



## Proyecto Energía, Desarrollo y Vida. EnDev/GIZ

### Informe técnico

# Evaluación de Sistemas “Sundaya Light Kit”

Elaborado por:

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima

Facultad de Ciencias

Laboratorio de Fotometría

## **Informe Técnico: Evaluación de Sistemas “Sundaya Light Kit”**

Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú  
Prolongación Arenales 801  
Lima 18, Perú  
Teléfono: (511)422-9067  
giz-peru@pe.giz.de

Esta publicación se realizó en el marco del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - EnDev/GIZ

**Autor:**

Manfred Horn – Escuela de Física de la Universidad Nacional de Ingeniería

**Equipo Técnico**

Angel Verástegui  
Ana Moreno

**Cuidado de edición:**

Jossy Verde

Lima, Perú

## Informe técnico

### Evaluación de Sistemas Pico “Sundaya Light Kit”

#### 1. OBJETIVO /ANTECEDENTES

En noviembre 2010 se había firmado un contrato entre la GIZ y la UNI para evaluar en el laboratorio once diferentes lámparas LED (nuevos, de 7 fabricantes diferentes), para ser usadas en sistemas Pico FV. El 31.01.11 la UNI entregó a la GIZ el informe técnico con los resultados de estas evaluaciones de laboratorio, en las cuales las lámparas de las marcas Sundaya, Fosera y Phocos habían resultado las mejores.

El 20.07.2011 se firmó un nuevo contrato entre la GIZ y la UNI para evaluar 15 sistemas pico solares, con 2 lámparas por sistema, de las marcas Sundaya, Fosera y Phocos, que habían sido instalados y usados en comunidades rurales del Perú durante 8 meses.

El 03 y 04 de 10.11 la UNI recibió de GIZ los primeros 10 lámparas, de la marca Sundaya, para su evaluación. Los resultados de esta evaluación en el laboratorio se presentan a continuación.

#### 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\_111004\_01**

Sistema Pico PV	Código LF – UNI
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_01
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_02
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_03
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_04
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_05
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_06
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_07
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111004_08
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111006_09
Light Kit Ulitium Sundaya	LF_UNI_111006_10

**Tabla 1. Código de cada lámpara**

En el Anexo A1 se presenta las fotografías de las 10 lámparas tal como llegaron al laboratorio y con su respectiva codificación.

Observaciones del estado de las lámparas SUNDAYA recibidas:

- Algunas lámparas tienen el casco de color blanco, otras amarillo; todos funcionaban. Algunas eran sucias, en particular la lámpara 3. El casco de la lámpara 8 era envuelto en una cinta tipo “masking tape”.
- En las lámparas 3 y 5 se encontró residuos de insectos en la zona donde se encuentran los LEDs: Figuras 11 y 12 en A1.
- En la lámpara 6, la pita que sirve como interruptor, fue cortada y la perilla al final de la pita se encontró rota, como muestra la figura 13 en A1.
- En la lámpara 10 había residuos de insectos en la parte del circuito electrónico: Figura 14 en A1.

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

Se hicieron las mismas mediciones, usando los mismos instrumentos y el mismo procedimiento, como anteriormente con las lámparas nuevas.

#### 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-1400-B65, con 1538 lm ± 0.7 %

##### 3.1.1. PRIMERA MEDICION FOTOMETRICA:

Mediciones fotométricas de las lámparas tal como llegaron al laboratorio en la posición 1(alta).

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

Lámpara	Flujo(lm) ±5%	CCT(°K)	IRC
LF_UNI_111004_01	187	6294	59
LF_UNI_111004_02	174	6448	61
LF_UNI_111004_03	164	5394	58
LF_UNI_111004_04	169	6445	60
LF_UNI_111004_05	183	6502	62
LF_UNI_111004_06	178	6870	62
LF_UNI_111004_07	176	6805	61
LF_UNI_111004_08	184	6249	59
LF_UNI_111006_09	202	6834	65
LF_UNI_111006_10	218	6484	61

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

Promedio del flujo (lm)	183	desviación estándar	16
Promedio de la temperatura de color (K)	6432	desviación estándar	426
Promedio de IRC (%)	61	desviación estándar	3.4

**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 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	Día 1		Día 2		Día 3		Tiempo total ± 15min
	Encendido	Apagado /Se apagó	Encendido	Apagado /Se apagó	Encendido	Apagado /Se apagó	
LF_UNI_111004_01	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	10:00	18h28min
LF_UNI_111004_02	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	08:55	17h23min
LF_UNI_111004_03	13:00	17:50	08:15	08:45	---	---	5h20min
LF_UNI_111004_04	13:00	17:50	08:15	08:45	---	---	5h20min
LF_UNI_111004_05	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	10:00	18h28min
LF_UNI_111004_06	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	09:30	17h58min
LF_UNI_111004_07	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	08:55	17h23min
LF_UNI_111004_08	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	08:55	17h23min
LF_UNI_111006_09	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	09:30	17h58min
LF_UNI_111006_10	13:00	17:50	08:15	20:13	08:20	08:55	17h23min

Se observa que la mayoría de las lámparas llegaron al Laboratorio con sus baterías bien cargadas, salvo las lámparas 3 y 4, que han tenido sus baterías parcialmente descargadas.

### 3.1.2. SEGUNDA MEDICIÓN FOTOMÉTRICA

Se realizó una segunda medición fotométrica después de haber cargada las baterías totalmente (ver 3.2.1.) y con las lámparas limpias, con el interruptor de las lámparas en la posición 1 (alta intensidad luminosa). También se midió datos de corriente, voltaje y potencia extraídos de las baterías durante esta evaluación fotométrica. Estos datos se encuentran en la tabla 5.

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

Lámpara	Flujo(lm) ±5%	CCT(°K)	IRC	Voltaje (V) ±0.01	Corriente(mA) ±0.1	Potencia(W) ±0.003	Eficacia(lm/W)
LF_UNI_111004_01	197	6260	59	8.29	235	1.948	101.1
LF_UNI_111004_02	187	6641	61	8.29	234	1.940	96.4
LF_UNI_111004_03	193	6423	59	8.22	232	1.907	101.2
LF_UNI_111004_04	191	6380	60	8.2	233	1.911	100.0
LF_UNI_111004_05	203	6400	62	8.24	234	1.928	105.3
LF_UNI_111004_06	196	6804	62	8.24	234	1.928	101.7
LF_UNI_111004_07	199	6723	61	8.23	235	1.934	102.9
LF_UNI_111004_08	193	6335	59	8.2	234	1.919	100.6
LF_UNI_111006_09	197	6735	64	8.23	235	1.934	101.9
LF_UNI_111006_10	214	6435	61	8.23	234	1.926	111.1

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

Promedio del flujo (lm)	197	desviación estándar	8
Promedio de la temperatura de color (°K)	6513.6	desviación estándar	193
Promedio de IRC (%)	61	desviación estándar	2
Promedio de la eficacia (lm/W)	102.2	desviación estándar	3.9

### 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> con el interruptor en la posición 1 (alta), con las baterías completamente cargadas, con los resultados indicados en la tabla 7: Ic es la iluminación en la parte central de la mesa, Ib la iluminación en el borde, h es altura de la lámpara encima de la mesa para la cual Ib es máxima y hpita es la longitud de la pita que sirve como interruptor.

El mapeo de la iluminancia se encuentra en el Anexo A5., con un ejemplo en la Fig 2

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

Lámpara	Ic(lux) ± 1	Ib(lux) ± 1	h(cm) ± 1	h pita(cm) ± 1
LF_UNI_111004_01	81	42	61	14
LF_UNI_111004_05	47	46	61	35

Se hicieron las medidas en un área de 1 m<sup>2</sup> de un círculo de radio r = 56 ± 0.5 cm. Cabe indicar la influencia de la longitud de la pita, que sirve como interruptor, en la medida de Ic, debido a la sombra que la perilla del interruptor da en este punto.

