

CFL'S CYCLE AS A METHOD OF RELIABILITY DETERMINATION AND PREMATURE DISPOSAL

CICLADO DE LFC COMO MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD Y EL DESCARTE PREMATURO

Ing. Fabio M. Vincitorio, Ing. Jose L. Frund
Ing. Diego N. M. Balducci, Sr. Luciano D. Rispoli, Sr. Jorge L. Favre

Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná, Departamento de Física.
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Postgrado. Paraná, Entre Ríos, Argentina.
Tel.: +(54) (343) 424 3054, Fax: +(54) (343) 424 3589, Ext. 118.
E-mail: fisicaelectronica@frp.utn.edu.ar

Abstract: This paper shows the results of the cycling of a population of 86 lamps. 82 low-power and 4 incandescent. They have been subjected to more adverse conditions considered for these devices. By this way, night cycles of operation were defined, from 8 to 12 hours, with operation periods of 30 min. and 2 min. standing. This presupposes a number of non-standard switches admitted and unfavorable operating conditions.

Keywords: Cycling, premature discard, reliability, service life of CFL. Suggestions for normative and tests of CFL.

Resumen: En este trabajo se muestran los resultados del ciclado de una población de 86 lámparas. 82 de bajo consumo y 4 incandescentes. Las mismas han sido sometidas a las condiciones consideradas más perjudiciales para este tipo de dispositivos. Así, se definieron ciclos de funcionamiento nocturno, de 8 a 12 horas de duración, con periodos de operación de 30 minutos y de 2 minutos de reposo. Esto, presupone un número de conmutaciones fuera del estándar admitido y condiciones de operación desfavorables.

Palabras clave: Ciclado, descarte prematuro, confiabilidad, vida útil de LFC. Sugerencias para normativas y ensayos sobre LFC.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más cuestionados por los consumidores de lámparas fluorescentes compactas (LFC) guarda relación con la corta duración de su vida útil. Si bien los fabricantes tienen la obligación de indicar el período de vida del producto, el consumidor reconoce a esta como una información engañosa. Por otra parte cuando una lámpara es descartada el usuario desconoce naturalmente las causas así como también las condiciones adecuadas para su instalación, considerando en todos los casos a estas como un producto poco confiable.

En los países que han implementado programas de remplazo voluntario u obligatorio de lámparas incandescentes por LFC/LBC se ha realizado sin una adecuada difusión de las condiciones de uso, instalación y deposición final de estas. Además no se ha contemplado el costo económico que la utilización de estos dispositivos impone a los sectores de bajos recursos, sobre todo cuando no se ha realizado una correcta educación del consumidor.

En un trabajo precedente (Vincitorio *et al.*, 2012) se evaluaron, mediante relevamientos de los circuitos electrónicos, los motivos del descarte de

lámparas de bajo consumo, definiéndose como descarte prematuro al descarte de lámparas que habiendo sido usadas fueron desechadas por un motivo diferente al agotamiento del tubo fluorescente. Los resultados publicados en aquella ocasión indicaban un alto índice de fallos asociados a un mal diseño del balasto electrónico que compone estos dispositivos. Como resultado del relevamiento de cada una de las configuraciones presentes en más de 100 lámparas analizadas se decidió implementar un ciclado que permitiera reducir los tiempos de fallo como método de predicción de la durabilidad.

2. DESCARTE PREMATURO

Del relevamiento y evaluación de más de 100 configuraciones diferentes de lámparas de bajo consumo, procedentes de diferentes fabricantes y habiéndose estudiado, particularmente, la topología de los balastos electrónicos, se estableció una condición que denominamos de descarte prematuro. Esta condición, no es simple de definir y a nuestro criterio una lámpara es descartada prematuramente cuando:

- a. Existe un daño en el balasto que impide su funcionamiento pero la CFL es totalmente operativa. Si se procede al reemplazo del balasto la lámpara enciende con normalidad.
- b. Los filamentos se encuentran cortados y el balasto es operativo. Si se realiza un puente sobre el filamento cortado la lámpara enciende con normalidad.
- c. El balasto se encuentra dañado y los filamentos cortados. Si se reemplaza el balasto y se realiza el puente sobre los filamentos la lámpara enciende con normalidad.

Cualquiera de estas tres condiciones genera el descarte por parte del usuario y su deposición final en el medio ambiente, generando la compra de un nuevo dispositivo.

Debe notarse que no hacemos referencia al período de tiempo de funcionamiento. De cumplirse esta condición no interesa si la lámpara estuvo colocada 5 años o dos días ya que hacemos referencia a la operatividad de la misma y no a los períodos de tiempo.

3. METODOLOGÍA DE ENSAYO

El ensayo realizado, para lograr el establecimiento de las condiciones de operación que pudieran generar un descarte prematuro, consistió en el montaje de un *Rack* de prueba. En este, un total de 4 líneas fueron establecidas y conectadas en tres fases diferentes. Todo el sistema eléctrico fue centralizado en un instrumento analizador de redes, el cual tiene capacidad de almacenamiento de todas las variables eléctricas contempladas. El *Rack* fue automatizado de tal manera de lograr un ciclado programado.

El programa impuesto al sistema puede ser resumido en los siguientes puntos:

- a) Inicio de operación después de 3 horas de penumbra, esto con el fin de no perjudicar actividades que pudieran desarrollarse en el laboratorio.
- b) Primer semiciclo de encendido de 30 minutos de duración.
- c) Primer semiciclo de apagado de 2 minutos de duración.
- d) Repetición durante 6 ciclos.
- e) Enfriamiento de la lámpara, se apagan durante 3 horas.
- f) Se reinician 6 ciclos más de encendido y apagado.
- g) Se repite todo el proceso hasta detección de horario diurno.

Este tipo de ciclado impone a las lámparas una cantidad de encendidos que deberían dañar prematuramente los filamentos, principal causa de descarte detectado mediante el relevamiento antes mencionado.



Fig. 1. Detalle del Rack de prueba de instrumentación.

Además, el aglutinamiento de gran cantidad de lámparas presupone condiciones de temperatura desfavorable para el funcionamiento del conjunto. Desde el punto de vista eléctrico debemos mencionar que al haber sido utilizadas un número importante de lámparas por fase (22), de diferentes potencias y diferentes fabricantes, pudieron producirse fenómenos indefinidos de interferencias electromagnéticas y/o eléctricas.

1.1 Etapa previa de medición

Una parte de las lámparas cicladas, fueron previamente sometidas a mediciones de los parámetros eléctricos de entrada, los parámetros eléctricos sobre la lámpara y el comportamiento térmico.

Tabla 1: De mediciones realizadas sobre algunos ejemplares.

P. Declarada [W]	THD %	P. Activa [W]	P. Aparente [VA]	Eficiencia %
11	122	7	11	93
11	120	9	12	74
11	123	8	11	85
14	127	8	11	79
15	115	11	15	87
15	99	13	17	85
15	123	5	8	94
20	118	17	20	82
20	109	22	28	ND
36	125	31	46	ND
65*	8.34	60	67	-
45	103.8	33	45	87
11	90	9	11	ND**
45	120.8	33	54	ND
15	102	12	16	84
15	103	11	15	77.5
45	155.86	20	31	ND
20	107	14	20	76.8

Para realizar las mediciones se utilizó un osciloscopio Tectronix TDS 210 con módulo de extensión de medidas, un analizador de potencia *Ducati* modelo *Smart*, un multímetro *Metrix ASII* y un termómetro *TES 1307*.

Los resultados documentados en la Tabla 1 muestran diferentes aspectos a tener en cuenta, el más notable de todos es que existen diferencias entre la potencia activa indicada por el fabricante (suponemos activa a partir de la unidad, ya que las lámparas se venden en W y no en VA) y la potencia activa consumida por el dispositivo. Correlacionado con esto debemos indicar el rendimiento en la lámpara. Para ello comparamos la potencia activa consumida con la potencia eléctrica entregada a la CFL. Vemos que en el 100

% de los casos la potencia activa es menor a la indicada por el fabricante, incluso en la lámpara de 65 W, con factor de potencia corregido activamente. Se nota una coincidencia entre la potencia declarada por el fabricante y la potencia aparente medida.

Por otra parte el rendimiento en la totalidad de los casos se ubica por debajo del 90 %, salvo en dos casos (lámpara de 11 W que consume 7 y de 15 W que consume 5 W), donde es evidente un fallo de diseño.

1.2 Mediciones durante el ciclado

En la Tabla 2 pueden verse las diferentes mediciones obtenidas directamente del analizador de redes en uno de los puntos de muestreo. Esta corresponde al inicio del ciclado con la totalidad de las lámparas en funcionamiento y en un punto intermedio.

Tabla 2: De mediciones realizadas durante el ciclado.

Referencia		Potencia aparente por fase		
Date	Time	VA1 (VA)	VA2 (VA)	VA3 (VA)
21/04/2010	22:06:22	600	492	504
06/12/2011	23:19:09	486	408	492

1.3 Relevamiento

Durante el proceso de ciclado, en la medida que diariamente se realizaran controles de supervivencia de lámparas, aquellas que dejaron de funcionar fueron relevadas en cuanto al origen de la causa de “muerte”. Para esto, se procedió con el estudio y determinación del origen del fallo en el balasto electrónico o bien en la definición del estado de agotamiento de la lámpara.

Los resultados luego de haber transcurridos 298 días con un total de 2152 horas y 4200 encendidos, quedan documentados en las gráficas 3 a 7.

1.4 Población de contraste

Contemporáneamente, con el inicio del ciclado se distribuyeron un total de 62 lámparas a diferentes usuarios, para su instalación en domicilios u oficinas. El objetivo de esta operatoria se sustentó en la voluntad de contrastar el ciclado con situaciones de uso reales. Sin embargo, el principal problema encontrado fue la imposibilidad de realizar un seguimiento del total de las lámparas, dado que una buena parte de los usuarios no cumplieron con el rol de la devolución al momento del daño.

Aquellas lámparas que fueron rescatadas se les realizaron, con igual metodología, los relevamientos correspondientes documentando las condiciones de descarte. Del total de las lámparas hasta la fecha han sido rescatadas 10 lámparas de las cuales un 60 % presentan descarte prematuro.

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La fig. 2 representa los resultados obtenidos del relevamiento de fallos realizado sobre una población de 100 lámparas dañadas y donadas por usuarios. A cada una de las lámparas se les relevó la topología del circuito electrónico, se individualizó el origen del daño y se comprobó el estado de la lámpara. Esto último se realizó reemplazando el balasto electrónico por uno balasto en funcionamiento. De esta manera aquellas lámparas agotadas fueron rápidamente individualizadas.

Puede observarse en este gráfico que la principal causa individual de descarte es el agotamiento de la lámpara. Sin embargo, cubre solo el 23 % del total de las relevadas. Así podemos definir dos tipos de descartes:

- Descarte esperado.
- Descarte prematuro.

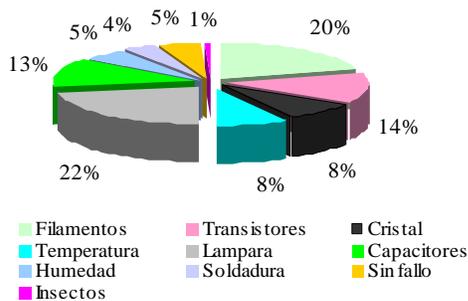


Fig. 2: Diagrama indicativo de la distribución de fallos detectados en LBC descartadas, sobre una población de 100 muestras.

