



Proyecto Energía, Desarrollo y Vida. EnDev/GIZ

Informe técnico

Evaluación de Sistemas “Phocos Light Kit”

Elaborado por:

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima

Facultad de Ciencias

Laboratorio de Fotometría

Informe Técnico: Evaluación de Sistemas “Phocos 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 “Phocos 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 26.01.2012 la UNI recibió de GIZ 10 lámparas, de la marca Phocos, 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.



Figura. 1. Lámpara LF_UNI_120126_01

Sistema Pico PV	Código LF – UNI
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_01
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_02
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_03
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_04
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_05
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_06
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_07
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_08
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_09
Pico Lámpara Led - Phocos	LF_UNI_120126_10

Tabla 1. Código de cada lámpara

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

Observaciones del estado de las lámparas Phocos recibidas:

- Todas las lámparas vinieron relativamente sucias como muestra las imágenes del anexo A1.
- Las lámparas LF_UNI_120126_05, LF_UNI_120126_08 y LF_UNI_120126_09 no contaban con su jebe fosforescente.

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 \pm 0.7 %

3.1.1. PRIMERA MEDICION FOTOMETRICA

Mediciones fotométricas de las lámparas tal como llegaron al laboratorio en la posición 3 (alta).

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

Lámpara	Flujo (lm) \pm 10 %	CCT ($^{\circ}$ K)	IRC
LF_UNI_120126_01	77	4165	66
LF_UNI_120126_02	92	4223	67
LF_UNI_120126_03	94	4300	69
LF_UNI_120126_04	---	---	---
LF_UNI_120126_05	95	4263	69
LF_UNI_120126_06	---	---	---
LF_UNI_120126_07	96	4286	68
LF_UNI_120126_08	95	4206	68
LF_UNI_120126_09	100	4445	70
LF_UNI_120126_10	94	4299	68

Observaciones de la primera medición fotométrica:

- La lámpara LF_UNI_120126_04 se apagó durante la medición fotométrica, mientras que la lámpara LF_UNI_120126_06 no encendió en ningún momento.

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

Promedio del flujo (lm)	93	desviación estándar	7
Promedio de la temperatura de color ($^{\circ}$ K)	4273	desviación estándar	84
Promedio del IRC (%)	68	desviación estándar	2

PRIMERA DESCARGA

Después de la primera medición fotométrica (referencial), que duró aproximadamente 20 minutos para cada lámpara, se encendieron las lámparas en la posición 3 (alta) hasta que se apagaron por sí solas. 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, incluyendo el tiempo de la medición fotométrica y el tiempo total.

Tabla 4. Tiempo que tomó cada lámpara en apagarse en la posición 3 (alta)

Lámpara	Encendido adicional		Medición Fotométrica(min)	Tiempo total ± 10min
	Encendido	Se apagó		
LF_UNI_120126_01	12:40	12:45	20	0h 25min
LF_UNI_120126_02	12:40	15::20	20	3h 00min
LF_UNI_120126_03	12:40	15:50	20	3h 30min
LF_UNI_120126_04	---	---	---	---
LF_UNI_120126_05	12:40	13:00	20	40min
LF_UNI_120126_06	---	---	---	---
LF_UNI_120126_07	12:40	13:35	20	1h5min
LF_UNI_120126_08	12:40	14:00	20	1h 40min
LF_UNI_120126_09	12:40	16:00	20	3h 40min
LF_UNI_120126_10	12:40	16:40	20	4h 20min

3.1.2. SEGUNDA MEDICIÓN FOTOMÉTRICA

Después de cargar las baterías totalmente a través del circuito electrónico de su lámpara respectiva, se realizó una segunda medición fotométrica, con las lámparas limpias y con el interruptor de las lámparas en la posición 3 (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 “Phocos” 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) ±5.5%
LF_UNI_120126_01	133	4138	68	5.24	334	1.75	76.0
LF_UNI_120126_02	96	4205	67	5.10	353	1.80	53.3
LF_UNI_120126_03	93	4318	69	4.47	384	1.72	54.1
LF_UNI_120126_04	101	4206	67	4.97	356	1.77	57.1
LF_UNI_120126_05	99	4202	67	5.19	345	1.79	55.3
LF_UNI_120126_06*	---	---	---	---	---	---	---
LF_UNI_120126_07	99	4280	67	4.86	363	1.76	56.3
LF_UNI_120126_08	97	4213	68	4.43	406	1.80	53.9
LF_UNI_120126_09	122	4439	70	5.26	342	1.80	67.8
LF_UNI_120126_10	114	4378	68	5.24	337	1.77	64.4

*No se pudo realizar la medición fotométrica, ni eléctrica, de la lámpara LF_UNI_120126_06 debido a que se mantuvo encendido solamente por un tiempo menor a 5 minutos, a pesar de tener la batería completamente cargada.

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

Promedio del flujo (lm)	106	desviación estándar	13.8
Promedio de la temperatura de color (K)	4264	desviación estándar	97.4
Promedio de IRC (%)	69	desviación estándar	1.1
Promedio de la eficacia (lm/W)	59.8	desviación estándar	7.9

3.1.3 MEDICION DE LA ILUMINACION SOBRE UNA MESA DE 1M²

Se realizó la medida de iluminación sobre una mesa de trabajo de 1m² en la posición 3 (alta) de las lámparas LF_UNI_120126_07 y LF_UNI_120126_10 de forma independiente, con sus baterías completamente cargadas. Los resultados se encuentran en la tabla 7: I_c es la iluminación en la parte central de la mesa, I_b la iluminación en el borde, h es altura de la lámpara encima de la mesa para la cual I_b es máxima.

Los mapeos de iluminancia de las lámparas se encuentran en el anexo A5, con un ejemplo en la figura 2.

Tabla 7. Iluminación sobre una mesa de trabajo de 1 m²

Lámpara	I _c (lux) ± 1	I _b (lux) ± 1	h (cm) ± 1
LF_UNI_120126_07	178.0	29.7	62
LF_UNI_120126_10	172.8	30.9	62

Se hicieron las medidas en un área de 1 m² de un círculo de radio r = 56 ± 0.5 cm.

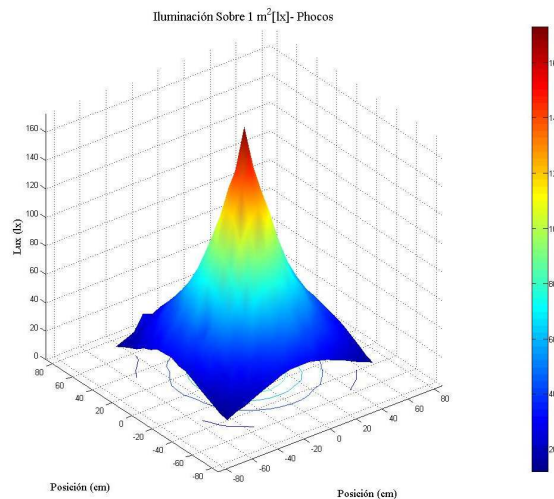


Figura 2. Mapeo, en 3D, de la iluminancia en 1 m² de la lámpara LF_UNI_120126_10

3.2. MEDICIONES ELECTRICAS DE LA BATERIA

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

3.2.1. PRIMERA CARGA

Después de haber realizado la descarga inicial 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: $V_{max} = 12,0 \text{ V}$ e $I_{max} = 0,55 \text{ A}$.

La figura 3 muestra las curvas de corriente (medidas con un shunt de 10 m Ω) y de voltaje de la batería de la lámpara LF_UNI_120126_01 durante este proceso de carga. En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos para las 10 lámparas y sus curvas respectivas están dadas en el anexo A2.

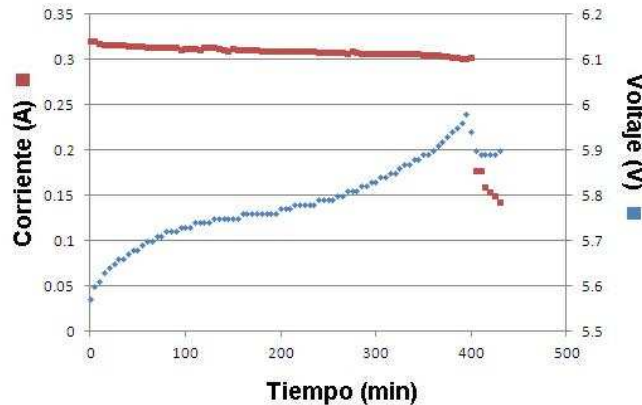


Figura 3. Proceso de carga de la lámpara LF_UNI_120126_01

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

Lámpara	Carga (Ah)	Energía (Wh)
LF_UNI_120126_01	2.18	12.61
LF_UNI_120126_02	2.11	12.14
LF_UNI_120126_03	2.04	12.44
LF_UNI_120126_04	2.00	11.82
LF_UNI_120126_05	1.92	11.83
LF_UNI_120126_06*	2.17	13.27
LF_UNI_120126_07	1.78	11.16
LF_UNI_120126_08**	1.62	9.63
LF_UNI_120126_09	2.24	13.93
LF_UNI_120126_10	2.07	12.70
Promedio	2.04	12.33
Desviación estándar	0.15	0.82

*La batería de la lámpara LF_UNI_120126_06 se cargó a través del circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02, debido a que no recibía carga conectada a su circuito propio.

**Este valor de la carga de la batería LF_UNI_120126_08 se obtuvo al cargar la batería directamente usando una fuente Gw Instek GPR1810 OHD regulada a 6V y 0.5A y después de haberla descargada completamente a través de una resistencia de 14 Ω. Este procedimiento era necesario debido a que cuando se realizó previamente el procedimiento como con todas las baterías (paso 1: descarga de la batería a través de su circuito sin mediciones eléctricas; paso 2: carga de la batería a través de su circuito propio con mediciones eléctricas; paso 3: descarga de la batería a través de su circuito propio con mediciones eléctricas) se obtuvo 0.75Ah y 4.23Wh de carga y energía respectivamente, valores muy inferiores a los de las otras baterías.

Observaciones de la primera carga:

- Las lámparas LF_UNI_120126_06 y LF_UNI_120126_08 no se consideran en el promedio debido a los ítem mencionados anteriormente (* y **).
- Cabe resaltar que los valores de las cargas eléctricas obtenidas no son necesariamente las cargas totales que pueden almacenar las baterías, pues la primera descarga no fue una descarga profunda, sino solamente hasta la desconexión del LED por el circuito electrónico propio de las lámparas. (Son las cargas totales, si el DOD = 1; ver tabla 12.)

3.2.2. SEGUNDA DESCARGA

Una vez cargado por completo todas las baterías (ver 3.2.1), se procedió a descargar las baterías a través de sus circuitos electrónicos respectivos.

En la figura 4 se muestra, como ejemplo, la descarga de la lámpara LF_UNI_120126_01. En el anexo A3 se muestra las curvas de descarga de las 10 lámparas.