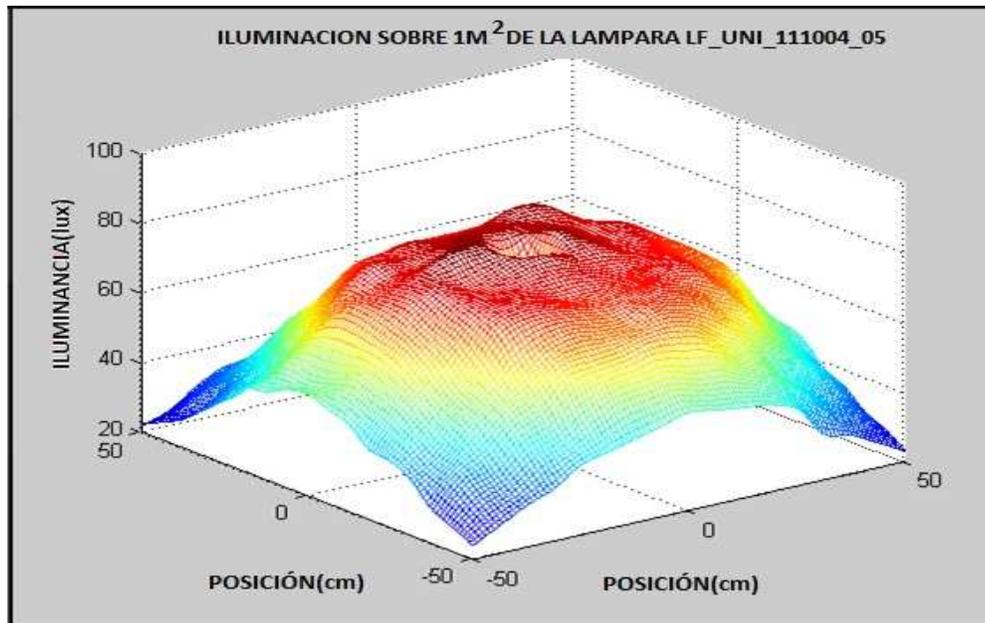


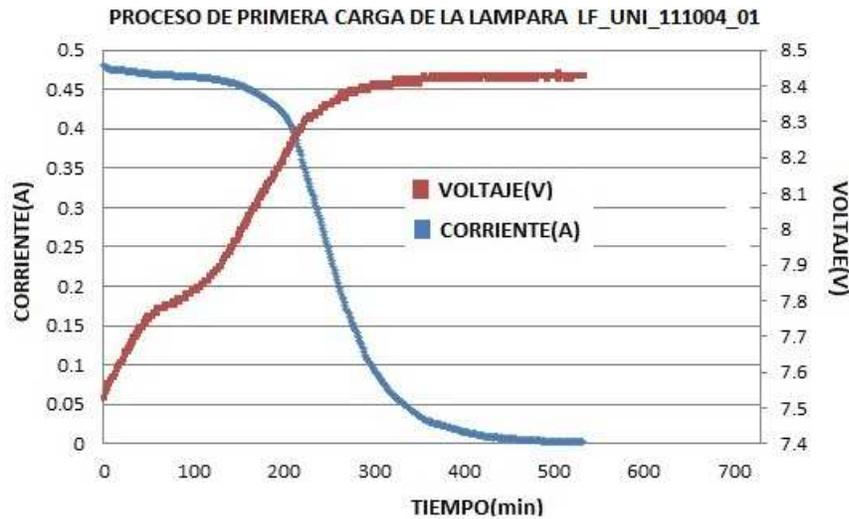
Fig.2 Mapeo, en 3D, de la iluminancia en 1 m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_111004\_05

### 3.2. MEDICIONES ELECTRICAS DE LA BATERIA.

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

#### 3.2.1. 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: Vmax = 17,0 V y Imax = 0,25 A.



**Fig. 3. Proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_111004\_01**

La Fig.3 demuestra las curvas de la corriente (medidas con un shunt de 10 mΩ) y del voltaje de la batería de la lámpara LF\_UNI\_111004\_01 durante este proceso de carga. En la Tabla 8 se presenta los resultados obtenidos para las 10 lámparas y las curvas respectivas de todas 10 lámparas, todas muy parecidas las de la Fig.3, están dadas en el anexo A2.

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

Lámpara	Carga (Ah)	Energía (Wh)
LF_UNI_111004_01	2.04	16.38
LF_UNI_111004_02	2.02	16.11
LF_UNI_111004_03	2.00	16.11
LF_UNI_111004_04	1.84	14.65
LF_UNI_111004_05	2.00	16.03
LF_UNI_111004_06	2.00	15.93
LF_UNI_111004_07	2.04	16.29
LF_UNI_111004_08	1.98	15.76
LF_UNI_111006_09	1.83	14.89
LF_UNI_111006_10	2.02	16.11

Cabe resaltar que los valores de de la carga eléctrica así obtenidas no son las cargas totales que pueden almacenar las baterías pues la primera descarga no fue una descarga profunda, sino solamente hasta la desconexión de los LEDs por el circuito electrónico propio de las lámparas.

### 3.2.2. SEGUNDA DESCARGA

Una vez cargado por completo todas las baterías (ver 3.2.1.), y realizada las mediciones fotométricas (ver 3.1.2), se procedió a descargar por completo las baterías de las 10 lámparas. Para permitir una descarga completa, se reemplazó las lámparas por una resistencia de 36,5 ohm, que simulaba la carga de la lámpara en la posición 1 (alta).

Todas las curvas de descarga de las 10 lámparas son similares, con excepción de la lámpara 9. En la Fig. 4 se demuestra, como ejemplo, la descarga de la lámpara 1, y en la Fig. 5 la descarga de la lámpara 4. En el anexo A3 se muestra las curvas de descarga de las 10 lámparas. (La descarga de la lámpara 9 se realizó dos veces, para verificar que no fue un error de medición.)

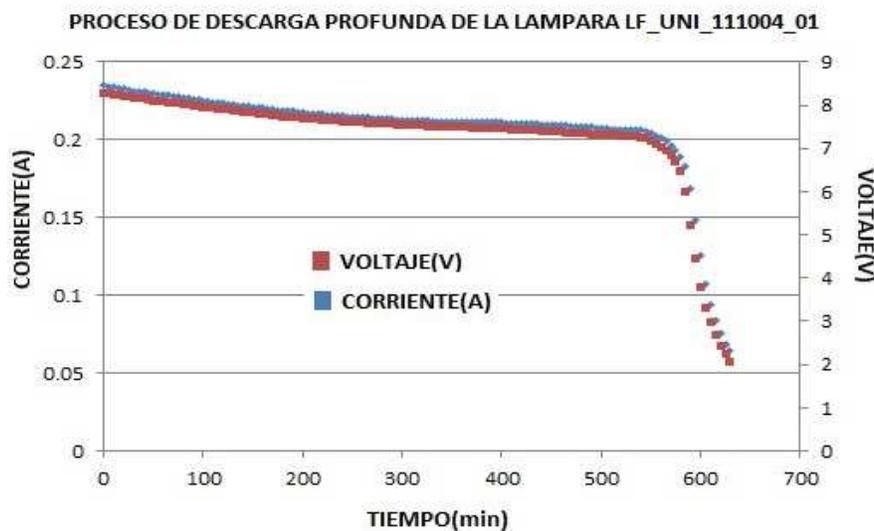


Fig.4 Curvas de descarga de la lámpara LF\_UNI\_111004\_01

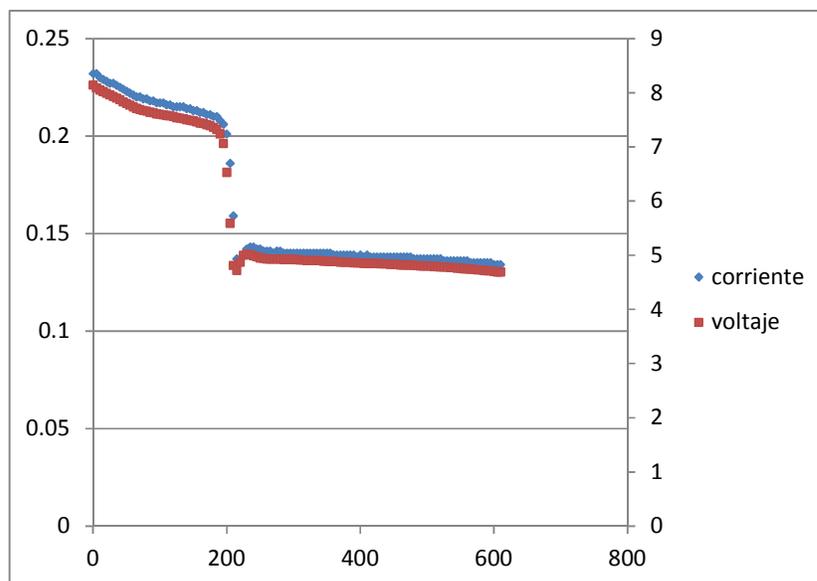


Fig.5 Curvas de descarga de la lámpara LF\_UNI\_111004\_09

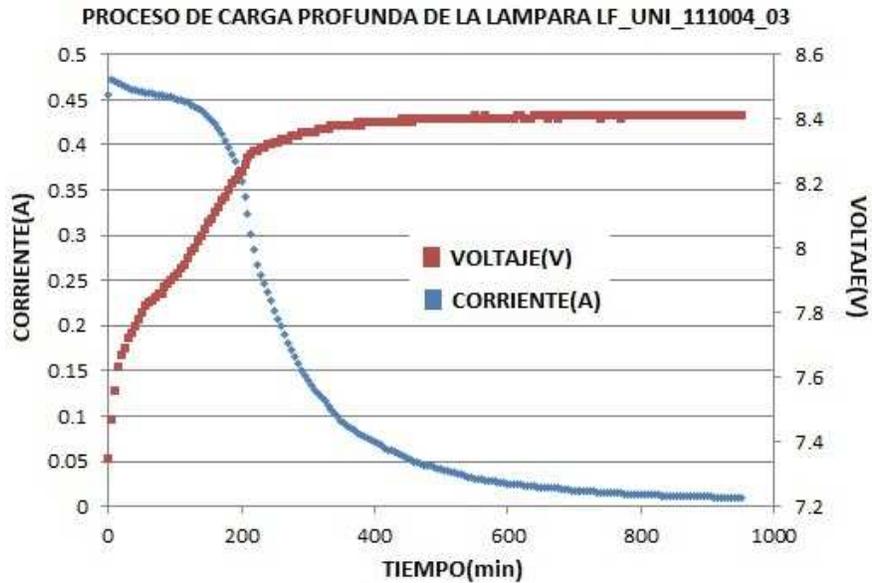
La siguiente tabla 9 indica las cargas eléctricas y las energías que se ha podido extraer al descargar las baterías previamente completamente cargadas.

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

Lámpara	Carga(Ah)	Energía(Wh)
LF_UNI_111004_01	2.18	16.31
LF_UNI_111004_02	2.21	16.57
LF_UNI_111004_03	2.03	14.97
LF_UNI_111004_04	2.12	15.49
LF_UNI_111004_05	2.22	16.21
LF_UNI_111004_06	2.11	15.76
LF_UNI_111004_07	2.20	16.22
LF_UNI_111004_08	2.14	15.64
LF_UNI_111006_09	2.19	14.22
LF_UNI_111006_10	2.19	15.90

### 3.2.3. SEGUNDA CARGA

Después de haber realizada una descarga profunda de todas las baterías, se cargó nuevamente, con un procedimiento igual como el usado para la primera carga (ver 3.2.1.). La Fig. 6 presenta las curvas de corriente y voltaje de esta segunda carga de la lámpara 3. Estas curvas son similares a las obtenidas durante la primera carga, salvo que inicien con un voltaje menor, debido a la descarga profunda previa.