De la fig. 2 es de destacar la incidencia que tienen dos tipos de descarte particulares, el cristal quebrado y el descarte de lámparas que no presentan defectos. El primero evidencia una importante fragilidad ya sea durante la instalación o el transporte de las lámparas. El segundo indica problemas con el artefacto o la rosca del portalámparas E27.

Como información conexas, podemos mencionar que de un total de 265 lámparas nuevas descartadas del programa PRONURE (reemplazo de lámparas incandescentes por LBC implementado por el gobierno argentino) y que fueran donadas para su estudio, 62 no presentaban fallo de funcionamiento. Si se hiciera una proyección sobre una población total de 25 millones de lámparas distribuidas, alrededor de 6.5 millones de lámparas fueron descartadas en buenas condiciones de funcionamiento.

En la fig. 3 se muestra la distribución entre los dos grupos de fallos antes definidos. Es evidente que de acuerdo con este relevamiento la mayoría de las lámparas fueron descartadas prematuramente.

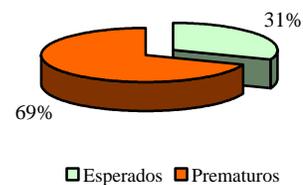


Fig. 3: Proporción entre los fallos esperados y los fallos asociados a un descarte prematuro, para el relevamiento de lámparas dañadas y donadas por usuarios.

Si consideramos los resultados obtenidos en el ciclado, quedando en funcionamiento un 30 % de las lámparas inicialmente instaladas, vemos que como regla general predominan como causa de descarte, el descarte prematuro, tal como lo muestra la Fig. 4.

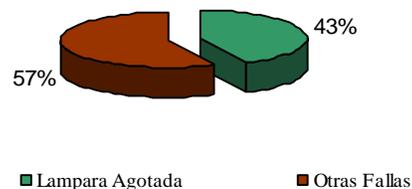


Fig. 4: Proporción entre los fallos esperados y los fallos asociados a un descarte prematuro, ensayo de ciclado y prueba de vida.

Nuevamente el porcentaje de lámparas agotadas es menor que el de lámparas cuyo fallo se originó en el balasto. Si dividimos entre distintos tipos de

fallos, nuevamente es el agotamiento de la lámpara el de mayor incidencia, tal como lo muestra la fig. 5.

La incidencia de lámparas descartadas por cristal quebrado (2,1 %), debe ser considerado importante dado que la manipulación de los dispositivos fue realizada por personal altamente calificado, sin embargo esto no fue impedimento para que existieran accidentes. La incidencia de defectos de soldadura o fabricación se constituye como la segunda causa en importancia, lo que denota deficiencias en el control de calidad en los procesos de producción.

Un análisis más detallado debe realizarse sobre la distribución temporal de la ocurrencia de los descartes durante el ciclado. De la gráfica documentada en la Fig. 6, puede observarse que el porcentaje más alto de descarte se produce dentro de las primeras 300 horas de funcionamiento. Este período de tiempo de ciclado puede ser asociado a un uso en condiciones normales de funcionamiento no superior a 60 días.

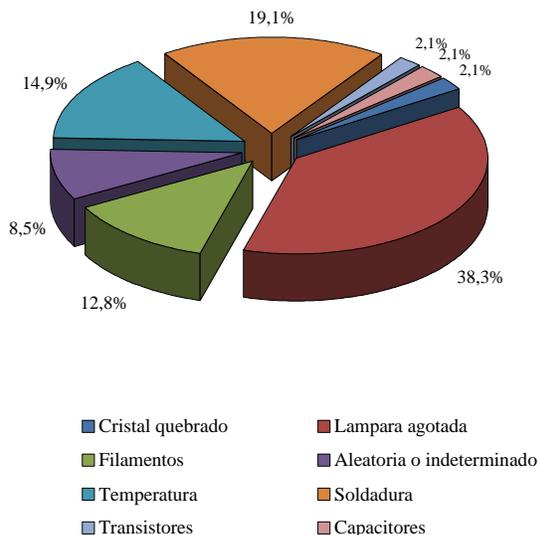


Fig. 5 Diagrama indicativo de la distribución de fallos detectados en LBC cicladas durante 2152 horas y 4200 encendidos, sobre una población de 84 muestras.