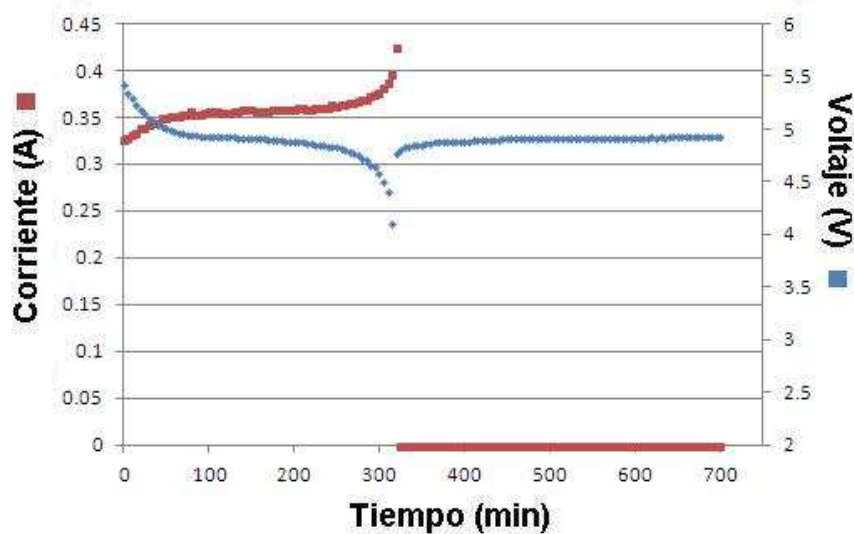


Figura 4. Curvas de descarga de la lámpara LF_UNI_120126_01

La siguiente tabla 9 indica las cargas eléctricas y las energías que se han podido extraer al descargar las baterías. Estas baterías se encontraban previamente cargadas en su totalidad.

Tabla 9. Segunda descarga: Carga eléctrica y energía extraídas de las baterías previamente cargadas por completo.

Lámpara	Carga (Ah)	Energía (Wh)
LF_UNI_120126_01	1.93	9.42
LF_UNI_120126_02	1.81	8.78
LF_UNI_120126_03	1.95	9.12
LF_UNI_120126_04	1.73	8.14
LF_UNI_120126_05	1.90	9.10
LF_UNI_120126_06*	1.88	9.08
LF_UNI_120126_07	1.56	7.14
LF_UNI_120126_08**	1.57	5.93
LF_UNI_120126_09	1.74	8.36
LF_UNI_120126_10	1.94	9.25
Promedio	1.82	8.66
Desviación estándar	0.14	0.76

*La batería de la lámpara LF_UNI_120126_06 se descargó y cargó a través del circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02.

**La descarga de la batería LF_UNI_120126_08 se realizó a través de una resistencia de 6.8 Ω , debido a que cuando se realizó el procedimiento regular (paso 1: descarga de la batería a través de su circuito sin mediciones eléctricas; paso 2: carga de la batería a través de su circuito con mediciones eléctricas; paso 3: descarga de la batería a través de su circuito con mediciones eléctricas) se calculó 0.42Ah y 1.78Wh de carga y energía respectivamente en la segunda descarga (ver también observación en tabla 8).

Observaciones de la segunda descarga

Las lámparas LF_UNI_120126_06 y LF_UNI_120126_08 no se consideran en el promedio debido a los ítem mencionados anteriormente (* y **).

Tabla 10. 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_120126_01	1.93	2.18	0.89	9.42	12.61	0.75
LF_UNI_120126_02	1.81	2.11	0.86	8.78	12.14	0.72
LF_UNI_120126_03	1.95	2.04	0.96	9.12	12.44	0.73
LF_UNI_120126_04	1.73	2.00	0.87	8.14	11.82	0.69
LF_UNI_120126_05	1.90	1.92	0.99	9.10	11.83	0.77
LF_UNI_120126_06*	1.88	2.17	0.87	9.08	13.27	0.68
LF_UNI_120126_07	1.56	1.78	0.88	7.14	11.16	0.64
LF_UNI_120126_08**	1.57	1.62	0.97	5.93	9.63	0.62
LF_UNI_120126_09	1.74	2.24	0.78	8.36	13.93	0.60
LF_UNI_120126_10	1.94	2.07	0.94	9.25	12.70	0.73

*La carga y descarga de la batería de la lámpara LF_UNI_120126_06 se realizó a través del circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02.

** La carga de la batería de la lámpara LF_UNI_120126_08 se realizó directamente sobre la batería (sin usar su circuito respectivo) y la descarga fue a través de una resistencia de 6.8Ω.

Observación de las mediciones eléctricas:

- Los valores de eficiencia de Coulomb y energética de las baterías LF_UNI_120126_06 y LF_UNI_120126_08 no son promediados debido a que estos valores de eficiencia dependen de la electrónica de la lámpara y para este caso no se usó tal electrónica.

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

Promedio de Eficiencia Coulomb	0.89	Desviación estándar	0.06
Promedio de Eficiencia Energética	0.70	Desviación estándar	0.05

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 3 (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 12. Cálculo del DOD de la batería de Ni-Mh del Sistema Phocos

Lámpara	Q ₁ (Ah)	Q ₂ (Ah)	DOD	R(Ω)
LF_UNI_120126_05	1.90	0.07	0.96	14.2
LF_UNI_120126_10	1.94	0.07	0.97	14.8

Q₁ : Carga extraída hasta que la lámpara se apague
 Q₂ : Carga extraída con resistencia R
 R: Resistencia que simula el circuito integrado
 DOD (Descarga Profunda) = Q₁ / (Q₁+Q₂)

Tabla13. Promedio y desviación estándar de DOD

Promedio del DOD	0.97	Desviación estándar	0.007
------------------	------	---------------------	-------

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. Las lámparas evaluadas fueron LF_UNI_120126_03 y LF_UNI_120126_09 en su posición de mayor intensidad (posición 3). Los resultados se muestran en la tabla 14 y las gráficas en el anexo A4, como ejemplo tenemos la figura 5 que muestra el comportamiento del flujo luminoso en el tiempo de la lámpara LF_UNI_120126_09.

Tabla 14. Intensidad luminosa vs tiempo, en la posición 3 (alta)

INTENSIDAD LUMINOSA VS TIEMPO			
Lámpara	Tiempo encendido (h)	Máximo (%)	Mínimo (%)
LF_UNI_120126_03	4.83	100	97.2
LF_UNI_120126_09	4.80	100	95.3

En la figura 5 se observa que el flujo luminoso se mantiene prácticamente constante durante las primeras 4.8 horas, después de este tiempo se apaga inmediatamente. Este comportamiento está referido a la lámpara LF_UNI_120126_09.

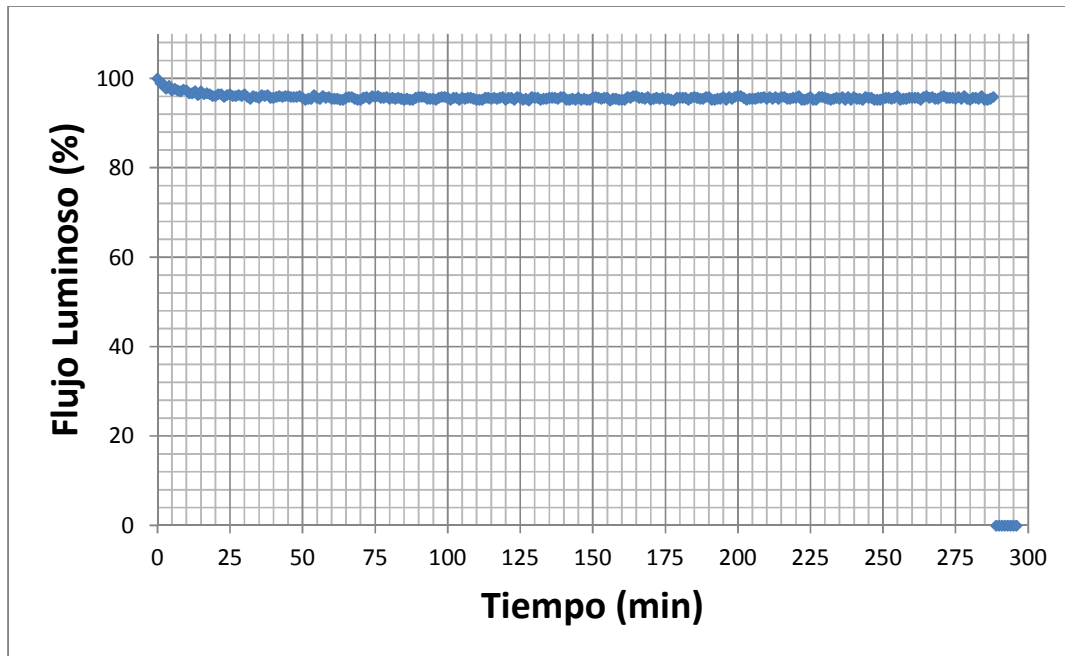


Figura 5. Comportamiento del flujo con el tiempo de la lámpara LF_UNI_120126_09

4. OBSERVACIONES

- No se encontró presencia de residuos de insectos o de otra índole en el interior de las lámparas; las lámparas LF_UNI_120126_05, LF_UNI_120126_08 y LF_UNI_120126_09 no contaban con su jebe fosforescente.
- La lámpara LF_UNI_120126_01 obtuvo un flujo luminoso de 77 lm en su primera medición fotométrica, siendo la más baja de las medidas, sin embargo, una vez cargada la batería completamente y limpiado la lámpara, el flujo fue de 133 lm, el más alto de las lámparas phocos evaluadas.
- La lámpara LF_UNI_120126_08 en el primer proceso de carga, como se muestra en la figura 24^a, almacenó poca carga eléctrica siendo esto corroborado con su descarga como se muestra en la figura 34a; por tal motivo se realizó un segundo proceso de carga - descarga directamente sobre la batería (omitiendo el circuito). Para el proceso de carga se usó la fuente Gw Instek GPR1810 OHD regulada a 6V y 0.5A, donde se obtuvo una capacidad de carga dentro del rango esperado, como se observa en la figura 24b. Para la descarga se usó una resistencia de 6.8 Ω obteniéndose los resultados como se muestra en la figura 34b.
- La lámpara LF_UNI_120126_03 en el primer proceso de carga, como se muestra en la figura 19a, almacenó poca carga eléctrica (carga eléctrica igual a 0.46Ah y energía igual a 2.64Wh), siendo esto corroborado con su descarga (carga eléctrica igual a 0.39Ah y energía igual a 1.67Wh), como se muestra en la figura 29a; por tal motivo se realizó un segundo proceso de carga - descarga en las mismas condiciones para lo cual se obtuvo en el proceso de carga valores de 2.04Ah y 12.44Wh para la carga eléctrica y la energía respectivamente como se muestra en la figura 19b; en el proceso de descarga se obtuvo valores de 1.95Ah y 9.12Wh para la carga eléctrica y la energía respectivamente como se muestra en la figura 29b.
- La lámpara LF_UNI_120126_06 desde un inicio no encendió. Se procedió a realizar el proceso de carga con su propio circuito y la fuente Gw Instek GPR1810 OHD, que se encontraba regulada a 12V y 0.55A, siendo este incapaz de cargar su pack de baterías. Por tal motivo se procedió a cambiar el pack de baterías por otras nuevas (de las mismas características e igual fabricante); este proceso de carga se detuvo debido a que el circuito solo suministraba en promedio 20 mA al pack de baterías, si se continuaría con la carga a este promedio de corriente, se requeriría 100 horas para obtener una carga de 2Ah. Después de esto se cargó el pack de baterías de la lámpara LF_UNI_120126_06 con el circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02, introduciendo en el pack de baterías una carga eléctrica de 2.17Ah (tabla 8). Después se descargó usando la misma combinación (pack de baterías de la lámpara LF_UNI_120126_06 y circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02) en la posición de mayor intensidad (posición 3) y se extrajo de la batería una carga eléctrica de 1.88Ah (tabla 9). Se repitió el proceso de carga para el pack de baterías LF_UNI_120126_06 con el objetivo de colocarlo en su propia lámpara y realizar la medición fotométrica, apagándose la lámpara en un tiempo menor a 5 minutos de haberlo encendido.