**Fig.6. Segundo proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_111004\_03**

En la tabla 10 se da los valores de la segunda carga para las lámparas LF\_UNI\_111004\_03, LF\_UNI\_111006\_09 y LF\_UNI\_111006\_10. Estos valores representan la carga eléctrica y energía que se entregó a estas baterías para cargarlas por completo, después de haber sido completamente descargadas.

**Tabla 10: Carga y energía entregadas a las baterías en el proceso de carga.**

Lámpara	Proceso de carga	
	Carga(Ah)	Energía(Wh)
LF_UNI_111004_03	2.29	18.50
LF_UNI_111006_09	2.19	17.65
LF_UNI_111006_10	2.27	18.02

Con los datos de las tablas 9 y 10 podemos calcular las eficiencias de estas baterías, indicadas en la Tab.11

**Tabla 11. Eficiencia de la batería con los datos de proceso de carga y descarga**

EFICIENCIA						
Lámpara	Carga - Q (Ah)		Eficiencia Coulomb	Energía (Wh)		Eficiencia Energía
	Descarga	Carga		Descarga	Carga	
LF_UNI_111004_03	2.03	2.29	0.89	14.97	18.50	0.81
LF_UNI_111006_09	2.19	2.19	1.00	13.70	17.65	0.77
LF_UNI_111006_10	2.19	2.27	0.96	15.90	18.02	0.88

**Tabla 12. 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 entregar a la batería a partir del apagado automático de la lámpara en la posición 1(alta), así como la carga total que se puede entregar a la batería completamente descargada. La relación de estas dos cargas es el DOD.

**Tabla 13. Cálculo del DOD de la batería de Li – Ion del Sistema Sundaya**

Lámpara	Q <sub>1</sub> (Ah)	Q <sub>2</sub> (Ah)	DOD
LF_UNI_111004_03	2.00	2.29	0.87
LF_UNI_111006_09	1.83	2.19	0.83
LF_UNI_111006_10	2.02	2.27	0.89

Donde:

Q<sub>1</sub> : Carga introducida a partir del apagado automático en la posición 1 (más alta)

Q<sub>2</sub> : Carga total introducida a la batería a partir de una descarga profunda

DOD (Descarga Profunda) = Q<sub>1</sub> / Q<sub>2</sub>

**Tabla14. Promedio y desviación estándar de DOD.**

Promedio del DOD	0.86	Desviación estándar	0.03
------------------	------	---------------------	------

En el caso de dos lámparas, las LF\_UNI\_111004\_04 y LF\_UNI\_111004\_08, no se ha podido cargarlas de nuevo. La fig 7 demuestra las curvas de corriente y voltaje para la lámpara 4.

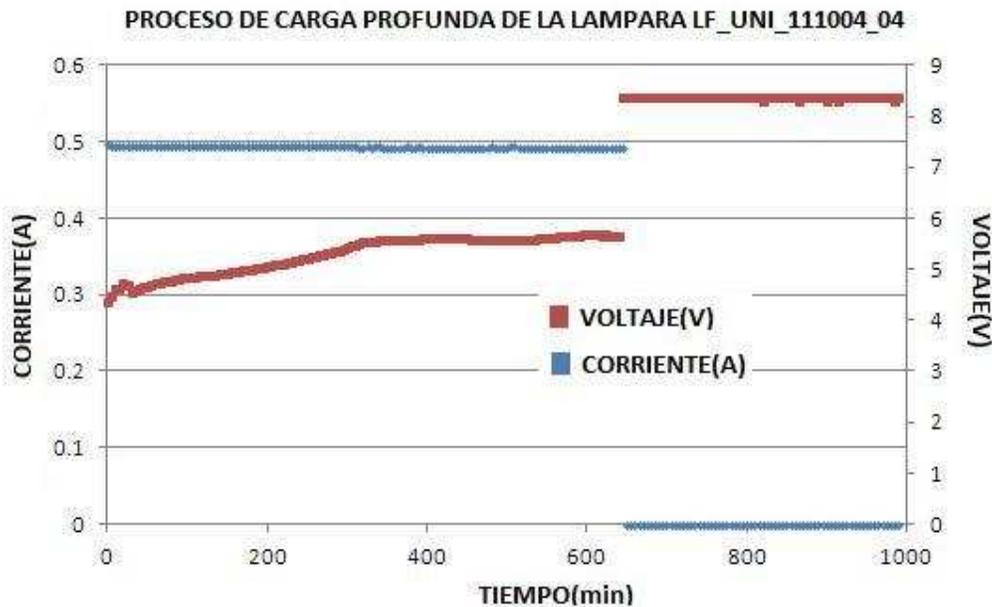


Fig.7. Segundo proceso de carga de la lámpara LF\_UNI\_111004\_04

Se observa que la corriente de carga se mantenía constante en cerca de 0,5 A durante 10 horas (se cargaba durante la noche), hasta que se abrió el circuito y la corriente cayó a cero.

Posteriormente se verificó que las baterías de las lámparas 4 y 8 eran malogradas, con circuito abierto. Para verificar si esto era un problema de los respectivos circuitos electrónicos, se usó los circuitos de estas lámparas 4 y 8 con baterías de otras lámparas, observando que funcionaban normalmente.

### 3.3. 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. La lámpara evaluada fue LF\_UNI\_111004\_06. Los resultados se muestran en la tabla 15 y en la figura 8

Tabla 15. Intensidad luminosa vs tiempo, en la posición 1 (alta)

INTENSIDAD LUMINOSA VS TIEMPO			
Posición	Tiempo encendido (h)	Máximo (%)	Mínimo (%)
1 (alta)	105.8	100	3.5

En la figura 8 se observa como el flujo luminoso disminuye constantemente durante los primeros  $615 \pm 5$  min (10h 15min), después de este tiempo se mantiene en un 3.5% del flujo inicial durante  $5730 \pm 5$ min (95h 30min) para luego apagarse totalmente.

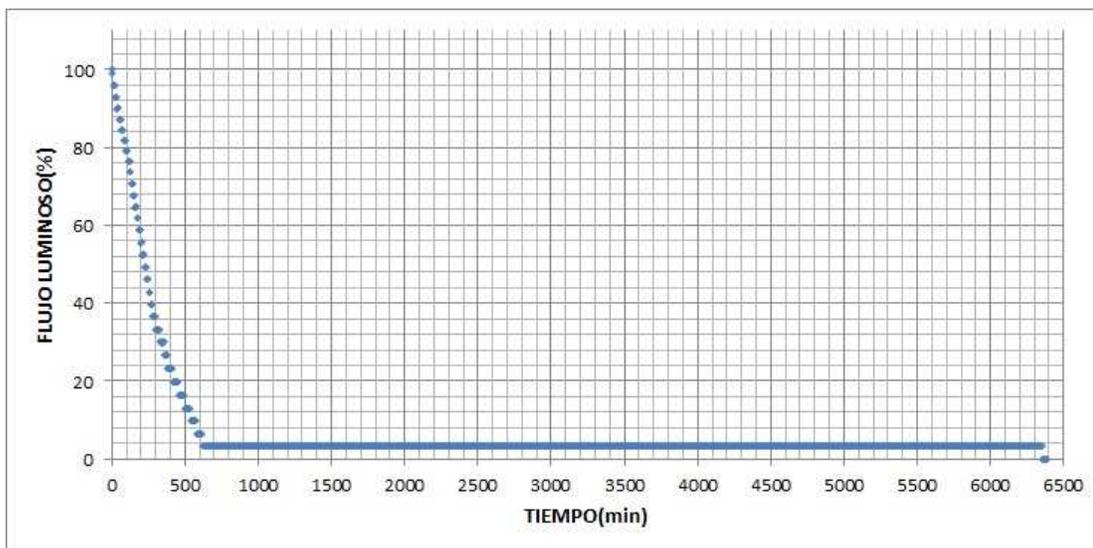
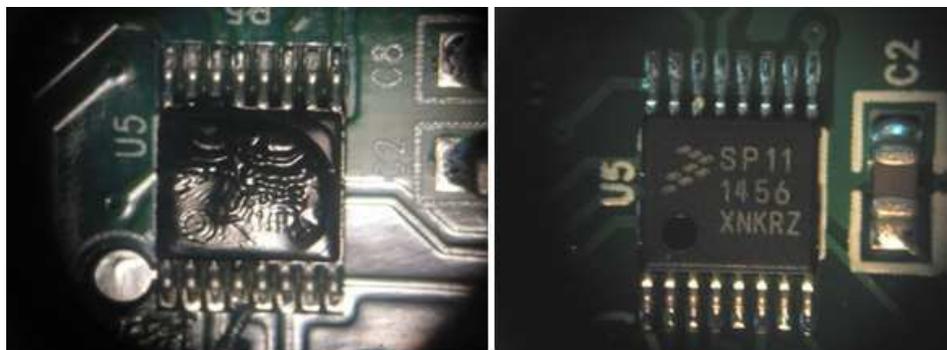


Fig.8. Comportamiento del flujo con el tiempo de la lámpara LF\_UNI\_111004\_06

#### 4. OBSERVACIONES

- La lámpara LF\_UNI\_111006\_09 muestra un comportamiento anómalo en la descarga, como se muestra en la figura 4. Sin embargo, aparentemente esto no afectó el buen funcionamiento de la lámpara.
- Durante un segundo proceso de carga, las lámparas LF\_UNI\_111004\_04 y LF\_UNI\_111004\_08 dejaron de funcionar. Se observó que las baterías respectivas se habían malogrados (circuito abierto), Una posible explicación es que las descargas profundas previas habían dañado a estas baterías, lo que no ocurrirá durante una operación normal de las lámparas donde el circuito electrónico de las lámparas evita estas descargas profundas: se midió un DOD = 0,86, igual como en la lámpara nueva. Cambiando después las baterías malogradas por otras, las lámparas seguían funcionando normalmente, lo que indica que los circuitos electrónicos respectivos seguían funcionando bien.
- Un chip de los circuitos electrónicos de todas las lámparas muestra rugosidad en la superficie, lo que indica un probable calentamiento excesivo de estos chips, sin que esto significó que ya no funciona (ver Fig.9, izquierda). Hay que anotar que el chip equivalente del circuito de la lámpara nueva evaluada en el lote anterior, motivo del informe del 31.01.11, no demuestra este recalentamiento (ver Fig 9, derecha). Cabe indicar también que el circuito electrónico de las 10 lámparas evaluadas ahora (ver Fig.10 izquierda) es diferente del circuito de la lámpara nueva anterior (ver Fig 10, derecha) (Aparentemente antes eran componentes de mayor calidad).



