

EFICIENCIA ENERGÉTICA: ILUMINACIÓN – IMPACTO AMBIENTAL

Cova, Walter J. D.

GPS – Grupo Proyectos y Servicios
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Rioja
San Nicolás de Bari (E) 1100
CP(5300) La Rioja – Argentina
e-mail: wcova.utn@gmail.com

Resumen. *En este trabajo se expone un análisis de la eficiencia energética en las lámparas eléctricas –partiendo de los bulbos de filamento hasta llegar a las lámparas de LED– y su incidencia en la ecología. Se intenta demostrar que, si bien el rendimiento lumínico de las lámparas ha ido mejorando obteniéndose una mayor cantidad de lúmenes por watt (es decir mayor cantidad de energía radiante por unidad de energía eléctrica suministrada), los problemas ecológicos asociados no han disminuido necesariamente en forma paralela, sino que las nuevas tecnologías de fabricación han traído consigo sus propias amenazas ambientales.*

Se analiza en particular el empleo cada vez más masivo de las lámparas compactas fluorescentes (CFL), considerando tanto su contribución a la eficiencia energética, como su impacto ambiental medido en toneladas de CO₂ no emitido merced a su uso por una parte, y por otra, la posibilidad de contaminación de aguas por el mercurio presente en sus residuos, cuya disposición racional constituye un serio reto a la conciencia ambientalista de gobiernos y ciudadanos, requiriendo una adecuada legislación e instalaciones acordes.

Se comenta asimismo la tendencia a la cartelización que exhibieron en el pasado muchos fabricantes de lámparas de filamento de tungsteno y que podría llegar a repetirse con las lámparas CFL, lo que requiere de una clara acción de control por parte de las asociaciones de consumidores.

Palabras clave: iluminación, lámparas fluorescentes compactas, eficiencia energética, impacto ambiental.

1. INTRODUCCIÓN – ILUMINACIÓN Y ENERGÍA

La iluminación constituye con toda seguridad la manifestación más evidente del progreso que trae consigo la utilización de la energía eléctrica. Tanto es así que coloquialmente muchas veces se dice “se fue la luz” para referenciar un corte de energía.

En los últimos tres siglos, los países desarrollados han incrementado su demanda de energía lumínica unas 100.000 veces. En la Figura 1, se muestra la evolución del consumo de luz

(expresada en miles de millones de lúmenes-hora) para el Reino Unido en el período que va de 1700 a 2000 (Fouquet y Pearson 2007). Esta tendencia se replica en las naciones en desarrollo.

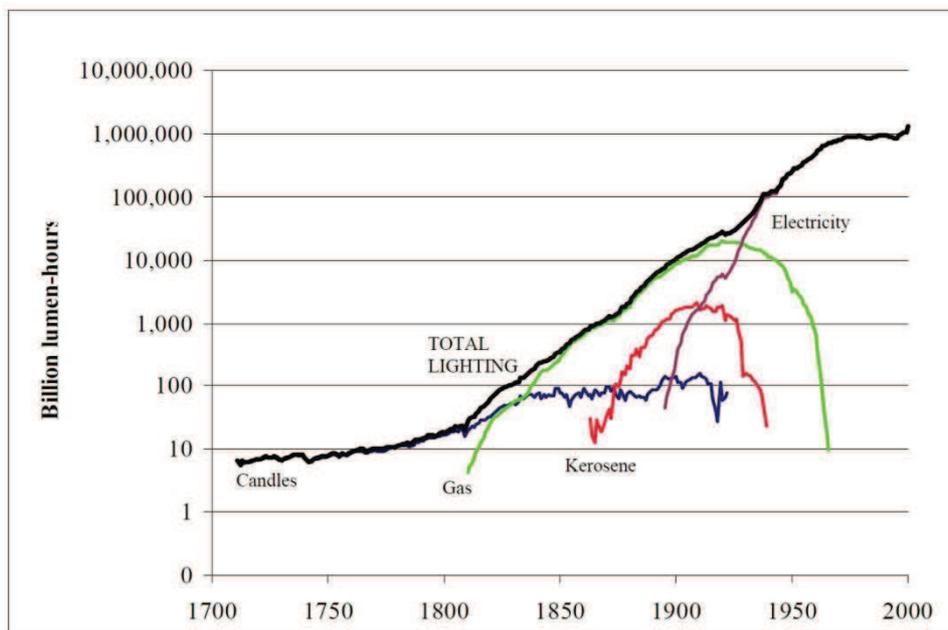


Figura 1. Consumo de energía lumínica en el Reino Unido entre 1700 y 2000 (Fouquet y Pearson 2007).

