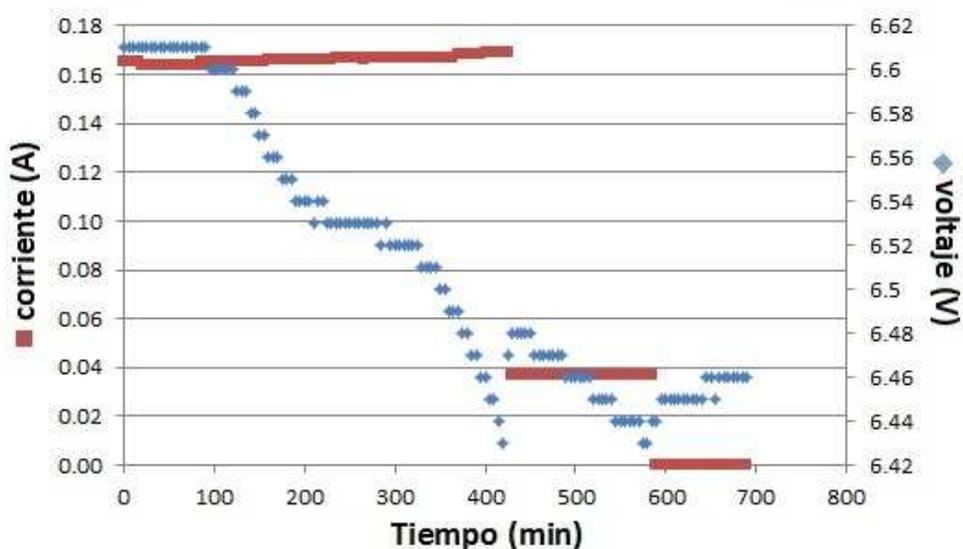


Figura 27: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08

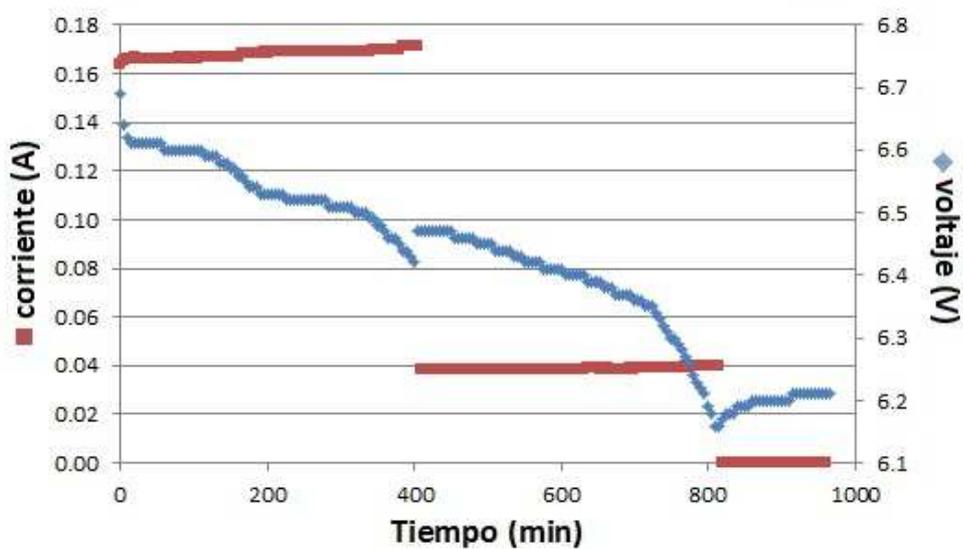


Figura 28: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_09

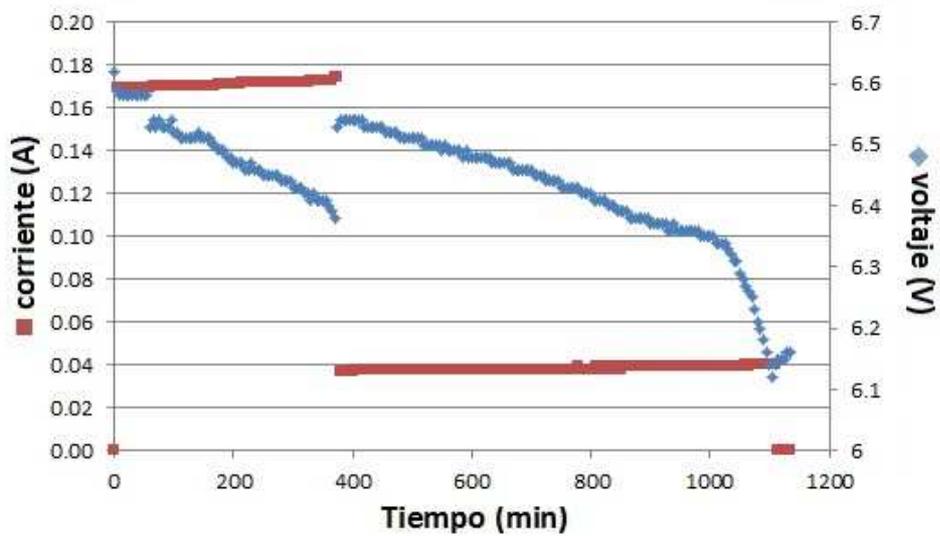


Figura 29: Curvas del proceso de descarga de la lámpara LF\_UNI\_121122\_10

## Anexo 4

El anexo 4 muestra las curvas del comportamiento del flujo en el tiempo de las 10 lámparas Sun King Pro. La lámpara LF\_UNI\_121122\_01 se midió utilizando el circuito de la lámpara LF\_UNI\_121122\_08