**Fig.9.** A la izquierda un chip del circuito de una lámpara del lote de esta evaluación, a la derecha, el chip del circuito de la lámpara nueva anteriormente evaluada.

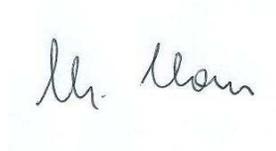


**Fig. 10.** A la izquierdo el circuito de las lámparas del presente lote, a la derecha el circuito de la lámpara recibida para la evaluación anterior

## 5. CONCLUSIONES

- Las 10 lámparas SUNDAYA evaluadas siguen teniendo un buen flujo luminoso, con un promedio de 197 lm, y una alta eficacia, con promedio de  $102.2 \pm 3.9$  lm/W. Estos valores de la luminosidad y eficacia son, dentro de la incertidumbre experimental, iguales a los valores de la lámpara nueva evaluada anteriormente: La lámpara nueva anterior ha tenido un flujo de 211 lm y una eficacia de 110 lm/W.
- Para las 10 baterías evaluadas se midió capacidades de 2.03 – 2,22 Ah, respectivamente 14,22 – 16,57 Wh, con un promedio de 2,16 Ah y 15,73 Wh. Al comparar estos valores con los medidos anteriormente con una lámpara nueva, 2,17 Ah y 16,43 Wh, se puede concluir nuevamente que no se observó una disminución de la capacidad de carga de las baterías, a pesar de 8 meses de uso en el campo.
- **Como conclusión podemos decir que las lámparas, sus LEDs y sus baterías, a pasar de 8 meses de uso, tienen una capacidad similar a las de la lámpara nueva evaluada anteriormente.**
- **Un punto potencialmente crítico es la deformación observada en un chip del circuito electrónico de las lámparas.**

Lima, 22 de noviembre de 2011



Manfred Horn  
Profesor, Responsable del Laboratorio de Fotometría

## ANEXOS

### A1. Imágenes de las lámparas

Se muestran las imágenes de las lámparas tal como llegaron al laboratorio. Además de algunas relevantes características.



Figura 1. Lámpara LF\_UNI\_111004\_01



Figura 4. Lámpara LF\_UNI\_111004\_04



Figura 2. Lámpara LF\_UNI\_111004\_02



Figura 5. Lámpara LF\_UNI\_111004\_05



Figura 3. Lámpara LF\_UNI\_111004\_03



Figura 6. Lámpara LF\_UNI\_111004\_06



Figura 7. Lámpara LF\_UNI\_111004\_07



Figura 9. Lámpara LF\_UNI\_111006\_09



Figura 8. Lámpara LF\_UNI\_111004\_08



Figura 10. Lámpara  
LF\_UNI\_111006\_10



Figura 11. Residuos de insectos que se encuentran en la zona de los LEDs de la lámpara LF\_UNI\_111004\_03



Figura 12. Residuos de insectos que se encuentran en la zona de los LEDs de la lámpara LF\_UNI\_111004\_05



Figura 13. Pita que sirve como interruptor cortada y la perilla al final dañado; de la lámpara LF\_UNI\_111004\_06



Figura 14. Residuos de insectos (encerrados en una circunferencia roja) en la parte de la electrónica de lámpara LF\_UNI\_111006\_10.

## A2. Curvas de carga

Curvas de la primera carga, punto 3.2.1 del informe, de las baterías de las lámparas SUNDAYA.

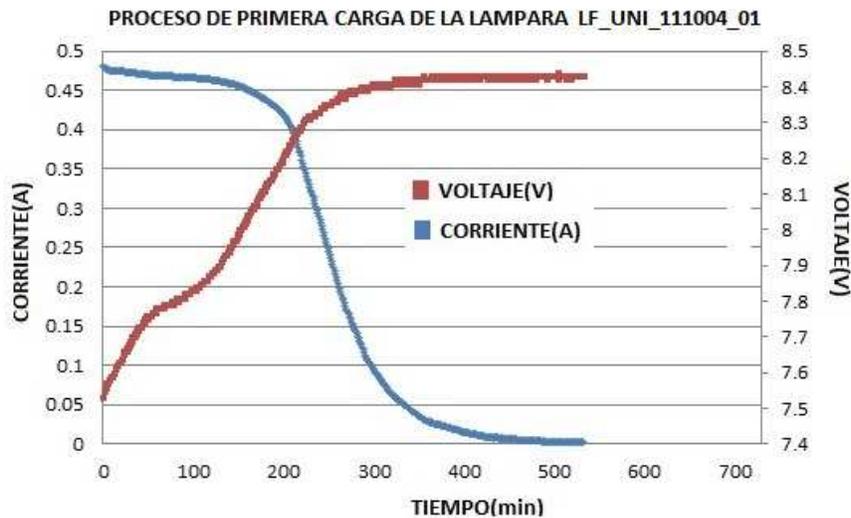


Figura 15. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga de la lámpara LF\_UNI\_111004\_01

