

ENSAYO DE VIDA DE LÁMPARAS HALÓGENAS DE BAJO VOLTAJE CON REFLECTOR DICROICO

Ricardo Hofstadter

Grupo LUXROU
Facultad de Arquitectura, UDELAR
Montevideo, Uruguay
richof@richof.com

Mario Vignolo

Grupo de Fotometría e Iluminación
Facultad de Ingeniería, UDELAR
Montevideo, Uruguay
jesus@iie.edu.uy

RESUMEN

El uso masivo que se ha producido en el Uruguay de la lámpara halógena de bajo voltaje con reflector dicroico (generalmente llamada lámpara dicroica) ha despertado el especial interés de proyectistas y técnicos en iluminación respecto a las características particulares de estas lámparas, en especial, en lo que se refiere a su vida media. Se ha observado que en muchas instalaciones donde se han utilizado estas lámparas la frecuencia de falla ha sido muy superior a la esperada. Por otra parte, se ha observado una gran dispersión de estos valores dependiendo del fabricante, aún en los casos en que la vida media nominal especificada por todos ellos era la misma.

El Grupo LUXROU, integrado por profesionales que trabajan en iluminación y por docentes del Grupo de Fotometría e Iluminación de la Facultad de Ingeniería, se propuso realizar un ensayo de vida a tensión nominal controlada, tomando una muestra de lámparas de todos los fabricantes disponibles en el Uruguay, resultando en un total de 60 lámparas ensayadas.

Luego de aproximadamente dos años de ensayos se presentan en este trabajo los resultados del mismo. Se realiza un especial análisis de la evolución del flujo de las lámparas, realizando una comparación con la evolución esperada, utilizando los datos disponibles del fabricante. Asimismo se muestran los momentos de muerte de las lámparas y la evolución de las características del reflector dicroico. Por otra parte, y como consecuencia de la experiencia obtenida, se analizan cuáles deben ser las mejores condiciones de instalación para estas lámparas de forma de asegurar un desempeño adecuado de las mismas.

ABSTRACT

The extended usage of low voltage halogen lamps with dichroic reflector in Uruguay has produced the special interest of designers and lighting professionals referring to the particular characteristics of these lamps, particularly, with respect to its average life. It has been observed in several projects, which have used this type of lamps, that the failure rate has been greater than the expected one. In addition, it has been observed a huge dispersion of this values depending on the manufacturer, even in those cases in which the nominal average life specified by them were all the same.

The LUXROU Group, formed by professionals who work in the lighting area and by the teaching team of the Photometric and Lighting Group of the Faculty of Engineering, decided some years ago to make a life test with controlled nominal input voltage, taking lamp samples from the whole set of trade marks available in Uruguay, resulting a total of sixty lamps tested.

After approximately two years of testing, the results are presented in this paper. A special analysis on the lamp flux behavior is done, making a comparison with the expected behavior taken from the manufacturers data. Moreover, the time of failure of each lamp was registered and the dichroic reflector changes during life were observed. From the obtained experience, the best conditions for low voltage dichroic reflector lamp installation is recommended, in order to guarantee adequate working conditions.

KEYWORDS

Lámpara halógena, reflector dicroico, ensayo de vida.

1. INTRODUCCIÓN

Las lámparas incandescentes en general, producen potencia radiante como resultado del pasaje de una corriente eléctrica a través de un filamento de tungsteno, el cual se encuentra inmerso en una atmósfera de gas inerte dentro de una envoltura de vidrio o cuarzo [1,3].

Algunas lámparas incandescentes, como las que son objeto de este trabajo contienen halógenos, que son empleados para mantener las paredes de la envoltura limpias y adicionalmente, a través del ciclo regenerativo del tungsteno, aumentar la vida y la eficiencia de las lámparas [1,3].

Por otra parte, las lámparas con reflector dicróico dirigen parte de la luz visible y de las radiaciones infrarrojas (IR) hacia el filamento, obteniéndose de ese modo la temperatura necesaria en el mismo con un menor consumo de potencia. En este caso, además, una parte importante de la radiación IR es transmitida por el reflector lográndose entonces un haz de luz visible con apariencia de color más fría y de menor temperatura real.

Para los proyectistas, las lámparas halógenas de bajo voltaje con reflector dicróico, han venido siendo una buena opción para su uso en iluminación de acentuación por su agradable apariencia de color y su característico brillo.

Sin embargo, se ha observado en Uruguay que en muchas instalaciones donde se han utilizado estas lámparas, la frecuencia de falla ha sido muy superior a la esperada. Por otra parte, se ha observado una gran dispersión de estos valores dependiendo del fabricante, aún en los casos en que la vida media especificada por todos ellos era la misma.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de vida realizado sobre un total de 60 lámparas halógenas de bajo voltaje con reflector dicróico, que son muestras de las marcas y modelos existentes en el mercado uruguayo al inicio de este estudio, en mayo de 1998.

En la Sección II se describen las características del ensayo realizado indicando la metodología utilizada y el circuito eléctrico empleado para la implementación de la misma. En la Sección III se presentan los resultados obtenidos, en particular, referidos a la vida de las lámparas, a la depreciación del flujo luminoso y a la evolución de las características del reflector. Finalmente, en la Sección IV se presentan las conclusiones finales. Se realiza un especial análisis de la evolución del flujo de las lámparas. Asimismo, se analiza la evolución de las características del reflector dicróico. Por otra parte, y como consecuencia de la experiencia obtenida, se analizan cuáles deben ser las mejores condiciones de instalación para estas lámparas de forma de asegurar un desempeño adecuado de las mismas.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO.

Se siguieron las recomendaciones de la publicación IES LM-49 [1] a menos de los apartamientos que se indican en cada caso.

2.1 Selección de muestras

Se tomó como universo las lámparas halógenas de bajo voltaje con reflector dicróico de 50 W disponibles en el mercado uruguayo al momento del inicio de este estudio, resultando un total de 20 tipos distintos de lámparas. Para cada tipo, se tomaron 3 muestras que fueron suministradas por el importador o distribuidor correspondiente.

Si bien, cuanto mayor es el tamaño de la muestra, mayor es la representatividad del ensayo y por lo tanto más valor tienen los resultados [1], se debe tener en cuenta que el costo de montaje y principalmente el costo de energía eléctrica asociado al ensayo crecen con el número de muestras. Por esta razón es que se tomó un número pequeño de muestras para

cada tipo de lámpara del universo (para este caso el costo total de energía eléctrica resulta de U\$S 5500). En consecuencia, la representatividad del ensayo tiene las limitaciones de un muestreo reducido.

En la Tabla 1 se presentan las marcas y modelos de las lámparas ensayadas, indicando las características principales de cada una de ellas suministradas por el fabricante.

Tabla 1. Datos de marcas y modelos de las lámparas ensayadas

| Tipo | Marca | MODELO | V _{nom} (V) | P _{nom} (W) | HBA ⁽¹⁾ (°) | Cubierta | Nº Muestras | Vida media (hrs) |
|------|----------|------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------|-------------|------------------|
| 1 | PHILIPS | Open Dichroic | 12 | 50 | 36 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 2 | OSRAM | Decostar 51 | 12 | 50 | 38 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 3 | G.E. | Bright | 12 | 50 | 36 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 4 | LAES | Class | 12 | 50 | 38 | si | 3 | 2000 - 3000 |
| 5 | LAES | Class | 12 | 50 | 38 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 6 | HALOLITE | Projection lamp | 12 | 50 | 38 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 7 | RADIUM | | 12 | 50 | 38 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 8 | BLV | Eurostar | 12 | 50 | 36 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 9 | BLV | Ultralife | 12 | 50 | 36 | si | 3 | 2000 - 3000 |
| 10 | LEUCI | Titanio | 12 | 50 | 38 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 11 | PHILIPS | Master Line Plus | 12 | 50 | 10 | si | 3 | 2000 - 3000 |
| 12 | OSRAM | Decostar 51 | 12 | 50 | 10 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 13 | G.E. | MR16 | 12 | 50 | 10 | si | 3 | 2000 - 3000 |
| 14 | G.E. | MR16 | 12 | 50 | 10 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 15 | LAES | Class | 12 | 50 | 10 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 16 | LEUCI | Titanio | 12 | 50 | 12 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 17 | BLV | Eurostar | 12 | 50 | 12 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 18 | RADIUM | | 12 | 50 | 10 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 19 | USHIO | Standard | 12 | 50 | 10 | no | 3 | 2000 - 3000 |
| 20 | USHIO | 10000 hrs. | 12 | 50 | 10 | si | 3 | 10000 |

⁽¹⁾ Ángulo del haz en el cual la intensidad luminosa es igual a la mitad de la intensidad máxima.

2.2 Circuito eléctrico utilizado

En la Figura 1 se presenta el esquema del circuito eléctrico utilizado para el ensayo. Las lámparas son alimentadas individualmente por transformadores de 230 V / 12 V, los cuales a su vez son alimentados mediante un regulador de tensión que mantiene el voltaje en un valor constante prefijado con un error de ± 1.5 % (siempre y cuando no se produzcan variaciones demasiado grandes en la tensión de red).

Adicionalmente, un reloj permite realizar en forma automática el ciclo de encendido y apagado de las lámparas [1]. Las lámparas son apagadas cada día durante media hora para permitir a éstas y a sus respectivos zócalos poder retornar a la temperatura ambiente.

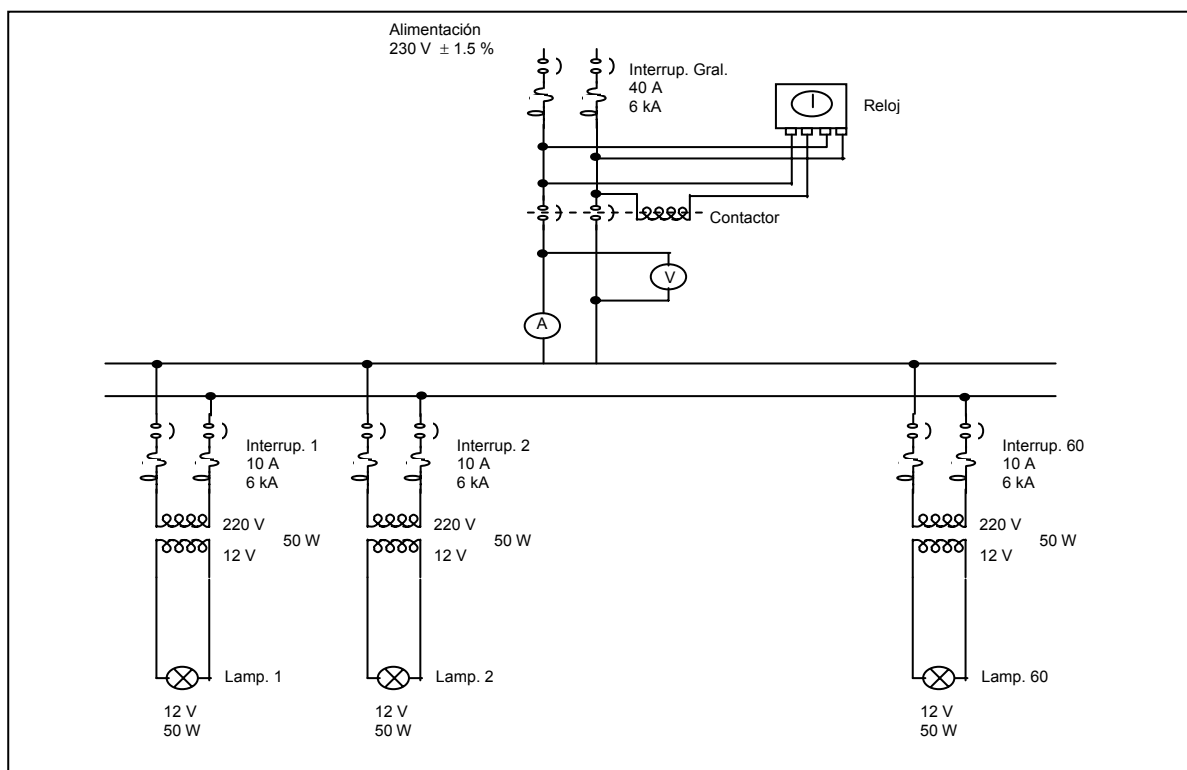


Figura 1. Esquema del circuito eléctrico utilizado en el ensayo.



Se puede observar además, en el esquema, que se dispusieron de instrumentos de medida para tensión y corriente, así como también interruptores automáticos para la protección y la operación (apertura y cierre) de cada circuito. En particular, cada vez que se detectaba que una lámpara dejaba de funcionar, el interruptor correspondiente era seccionado.

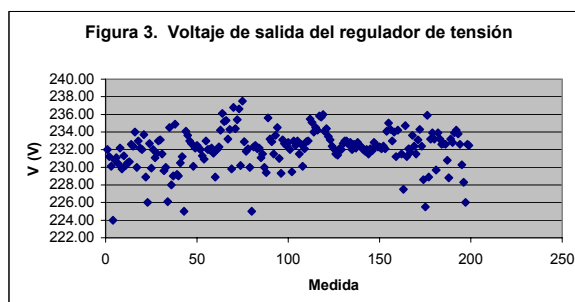
En la Figura 2 se muestra el montaje realizado. Se observa que las lámparas fueron instaladas con sus bases hacia arriba.

La tensión en el regulador se fijó en un valor de 232 V, lo que produce sobre cada lámpara una tensión de aproximadamente 11.2 V.

Figura 2. Montaje del circuito.

2.3 Control de las condiciones de ensayo

Si bien el regulador de tensión mantiene la misma en un valor prefijado con un error de 1.5 %, ante cambios importantes en la tensión de la red se pierde la consigna y el equipo debe ser ajustado nuevamente en forma manual. Esto llevó a la necesidad de realizar controles durante todo el período de ensayo (ver Figura 3). En estos controles, la tensión de salida del regulador era medida y en el caso de apartarse de la consigna (232 V), el equipo era ajustado nuevamente. Asimismo,



también durante todo el período del ensayo, se midió la tensión de salida en cada transformador a los efectos de asegurar el mismo voltaje de alimentación en todas las lámparas (ver Figura 4).

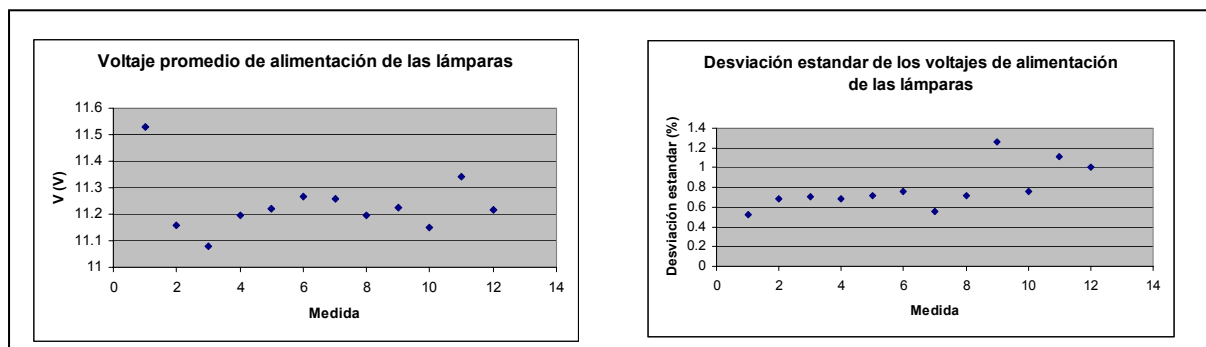


Figura 4. Gráficos de promedio y desviación estándar de los voltajes de alimentación de las lámparas.

Con respecto a la temperatura ambiente durante el ensayo, si bien no se llevó un registro de la misma, es posible afirmar que estuvo comprendida en el rango 15° - 25°, que es el que presenta la Sala de Envejecimiento del Laboratorio de Fotometría del IIE según los datos históricos disponibles.

2.4 Detección de fallas de lámparas y medidas fotométricas

La detección de las fallas de lámparas fue realizada por observación directa cada ciertos intervalos de tiempo. Al principio del ensayo (primeras 2000 horas) fue relativamente simple realizar esta tarea en intervalos cortos (menores a la mitad de la vida declarada por el fabricante). Luego, debido a la prolongación del ensayo en el tiempo y a las rotaciones de los docentes en el Laboratorio, fue difícil mantener cortos dichos intervalos de observación. En la Tabla 2 se presentan los instantes en donde se efectuaron las observaciones.

Tabla 2. Instantes de tiempo (en horas) donde se realizaron observaciones y medidas

| | | | | | | | | | | |
|----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 24 | 480 | 1632 | 1992 | 2870 | 6576 | 7272 | 8832 | 11160 | 17616 | 18840 |
|----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|

Con las mismas características se realizaron las medidas de la intensidad luminosa y las observaciones sobre los cambios en la coloración de los reflectores.

Respecto a las medidas de intensidad luminosa, éstas se registraron midiendo la iluminancia en el plano horizontal perpendicular al eje del reflector de cada lámpara, a 1 m de distancia de la misma y sobre dicho eje. Se utilizó para esto un tubo negro de 1 m de longitud. El mismo era colocado debajo de la lámpara a medir, introduciendo la lámpara en el extremo superior del tubo y la fotocélula del luxímetro en el extremo inferior.

3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO

3.1 Vida media de las lámparas

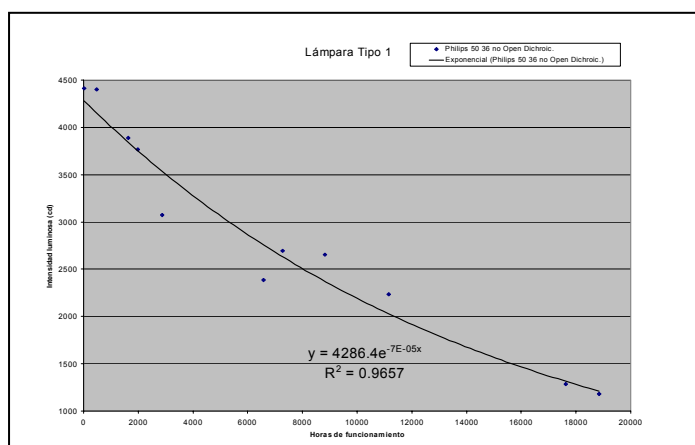
La cantidad total de lámparas de cada tipo que se encontraron funcionando a las 2000 horas, a las 3000 horas y al final del ensayo, son las indicadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Lámparas vivas a las 2000 hrs, 3000 hrs y al final del ensayo.

| Tipo | Nº vivas @ 1992 hs | Nº vivas @ 2870 hs | Nº vivas @ fin ensayo | Tipo | Nº vivas @ 1992 hs | Nº vivas @ 2870 hs | Nº vivas @ fin ensayo |
|------|--------------------|--------------------|-----------------------|------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 3 | 3 | 3 | 11 | 3 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 12 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 13 | 3 | 3 | 0 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 14 | 3 | 3 | 2 |
| 5 | 3 | 3 | 2 | 15 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 16 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | 3 | 3 | 3 | 17 | 3 | 3 | 0 |
| 8 | 3 | 3 | 0 | 18 | 3 | 3 | 3 |
| 9 | 3 | 3 | 3 | 19 | 2 | 1 | 0 |
| 10 | 3 | 3 | 3 | 20 | 3 | 3 | 3 |

3.2 Depreciación del flujo luminoso

En la Figura 5 se muestra el gráfico típico obtenido de depreciación del flujo luminoso, que relaciona la intensidad luminosa con las horas de funcionamiento de la lámpara.



La curva puede aproximarse con una función exponencial. En el caso de la figura, resulta una constante de tiempo (τ) igual a $1/(-7 \times 10^{-5})$ hrs y un coeficiente de la regresión (R^2) igual a 0.97.

En la Tabla 4 se presentan las constantes de tiempo y los coeficientes de la regresión obtenidos para todas las lámparas.

Figura 5. Gráfico típico obtenido de depreciación de intensidad luminosa

Tabla 4. Constantes de tiempo (τ) y coeficientes de regresión (R^2) para los tipos de lámparas ensayados

| Tipo | Constante de tiempo (hrs) ^(*) | Coef.de regresión ^(*) | Tipo | Constante de tiempo (hrs) ^(*) | Coef.de regresión ^(*) |
|------|--|----------------------------------|------|--|----------------------------------|
| 1 | 14286 | 0.97 | 11 | 25000 | 0.95 |
| 2 | 25000 | 0.96 | 12 | 20000 | 0.75 |
| 3 | 20000 | 0.91 | 13 | No definido | No definido |
| 4 | 10000 | 0.97 | 14 | 14286 | 0.96 |
| 5 | 11111 | 0.92 | 15 | 12500 | 0.88 |
| 6 | No definido | No definido | 16 | No definido | No definido |
| 7 | 25000 | 0.95 | 17 | 14286 | 0.84 |
| 8 | 25000 | 0.89 | 18 | 20000 | 0.85 |
| 9 | 25000 | 0.87 | 19 | No definido | No definido |
| 10 | 14286 | 0.98 | 20 | 33333 | 0.89 |

^(*) Los casos no definidos corresponden a aquellos en que fue imposible establecer una regresión exponencial (debido a la falta de datos válidos suficientes)

3.3 Variaciones en las características del reflector

En la Tabla 5 se resumen los resultados de las observaciones realizadas sobre la coloración de los reflectores durante el ensayo. La observación es subjetiva y está realizada sobre la superficie interior del reflector.

Tabla 5. Observaciones sobre la coloración de los reflectores

| Horas de funcionamiento | 24 | 480 | 1632 | 1992 | 2870 | 7272 | 8832 | 11160 |
|-------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Tipo | | | | | | | | |
| 1 | rosa | violeta claro | celeste claro | verdoso claro | verde claro | incoloro | amarillo y violeta | amarillo verde y violeta |
| 2 | verdoso | verdoso | verde | verde | verde | verde amarillento | verde violeta | verde azul |
| 3 | verdoso | verde claro | verde | celeste verdoso | verde claro | violeta claro | verde violeta | violeta verde |
| 4 | celeste claro | celeste muy claro | celeste | celeste claro | celeste | amarillo claro | amarillo y azul | amarillo celeste |
| 5 | incoloro | incoloro | plateado | violeta claro | violeta y verde | violeta claro | amarillo | amarillo violeta |
| 6 | celeste claro | celeste y verde | celeste verdoso | celeste | celeste | - | - | - |
| 7 | violeta claro | violeta verdoso | verde azulado | verde claro | verde azulado | violeta y verde | violeta y verde | violeta verde y azul |
| 8 | verde | verde | verde | verde | verde | verde | verde amarillento | verde amarillento |
| 9 | amarillo claro | amarillo claro | amarillo | amarillo claro | amarillo | amarillo claro | amarillo | dorado |
| 10 | incoloro | incoloro | plateado | incoloro | plateado | incoloro | amarillo | amarillo violáceo |
| 11 | apenas violeta | violeta claro | violeta | amarillo claro | violeta | incoloro | dorado | violeta, amarillo |
| 12 | verde | verde azulado | verde azulado | verde | verde | verde azulado | azul verdoso | azul verdoso |
| 13 | amarillo claro | amarillo claro | amarillo verdoso | amarillo claro | amarillo | amarillo claro | amarillo | dorado intenso |
| 14 | verde | verde amarillento | verde azulado | verde | verde | verde | verde y azul | verde intenso |
| 15 | amarillo claro | incoloro | amarillo claro | amarillo claro | naranja claro | incoloro | dorado | dorado |
| 16 | amar verd tenue | incoloro | amarillo verdoso | verde claro | amarillo verdoso | verde claro | amarillo | amarillo |
| 17 | verdes y violetas | verde y violeta | verde y violeta | verde claro | verde | amarillo verdoso | verde y azul | verde y amarillo |
| 18 | verde azulado | verde azulado | verde azulado | verde y celeste | verde azulado | verde azulado | turquesa | azul verde |
| 19 | verdoso | verdoso amarillento | verde | verde y celeste | verde amarillento | - | - | - |
| 20 | amarillo | amarillo | amarillo | amarillo | amarillo | amarillo | amarillo | dorado |