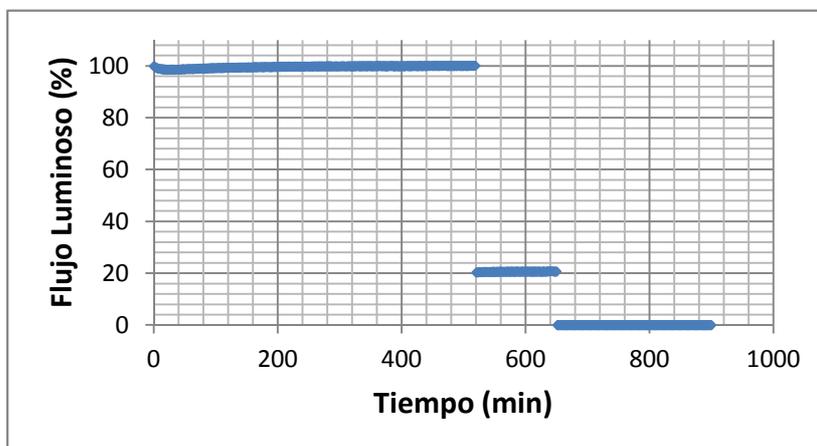


Figura 30: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_121122\_01

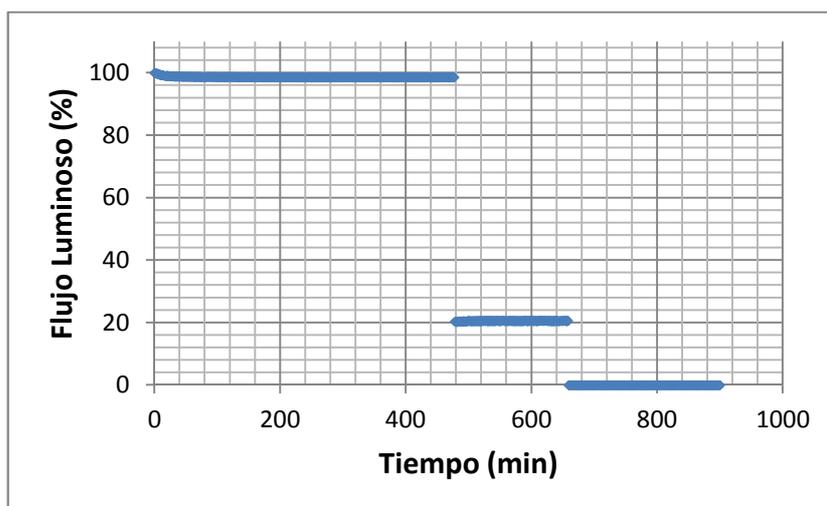


Figura 31: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_121122\_02

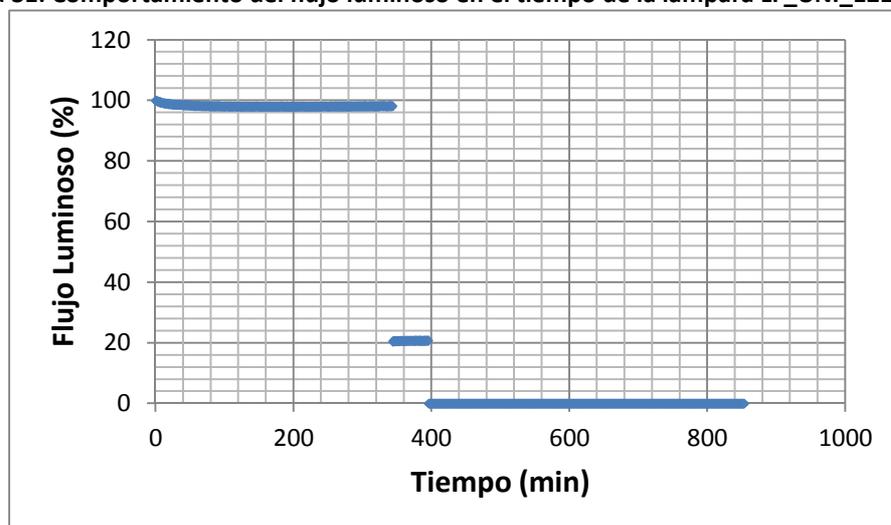


Figura 32: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_121122\_03