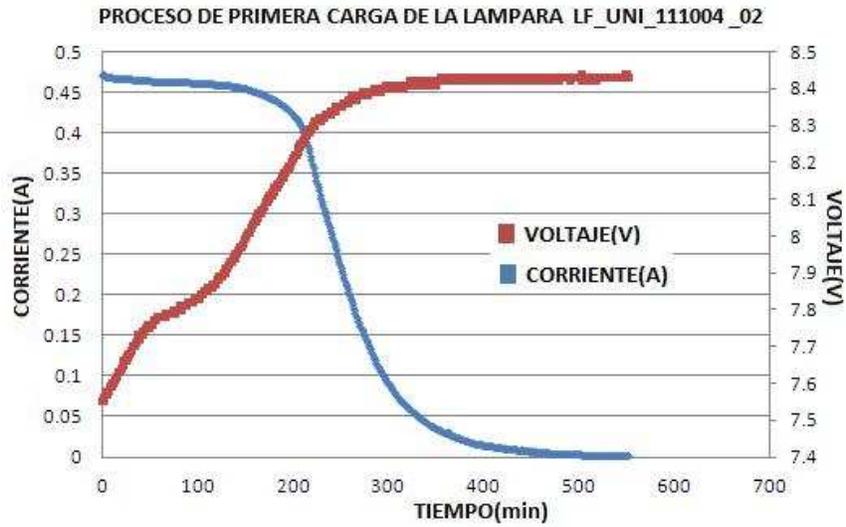


Figura 16. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_02

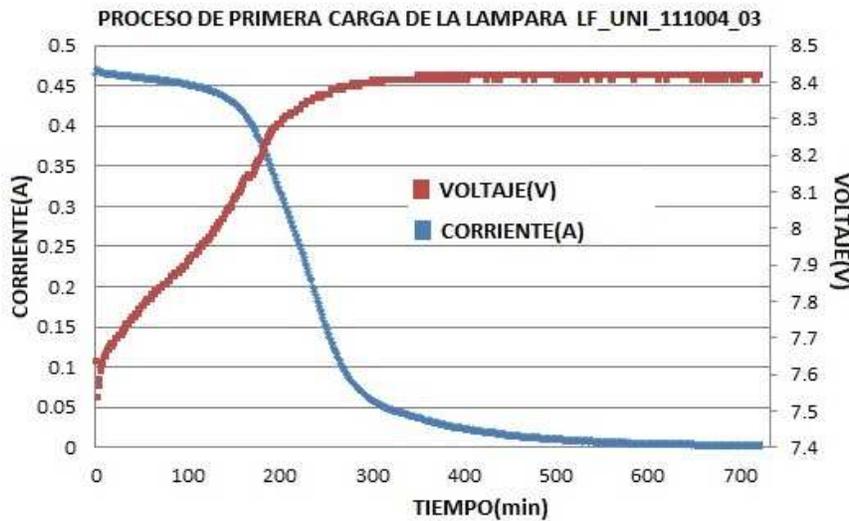


Figura 17. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_03

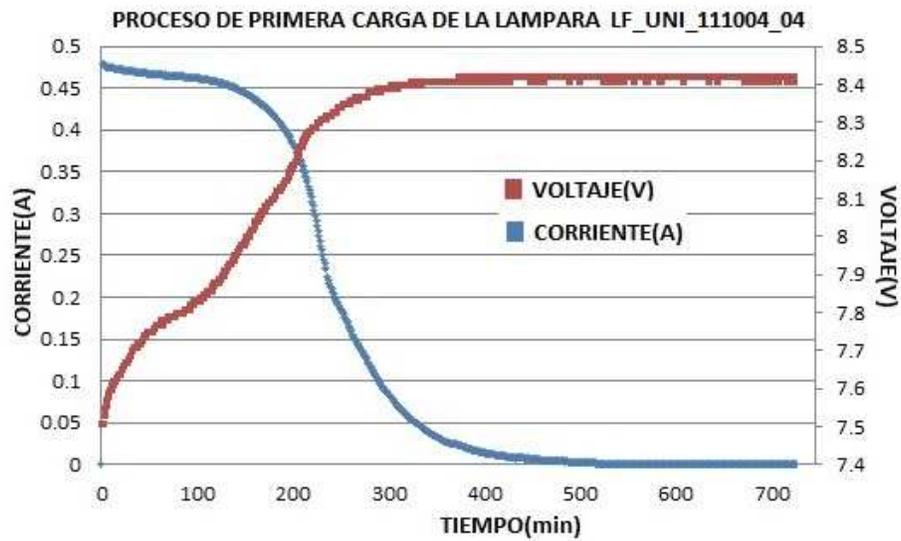


Figura 18. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_04

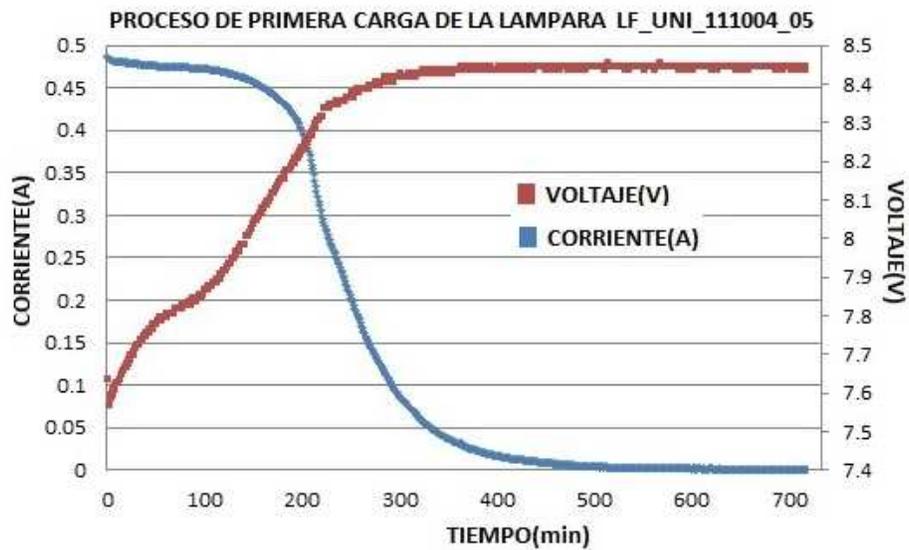


Figura 19. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_05

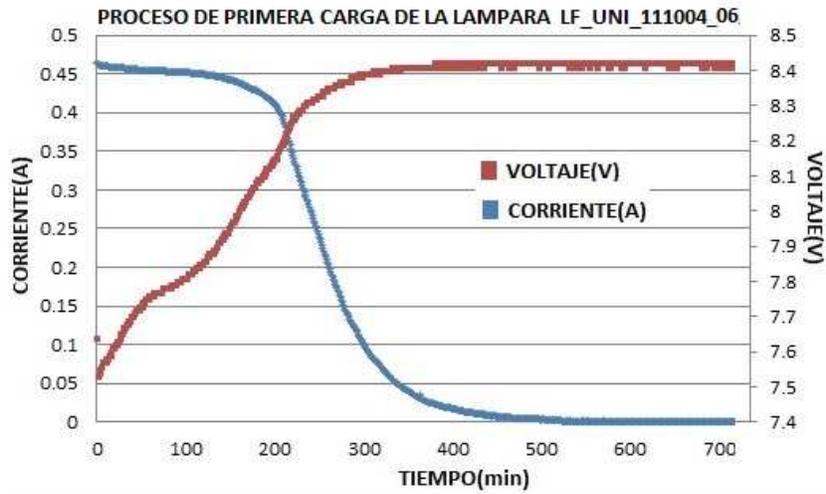


Figura 20. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_06

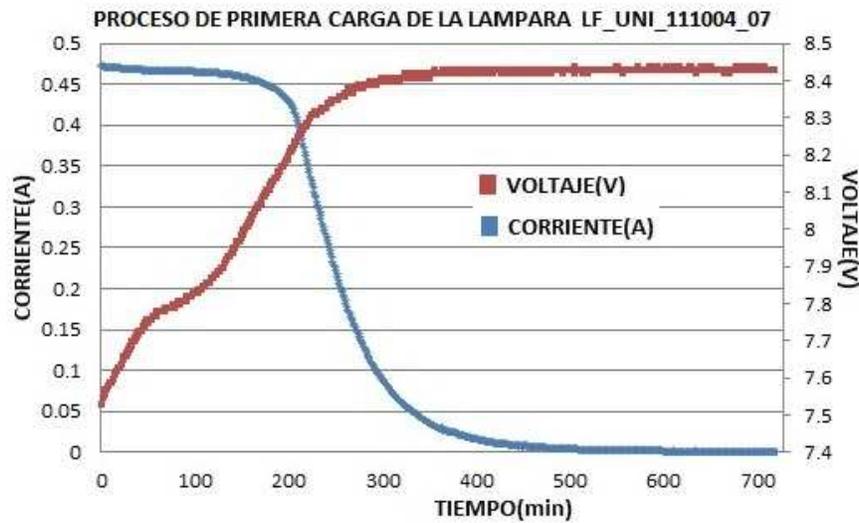


Figura 21: Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_07

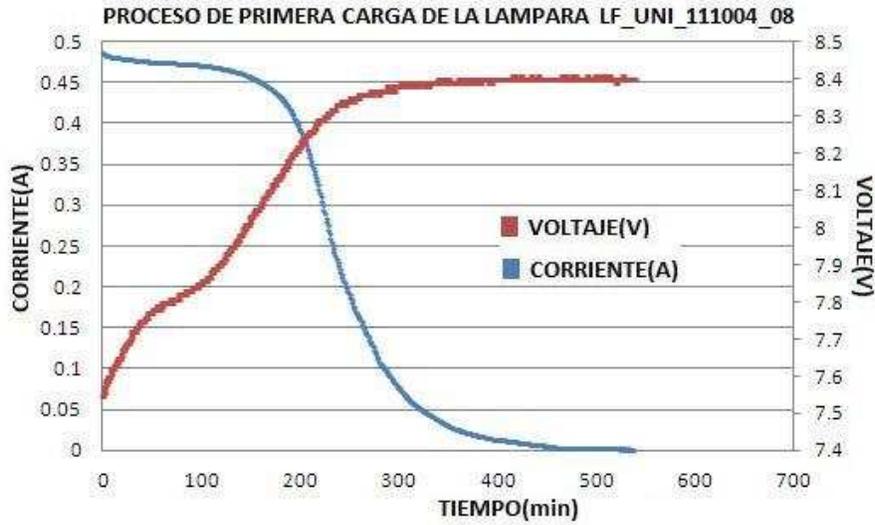


Figura 22: Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_08

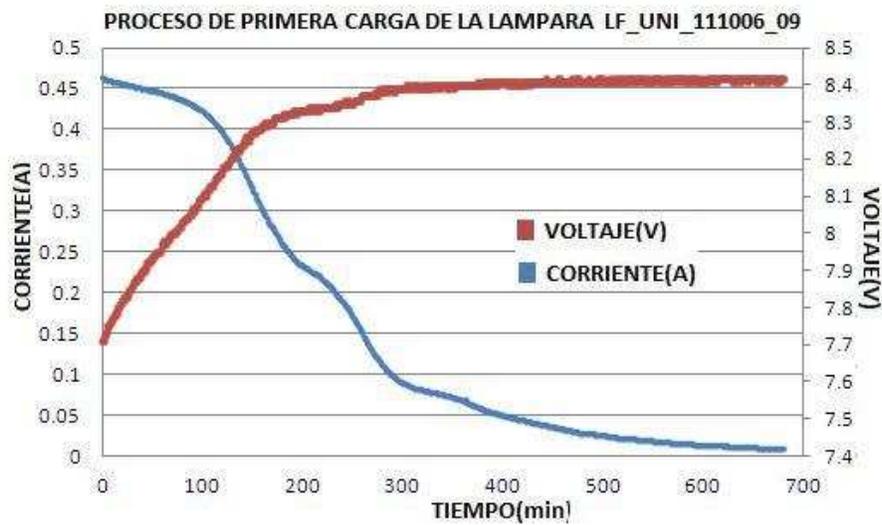


Figura 23. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111006\_09

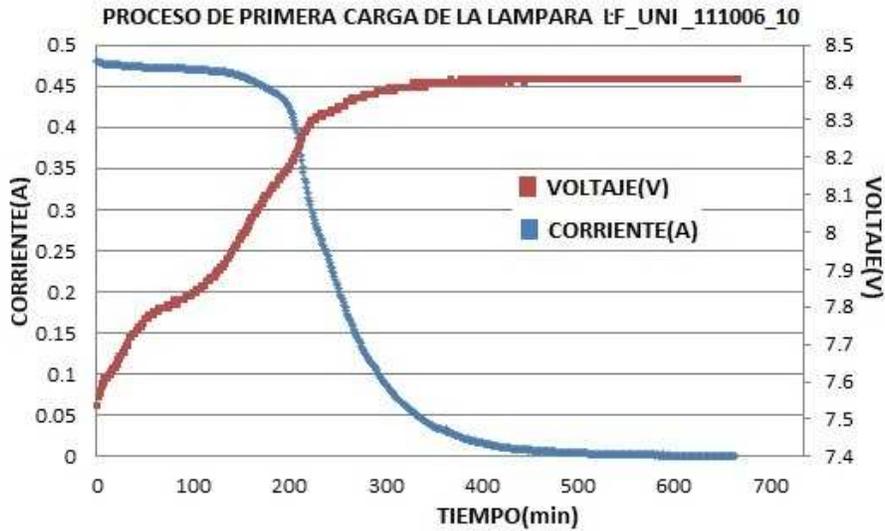


Figura 24. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la lámpara LF\_UNI\_111006\_10

### A3. Curvas de la descarga profunda

Curvas de la segunda descarga, punto 3.2.2 del informe, de las baterías de las lámparas SUNDAYA.