4. CONCLUSIONES

4.1 Vida media de las lámparas

De la Tabla 3 resulta que a excepción de la lámpara Tipo 6, el resto de los tipos ensayados cumple con la vida media especificada, ya que más del 50 % de las muestras

permanecieron encendidas al cumplirse las 2000 horas de ensayo. Sin embargo es importante notar dos limitaciones de esta conclusión. En primer lugar, la referida al muestreo reducido, que ya se indicó en la Sección 2.1. En segundo lugar, dado que el voltaje promedio de alimentación de las lámparas fue de 11.2 V, es de esperar que la vida media obtenida sea mayor que la especificada (dado que la tensión nominal de las lámparas es de 12 V).

Por otra parte algunos tipos de lámparas (1, 2, 4, 7, 9, 10, 12, 15, 18 y 20) presentan una vida media muy superior a la especificada dado que para esos casos el 100 % de las muestras se mantuvieron encendidas hasta el final del ensayo (18840 horas de funcionamiento).

Para todos estos casos se utilizó el concepto de vida media, es decir la cantidad de horas en las cuales la mortandad alcanza al 50 % de las muestras. Sin embargo, este parámetro no proporciona información acerca de las condiciones en que (por ejemplo, con qué cantidad de flujo luminoso emitido) las lámparas llegan al final de su vida. Por esta razón, en la Sección siguiente se analiza la depreciación del flujo luminoso (medida en este caso a través de la depreciación de la intensidad luminosa en la dirección del eje del reflector).

4.2 Depreciación del flujo luminoso

Como surge de la Tabla 4, la intensidad luminosa en la dirección del eje del reflector, cae con las horas de funcionamiento de la lámpara según una característica que puede aproximarse bastante bien con una función exponencial (como resulta de los elevados valores de coeficientes de regresión obtenidos). Es decir que la intensidad luminosa puede expresarse como:

$$I = Ae^{-t/\tau}$$

donde:

A es el valor de la intensidad luminosa al inicio de la vida de la lámpara

τ es una constante de tiempo (en hrs), que caracteriza la velocidad con que cae la intensidad luminosa con las horas de funcionamiento

En consecuencia, para determinar completamente la evolución de la intensidad luminosa alcanza con conocer únicamente dos valores, A y τ . A mayor τ , es decir, cuanto mayor sea la constante de tiempo, más lentamente caerá la intensidad luminosa.

Es interesante ver en la Tabla 4, que para lámparas en que los distintos fabricantes daban la misma vida media, las constantes de tiempo varían entre 10000 horas y 25000 horas. Si definimos la vida útil de una lámpara como el tiempo en que el flujo luminoso demora en caer al 80 %, la observación anterior se traduce en variaciones de vida útil que van de 2200 horas a 5600 horas, es decir variaciones de más del 150 %.

Por otra parte, para la lámpara Tipo 20, para la cual el fabricante especificaba una vida media de 10000 horas, no solamente resultó del ensayo una vida media superior a la especificada sino también una mayor vida útil.

Dado que, en general, todas las lámparas especifican vidas medias similares y que sus desempeños a lo largo de ellas es muy diferente, sería interesante incorporar a los datos proporcionados por los fabricantes de este tipo de lámparas, la depreciación porcentual del flujo luminoso y, eventualmente, la estabilidad de la temperatura de color. Esto le asegurará a los consumidores no solamente el tener las lámparas encendidas sino también que la calidad de la luz se mantenga a lo largo de toda su vida.