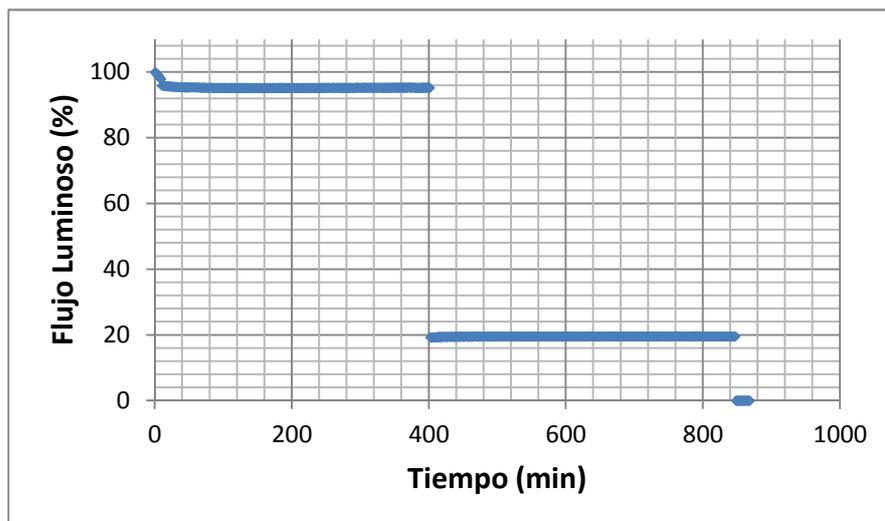


Figura 33: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_04

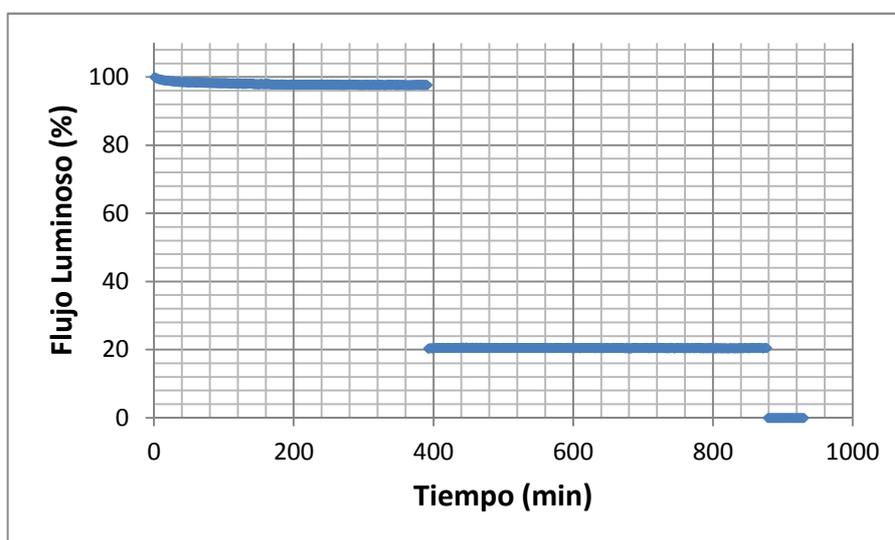


Figura 34: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_05

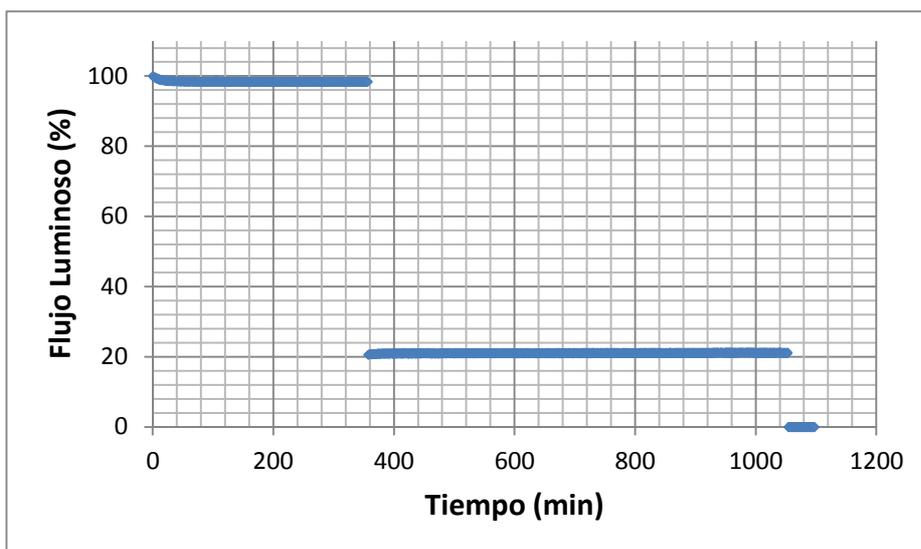


Figura 35: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_06

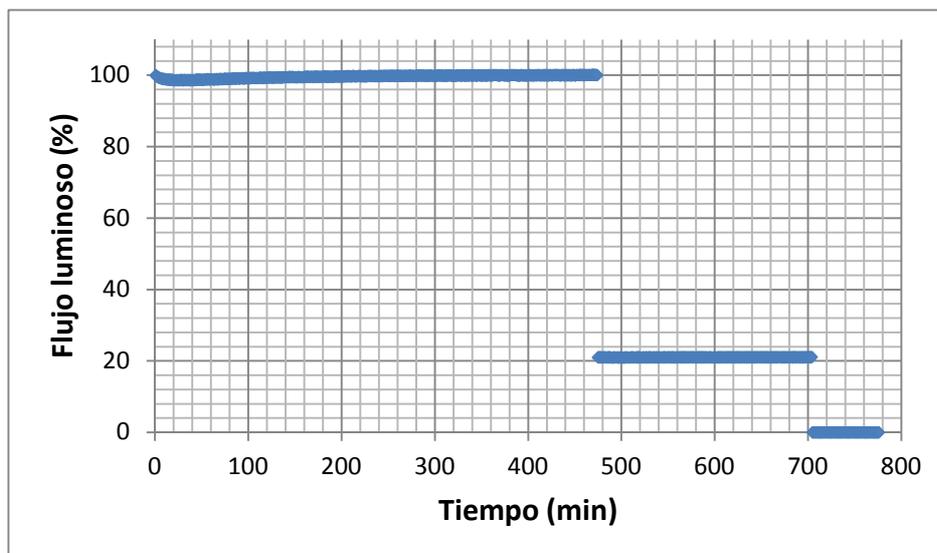