5. CONCLUSIONES

- Las 9 lámparas Phocos evaluadas fotométricamente siguen teniendo un buen flujo luminoso, con un promedio de 106 lm, y una eficacia con promedio de 59.8 ± 7.9 lm/W. Estos valores de la luminosidad son altos y las eficacias regulares, pero algo inferiores a los valores de la lámpara nueva evaluada anteriormente: La lámpara nueva anterior tuvo un flujo de 128.7 lm y una eficacia de 71.5 lm/W.
- El flujo luminoso prácticamente queda constante durante todo el tiempo de encendido de las lámparas. En la posición de 3, de mayor intensidad luminosa, las lámparas se apagan después de 4,8 horas (comparado con 5, 3 horas, obtenido anteriormente con una lámpara nueva).
- Las baterías de las 10 lámparas siguen siendo razonablemente buenas, con capacidades de carga de 1,56 – 1,94 Ah. De las 10 baterías evaluadas, 8 se cargaron y descargaron a través de su propio circuito. De estas 8 se midió las capacidades utilizadas por el circuito de obteniendo valores entre 1.56-1.95 Ah, respectivamente 7.14 – 9.12Wh, con un promedio de 1.82 Ah y 9.66Wh. Estos valores se compara con 1,98 Ah y 9,86 Wh para la batería nueva evaluada anteriormente.
- Una de las 10 lámparas, la lámpara LF_UNI_120126_06, no funciona: hay una falla en su circuito electrónico que no carga bien a las baterías ni da la corriente apropiada al LED (sin embargo, el pack de baterías de esta lámpara se encuentra en buen estado).

Lima, 10 de marzo de 2012



Manfred Horn
Profesor, Responsable del Laboratorio de Fotometría

ANEXOS.

A1. Imágenes de las lámparas: Se muestran las imágenes de las lámparas tal y como llegaron al laboratorio. Además de algunas relevantes características.



Figura 6. Lámpara LF_UNI_120126_01



Figura 9. Lámpara LF_UNI_120126_04



Figura 7. Lámpara LF_UNI_120126_02



Figura 10. Lámpara LF_UNI_120126_05



Figura 8. Lámpara LF_UNI_120126_03



Figura 11. Lámpara LF_UNI_120126_06



Figura 12. Lámpara LF_UNI_120126_07



Figura 14. Lámpara LF_UNI_120126_09



Figura 13. Lámpara LF_UNI_120126_08



Figura 15. Lámpara LF_UNI_120126_10



Figura 16: Figura grupal de las 10 lámparas Phocos cuando llegaron al laboratorio.

A2. Curvas de carga: Curvas de la primera carga, punto 3.2.1 del informe, de las baterías de las lámparas Phocos.

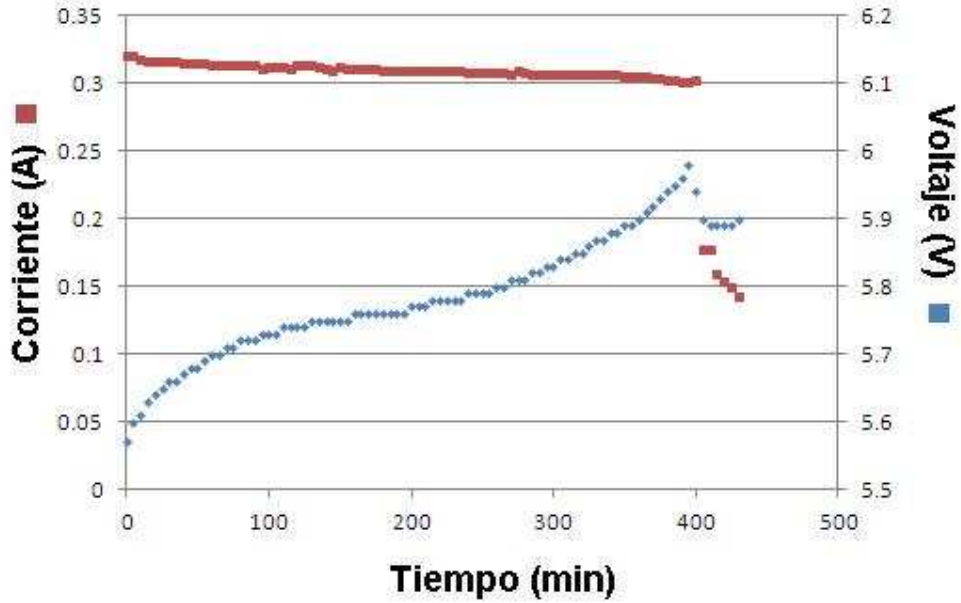


Figura 17. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga de la batería de la lámpara LF_UNI_120126_01

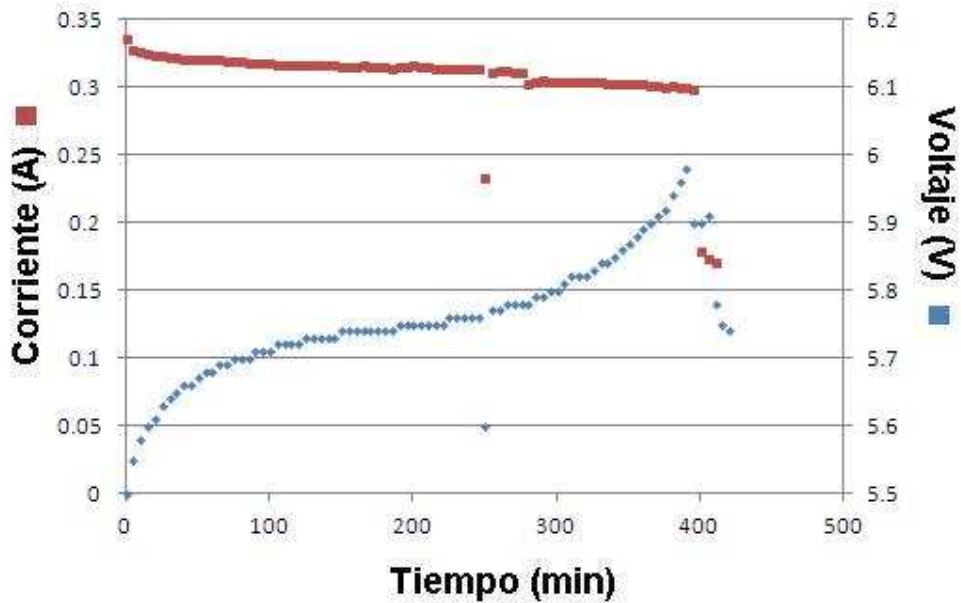


Figura 18. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_02

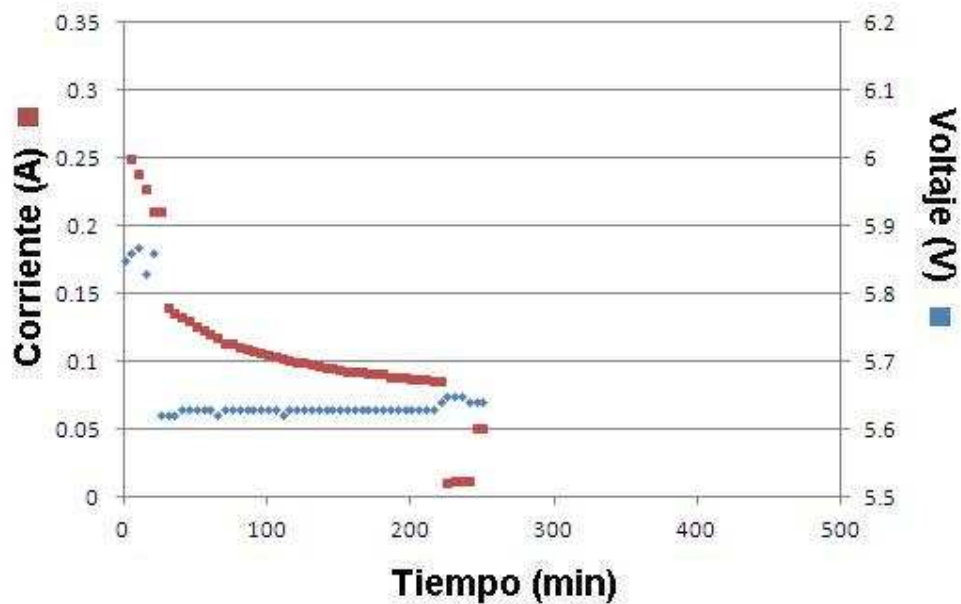


Figura 19a. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_03

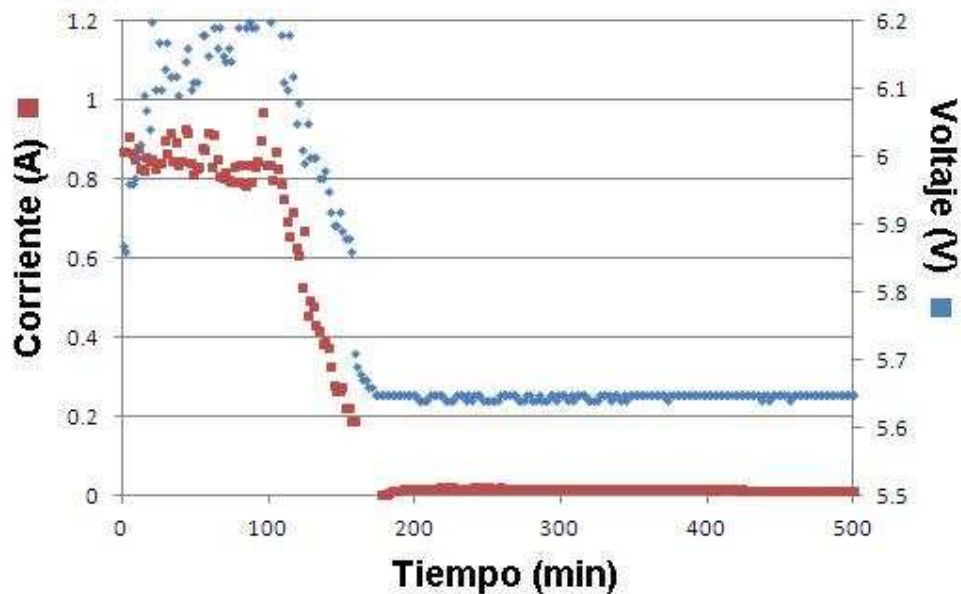


Figura 19b. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga (por segunda vez) para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_03

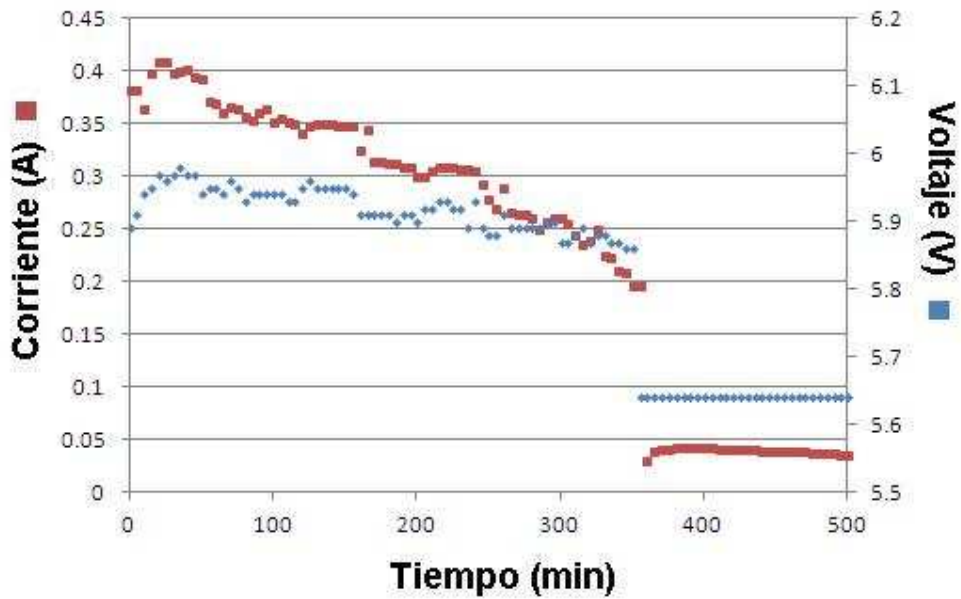


Figura 20. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_04

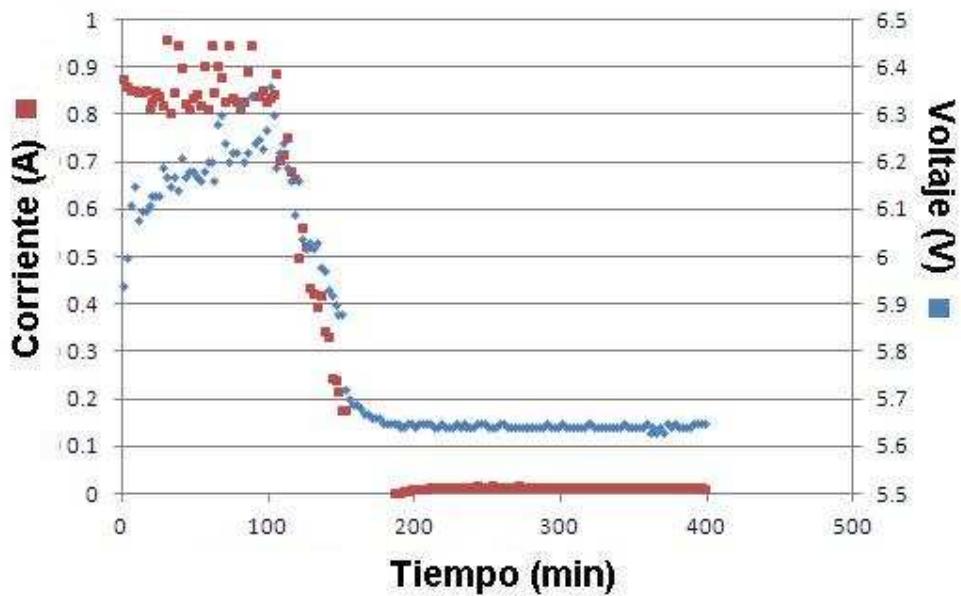


Figura 21. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_05

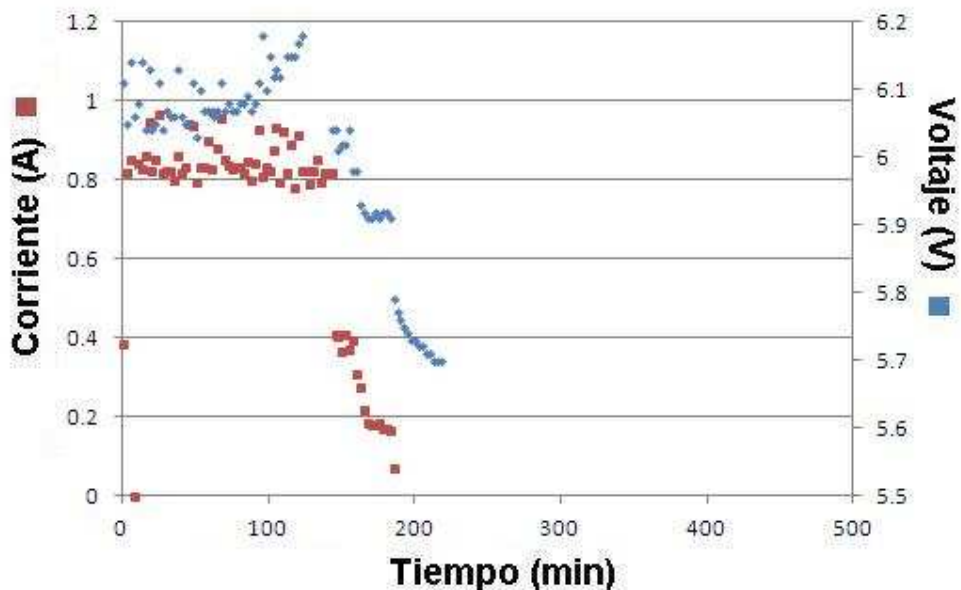


Figura 22. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_06, usando el circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02

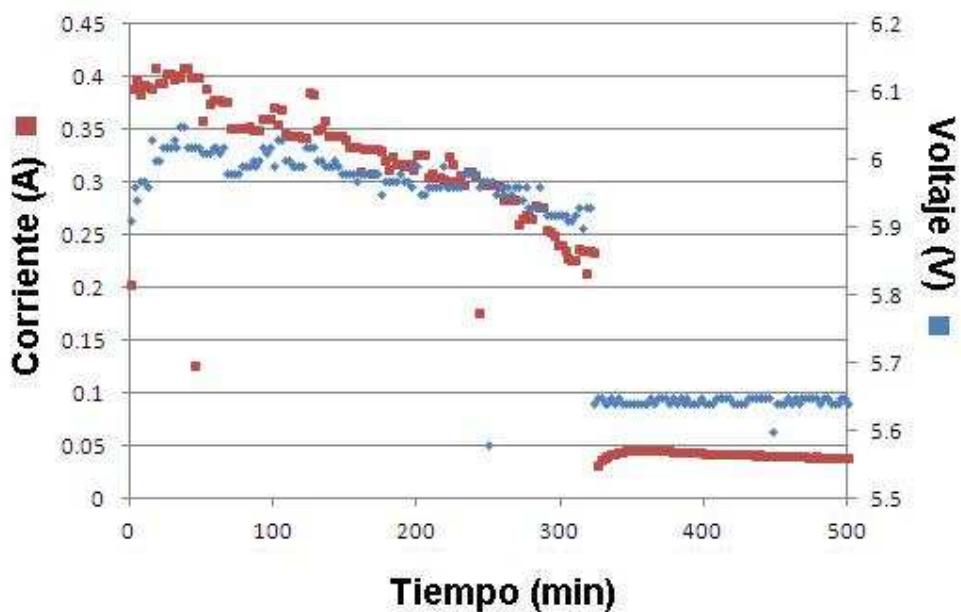


Figura 23: Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_07

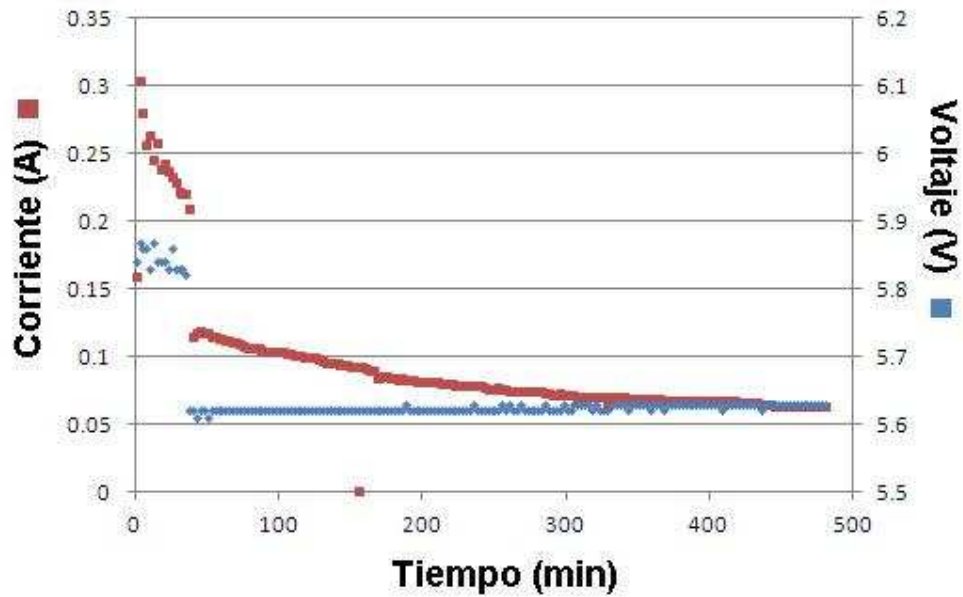


Figura 24a: Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_08

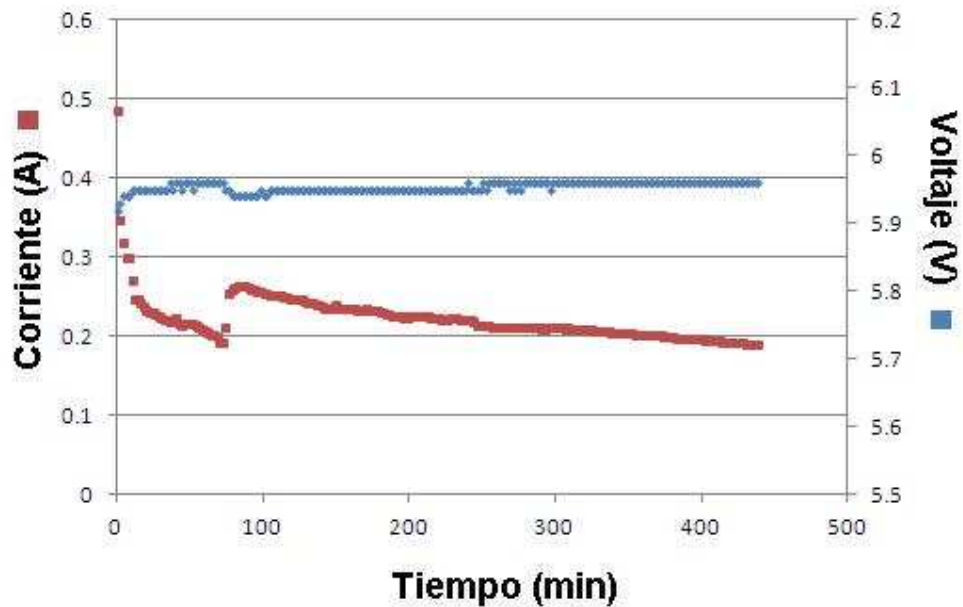


Figura 24b: Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_08 cargando directamente de la fuente Gw Instek GPR1810 OHD

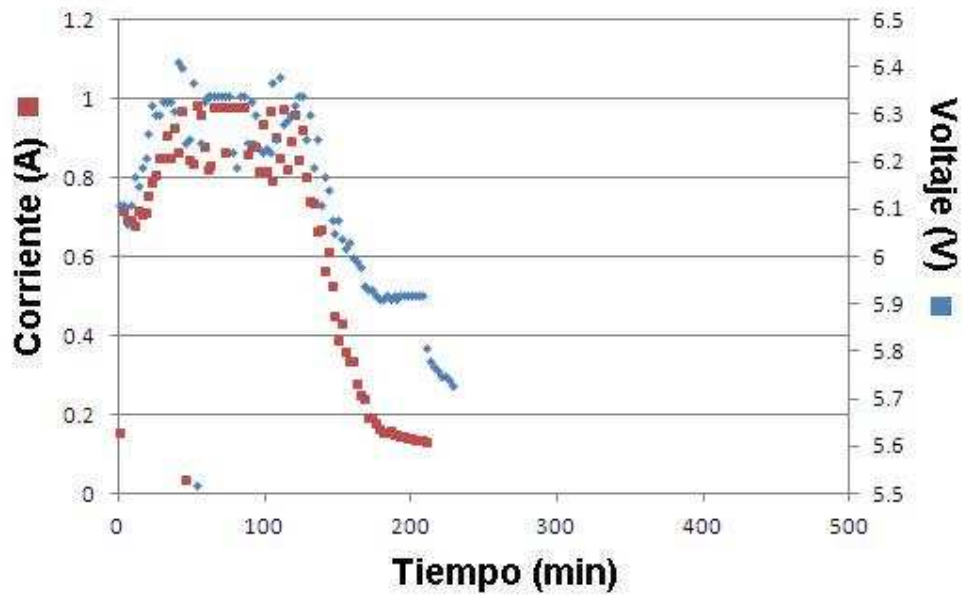


Figura 25. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_09

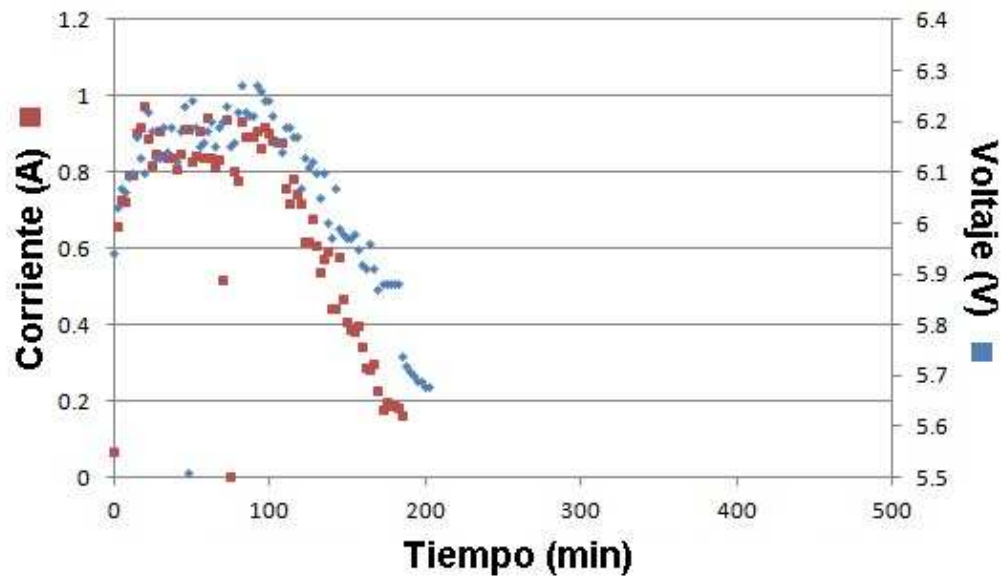


Figura 26. Comportamiento de la corriente y voltaje en la primera carga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_10

A3. Curvas de la descarga: Curvas de la descarga, punto 3.2.2 del informe, de las baterías de las lámparas Phocos. Además las curvas de descarga profunda para las lámparas LF_UNI_120126_05 y LF_UNI_120126_10

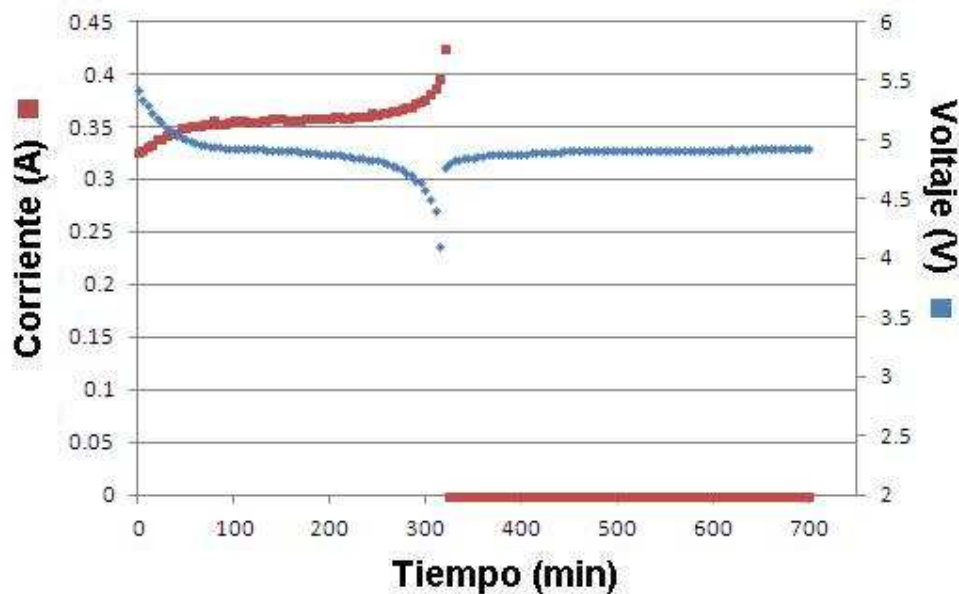


Figura 27. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_01

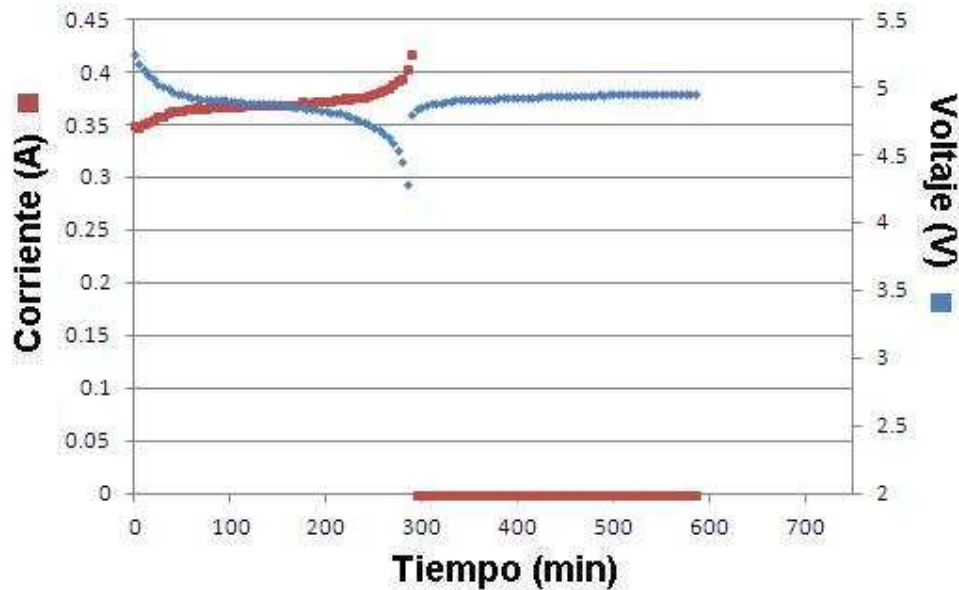


Figura 28. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_02

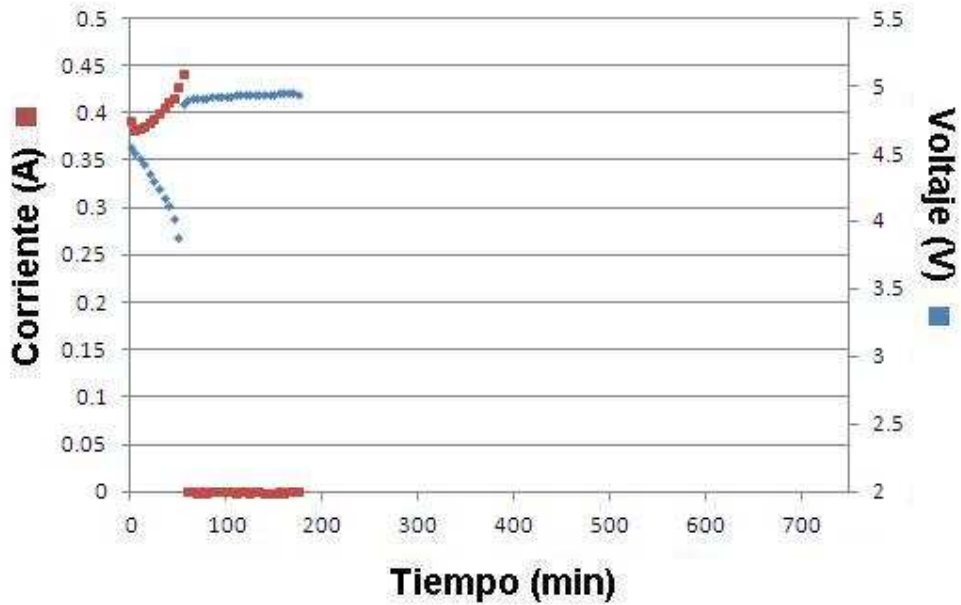


Figura 29a. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_03 (primer intento)

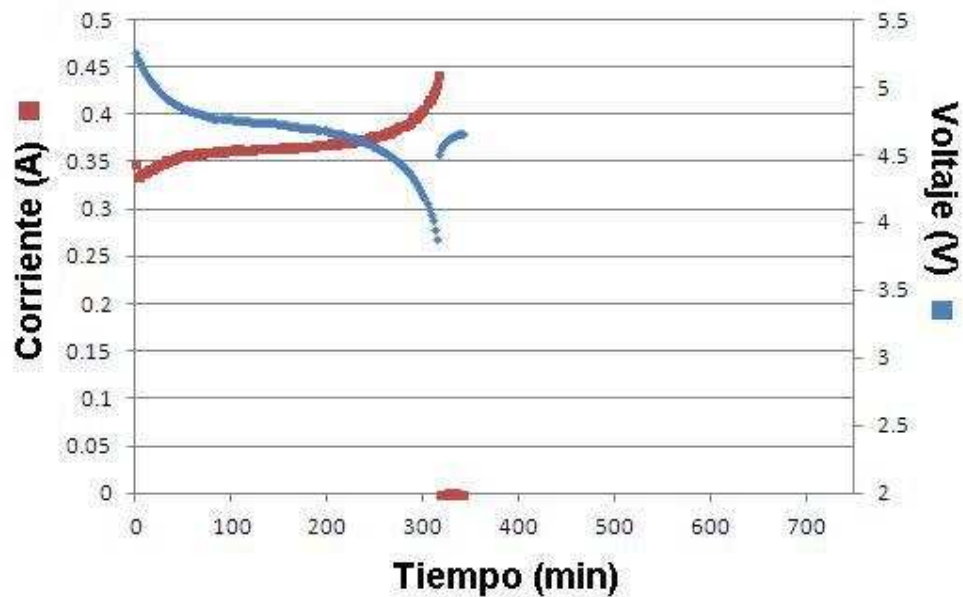


Figura 29b. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_03 (segundo intento)

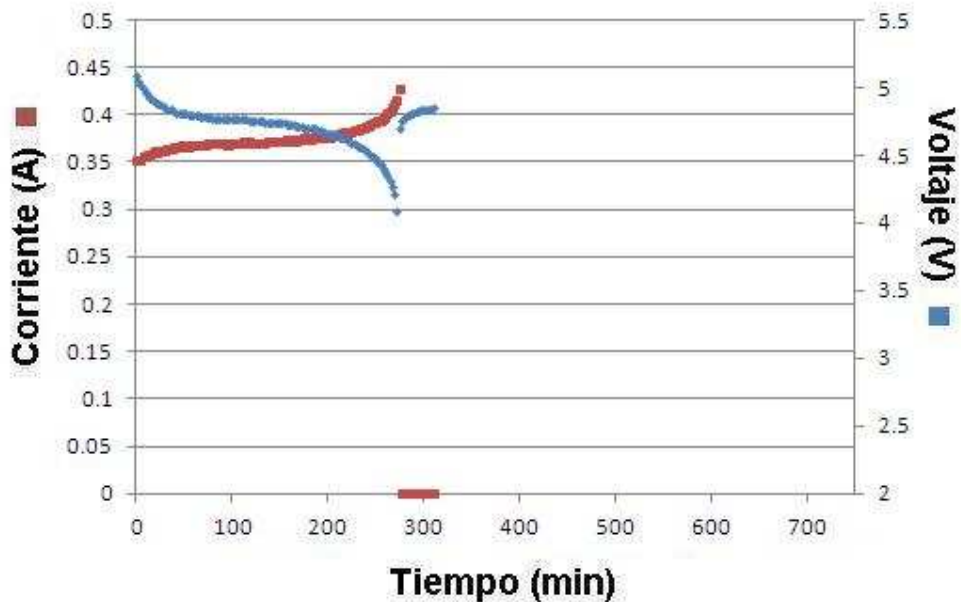


Figura 30. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_04

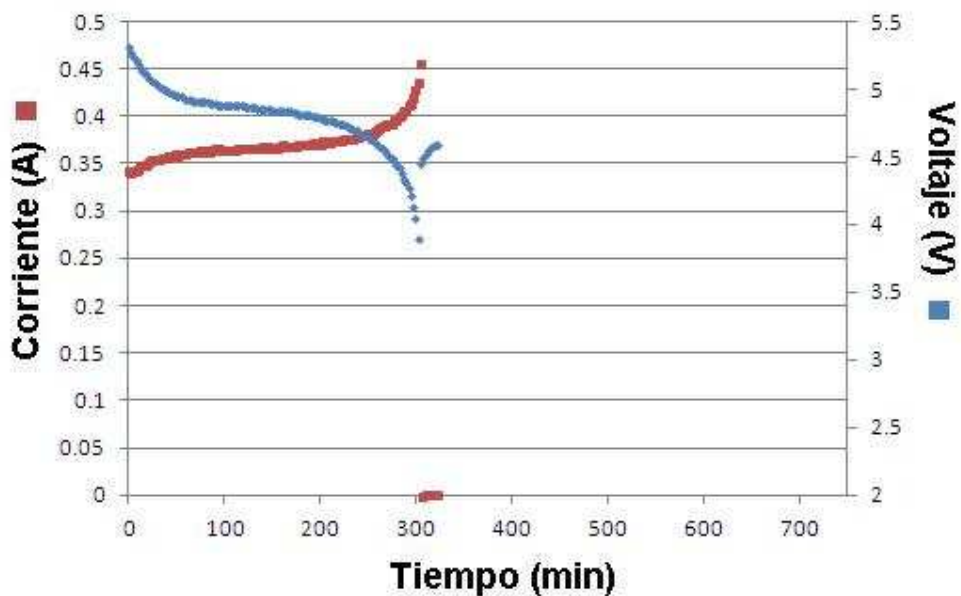


Figura 31. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_05

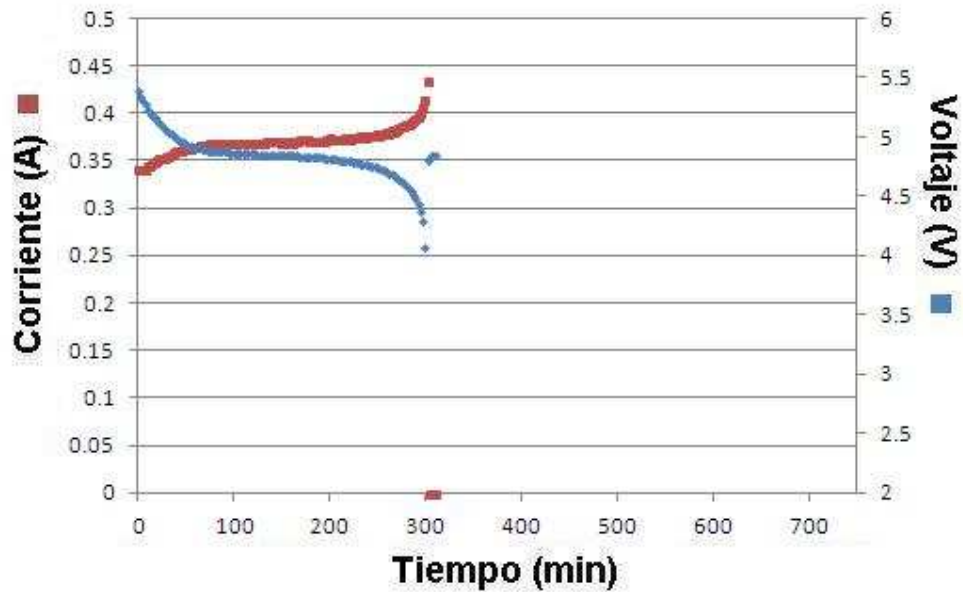


Figura 32. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_06, usando el circuito de la lámpara LF_UNI_120126_02

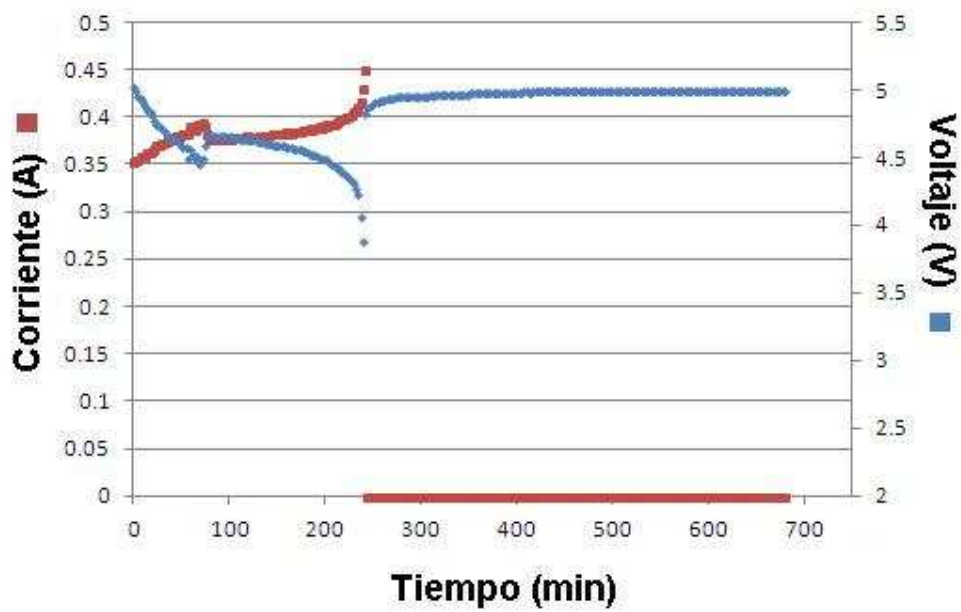


Figura 33. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_07

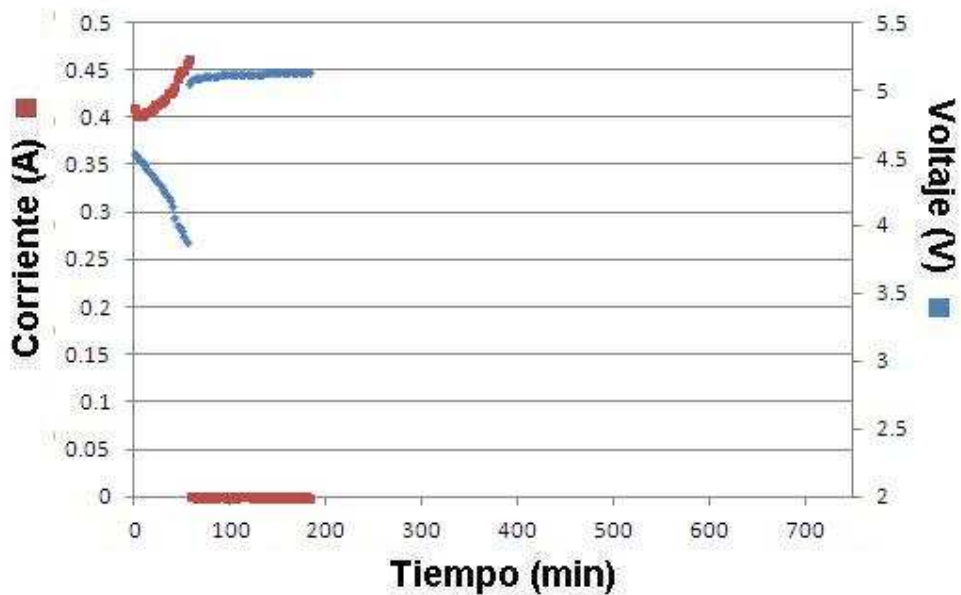


Figura 34a. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_08 (procedimiento regular)

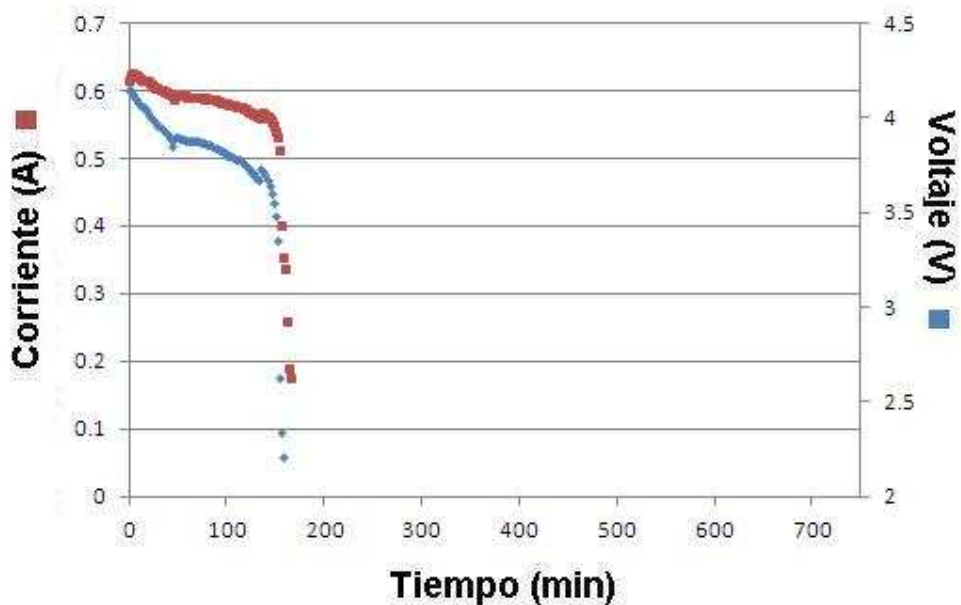


Figura 34b. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_08 a través de una resistencia de 6.8Ω

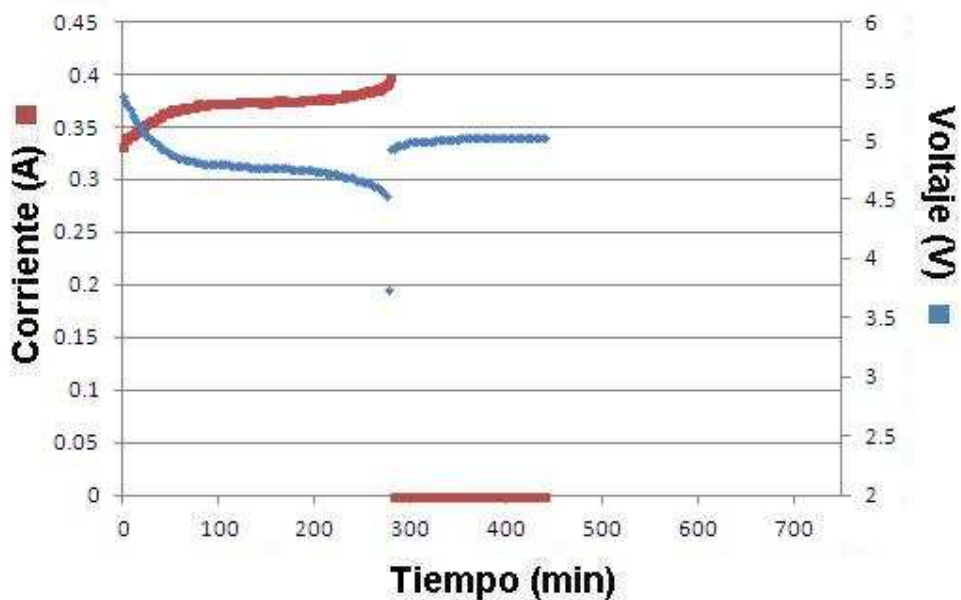


Figura 35. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_09

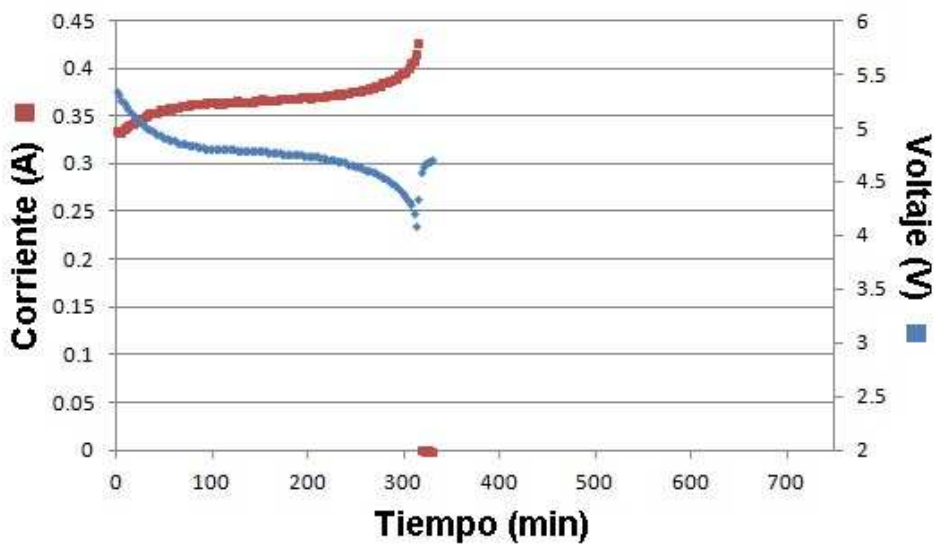


Figura 36. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga para la batería de la lámpara LF_UNI_120126_10

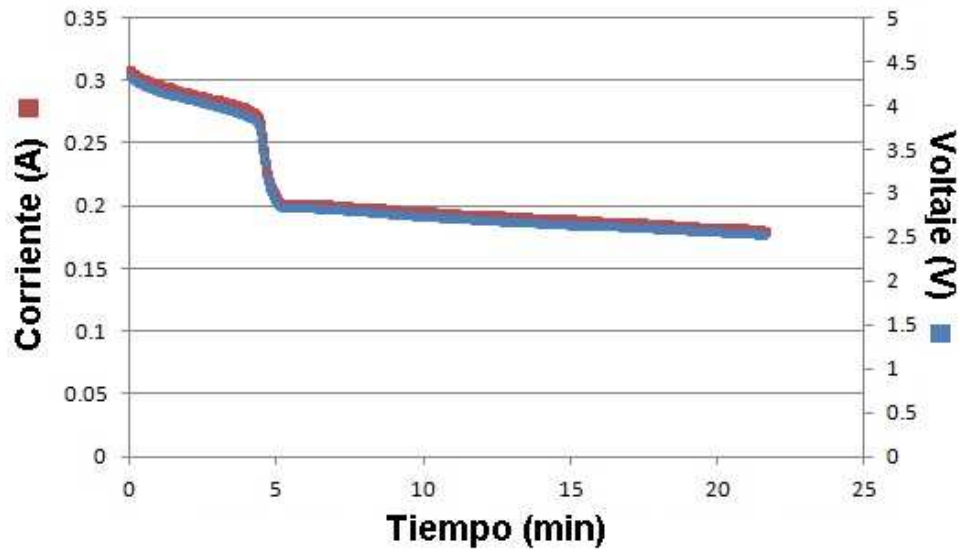


Figura 37. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda, para la lámpara LF_UNI_120126_05 usando una resistencia de 14.2 Ω

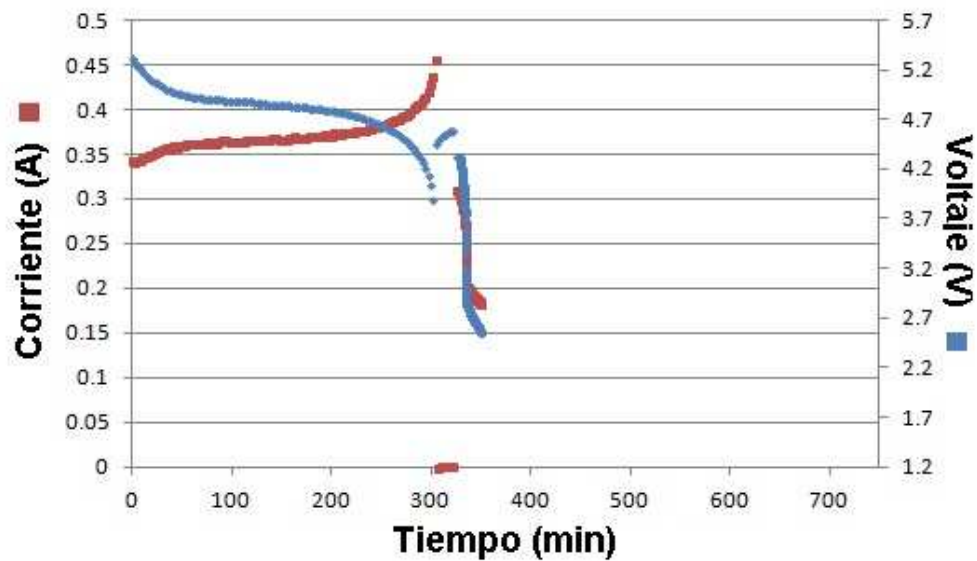


Figura 38. Comportamiento total de la corriente y voltaje en la descarga, incluyendo la descarga profunda, para la lámpara LF_UNI_120126_05

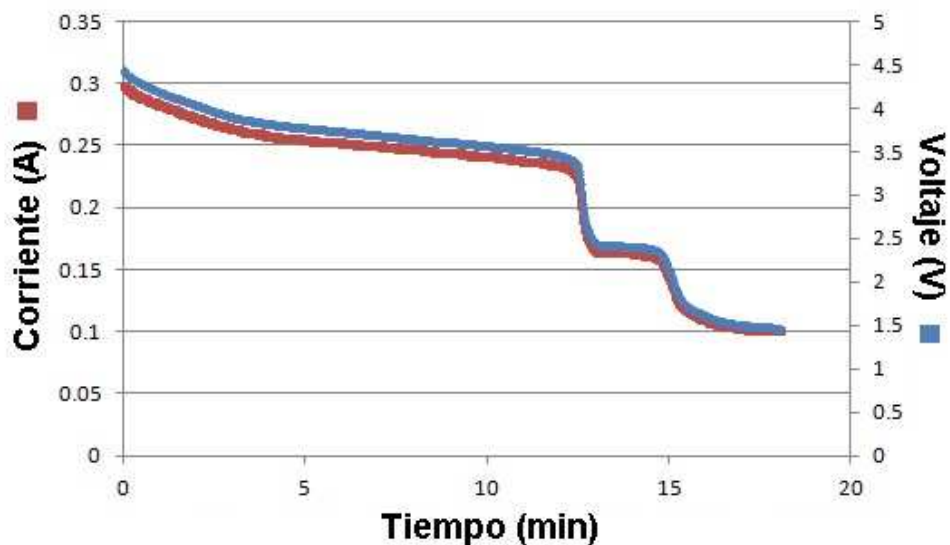


Figura 39. Comportamiento de la corriente y voltaje en la descarga profunda, para la lámpara LF_UNI_120126_10 usando una resistencia de 14.8 Ω

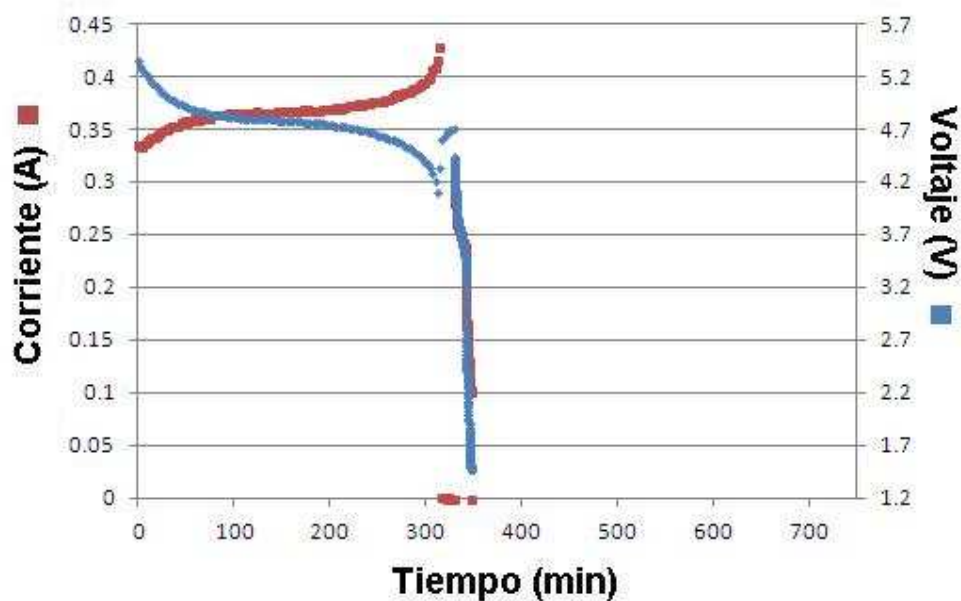


Figura 40. Comportamiento total de la corriente y voltaje en la descarga, incluyendo la descarga profunda, para la lámpara LF_UNI_120126_10

A4: Comportamiento del flujo luminoso con el tiempo. Comportamiento del flujo luminoso con el tiempo de las lámparas LF_UNI_120126_03 y LF_UNI_120126_09.