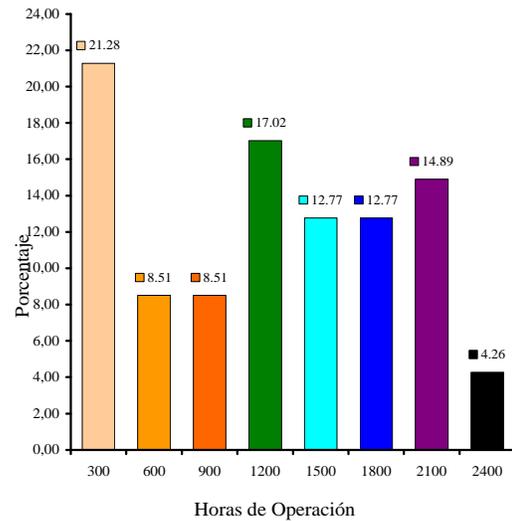


Fig. 6: Diagrama indicativo de la distribución temporal de la ocurrencia de fallos detectados en LBC cicladas durante 2152 horas y 4200 encendidos, sobre una población de 84 muestras.

Desde el punto de vista temporal corresponde analizar una segunda variable, asociada con el proceso de ciclado. Esta segunda variable es el número de encendidos ocurridos durante el ensayo. Como se mencionó anteriormente se sometió a la población de lámparas a un exigente programa de conmutaciones.

Este preveía un mínimo de 6 encendidos diarios y un máximo de 18. Hasta la fecha se han realizado un total de 4200 operaciones de encendido, un número equivalente al esperado en condiciones normales de funcionamiento de 5040 horas.

La fig. 7, muestra claramente que la ocurrencia del porcentaje más alto de fallos se produce en la etapa inicial.

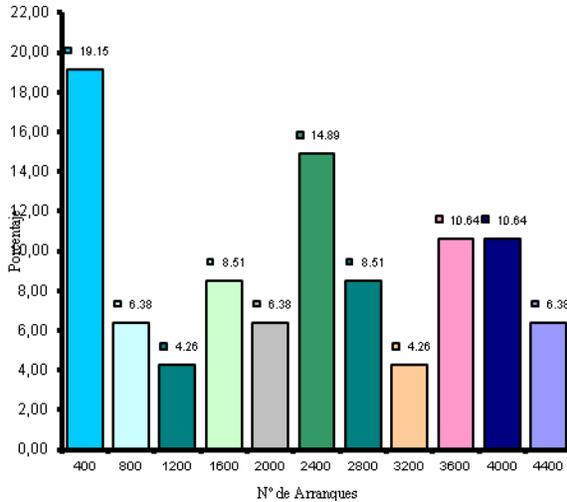


Fig. 7: Diagrama indicativo de la distribución temporal de la ocurrencia de fallos detectados en LBC conmutadas 4200 veces, sobre una población de 84 muestras.

Contemporáneamente, 4 lámparas incandescentes fueron puestas a ciclar en cada uno de las ramas del Rack. Estas no aparecen documentadas en las figuras 6 y 7. En la Tabla 3 se encuentran documentados los períodos de funcionamiento de cada una de ellas. La lámpara 45^A, siendo la de mayor vida útil, se encuentra por encima del 50 % de ciclo de vida obtenido para las LBC.

Tabla 3: Vida útil de lámparas incandescentes.

Lámpara	Potencia	Días	Horas	Encendidos
1I	40	34	203	401
2I	25	56	426	806
3I	75	92	662	1237
45 ^A	100	274	1953	3080

Del estudio de la población de contraste, habiéndose solamente rescatado 10 de 62, el relevamiento realizado indica que un 60 % de las lámparas debieron ser descartadas en forma prematura.

