



Ahorro de 1,5 GW en los picos de consumo eléctrico: iluminación LED

Por *Rodrigo Gil, Leila Iannelli y Salvador Gil*

“La eficiencia energética es una fuente de energía de bajo costo que no contamina”. En este trabajo se propone un programa de ahorro de energía de simple implementación y rápidos resultados por medio del canje de lámparas incandescentes tradicionales por lámparas LED, que permitiría recuperar la inversión y ahorrar 1200 millones de dólares en cuatro años.

La iluminación representa casi el 20% del consumo eléctrico mundial¹ y genera cerca del 6% de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en todo el mundo². En la Argentina representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico residencial³ y el 25% de consumo eléctrico total (Figura 1). El consumo eléctrico es el de mayor crecimiento tanto en el país como en el mundo. En el nivel nacional, se espera que se duplique en los próximos 15 a 20 años. Dada las dificultades que existen para satisfacer la demanda, el alto costo de las importaciones de gas y electricidad, resulta crucial buscar mecanismos que

puedan reducir el impacto de estas erogaciones tanto en las cuentas nacionales, como en la balanza comercial del país. La alternativa que analizamos en este trabajo busca dar una respuesta a los desafíos enunciados y al mismo tiempo disminuir las emisiones de GEI.

Las lámparas LED (*Light-Emitting Diode*) son componentes electrónicos de estado sólido de gran eficiencia. Consumen un 90% menos energía que las lámparas incandescentes tradicionales para producir la misma cantidad de luz, además poseen una mayor vida útil, del orden de unas 50.000 horas. Las principales características de los artefactos más comunes de iluminación se resumen en la tabla 1.

Existen, sin embargo, muchas otras ventajas de las lámparas LED respecto de las incandescentes halógenas o las *Lámparas Fluorescentes Compactas* (LFC) conocidas como lámparas de bajo consumo. Además de consumir menos energía, duran más, se encienden y se apagan instantáneamente y pueden ser utilizadas con reguladores de intensidad y de movimiento, con los cuales se puede lograr más ahorro de energía.

La *eficacia luminosa* es la eficiencia con la que se convierte la energía eléctrica en luz. Dicha eficacia se expresa en lúmenes (potencia luminosa emitida por la fuente) por Watt (potencia eléctrica). Cuanto mayor sea la eficacia luminosa de una lámpara, menor será la cantidad de energía requerida para producir una determinada cantidad de luz.

Las lámparas LED son fuentes de luz que no irradian calor, por eso la carcasa no necesita ser de vidrio y, generalmente, son muy robustas. Pueden resistir caídas de varios metros sin problemas. Su larga vida útil reduce la necesidad de reemplazar lámparas fallidas, esto puede llevar a un ahorro importante de mano de obra en su

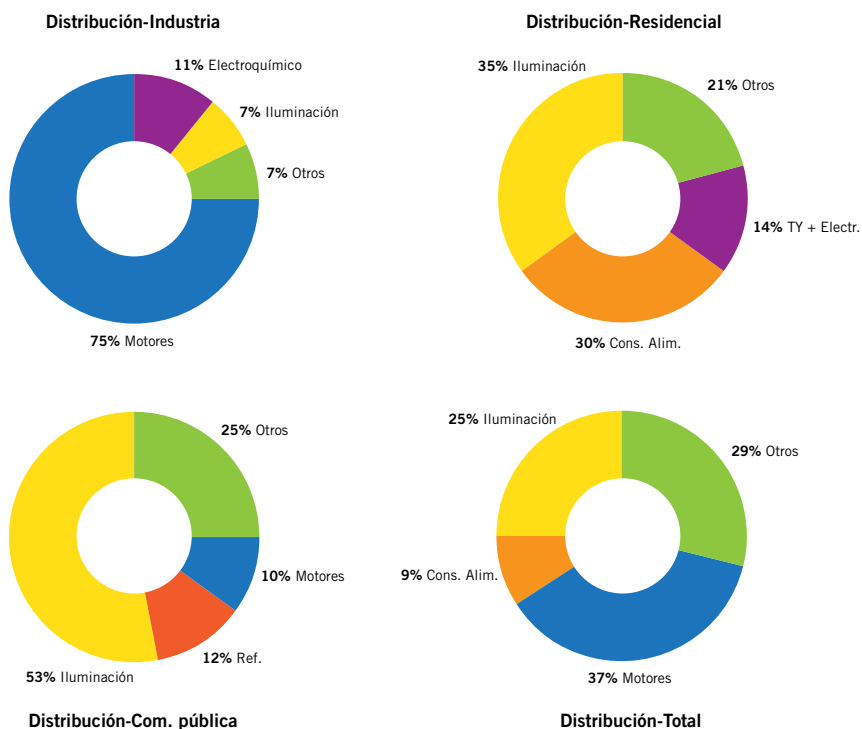


Figura 1. Consumo final de energía eléctrica en la Argentina (año 2005) por sector y uso final. Fuente: "Eficiencia Energética: situación actual y potencialidades para la Argentina" de C. G. Tanides.