Mucho ha avanzado la humanidad desde los tiempos en que la iluminación dependía de las velas, con un rendimiento lumínico de 0.3 lúmenes/Watt (lm/W). La introducción de la energía eléctrica se vio acompañada por la invención y difusión de las lámparas de filamento incandescente que producen entre 5 y 17 lm/W.

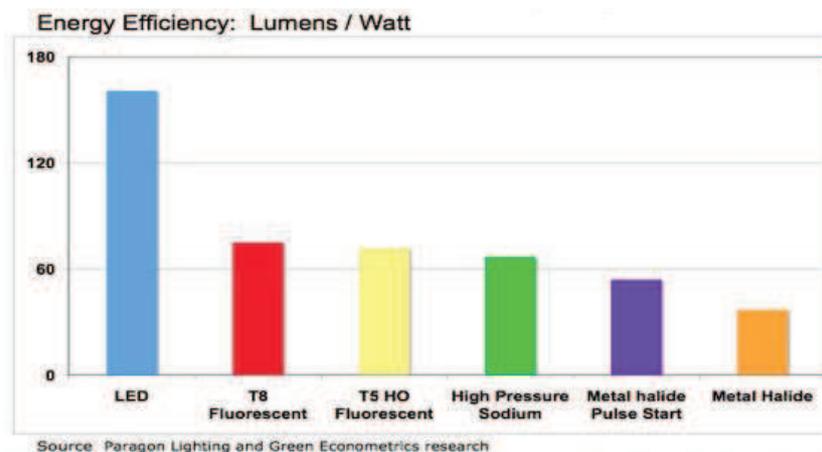


Figura 2. Eficiencia lumínica, tomado de Green Econometrics (2009).

Los tubos fluorescentes empleados en iluminación comercial y de oficinas rinden entre 60 y 100 lm/W, mientras que las lámparas fluorescentes compactas (CFL) de utilización residencial presentan eficiencias comprendidas entre 45 y 75 lm/W. Las lámparas LED (light emitting diode) pueden alcanzar los 150 lm/W con una prolongada vida útil^{iv} pero, en la actualidad, su precio de instalación resulta elevado. En iluminación pública de calles y plazas e iluminación industrial se emplean lámparas de descarga de alta potencia, con rendimientos entre 85 y 200 lm/W.

Aunque la eficiencia energética de las lámparas eléctricas se ha ido incrementando con las diversas tecnologías (Figuras 2 y 3), el consumo de electricidad para iluminación representa el 19% del consumo mundial de energía eléctrica (Figura 4), utilizando en su mayor parte lámparas incandescentes de bajo rendimiento.

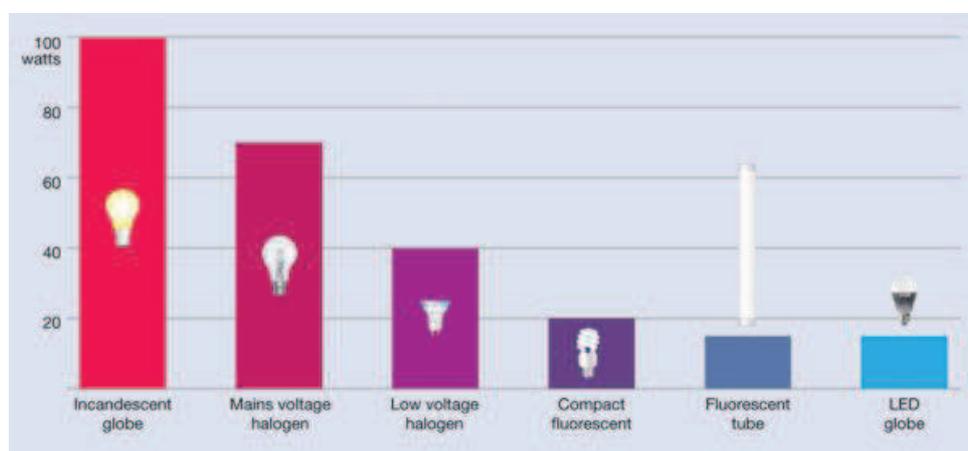
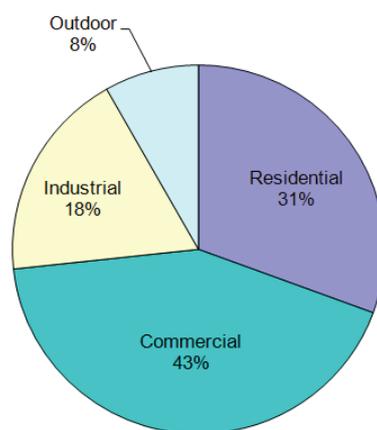


Figura 3. Consumo a igualdad de energía radiante, tomado de Green Econometrics (2009).