Figura 36: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_07

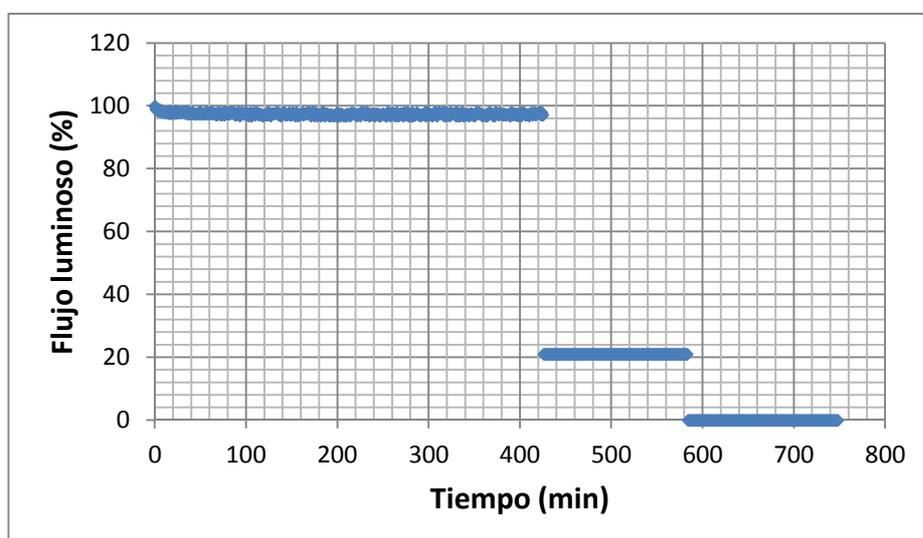


Figura 37: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_08

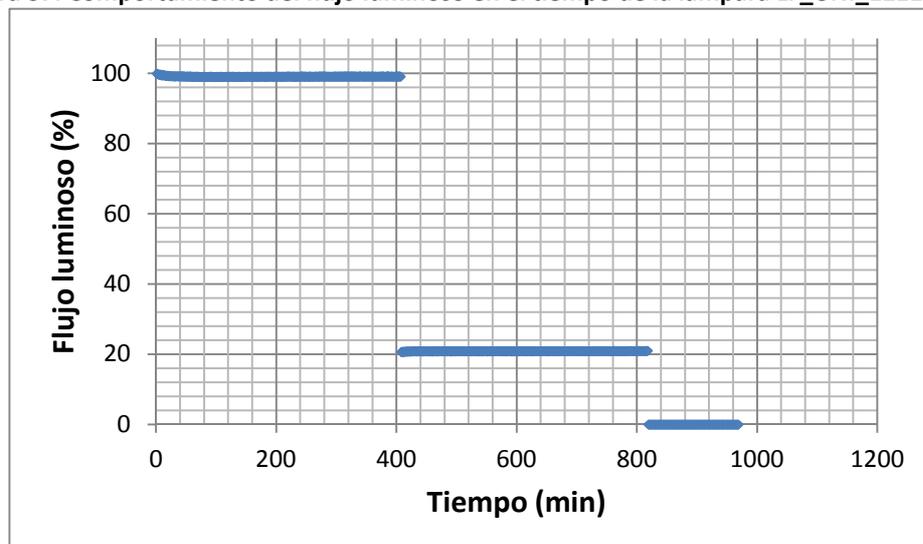


Figura 38: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_09

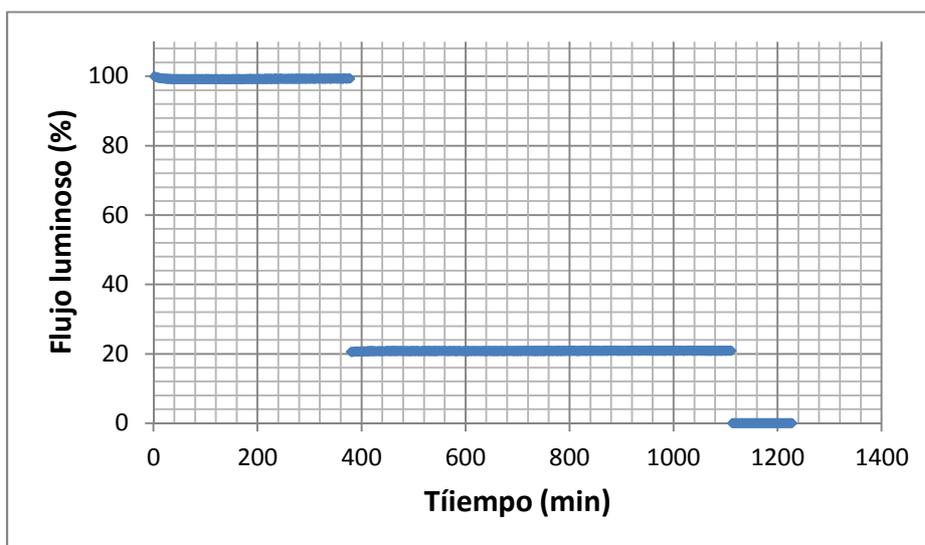


Figura 39: Comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lampara LF\_UNI\_121122\_10

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



NL Agency  
*Ministry of Foreign Affairs*



ROYAL NORWEGIAN  
MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS

**Australian  
AID** 

  
**UKaid**  
from the British people



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE