

**MEDIDA EN LABORATORIO DE LA EMISIÓN UV EMITIDA
POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS. ¹**R. Echazú² y C. Cadena³INENCO – Instituto UNSa. – CONICET
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 – e-mail: echazu@inenco.net*Recibido: 13/08/12; Aceptado: 25/09/12*

RESUMEN: En el presente trabajo se muestran los primeros resultados de los ensayos realizados a un reducido conjunto de lámparas fluorescentes compactas (FLC), con el fin de determinar su respuesta espectral en la zona visible y también en el ultravioleta cercano. Los mismos se realizaron con las lámparas nuevas y se repitió después de un determinado período de utilización. Las mediciones se realizan en una cámara diseñada para tal fin, midiéndose también la intensidad luminosa en diferentes ángulos. Del trabajo se desprende que si bien la respuesta espectral no se modificó demasiado, algunas lámparas presentaron una importante disminución de la intensidad. Por otra parte, puede considerarse que el objetivo de los ensayos es por una parte, la obtención de resultados preliminares, y por otro, la puesta a punto de la técnica empleada.

Palabras clave: Fluorescente compacta, radiación ultravioleta, espectro, cámara, ensayos.

INTRODUCCION

Motivados por el hecho que actualmente alrededor del 19% de la energía consumida en el mundo, está destinada a los sistemas de iluminación, tal como lo estima la Agencia Internacional de Energía (AIE) en 2007, y que por otra parte, hace referencia a que el consumo total de electricidad debido a la iluminación en 2650 TWh. Tal como está expresado en <http://www.thegef.org/gef/node/3917>, (pese a que otras fuentes destacan que el valor es solo del 15%) surge la necesidad de realizar ensayos de estas lámparas a fin de obtener todo tipo de información que resulte de utilidad para poder realizar análisis y comparaciones desde diferentes aspectos. Es por este motivo que se realizaron ensayos de respuesta espectral y de intensidad, comparándose diversas lámparas entre ellas, pero además también después de una cantidad importante de horas de utilización en funcionamiento continuo y también en ciclos del 50%. Algunos procedimientos de ensayos similares de lámparas están muy bien descritos en la página web de fotometría del INTI. INTI,(2012)

Es sabido que estos equipos son más eficientes y permiten un ahorro, tanto en el consumo de energía eléctrica, como en el costo, además de una disminución en el tamaño. Las fuentes más comunes de luz pueden dividirse en dos tipos: lámparas incandescentes (termorradiación) y lámparas fluorescentes (electroluminiscencia), pese a que también se podría conformar un nuevo grupo con las lámparas LEDS. Las fluorescentes requieren de un voltaje mayor durante el encendido y un elemento limitador de la corriente que circula a través de ella durante su estado estable. Para ello se utilizan balastos electromagnéticos o electrónicos, operando a la frecuencia de línea. Cabe resaltar que cuando se opera una lámpara fluorescente a una frecuencia mucho mayor que la de línea (entre 20 y 60KHz), ésta presenta un comportamiento muy diferente con respecto a la línea de 50 ó 60 Hz, lo cual se ve reflejado en las siguientes características: se incrementa su eficacia luminosa, se eliminan los parpadeos, el efecto estroboscópico y los zumbidos. Las Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) son una variante mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, y pueden tener uno o más tubos rectos, aunque si su forma es helicoidal, la distribución del flujo luminoso es mejor. En ambos casos poseen el balasto incorporado en su interior, son pequeñas y con casquillo de rosca del tipo E 27. Las LFC aparecieron con el objetivo de reemplazar las lámparas incandescentes comunes, mejorando así su eficiencia y tiempo de vida. El calor que disipan al medio ambiente es prácticamente despreciable, en comparación con el que disipan las lámparas incandescentes.

De acuerdo con el Comité Científico sobre Riesgos Emergentes de la Comisión Europea, Kayumov et. Al, (2007) y los recientemente identificados en 2008, Riesgos Sanitarios (SCENIHR), la única propiedad de las lámparas fluorescentes compactas que pudieran suponer un riesgo de salud es la ultravioleta, y la luz azul emitidas. Pese a que se dice que la exposición nocturna a la luz en las longitudes de onda cortas (por debajo de 530 nm) generadas por algunas lámparas fluorescentes pueden interferir con los ritmos circadianos de mamíferos, debido a su efecto supresor sobre la producción de melatonina. Lo peor que puede pasar es que esta radiación puede agravar los síntomas en personas que ya sufren ciertas enfermedades raras de la piel que los hacen especialmente

¹ Parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA).

² Personal del CIUNSA.

³ Profesional CONICET.

sensibles a la luz. Asimismo, señalaron que se necesita más investigación para establecer si las lámparas fluorescentes compactas constituyen algún riesgo superior al de las lámparas incandescentes. Si los individuos están expuestos a la luz producida por algunas lámparas fluorescentes compactas de un solo envoltorio durante largos períodos de tiempo en distancias inferiores a 20 cm, podría dar lugar a la exposición ultravioleta cercana al límite establecido para proteger a los trabajadores de la piel y daño en la retina. La radiación UV recibida de las lámparas fluorescentes compactas es demasiado pequeña para contribuir al cáncer de la piel y el uso de lámparas fluorescentes compactas de doble envoltura "en gran parte o totalmente" mitiga cualquier otro riesgo.

Además de la emisión de radiación UV, se han señalado otros aspectos negativos, desde el punto de vista de la salud humana y del ambiente, sobre el uso de las LFC. Por una parte, es sabido que cada LFC de baja potencia contiene entre 3 y 5 mg de mercurio, lo que debería tenerse en cuenta para su disposición final. Estudios de ciclo de vida muestran que esta cantidad de mercurio puede ser menor a la empleada en la fabricación de una lámpara incandescente, Ramroth (2008). Por otra parte, Brugnoli e Iribarne (2006) estudiaron en nuestro país la contribución de las LFC y de equipos electrónicos, a la contaminación armónica de las redes debida a su bajo factor de potencia.

En otro orden de cosas, la reproducción del color de una fuente de luz describe la capacidad de la misma para reproducir correctamente los colores de los elementos percibidos (personas y objetos). En general, a mayor índice de rendimiento cromático (IRC) de una fuente de luz, mejor aspecto ofrecerá a las cosas.

Las lámparas del tipo SP tienen un IRC de 70+, lo que les permite ofrecer una mejor reproducción del color que las lámparas fluorescentes convencionales más antiguas. Las lámparas SPX tienen un IRC de 80+, incluso mejor que el de las lámparas SP, una reproducción del color más alta con la misma elevada eficiencia. Una segunda consideración en la selección de la fuente de luz es el grado de "frialdad" o "calidez" visual de la fuente de luz. En la tabla 1 se indica la temperatura de color correspondiente a cada tipo de lámpara.

Nombre	Temperatura de color (K)
Cálido / blanca y suave	≤ 3.000
(Brillante) de color blanco	3500
Blanco frío	4000
Luz de día	≥ 5.000

Tabla 1: Temperatura de color de las lámparas fluorescentes compactas.

En la figura 1 se muestra el balance de energía típico de una LFC donde se puede observar que solo el 22 % de la energía consumida es convertida en luz mientras que el resto se transforma en pérdidas al ambiente.