5. CONCLUSIONES

Habiendo transcurrido un total de 2152 horas de funcionamiento, valor que representa 1/3 del declarado por el fabricante en los envases, vemos que el 70 % de las lámparas han dejado de operar. Por otra parte si consideramos como una condición válida de uso doméstico un máximo de 5 encendidos por día, habiéndose conmutado las

lámparas un total de 4200 veces, estaríamos en un equivalente de 5040 horas de funcionamiento, un valor bastante cercano al declarado por el fabricante (6000 horas). En este último caso el valor de un 30 % operativas resulta un indicador adecuado respecto del comportamiento.

Por otra parte si vemos la evolución temporal de las bajas de servicio, encontramos que un 21 % de las lámparas dejan de operar en un período equivalente a 60 días.

Como dato más general debemos considerar que en tres operaciones diferentes: relevamiento dañadas, ciclado y población de contraste el descarte prematuro se ubica en todos los casos por encima del 55 % y debajo del 70%. Evidentemente esto indica que las lámparas de bajo consumo son una opción poco confiable y de un alto valor económico.

Dado que existen muchos países que han adoptado a las lámparas de bajo consumo como paradigma de eficiencia energética, es indispensable se establezcan ensayos, normativas y pruebas que permitan definir rápidamente la confiabilidad de estas.

El ensayo realizado y presentado en el presente trabajo permite definir una serie de acciones que deberían ser realizadas para la aprobación de la inserción en el mercado de estos dispositivos.

a) Realizar un muestreo de acuerdo con las normativas de ensayos estadísticos en función de la partida de producción o importación.

b) De la muestra así obtenida, se deberían realizar mediciones de los parámetros eléctricos, contemplando particularmente el cumplimiento de la potencia declarada.

c) Sobre un número n/10 de la muestra obtenida se debería realizar el relevamiento sobre los componentes electrónicos del balasto, contemplando particularmente el estado de las soldaduras, sujeción de los núcleos, conexión de filamentos y existencia de fusible de seguridad.

d) Realizar sobre el total de la muestra, un ciclado de prueba de vida de 300 horas con un mínimo de 800 encendidos.

Así con un ensayo de corta duración podría definirse en un período inferior a 30 días la aprobación o rechazo de una partida determinada.

Las condiciones de rechazo quedarían definidas de la siguiente manera:

- a) La partida debe ser rechazada si existen en el total de los ejemplares medidos una desviación en la potencia consumida superior al 10 % en el 50 % de los ejemplares.
- b) La partida debe ser rechazada si se detectan problemas de fabricación que impidan a alguno de los ejemplares de la muestra funcionar correctamente.
- c) La partida debe ser rechazada si un porcentaje superior al 5 % de las lámparas de la muestra no cumplen con el ciclado de prueba de vida en el período de 300 horas y 800 encendidos.

Adoptar estas medidas, las cuales deberían ser objeto de discusión, podrían permitir importantes niveles de ahorros económicos, a los países que como política de eficiencia energética, impulsen el uso de este tipo de dispositivos.

REFERENCIAS

- Vincitorio, F. M., Brutti, C. B. and J. L. Frund (2010). "La electrónica de las lámparas de bajo consumo ventajas, desventajas y problemas". Lux América 2010, Valparaiso, Chile.
- Vincitorio, F. M., Brutti, C. B. and J. L. Frund (2008). "Estudio de fallas en lámparas de bajo consumo, determinación de la incidencia del descarte prematuro". Lux América 2008, Rosario, Argentina.
- Sasaki, R. I (1994). *The Impact Of Electronic Ballast Compact Fluorescent Lighting On Power Distribution Systems*. ECE Technical Reports.
- Mytums, Rutgers (1998). *Power Innovations Data Manual*.
- Sekine, Ribarich. *CFL Ballast Design Using Passive PFC and Crest Factor Control*. Application Note AN-1157. International Rectifier.