La sustitución de luminarias incandescentes por lámparas de mayor eficiencia lumínica, implica una reducción de consumo de energía y una disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, habida cuenta que la generación eléctrica se basa en la actualidad en energía primaria proveniente de combustibles fósiles. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (IEA 2014), se estima que el empleo de lámparas de bajo consumo permitiría el ahorro de 2.4 ExaJoules anuales en el año 2030 (es decir 667 TeraWatt-hora).

La eficiencia en iluminación no debe solamente buscarse por medio de la sustitución de lámparas incandescentes de bajo rendimiento, sino también mediante la racionalización del uso de la luz eléctrica, atenuando o apagando luminarias en los horarios de baja utilización (Brown 2011, cap. 8).

^{iv} Se prevé para el último cuatrimestre de 2015 el lanzamiento comercial de lámparas LED con recubrimiento de grafeno, con lo que se podría incrementar la eficiencia lumínica y energética llevando la vida útil de estas lámparas a 25 años. Véase «Graphene's First Commercial Success: Energy-Saving Light Bulbs?» en www.eetimes.com



Total: 3,418 Terawatt-hours

Source: EPI from IEA

Figura 4. Consumo mundial de electricidad para iluminación, por sector, 2005. (Brown 2011).

Un aspecto de interés para la disminución del gasto público municipal, está dado por el empleo de artefactos adecuados en la iluminación de calles, espacios públicos y edificios, artefactos que permitan dirigir el flujo lumínico hacia donde es requerido, evitando iluminar inútilmente el cielo. La disminución de la contaminación lumínica nocturna significa no solo economías para el erario, sino una mejora en la salud de los habitantes de las ciudades, de la flora y de la fauna (García 2010).

Cuba ha sido el primer país en implementar una política de eliminación progresiva de lámparas incandescentes a partir de 2006. Australia y Nueva Zelanda la siguieron a principios de 2007. Cuba ha informado una reducción en la demanda pico de 3.980 MW, o lo que es lo mismo 34 MW por millón de lámparas incandescentes sustituidas. De acuerdo a Waide (2010) un total de por lo menos 37 naciones han iniciado políticas en tal sentido. En lo que sin embargo no se ha avanzado lo suficiente a nivel global, es en el manejo de los residuos tóxicos originados por las lámparas de bajo consumo en desuso.

3. IMPACTO AMBIENTAL DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (CFL)

Se ha mencionado que la iluminación constituye aproximadamente el 20% del consumo mundial de energía eléctrica, equivalente a un 2.4% de la energía primaria global, la que es preponderantemente generada mediante combustible fósil (80%). A su vez el 70 % de la energía usada para iluminación artificial es consumida por lámparas incandescentes lo cual representa aproximadamente el 1,7 % del consumo mundial de toda la energía primaria. Siguiendo a Leanza y Parente (2013), si el ahorro de energía que representa la sustitución de lámparas incandescentes por CFL es del 80%, ello significa el 1.3% del consumo total de energía primaria. ¿A cuántas toneladas de dióxido de carbono (CO₂) no emitido equivale este ahorro de energía?

Para responder a la pregunta precedente, se debe tener en cuenta que la emisión total de CO₂ es aproximadamente de 30.000 millones de toneladas (Mt) anuales, por lo que mantener encendidas las lámparas incandescentes trae aparejada la emisión de 390 Mt de CO₂ y la sustitución total por lámparas CFL de bajo consumo significaría emitir un 80% menos, es decir 312 megatoneladas.

Pero no todo lo que reluce es oro... lamentablemente, las lámparas CFL de uso doméstico contienen en promedio 5 mg de mercurio cada una^v. La Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA) catalogó a las lámparas que contienen mercurio como un residuo peligroso; asimismo demostró que su disposición en rellenos sanitarios puede producir la contaminación de las aguas subterráneas, a través de los lixiviados. Las regulaciones internas primarias de los Estados Unidos (EPA, 2000) establecen un contenido máximo de mercurio de 0,002 mg/litro de agua. Ello significa que una lámpara CFL desechada tiene el potencial de contaminar 2500 litros de agua. En este punto, si se tiene presente que un tanque domiciliario standard para vivienda unifamiliar tiene una capacidad de 1000 litros (1 m³ o 1 tonelada) de agua, visualizaremos que la lámpara en cuestión, podría contaminar el agua contenida en dos tanques y medio.