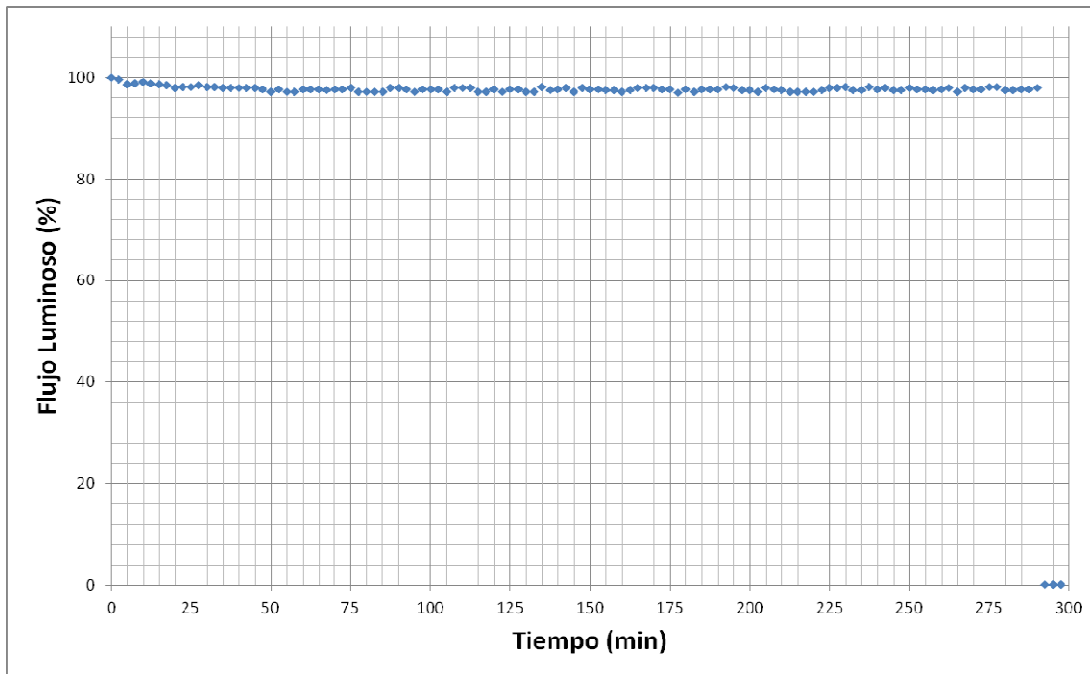


Figura 41. Comportamiento del flujo en el tiempo de la lámpara LF_UNI_120126_03

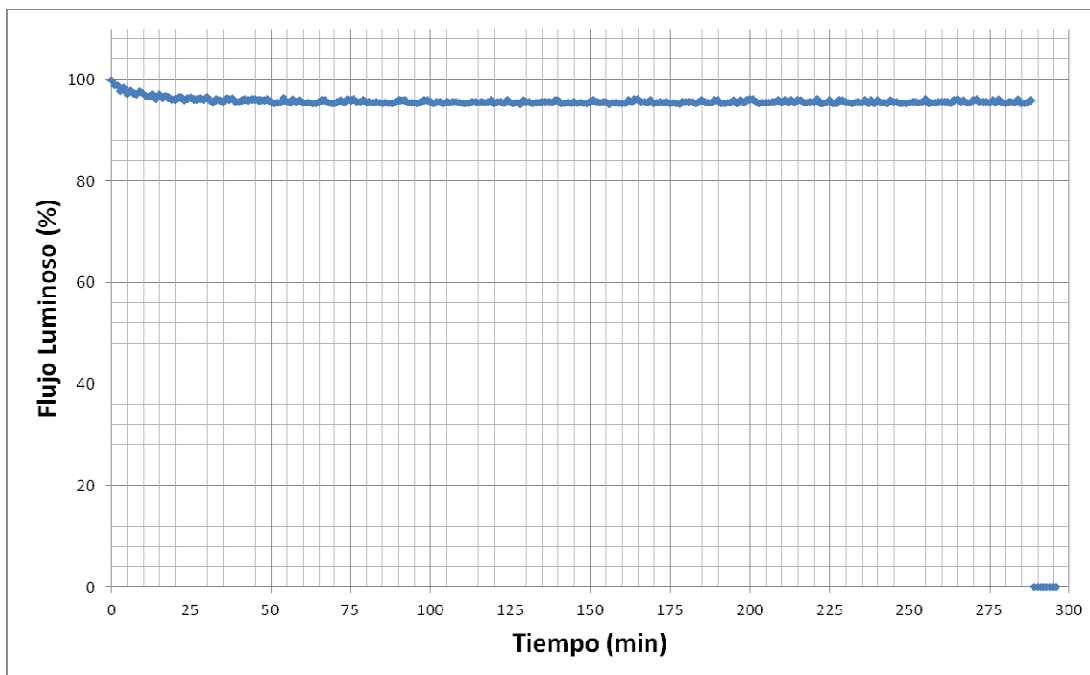


Figura 42. Comportamiento del flujo en el tiempo de la lámpara LF_UNI_120126_09

A5: Mapeo de las lámparas. Mapeo de las lámparas LF_UNI_120126_07 y LF_UNI_120126_10.

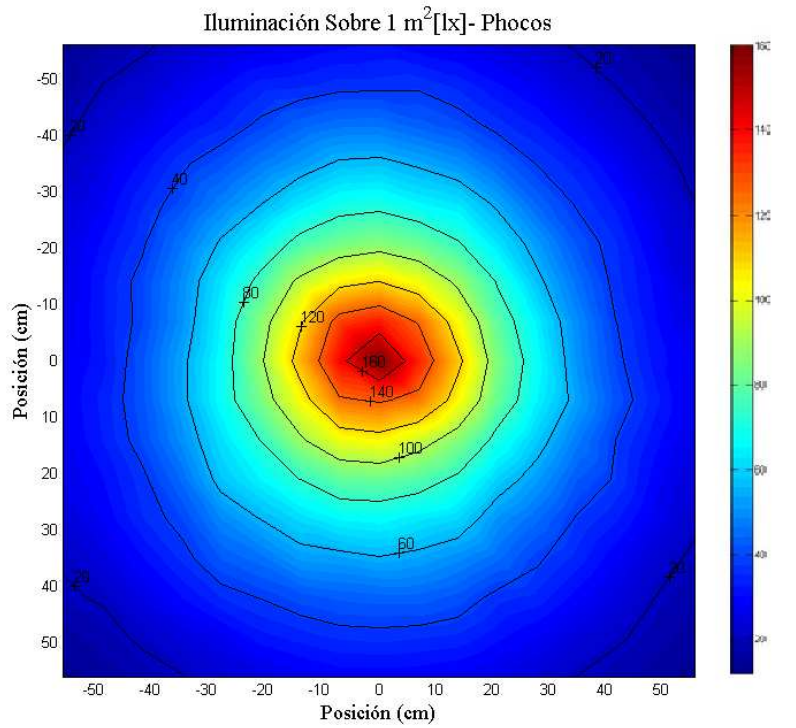


Figura 43. Mapeo de iluminancia en 1m² de la lámpara LF_UNI_120126_07

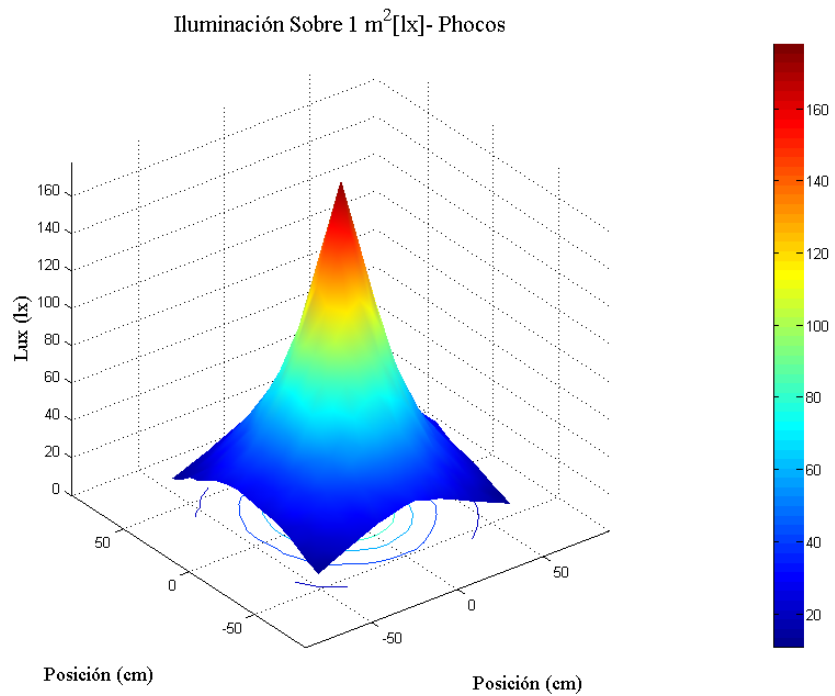


Figura 44. Mapeo de la iluminancia en 1m^2 de la lámpara LF_UNI_120126_07 en 3D.

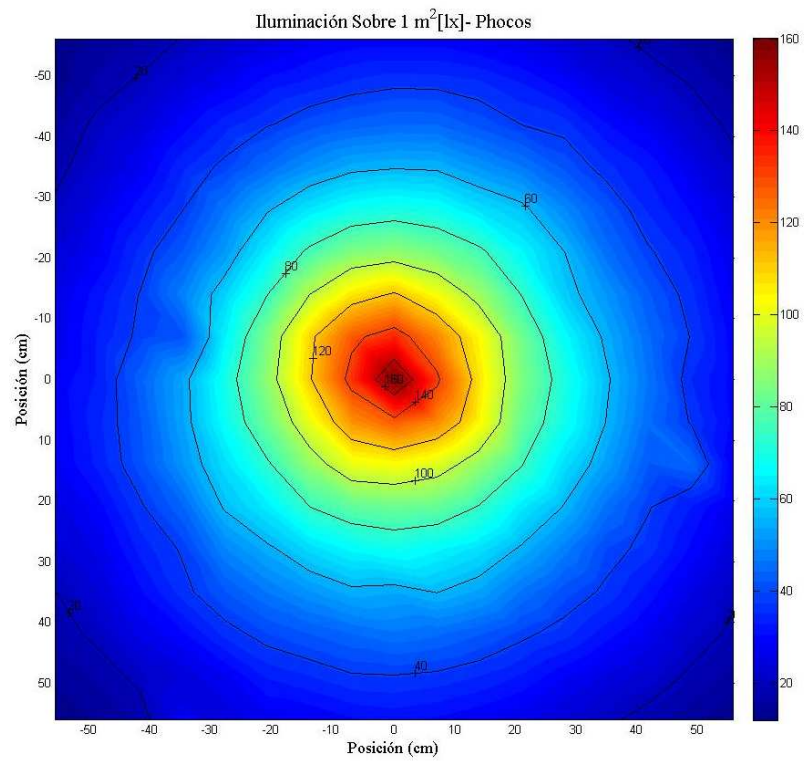


Figura 45. Mapeo de la iluminancia en 1m^2 de la lámpara LF_UNI_111004_10

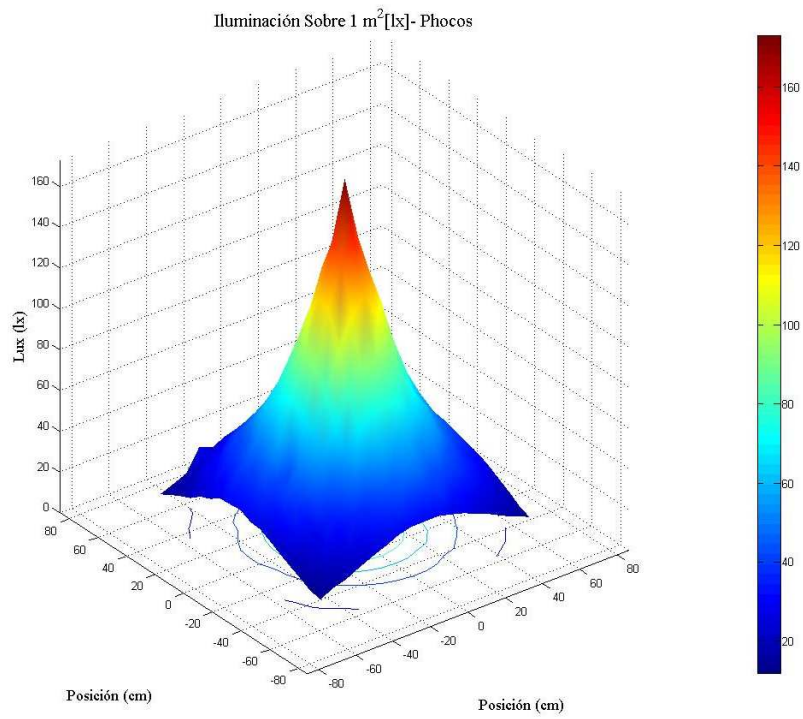


Figura 46. Mapeo de la iluminancia en 1m² de la lámpara LF_UNI_111004_10