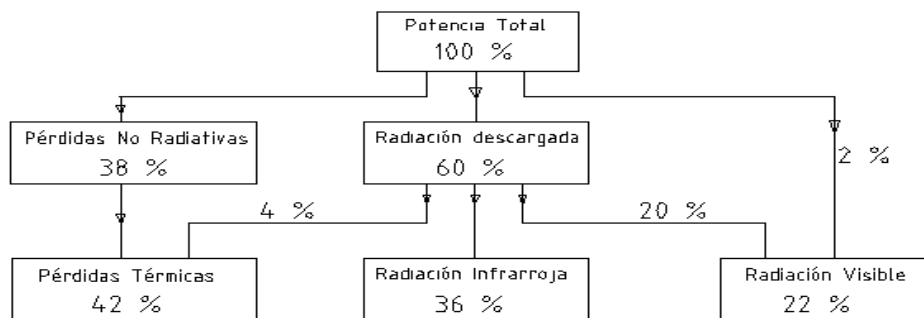


Figura 1: Distribución de la energía de una lámpara fluorescente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la medida del espectro de las lámparas, se construyó una cámara oscura similar a la del calibrador Li-Cor 1800-02 Li-Cor, (2012). Esto es, una caja de chapa con forma de prisma rectangular, con el interior de color negro mate, con montaje para la lámpara, un colimador y un diafragma calibrado para la salida del haz de luz. Se aprovechó para la construcción un gabinete de PC, como se ve en la figura 2. Se instaló en el interior un portalámparas montado sobre una escuadra metálica fijada con un tornillo y una mariposa para permitir la rotación del conjunto. El portalámparas se conectó (aprovechando la llave de encendido original de la PC), a la alimentación de red, agregando un amperímetro al circuito.

El interior del gabinete se pintó con pintura sintética negro mate y se colocó en el frente el diafragma de polipropileno de color negro, con una abertura circular de 21,6 mm de diámetro a una distancia de 230 mm del eje de la lámpara. Se agregó un colimador de forma rectangular, de 29 mm de ancho por 30 mm de altura, a 100 mm del eje de la lámpara.

En la figura 2 se muestra un esquema con las dimensiones de la cámara. En las figuras 3 y 4, fotografías del equipo.

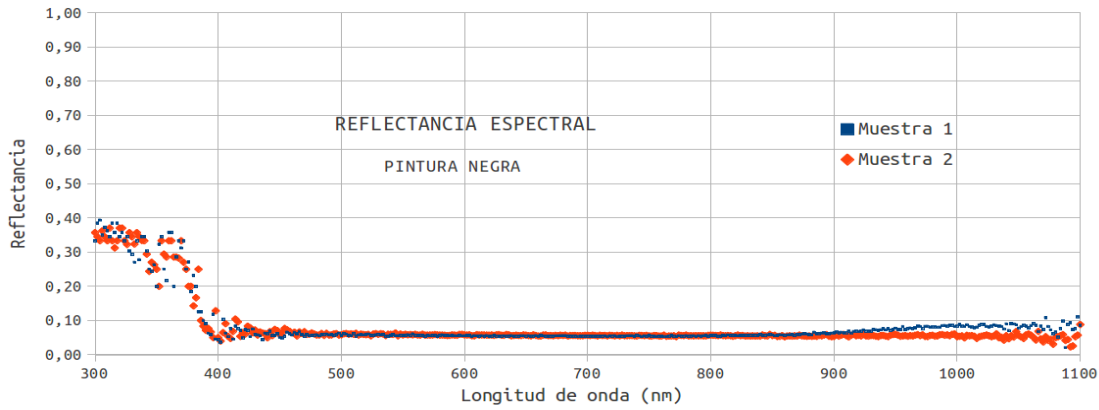


Figura 5: Reflectancia espectral de la pintura negra de la cámara y del calibrador Li-Cor

MEDIDAS ESPECTRALES

A los efectos de puesta a punto del sistema, inicialmente se colocó en la cámara una lámpara nueva (entendiéndose por “lámpara nueva una que no fue usada, salvo por “envejecimiento realizado”) de 9 W Luft XR-3U (**L0**), y una hora después del encendido, se midieron los espectros de emisión en el rango de 250 a 500 nm con el espectrofotómetro OSM 100-UV y de 500 a 1100 nm con el OSM 100VIS/NIR. La temperatura del laboratorio se mantuvo en 22 °C y con una tensión de 218 V, la corriente fue de 32,7 mA.

En la figura 6 se muestran los espectros medidos, a la izquierda con el OSM 100-UV y la derecha con el OSM 100 VIS/NIR.

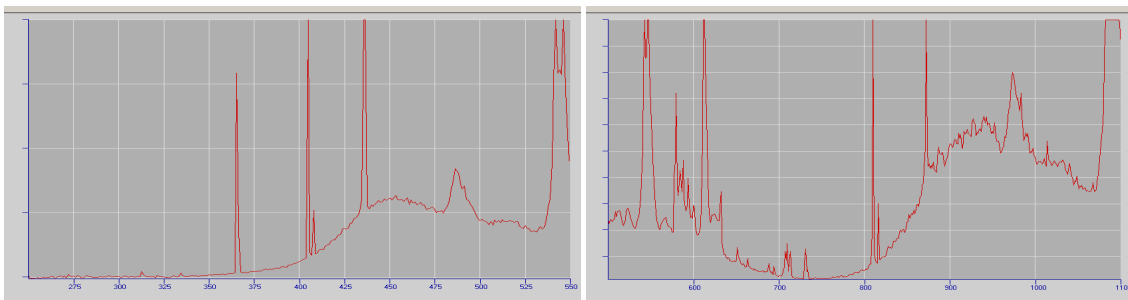


Figura 6a: Espectro de emisión entre 250 y 550 nm.