reemplazo. En el alumbrado público la reposición de lámparas tiene un costo importante.

La naturaleza direccional de la luz producida por LED permite el diseño de luminarias con mayor eficiencia global, ya que en la mayoría de las lámparas comunes, una importante fracción de la luz no va a los lugares de mayor interés o utilidad.

Las lámparas LED no tienen problemas de utilizarse en lugares que requieren frecuentes encendidos y apagados, a diferencia de las lámparas fluorescentes que se queman más rápido en esas situaciones. Además, funcionan bien en ambientes fríos y pueden ser usadas en aplicaciones, como refrigeradores y frigoríficos.

Las lámparas LED tienen la característica de producir distintos colores. Esto las convierte en la iluminación

más adecuada para los semáforos y las luces de señalización.

Desde el aspecto ambiental, las lámparas LED no contienen mercurio y la cantidad de plomo en las soldaduras se puede reducir ampliamente, satisfaciendo las directivas europeas en este rubro. No ocurre lo mismo con las LFC que tienen una pequeña cantidad de mercurio. Si se descartan en lugares especiales, como lo recomienda la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)⁶, esta situación no representaría un grave problema; pero, si se lo hace sin las medidas precautorias correspondientes, como ocurre generalmente en la Argentina, el impacto medioambiental es un riesgo cuyas consecuencias no han sido ponderadas adecuadamente (Figura 2).

La luz de las lámparas LED puede ser fácilmente atenuada. El uso de controles de intensidad, además de eliminar el exceso de iluminación, ayuda a que se disminuya el consumo de energía y a que aumente aún más su eficiencia.

Por último, las lámparas LED pueden operar a baja tensión y en corriente continua (DC). Casi todos los sistemas electrónicos operan en DC; por ejemplo, computadoras o teléfonos, por lo tanto, las lámparas LED se

Tipo de lámpara	Eficacia luminosa	Vida útil
Lámpara incandescente	14 Lm/W	1.000 h (*)
Lámpara halógena (dicroica)	18 Lm/W	2.000 h
Tubos fluorescentes	90 Lm/W	8.000-10.000 h
Lámpara LFC	55 Lm/W	6.000 h
LED	90-100 Lm/W	50.000 h

Tabla 1. Eficacia luminosa y vida útil de los distintos tipos de lámparas. Fuentes de los datos: U.S. Department of Energy; International Energy Agency; Secretaría de Energía de la Nación Argentina⁴ y Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL)⁵. (*) Según la Ley 26.473 de 2009, se prohíbe la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial en el país a partir de 2011. No así las lámparas halógenas.

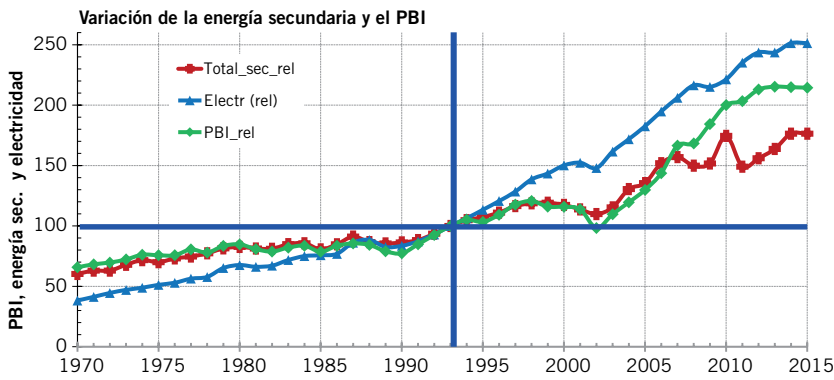


Figura 2. Consumo de energía secundaria, electricidad y variación del PBI en la Argentina, en unidades relativas, tomando como referencia 1993. Como se observa, el consumo eléctrico crece más rápido que el promedio de los otros insumos energéticos. Fuente: Secretaría de Energía de la Nación Argentina⁷.