Para ir completando el balance ecológico, se debe calcular cuánto ahorro en emisión de gases de efecto invernadero (CO₂) produce la lámpara en cuestión. Considerando que una CFL de 15W y 8000 horas de vida produce un flujo luminoso igual al de una lámpara incandescente de 75W (cuya vida es de 1000 horas), entonces durante su vida la CFL produce un ahorro energético de 480 kWh (kilowatt-hora) que significa la no emisión a la atmósfera de 262.5 kg CO₂, adoptando el factor de emisión de 0.547 kg CO₂/kWh (Sec. Energía, 2013).

La consecuencia de lo expuesto es la siguiente: la no emisión de 262.5 kg de dióxido de carbono estaría contrabalanceada por la posible contaminación de 2500 litros de agua, por lo que el potencial contaminante de las lámparas CFL es de 9.5 litros de agua por cada kg CO₂. Las dimensiones del problema ambiental global son impactantes: las 312 Mt de CO₂ anuales ahorradas por la sustitución total de la iluminación incandescente, significarían la posibilidad de contaminar 2964 Mt de agua (= 2.964.000.000 de toneladas de agua, o en números redondos 3 kilómetros cúbicos de agua) por año, si es que no se adoptan las medidas necesarias para producir una adecuada disposición al final de la vida útil de las lámparas CFL y de las lámparas fluorescentes en general.

El análisis no estaría completo, si olvidáramos mencionar la emisión de vapores de mercurio a la atmósfera, originado en la generación de energía eléctrica mediante combustibles fósiles (principalmente carbón). De acuerdo a una publicación en internet de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2014): *“Pequeñas cantidades de de mercurio pueden ser inyectadas al ambiente cuando se rompen CFLs, o si al final de su vida útil no son adecuadamente dispuestas. A pesar de estas emisiones, el empleo de CFLs contribuye a*

^v El contenido de mercurio de los diversos tipos de lámparas parte de los aproximadamente 5 mg en las fluorescentes compactas (CFL), 15 mg en los tubos fluorescentes y de 50 a 1000 mg en las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) utilizadas para iluminación vial. Por otra parte, a nivel doméstico se emplean otros elementos que contienen mercurio: pilas y acumuladores, interruptores de mercurio, termómetros clínicos, etc., los que asimismo originan residuos tóxicos.

reducir la emisión total de mercurio en USA por el significativo ahorro de energía derivado de su empleo. La utilización de lámparas CFL reduce la demanda eléctrica, con lo que se reduce la cantidad de carbón empleada en la generación y, consecuentemente, se reducen las emisiones de mercurio por quemado de carbón". En USA, se ha producido en 2011 una emisión total de 52 toneladas de mercurio al ambiente, de las cuales 25.4 se deben a centrales de generación eléctrica operadas con carbón o coque de petróleo (EPA, 2013).

Por cierto que la posición sustentada por EPA, resulta válida en tanto se mantenga la actual canasta de insumos para producción de electricidad en USA. De todas maneras, algunos estados y municipios ya han reconocido la toxicidad de las lámparas fluorescentes y han prohibido su disposición en enterramientos sanitarios, exigiéndose a fabricantes y distribuidores que proporcionen servicios de disposición y reciclado de CFLs (Maine DEP, 2014).

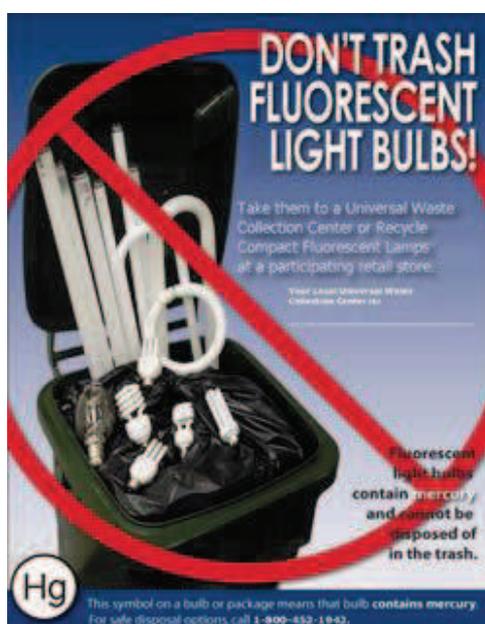


Figura 5. Tomada de Maine DEP (2014)

Resulta entonces aconsejable que los planes gubernamentales de sustitución de lámparas incandescentes sean acompañados por medidas de educación de los consumidores y fomento de empresas e instalaciones dedicadas al tratamiento y disposición de residuos especiales, ya que las lámparas fluorescentes residuales deben ser consideradas en función de las leyes que regulan los residuos especiales (Ley 11720 PBA, 1995). Preocupa especialmente la falta de normativas nacionales y acciones específicas a nivel gubernamental orientadas a la recolección y tratamiento de estos residuos contaminantes. Se cuenta a nivel mundial con múltiples antecedentes acerca de regulaciones útiles al momento de formular las normas que nos están faltando. Véanse al respecto (Australian Gov. 2014), (South Africa Gov. 2008), (European Com. 1991); un estudio sobre residuos domésticos particularmente importante se

encuentra en (Gendebien et al. 2002).

4. ARGENTINA: PRONUREE

En 1994 y 2001 respectivamente, la República Argentina aprobó la CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO (Ley N° 24.295–1994), y adhirió al PROTOCOLO DE KYOTO (PK) de esa Convención (mediante Ley N° 25.438–2001). Posteriormente por Decreto 140–2007, se declaró de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía, aprobándose los lineamientos del PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA (PRONUREE), entre cuyos considerandos se destaca el papel de la eficiencia energética, entendida como la adecuación de los sistemas de producción, transporte, distribución, almacenamiento y consumo de energía, destinada a lograr el mayor desarrollo sostenible con los medios tecnológicos al alcance, minimizando el impacto sobre el ambiente, optimizando la conservación de la energía y la reducción de los costos, conforma en la República Argentina un componente imprescindible de la política energética y de la preservación del medio ambiente, para lograr una significativa reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de otros gases de efecto invernadero.

Si bien el texto del Decreto 140-2007 y de sus anexos abunda en consideraciones de impacto ambiental, las mismas están orientadas a minimizar las emisiones de dióxido de carbono mediante el uso racional de la energía y las nuevas tecnologías coadyuvantes, con escasas referencias a la disposición de residuos potencialmente peligrosos producidos por estas últimas.

Entre los objetivos de mediano y largo plazo de PRONUREE se encuentra la sustitución de lámparas incandescentes, mezcladoras y de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio de alta presión y LEDs, en aplicaciones de iluminación en alumbrado público y semaforización. Para este caso se cuenta con un INSTRUCTIVO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS (MinPLAN, 2012) provenientes de las lámparas de vapor de mercurio retiradas, preparado en forma conjunta por la Secretaría de energía y la Universidad Tecnológica Nacional – obrando la UTN como Unidad de Seguimiento y Control, de acuerdo a lo establecido en MinPLAN (2008). Ese instructivo establece taxativamente los pasos a seguir y los controles a cumplimentar para la disposición de esos residuos específicos.

Dentro de los objetivos de corto plazo establecidos para el PRONUREE se encontraba el reemplazo masivo de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo, en todas las viviendas del país, lo que se ha llevado a cabo de 2008 a 2011. A pesar de la cantidad de normas ambientales detalladas en el documento DOCUMENTO MARCO DE GESTION AMBIENTAL Y SOCIAL (MinPLAN, 2013) el tema atinente a las medidas específicas para la disposición final de las lámparas de bajo consumo domiciliarias no se encuentra mencionado, aunque debiera suponerse que tales acciones son de resorte municipal, de acuerdo a la Ley Nacional 25.916 (B.O. 07/09/04) de Gestión de Residuos Domiciliarios, a la que se han adherido algunas administraciones provinciales.

La figura siguiente (Iglesias Furfaro, 2012) muestra un ahorro anual de energía de 6.000

GWh, producido por la sustitución de 25 millones de lámparas de iluminación domiciliar por CFLs llevada a cabo por PRONUREE hasta la prohibición final en 2011 de las lámparas incandescentes.

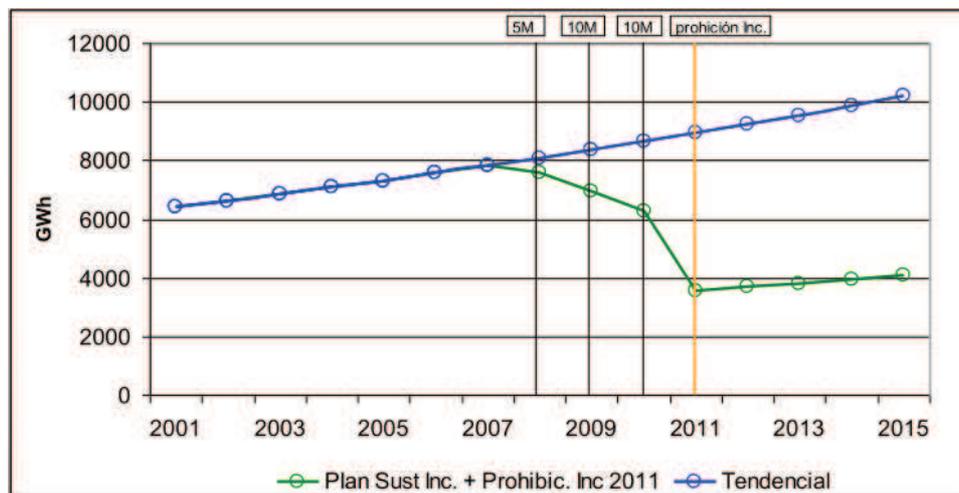


Figura 6. PRONUREE: sustitución de lámparas incandescentes. Tomado de (Iglesias Furfaro, 2012).

Admitiendo de nuevo optimísticamente para las CFLs una vida útil de 8.000 horas (2.7 años a un promedio de encendido de 8 horas diarias), su utilización ha producido en ese tiempo un ahorro en energía eléctrica de 16.200 GWh y la no emisión a la atmósfera de 8.9 millones de toneladas de CO₂. El cálculo del potencial contaminante del mercurio contenido en las CFLs es muy simple: 25.000.000 de lámparas a 5 mg Hg c/u, arroja un total 125 kg de desechos de mercurio con capacidad de contaminar 62.5 millones de toneladas de agua: es decir, un lago de 62.5 Hm³. No se afirma aquí esa contaminación haya ocurrido o deba necesariamente ocurrir pero, por otra parte, no hay medidas normativas para impedir que ocurra.

5. CARTELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LÁMPARAS

El mercado de la iluminación es económicamente muy importante, por lo que no han faltado en las primeras décadas del siglo pasado intentos de asegurar y repartir el mercado entre las compañías fabricantes asignando cupos de producción y, lo que es peor, implantando la obsolescencia programada de modo que las lámparas incandescentes no duraran más de 1000 horas y debieran ser cambiadas de tres a cuatro veces al año.

De acuerdo a lo publicado por Markus Krajevski, investigador de la Universidad de Basilea, el 23 de diciembre de 1924 se constituyó en Ginebra (Suiza) el cartel empresarial *Phoebus* integrado por Osram (Alemania), Philips (Holanda), Tungsram (Hungría), Associated Electric Industries (Inglaterra), Compagnie des Lampes (Francia), Tokio Electric Co. (Japón) y tres subsidiarias de General Electric de Brasil, China y México (Krajevski 2014-a). Phoebus ha sido el primer cartel de alcance verdaderamente mundial y contó con un órgano de

supervisión conducido por William Meinhardt de Osram, a cuyo cargo estuvo la asignación de cuotas de producción, la regulación del mercado global, el intercambio de patentes y de know-how, el establecimiento de normas de calidad y estándares de fabricación.

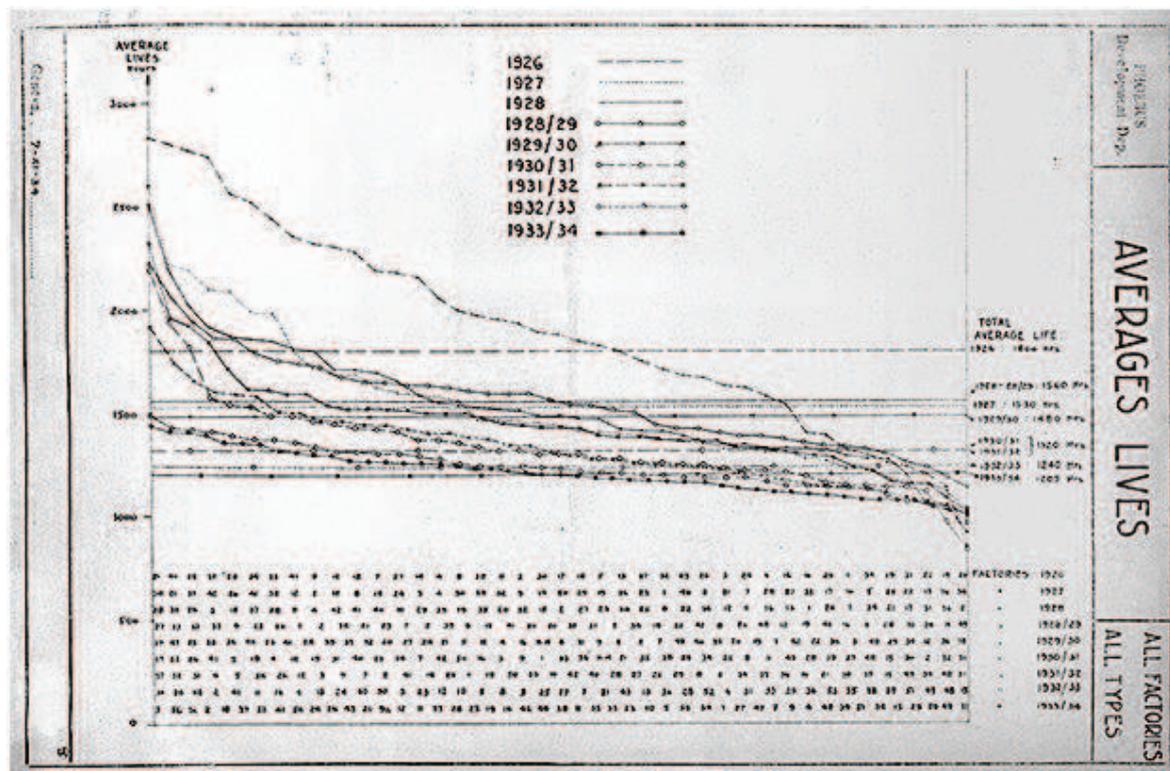


Photo: Landesarchiv Berlin

Figura 7. Vida media de las lámparas de filamento 1926-1934. Tomado de (Krajewski , 2014-a).

Entre los estándares de calidad se estableció que la vida útil de las diferentes lámparas de filamento debía ser de 1000 horas. La Figura 7 muestra el resultado de la aplicación de esta norma de 1926 a 1934. Cada una de las fábricas controladas por el cartel debía enviar con regularidad muestras de las lámparas producidas a los laboratorios centrales de Phoebus ubicados en Suiza. Teniendo en cuenta que en 1924 la duración de las lámparas superaba las 2500 horas, modificar su vida útil para reducirla a 1000 horas, manteniendo los niveles de eficiencia lumínica, significó un verdadero esfuerzo de ingeniería, lo que tan sólo en tiempos recientes ha salido a la luz (Krajewski 2014-b).

Osram, una de las empresas fundadoras del cartel (que continúa activa en el mercado de la iluminación, produciendo actualmente CFL y lámparas LED) publicó en 2006, en ocasión de su centenario, una historia corporativa que menciona muy breve y harto benignamente su participación en Phoebus (Osram 2006, pags. 33-34).

Aunque al momento de su creación se le había previsto un plazo de duración de 30 años, la Segunda Guerra Mundial significó el fin de Phoebus. Teniendo en cuenta la magnitud de las

empresas que integraban el cartel, las principales de las cuales perduran a la fecha, los consumidores de lámparas eléctricas y artefactos de iluminación, están perfectamente justificados al considerar con desconfianza las especificaciones técnicas publicitadas de los productos que se ofrecen en el actual contexto de mercados globalizados.

6. CONCLUSIÓN

La iluminación eléctrica plantea acuciantes problemas en lo ecológico, que se confía en solucionar con ayuda de la tecnología y con la toma de conciencia de usuarios y gobiernos en el manejo de residuos contaminantes. Específicamente en Argentina es necesario que los habitantes y autoridades municipales implementen medidas legales de protección al medio ambiente ante la amenaza que representan los residuos mercuriales provenientes de lámparas de bajo consumo.

Por otra parte es particularmente necesario que las asociaciones de consumidores extremen su vigilancia acerca de las prácticas empresariales de los fabricantes, para lograr el suministro de lámparas de calidad y precio moderado, controlando la duración de sus lámparas y verificando el cumplimiento de las promesas publicitarias de los fabricantes.

AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer a la Dra. Úrsula Oswald Spring por la motivación brindada en el Seminario «*Impacto de las Energías Renovables en Ciencia, Tecnología y Sociedad*» desarrollado en el seno de EEACI – ESCUELA DE ESTUDIOS AVANZADOS EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA (UTN Rectorado), en Octubre de 2014.

REFERENCIAS

- [1] Australian Gov., (2014) – Department Of The Environment: “Disposal Of Mercury-Containing Lamps”. Disponible En [Http://www.environment.gov.au/protection/national-waste-policy/mercury-containing-lamps](http://www.environment.gov.au/protection/national-waste-policy/mercury-containing-lamps)
- [2] Brown, Lester R., (2011): *World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse*. W.W. Norton & Company, New York – USA. Disponible en forma gratuita en Earth Policy Institute, www.earth-policy.org.
- [3] Decreto 140–2007. Presidencia de la Nación Argentina - MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS - Secretaría de Energía. infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000139999/136078/norma.htm Acceso 17/5/2015.
- [4] EPA, (2000): Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. EPA 815 – F – 00 – 007.
- [5] EPA, (2013): “2011 National Emissions Inventory, version 1”. Technical Support