Figura 6b: Espectro de emisión entre 500 y 1100 nm.

En la figura 6a, se observa el pico UV del mercurio en 365 nm y los picos visibles violetas, azul y verde, mientras que en la 6b aparecen los picos amarillo y anaranjado. Lo restante corresponde a radiación infrarroja cercana. Conviene aclarar que la altura de los picos no es proporcional a la intensidad. Se observa también un espectro continuo de pequeña amplitud.

Puesto que a los efectos del estudio resultaba de mayor interés la emisión ultravioleta, se ensayaron las lámparas restantes solo con el OSM100 UV. En los párrafos siguientes se describen las medidas realizadas a las lámparas **L1** a **L7**.

Antes de las medidas se mantuvieron encendidas las lámparas por una hora y se estabilizó la temperatura del laboratorio en 22°C, luego se midió el espectro de emisión de las lámparas nuevas, colocándolas sucesivamente en la cámara, con tres ángulos diferentes, como se indica en la figura 7. Se midió también el flujo luminoso de todas las lámparas en las tres direcciones en las mismas condiciones.

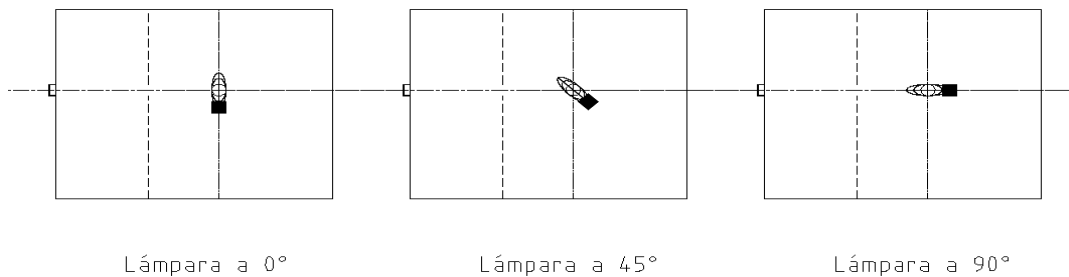
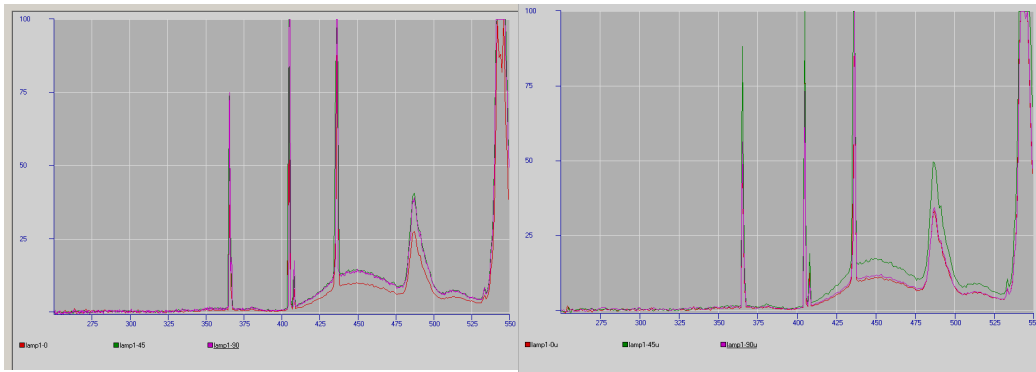


Figura 7: Ubicación de las lámparas en la cámara oscura.