acoplan muy bien con ese tipo de artefactos. Además los generadores fotovoltaicos generan electricidad en DC haciendo que su acople a las LED sea muy sencillo. Esta característica de las lámparas LED las convierte en artefactos particularmente adecuados para llevar iluminación a lugares remotos y aislados de las redes eléctricas. Con un panel fotovoltaico con la capacidad de cargar pequeñas baterías se podría brindar iluminación a muchas personas que actualmente no tienen acceso a la luz artificial.

Se estima que el consumo total de energía en la Argentina se duplicará en los próximos 20 años y el eléctrico en unos 15 años. Actualmente, la producción nacional de energía es insuficiente para abastecer la demanda local. El abastecimiento de fuentes externas además de ser altamente costoso es imprevisible. De hecho, la importación de energía de los últimos años ha tenido un significativo impacto en las cuentas nacionales y en la balanza comercial.

Cabe destacar que la iluminación se caracteriza por tener un alto grado de simultaneidad, durante la noche transcurren las horas de mayor consumo eléctrico. Esta característica de la iluminación genera un gran impacto en el sistema de abastecimiento eléctrico⁸. Una mejora en este uso final de la

energía, podría desempeñar un papel importante para equilibrar la demanda de electricidad a lo largo del día y mejorar el suministro en los momentos de consumo pico, que en general corresponden a la noche, en el horario de 19 a 24. En la figura 3 se muestra la variación horaria del consumo eléctrico o potencia eléctrica en dos días típicos de invierno y verano, cuya temperatura no requiere el uso de calefacción o refrigeración (18 ± 1 °C).

Otro problema que viene aparejado con el aumento del consumo de energía eléctrica, son las emisiones de GEI, que contribuyen al cambio climático global. El 77% de las emisiones mundiales de GEI provienen del uso de la energía. La producción de energía eléctrica aporta el 24,6% de las emisiones en el nivel mundial, luego le siguen el cambio en el uso de la tierra, el transporte, la agricultura, la industria y otros⁹. Posibles muestras del cambio climático ya se evidencian en la Argentina y en el mundo, con

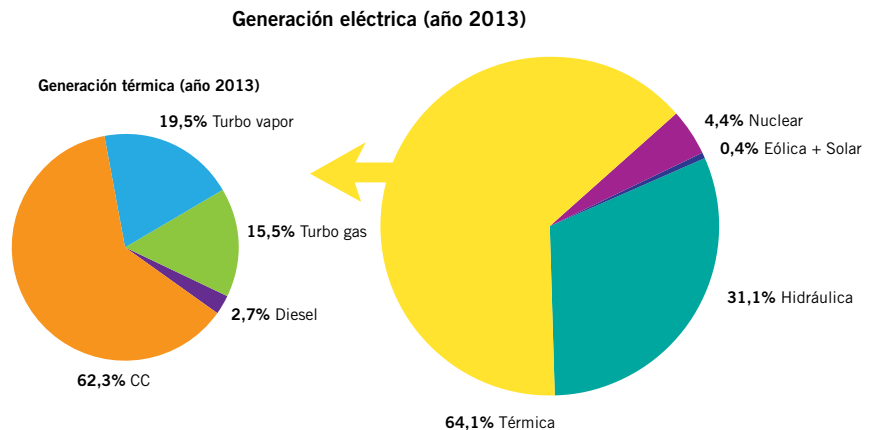


Figura 4. Producción de electricidad en la Argentina para 2013. A la izquierda se indica cómo se distribuye la generación térmica. CC= Ciclo Combinado. Fuente: CAMMESA, 2013⁹.