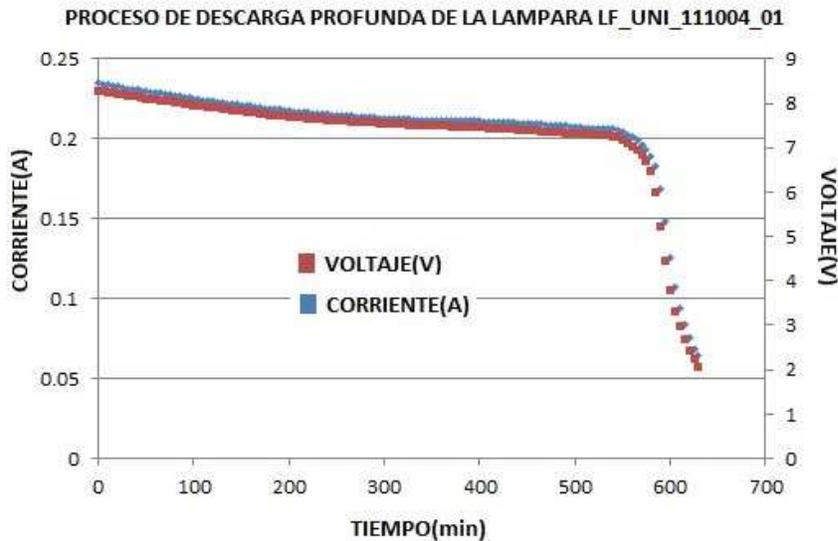


Figura 25. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_01

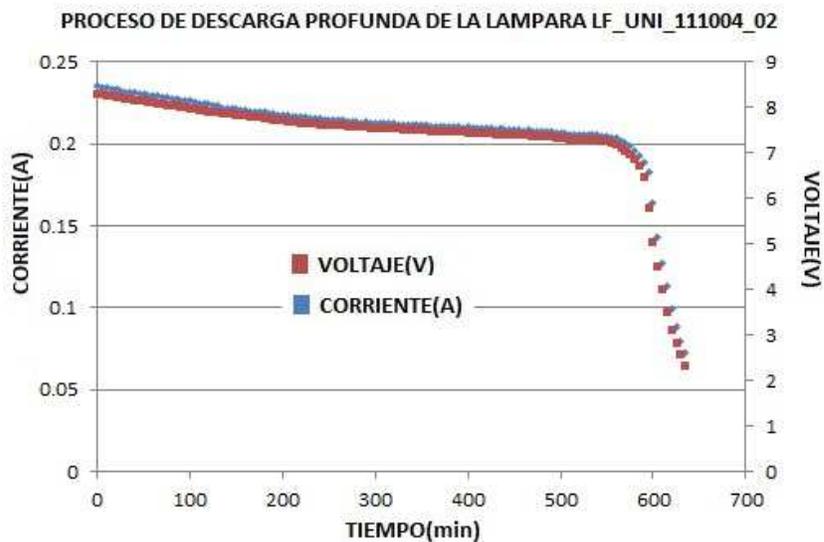


Figura 26. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_02

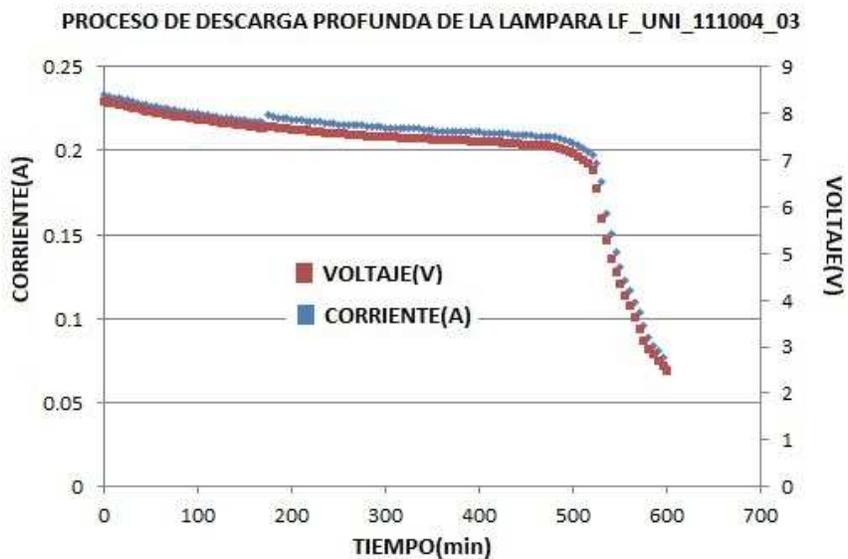


Figura 27. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_03

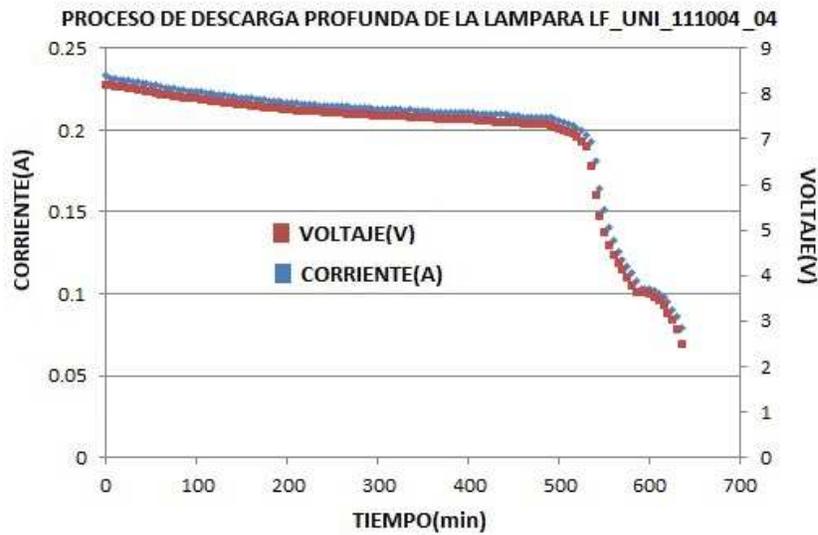


Figura 27. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_04

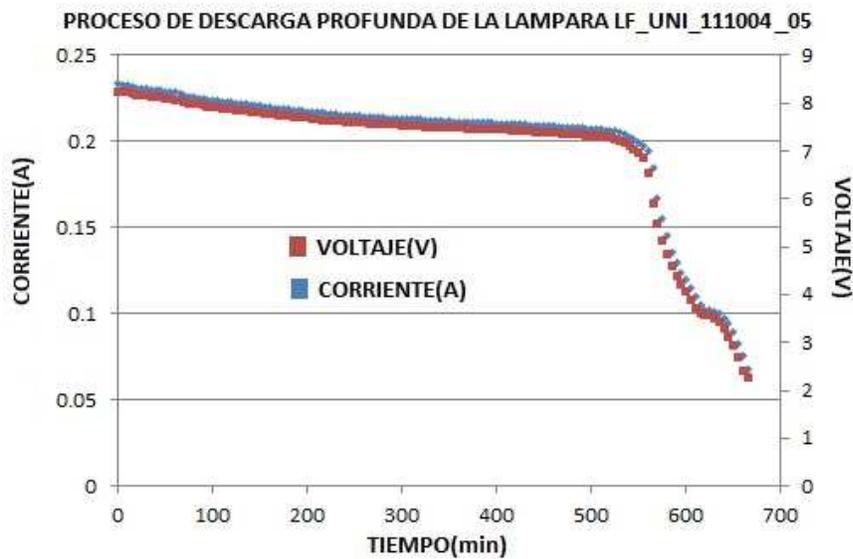


Figura 27. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_05

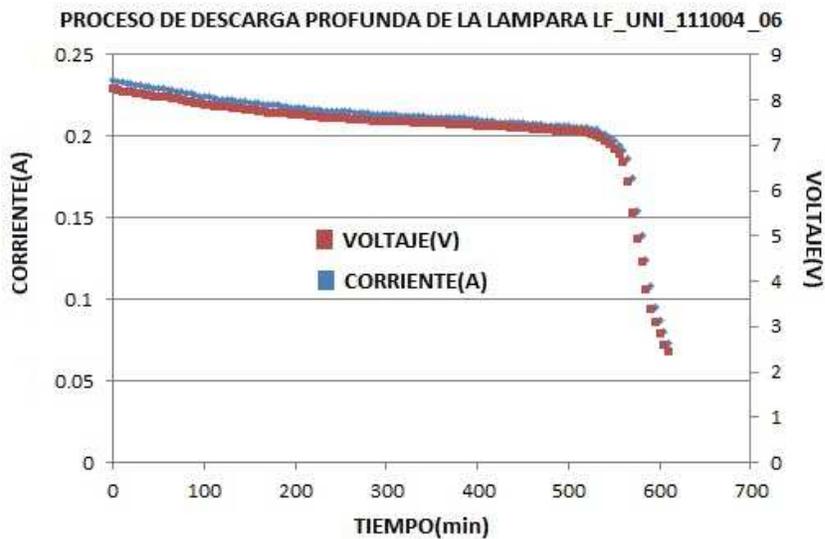


Figura 28. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_06

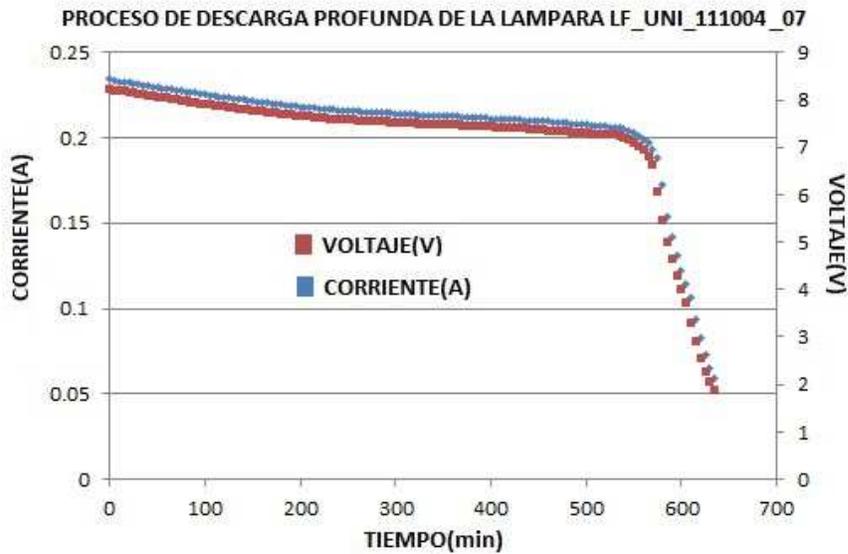


Figura 29. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_07

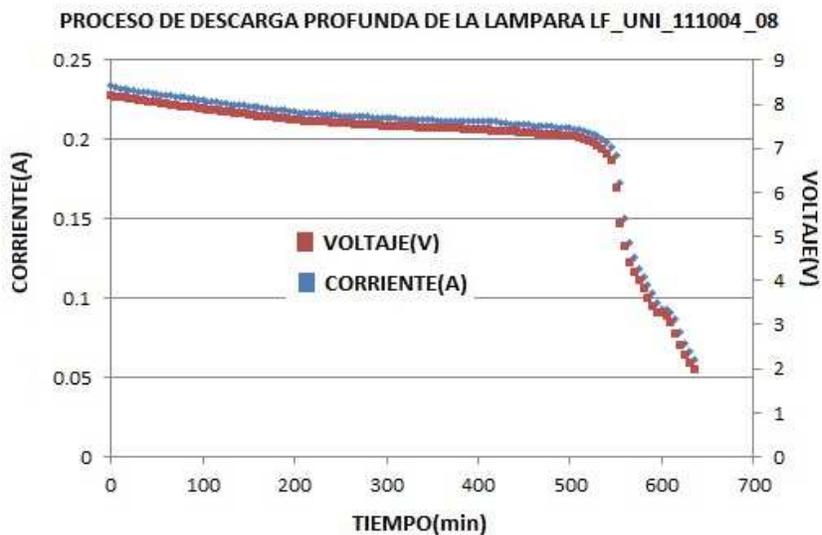