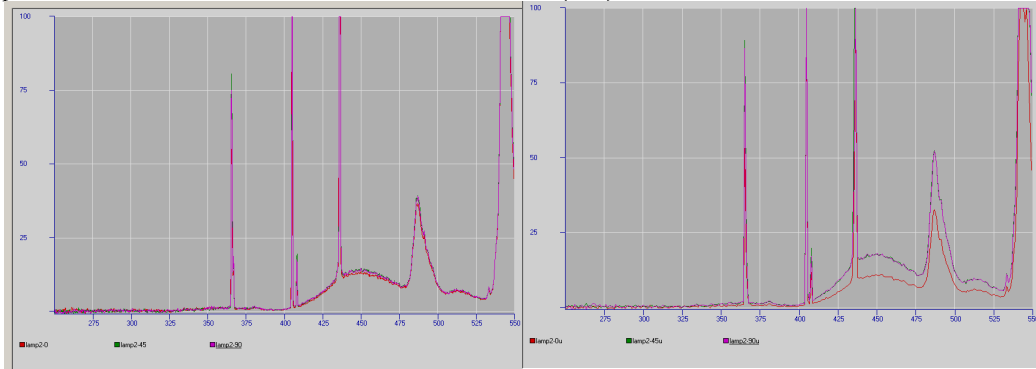
Se repitió el procedimiento al cabo de 42 días, durante los cuales las lámparas 1 y 3 se encendieron todas las noches, de modo que el tiempo total de uso es aproximadamente 500 horas. Las restantes permanecieron encendidas todo el tiempo o sea unas 1000 horas. En las figuras siguientes se muestran los espectros medidos para las siete lámparas. Los correspondientes a los tres ángulos de medida se encuentran prácticamente superpuestos.



Lámpara nueva.

Lámpara con 500 horas de uso.

Figura 8: Espectros de emisión de una LFC Osram Duluxstar de 8 W (L1)

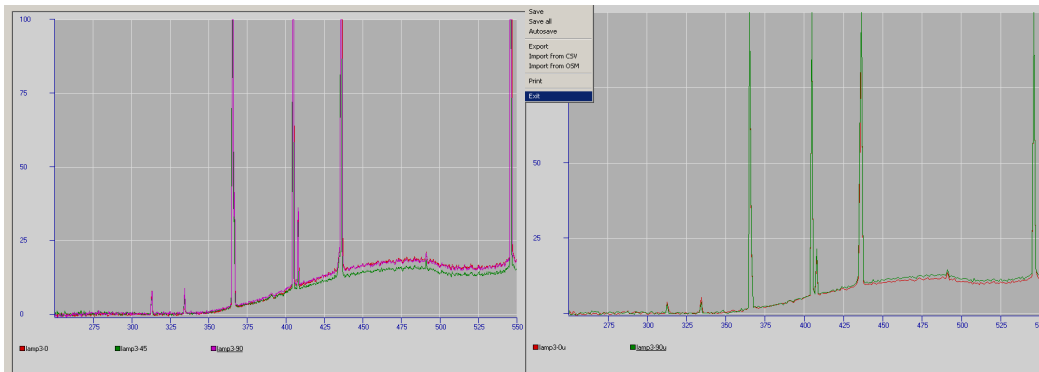


Lámpara nueva.

Lámpara con 1000 horas de uso.

Figura 9: Espectros de emisión de una LFC Osram Duluxstar de 8 W (L2)

Las figuras 8 y 9 muestran que los espectros de las lámparas L1 y L2 no han variado al cabo de 500 ni 1000 horas de funcionamiento. Tampoco se observa diferencia entre el comportamiento de una y otra lámpara. Por otra parte puede observarse que el pico en 365 nm es mayor que el de 485 nm (azul) tanto para lámparas nuevas como para 1000 hs de uso, ambas líneas registran valores superiores para esta última situación.