- Document. November 2013 – DRAFT. Disponible en http://www.epa.gov/ttn/chief/net/2011nei/2011_neiv1_tsd_draft.pdf
- [6] EPA, (2014): “What are the Connections between Mercury and CFLs?” Disponible en <http://www2.epa.gov/cfl/what-are-connections-between-mercury-and-cfls>
- [7] European Communities, (1991): “EC Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste”. *Official Journal L 377*, 31/12/1991 P. 0020 – 002. Disponible en <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0689>
- [8] Fouquet, Roger y Peter J.G. Pearson, (2007): “Seven Centuries of Energy Services: The Price and Use of Light in the United Kingdom (1300-2000)”, *Energy Journal*. Citado por On Climate Change Policy disponible en <http://onclimatechange.org.wordpress.com/low-carbon-technologies-section-overview/long-term-trends-in-lighting-efficiency-and-consumption/>
- [9] García Beatriz, (2010): *Ladrones de Estrellas – Ecología del cielo nocturno*. Ed. Kaicron. Buenos Aires.
- [10] Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Franke, B. y A. Franke, (2002): “Study On Hazardous Household Waste (Hhw) With A Main Emphasis On Hazardous Household Chemicals (Hhc) - Final Report”. European Commission - Directorate General Environment. Report No.: CO 5089-2. Julio 2002.
- [11] Green Econometrics, (2009): “Obama, Energy Efficiency and Lighting Retrofit”. Disponible en http://greenecon.net/obama-energy-efficiency-and-lighting-retrofit/energy_economics.html
- [12] IEA, (2014): “Energy efficiency: Lighting”. Disponible en <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/lighting/>
- [13] Iglesias Furfaro H. (2012). Seminario EFICIENCIA ENERGÉTICA – PRONUREE. Ciudad de Buenos Aires, 28 de Marzo de 2012. acceso 17/5/2015
- [14] Krajevski, Markus (2014-a): “The Great Lightbulb Conspiracy”, *IEEE Spectrum* (24/09/2014). Disponible en http://spectrum.ieee.org/geek-life/history/the-great-lightbulb-conspiracy/?utm_source=techalert&utm_medium=email&utm_campaign=100214
- [15] Krajevski, Markus (2014-b): “Fehler-Planungen. Zur Geschichte und Theorie der industriellen Obsoleszenz” en *Technikgeschichte*, vol. 81, No. 1, p. 91–114, 2014.
- [16] Leanza, Luis y Jorge Parente, (2013): “Consecuencias Ambientales del Reemplazo de Lámparas Incandescentes por Lámparas Fluorescentes Compactas”. *UTN Revista Tecnología y Ciencia*, Año 4 N°7, mayo 2013, págs. 34-38.
- [17] Ley 11720, (1995) – De Residuos Especiales – De generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento, y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires – Anexo I y Anexo II – 2 de noviembre de 1995 – Provincia de Buenos Aires.

- [18] MAINE DEP, (2014): “FLUORESCENT LIGHT BULB INFORMATION”. MAINE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION. DISPONIBLE EN [HTTP://WWW.MAINE.GOV/DEP/HOMEOWNER/FLUORESCENT.HTML](http://www.maine.gov/dep/homeowner/fluorescent.html)
- [19] MinPLAN (2008). Reglamento General del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE). Anexo II. Punto 3.5. Resolución N°24 de 15/01/2008.
- [20] MinPLAN (2012). “Instructivo de disposición final de residuos peligrosos provenientes del recambio de luminarias de alumbrado público”. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Energía. Programa nacional de uso racional y eficiente de la energía (PRONUREE).
- [21] MinPLAN (2013). Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina – DONACIÓN (BANCO MUNDIAL) TF092377 - DOCUMENTO MARCO DE GESTION AMBIENTAL Y SOCIAL (MGAS) -Julio 2013. Capítulo V « Marco Legal e Institucional ». Disponible en http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/eficiencia/2014/sistemagestion/Llamado_presentar_expresiones_interes.pdf
- [22] Osram, (2006): *100 Years of Osram – Light has a Name*. Historia corporativa disponible en <http://www.osram.com/media/resource/HIRES/334233/2591693/history---100-years-of-osram.pdf>
- [23] Sec. Energía, (2013): información contenida en la página oficial de la Secretaría de Energía de la Rep. Argentina, citado por (Leanza y Parente, 2013, pág. 37).
- [24] South Africa Gov. (2008): Act No. 59, 2008 NATIONAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: WASTE ACT, 2008. Government Gazette, Republic of South Africa, Vol. 525 Kaapstad, 10 March 2009, No. 32000. Ver también: Capetown Government: “CFL Recovery, Recycling & Disposal Implementation Guideline”. Disponible en http://www.capetown.gov.za/en/Solidwaste2/Documents/Compact_Flourescent_Lamps_brochure.pdf
- [25] Waide Paul, (2010): “Phase Out of Incandescent Lamps”. Information paper. *Energy Efficiency Series*. IEA – International Energy Agency.