Figura 30. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111004\_08

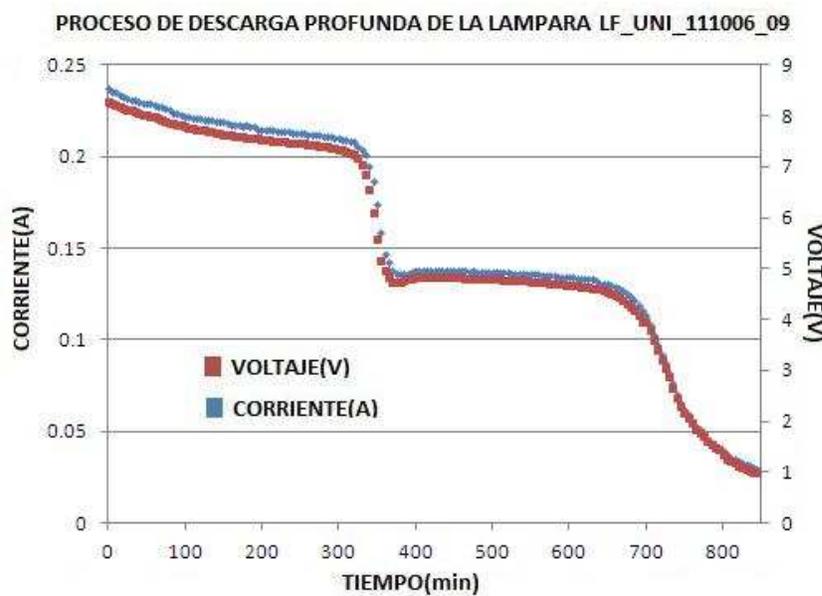


Figura 31. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111006\_09

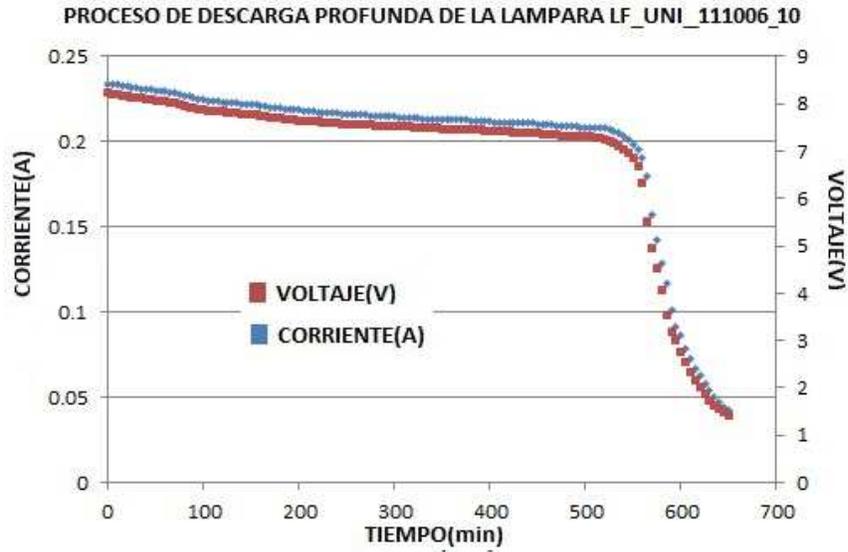


Figura 32. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda para la lámpara LF\_UNI\_111006\_10

#### A4. Curvas de segunda carga, después de la descarga profunda

Curvas de la segunda carga, punto 3.2.3 del informe, de las baterías de las lámparas SUNDAYA.

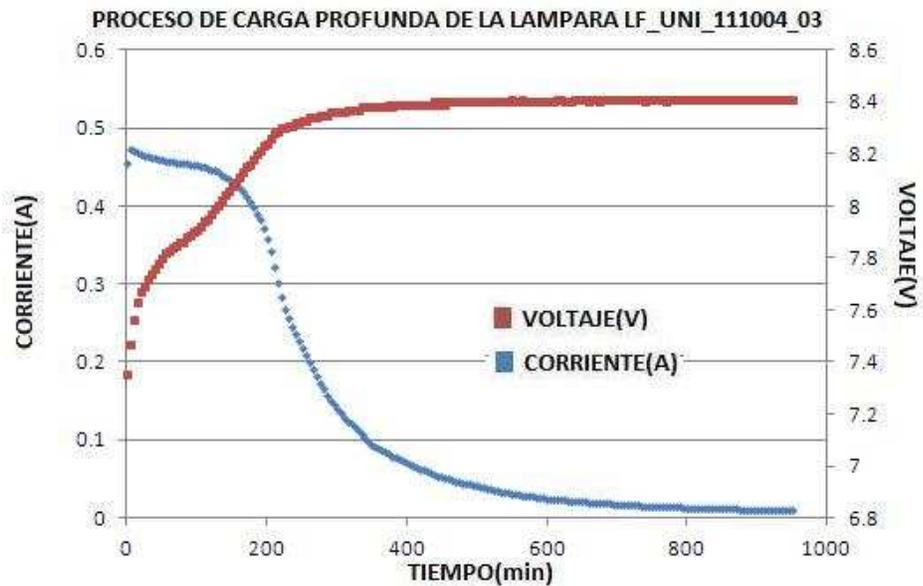


Figura 33. Comportamiento de la corriente y voltaje en la segunda carga para la lámpara LF\_UNI\_111004\_03

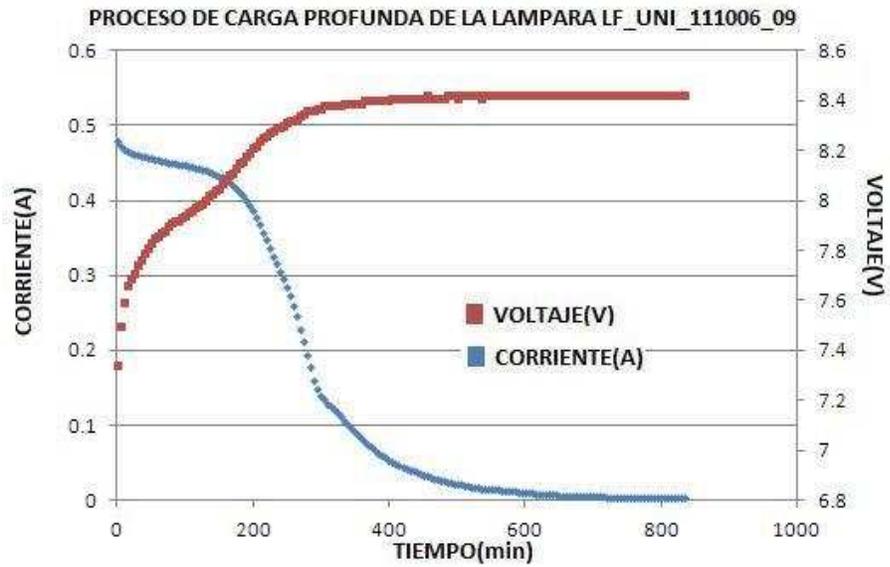


Figura 34. Comportamiento de la corriente y voltaje en la segunda carga para la lámpara LF\_UNI\_111006\_09