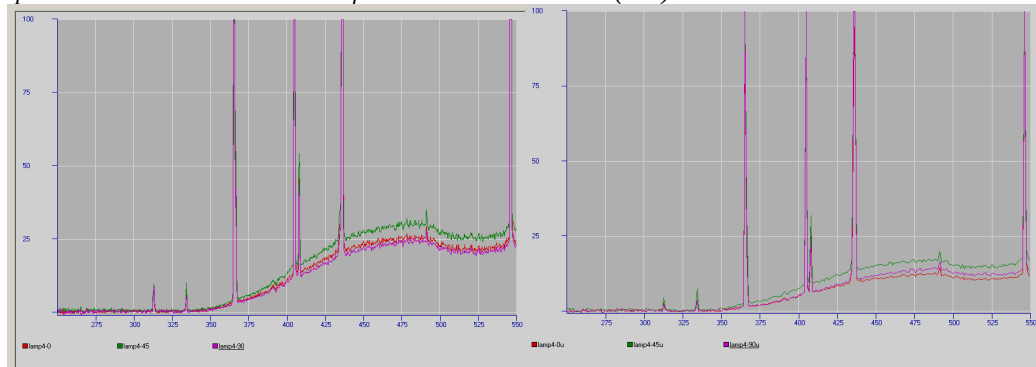


Lámpara nueva.

Lámpara con 500 horas de uso.

Figura 10: Espectros de emisión de una LFC Luft XSR E27

de 9W (L3).

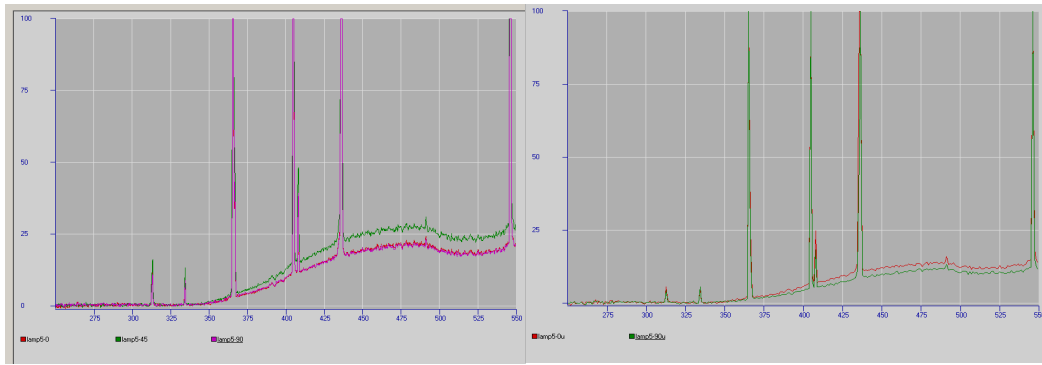


Lámpara nueva.

Lámpara con 1000 horas de uso.

Figura 11: Espectros de emisión de una LFC Luft XSR E27

de 9W (L4).

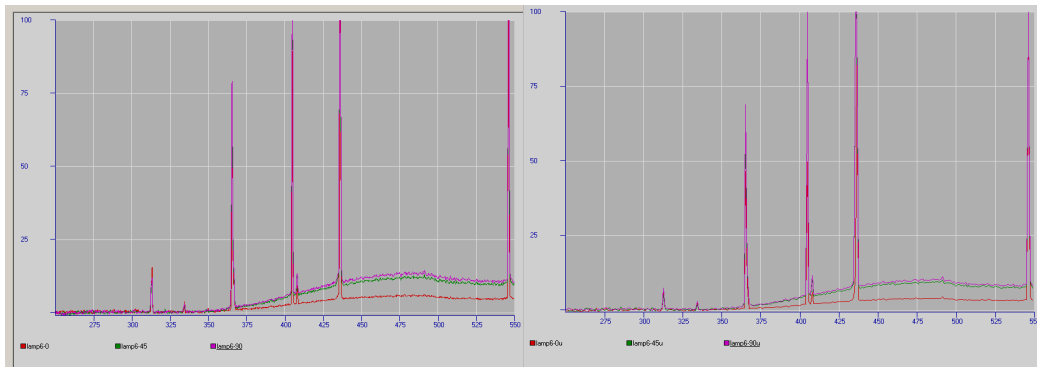


Lámpara nueva.

Lámpara con 1000 horas de uso.

Figura 12: Espectros de emisión de una LFC Luft XSR E27 de 9W (L5).