4.3 Variaciones de las características del reflector

Como se puede apreciar en la Tabla 5 para los diferentes tipos de lámparas se observan variaciones muy importantes en el color percibido de los reflectores. Esto responde a las diferentes técnicas que pueden utilizar los fabricantes para el proceso de deposición del revestimiento del reflector.

Como es sabido, la tecnología que permitió el desarrollo de estas lámparas consistió en obtener revestimientos transparentes y ligeramente iridiscentes [4], que transmiten parte de la luz visible y de las radiaciones IR hacia el filamento obteniéndose de ese modo la temperatura necesaria en el mismo con un menor consumo de potencia. Eso se traduce en un aumento sustancial del rendimiento de estas lámparas respecto a las halógenas convencionales.

Asimismo una parte importante de la radiación IR (entre 50% y 66%) es transmitida por el reflector consiguiéndose entonces un haz de luz visible con apariencia de color más fría y de menor temperatura real.

Respecto al color del reflector es difícil extraer conclusiones definitivas dado que no se hizo una medición formal de los mismos y por la gran variedad de colores percibidos al comienzo del ensayo entre las distintas lámparas.

Obviamente las tecnologías utilizadas por los diferentes fabricantes son muy distintas entre sí lo que ha llevado a tener apariencias de colores muy variadas.

Se puede, sin embargo, realizar las siguientes observaciones:

4.3.1. En las lámparas en que el flujo luminoso se deprecia más lentamente (digamos que las de mayor vida útil) es en donde se aprecia pocos cambios de color a lo largo de la vida. El caso de la lámpara Tipo 20 (Ushio de 10000 horas) es muy significativo ya que en ella el reflector se apreció siempre con el mismo color. Lo mismo ocurrió en las lámparas con constantes de tiempo de 25000 horas, aunque el color inicial del reflector (que permaneció casi constante) fue diferente al de la lámpara Ushio.

4.3.2. En las lámparas de mayor depreciación (constante de tiempo más bajas) los reflectores presentaban al final del ensayo varios colores. Podríamos inferir entonces que una parte muy importante de la depreciación del flujo luminoso es debida a la mayor cantidad de luz transmitida hacia la parte posterior de la lámpara, lo que se hace evidente en aquellas lámparas en las que el reflector al final del ensayo presentaba una mezcla importante de colores.

4.4 Recomendaciones finales para la instalación

a. La elección de lámparas de fabricantes reconocidos mejorará la vida de la instalación así como la calidad de la luz proyectada.

b. El cuidado en la instalación eléctrica y en el dimensionado de los transformadores, asegurando una tensión nominal en bornes de la lámpara ligeramente menor a 12 V, asegurará un comportamiento más estable de las lámparas y obviamente una mayor longevidad de las mismas.

c. La elección de lámparas de larga vida (más de 6000 hrs) asegurará un mejor mantenimiento del flujo luminoso así como de la temperatura de color de la lámpara a lo largo de la vida de la instalación, lo cual redundará en beneficio del proyecto.

En resumen, las lámparas halógenas de bajo voltaje con reflector dicróico siguen siendo una buena opción **para su uso en iluminación de acentuación** por su agradable apariencia de color, su buena vida útil y su característico brillo. Estos tres aspectos la siguen diferenciando de sus competidoras directas: las lámparas halógenas con reflector de aluminio, tanto las de baja tensión (AR111) como las que trabajan con la tensión de línea (PAR 20), de menor vida útil y sobre todo mucho menor brillo.

5. Referencias

- [1] IES LM-49, IESNA: Approved Method for Life Testing of General Lighting Incandescent Filament Lamps, 1994.
- [2] IES LM-20, IESNA: Approved Method for Photometric Testing of Reflector-Type Lamps, 1994.
- [3] CEAC, Luminotecnia, Ediciones CEAC, Barcelona, España, 1993.
- [4] IESNA Lighting Handbook.
- [5] Pacific Energy Center Factsheet: Low Voltage Tungsten Halogen Lamps
- [6] Philips: Lamp and Gear Magazine. Volume 2 Issue 1.
- [7] The International Association for Energy-Efficient Lighting (IAEEL): Newsletter 2/97