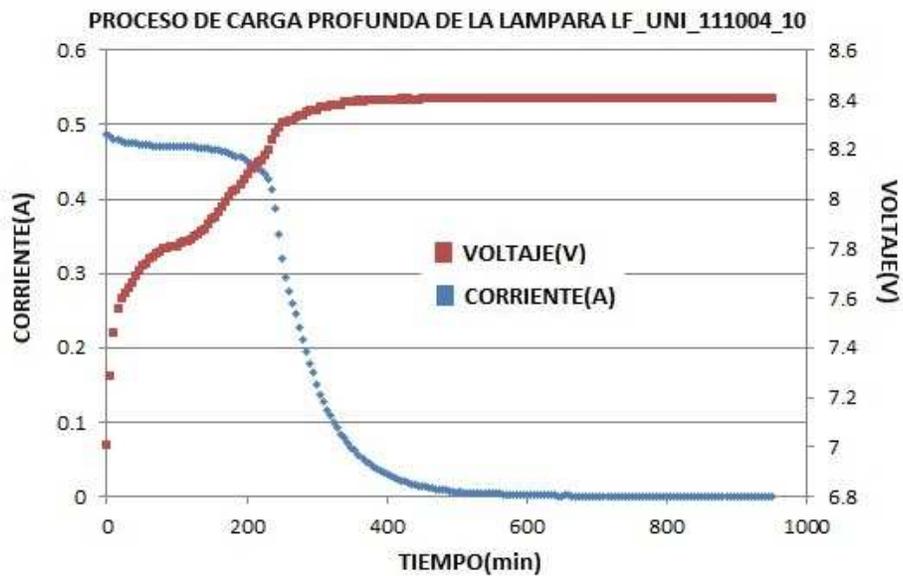


Figura 35. Comportamiento de la corriente y voltaje en la segunda carga para la lámpara LF\_UNI\_111006\_10

**A5: Mapeo de la iluminancia sobre una mesa de 1m<sup>2</sup>**

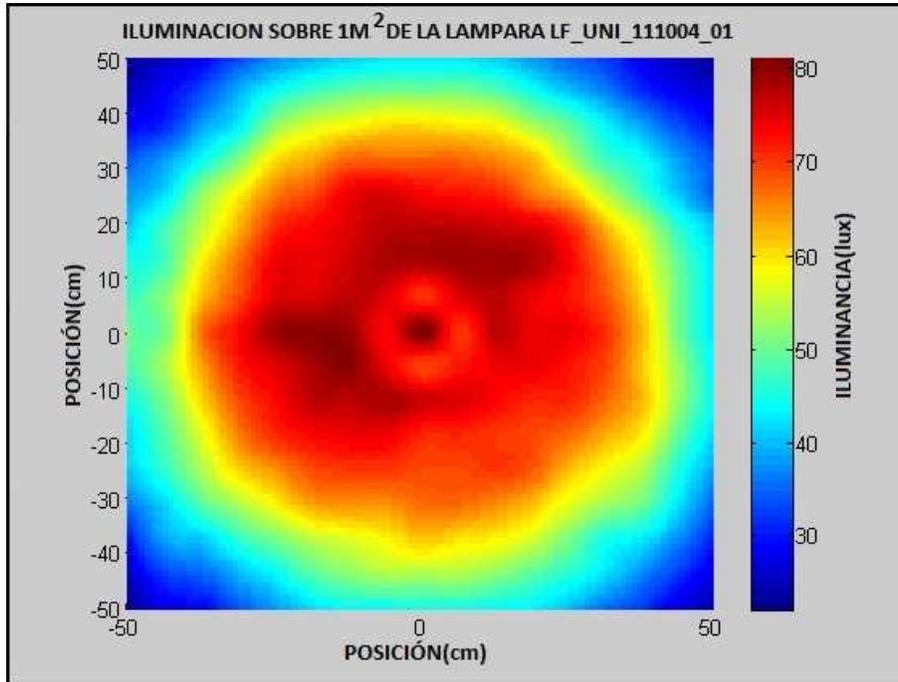


Figura 36. Mapeo de iluminancia en 1m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_111004\_01

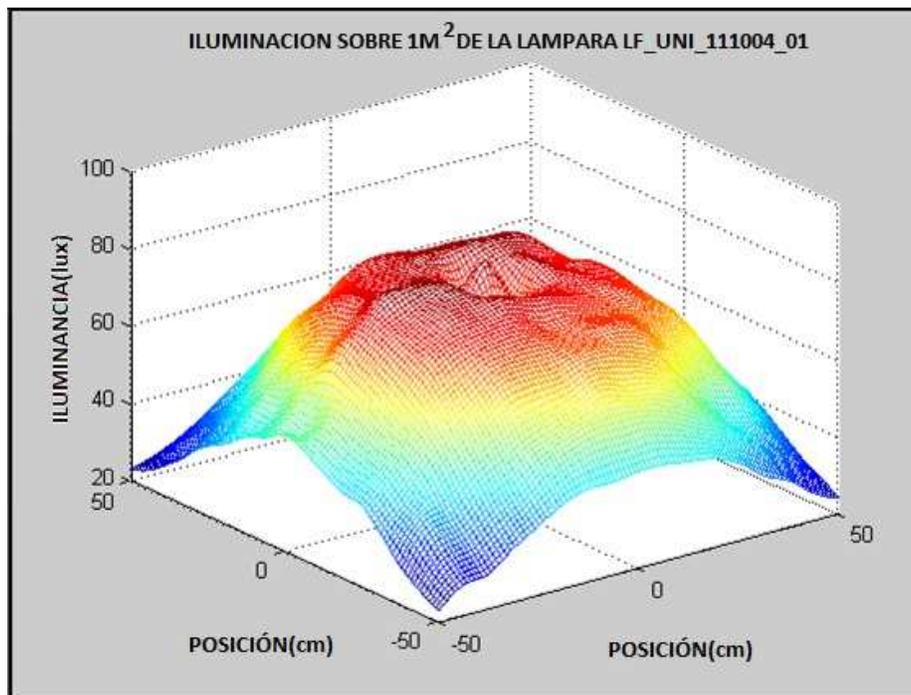


Figura 37. Mapeo de la iluminancia en 1m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_111004\_01 en 3D.

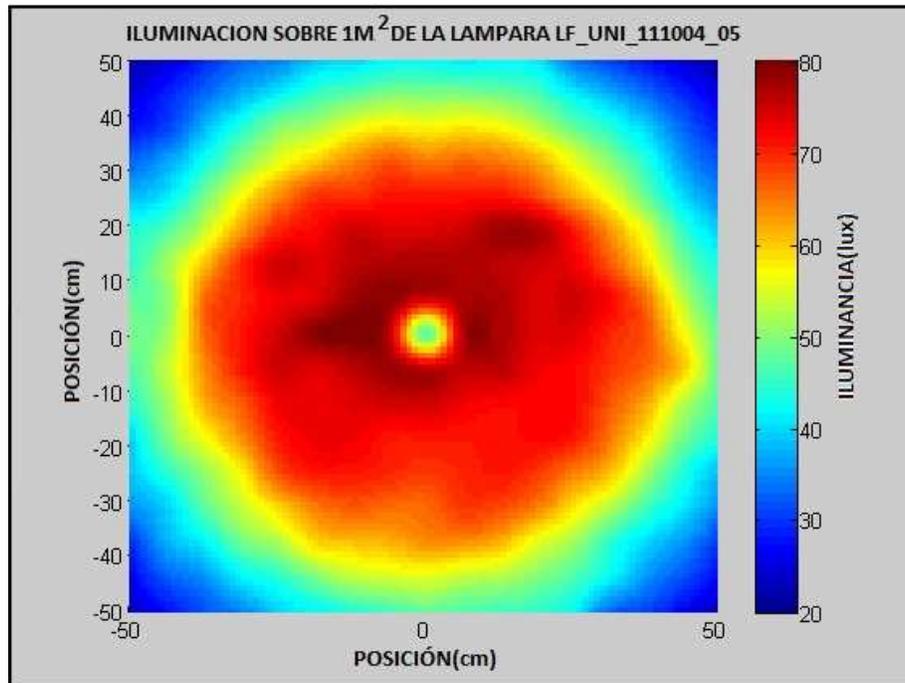


Figura 38. Mapeo de la iluminancia en 1m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_111004\_05

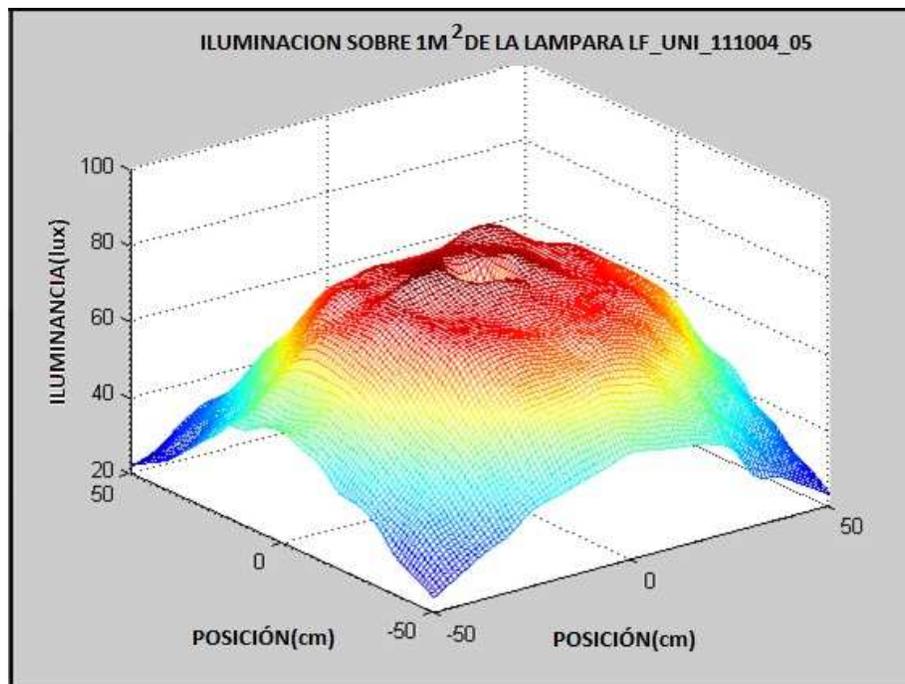


Figura 39. Mapeo de la iluminancia en 1m<sup>2</sup> de la lámpara LF\_UNI\_111004\_05 en 3D