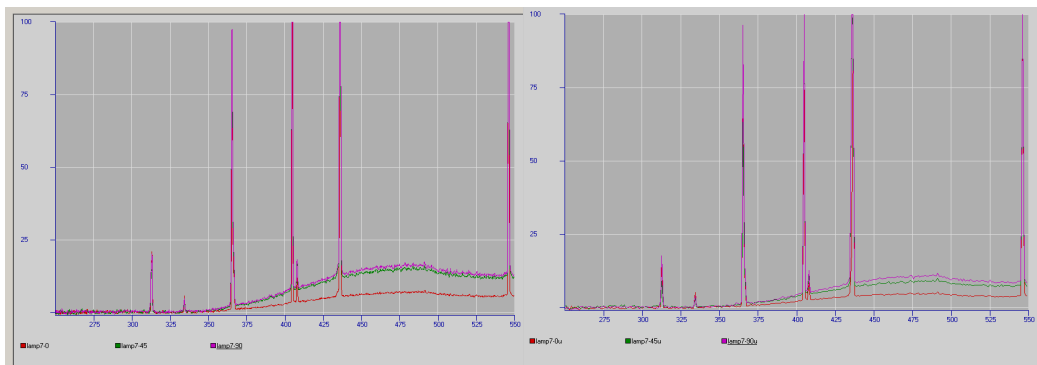
El conjunto de lámparas L3, L4 y L5 presenta un comportamiento similar al de L1 y L2, salvo pequeñas diferencias.



Lámpara nueva.

Lámpara con 1000 horas de uso.

Figura 13: Espectros de emisión de una LFC Deelight XT-2U E27 de 11W (L6).



Lámpara nueva.

Lámpara con 1000 horas de uso.

Figura 14: Espectros de emisión de una LFC Deelight XT-2U E27 de 11W (L7)

En los gráficos correspondientes a las lámparas L6 y L7 se observa una disminución en la zona continua del espectro, atribuible al envejecimiento. Al igual que en los otros conjuntos, no hay diferencia apreciable entre una y otra lámpara.

PICOS EN 365 nm.

Para mayor claridad, se muestran en la tabla 3 los picos en 365 nm, medidos inicialmente y luego de los 42 días de uso.

ID	Pico 0° nueva	Pico 45° nueva	Pico 90° nueva	Pico 0° usada	Pico 45° usada	Pico 90° usada
L1	42,39	73,86	74,98	54,13	88,19	56,36
L2	55,04	80,51	74,90	53,19	89,24	81,25
L3	100	100	100	100	100	100
L4	100	100	100	96,05	100	100
L5	100	100	100	100	100	100
L6	56,7	70,37	79,3	46,62	62,35	68
L7	79,79	91,83	97,41	64,35	63,3	96,4

Tabla 3: Picos espectrales medidos a 365 nm.

A partir de estos datos, se representó el valor del pico en función del ángulo como se ve en la figura 15. La distancia de cada punto al origen de coordenadas, representa el pico a: -90° ; -45° ; 0° ; 45° y 90° . Para completar los gráficos, los valores correspondientes a los ángulos negativos se supusieron iguales por simetría a los positivos correspondientes. Solo se muestran resultados de una lámpara de cada tipo, es decir 3 de las 7 lámparas, debido a que las otras dan resultados muy similares. Los puntos en color azul representan el pico en 365 nm para las lámparas nuevas y los de color rojo corresponden al ensayo después de 1000 horas de funcionamiento.

Figura 15: Gráfica espacial de los picos en 365 nm en función del ángulo: de izquierda a derecha, L2, L4 y L7.

Es notable el comportamiento diferente de cada lámpara. Mientras que para L2 la altura del pico en UV aumentó con el uso, para L7 disminuyó mientras que para L4 no se aprecia variación debido a que las lecturas están sobre el límite de saturación en la escala empleada.

MEDIDAS DE ILUMINANCIA Y POTENCIA ABSORBIDA

En forma simultánea con las medidas espectrales, se midió la iluminancia **I** sobre el diafragma de la cámara y los parámetros eléctricos de operación de cada lámpara. En la tabla 4 se muestran los valores obtenidos inicialmente y en la tabla 4 los correspondientes a las lámparas al cabo de 42 días.

ID	I (0°) (Lx)	I (45°) (Lx)	I (90°) (Lx)	Tensión (V)	Corriente (mA)
L1	411	643	669	227	33.7
L2	415	660	687	227	33.6
L3	529	544	409	224.6	32.7
L4	507	627	511	225.5	32.7
L5	529	584	418	225.8	32.7
L6	128	312	311	229.2	31.5
L7	122	254	329	229.2	30.1

Tabla 4: Iluminancias con ángulos de 0° , 45° y 90° para cada lámpara. Tensión y corriente. Lámparas nuevas.

ID	I (0°) (Lx)	I (45°) (Lx)	I (90°) (Lx)	Tensión (V)	Corriente (mA)
L1	350	548	480	224.8	34.6
L2	330	525	552	224.8	32.8
L3	315	395	266	224.8	37.1
L4	306	318	272	224.8	39
L5	250	310	256	224.8	31.1
L6	73	182	199	224.8	31
L7	65	161	204	224.8	29.9

Tabla 5: Iluminancias con ángulos de 0° , 45° y 90° para cada lámpara. Tensión y corriente. Lámparas con 45 días de uso.

En la figura 16, del mismo modo que se hizo para los picos espectrales, se representa **I** medida en Lx a: -90° ; -45° ; 0° ; 45° y 90° . Los puntos en color azul representan **I** para las lámparas nuevas y los de color rojo corresponden al ensayo después de 1000 horas de funcionamiento.

Figura 16: Gráfica espacial de las iluminancias medidas en función del ángulo: de izquierda a derecha, L2, L4 y L7.

CONCLUSIONES.

De los ensayos realizados, a pesar de ser reducida la cantidad de lámparas medidas, se puede concluir que todas tienen una respuesta espectral independiente del ángulo de observación considerado y que esta respuesta varía muy poco con el tiempo de uso. En todas las LFC ensayadas hay picos de emisión UV en 365 nm. Esto sería riesgoso para la salud cuando se usa muy cerca del usuario, por tiempo prolongado. Se puede mencionar que en el caso de las Duluxstar, el pico en 365 nm es mayor que el de 485 nm (azul) tanto para lámparas nuevas como para 1000 hs de uso. Esta respuesta espectral no se modificó en el período de tiempo que duró el ensayo.

Todas las lámparas disminuyeron su intensidad luminosa aunque en forma notablemente diferente según el tipo de lámpara. Las L1 y L2 (Duluxstar), presentan una degradación notablemente menor que las restantes y una mayor eficiencia

Existe muy poca diferencia entre los resultados, tanto espectrales como de iluminancia entre lámparas de la misma marca y modelo.

REFERENCIAS

- Brugnoni M., Iribarne R. Estudio de Impactos en redes de distribución (I) y Medio Ambiente (II) Debidos al Uso Intensivo de Lámparas Fluorescentes Compactas <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2523>
Green Facts site 2009
Espacio e Iluminación. 2005 The Lighting Education Institute Energy-Saving Lamps & Health"
- Kayumov, L; Lowe, A; Rahman, SA, Casper, RF; Shapiro, CM (2007). Prevención de la supresión de la melatonina por la iluminación nocturna. Relevancia para el cáncer. Eur J Cancer Prev.16
- Laboratorio de Luminotecnia del INTI, 2012 http://www.inti.gob.ar/fisicaymetrologia/sis_pcl.htm
- Licor 1800-02, 2012 Optical Radiation Calibrator Instruction Manual
www.envsupport.licor.com/index.jsp?m=Discontinued&spec=LI-800,Manuals&menu=Spectroradiometers
- Ramroth Laurie, 2008 "Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp" - Rocky Mountain Institute
http://www.rmi.org/Knowledge-Center/Library/C08-12_LCAFluorescentIncandescentLamps
www.erco.com/homepage/start/es
www.sma.df.gob.mx/rsolidos/06/lamparas.pdf

ABSTRACT

The present work shows the first results of the realised tests of compact fluorescent lamps (FLC), with the purpose of also determining their spectral response in the ultraviolet visible zone and in the near one. The same were realized with the new lamps and it was repeated after a certain period of use.

The work it is come off that although the spectral response did not modify too much, some lamps presented an important diminution of the intensity. On the other hand, it can be considered that the objective of the tests is the obtaining of preliminary results, and the completion of the used technique.

Key words: Compact Fluorescent, ultraviolet radiation, spectrum, camera tests.