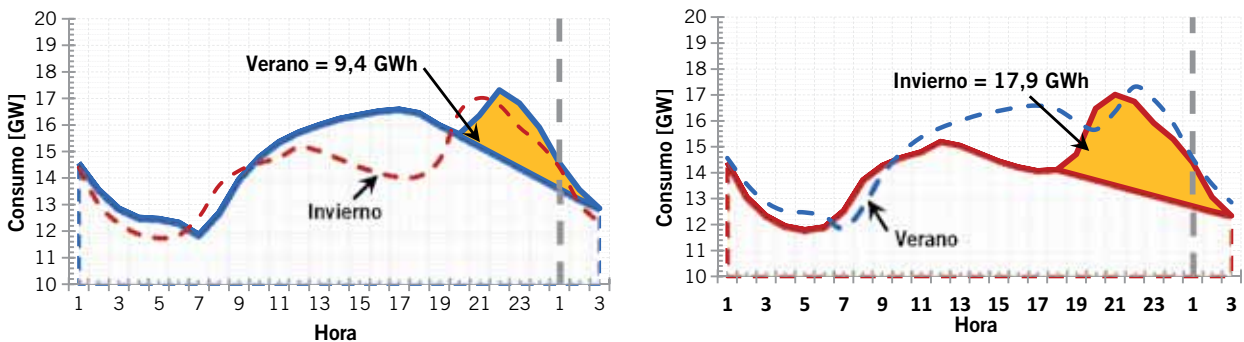


Figura 3. Curvas de potencia eléctrica en un día de invierno típico (izquierda) y en días de temperaturas similares (18 ± 1 °C) de verano e invierno, que no requieren el uso de calefacción o aire acondicionado. La línea vertical de trazo es el fin del día, la curva roja punteada indica el consumo de invierno y la azul punteada el consumo de verano. El área sombreada puede asociarse principalmente al consumo de iluminación, ya que coincide con las horas de oscuridad. La mayor área de invierno de debe en parte a la menor luz prevalente en invierno. Fuentes de los datos: CAMMESA, 2013 y 2014⁸.

fenómenos como el aumento de los niveles del mar, el incremento en la intensidad de las precipitaciones en algunas regiones, el retroceso de los glaciares y el incremento de las temperaturas medias, entre otros¹⁰.

Las principales fuentes de energía primaria para la producción de energía eléctrica en 2013 se ilustran en la figura 4. Se puede apreciar que en 2013, un 64,1% de la electricidad en el país se obtuvo de los combustibles fósiles (gas natural, fueloil y gasoil). Estos combustibles son utilizados en las centrales térmicas que emiten dióxido de carbono, el principal GEI. Más aún, debido a la escasez de gas y a la priorización que se hace del mismo para el uso residencial y comercial, resulta evidente que las centrales eléctricas e industriales deben recurrir a combustibles más caros y más “sucios”, como el fueloil, lo cual generará mayores emisiones de GEI y otros contaminantes, como NO_x. Según la Secretaría de Energía de la Nación, en Argentina se emite 0,53 kg (CO₂)/kWh⁷.

Finalmente debido al importante retraso tarifario¹¹, tanto la producción de energía eléctrica como su transporte y su distribución están en un estado altamente frágil y precario. Esta situación se manifiesta en cortes frecuentes cuando la demanda aumenta (días de mucho calor o frío intenso) y cuando hay baja disponibilidad de energía hidroeléctrica (cuya variabilidad depende del caudal de los ríos).

Por las causas indicadas, resulta pertinente analizar el impacto que puede generar el uso de lámparas más eficientes en la Argentina, con el objeto de reducir la demanda de energía eléctrica, proveer servicios energéticos a menor costo para todos los sectores,

mitigar la emisión de GEI y preservar los recursos no renovables.

Eficiencia energética y el ahorro potencial de energía en iluminación

La eficiencia energética consiste en usar la menor cantidad de energía para obtener el mismo nivel de servicio energético, sin reducir la calidad del bienestar buscado^{12,13}. El ahorro potencial es la cantidad de energía que se podría dejar de usar por medio de la implementación de políticas y programas de eficiencia energética¹⁴.

Los valores de la tabla 1 representan el estado de la tecnología a fines de 2014. En la figura 5 se observa la variación de la eficacia luminosa de las distintas lámparas y la evolución de los precios minoristas. La figura, realizada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos¹⁵, muestra la dinámica y la tendencia en la tecnología de iluminación.

La eficacia luminosa es la variable clave para diferenciar las tecnologías existentes en lo que respecta a su eficiencia. En la figura 5 también se puede observar que la tecnología LED es la más dinámica y con tendencia más favorable a futuro.

Composición del stock total de lámparas

En los últimos tiempos se han implementado una serie de políticas de eficiencia energética que han afectado de manera significativa la estructura de participación de los distintos tipos

de lámparas en el sector residencial de la Argentina. Los más relevantes son los siguientes:

a) Plan canje de lámparas

Desde 2008 hasta fines de 2010 el Gobierno Nacional llevó a cabo un programa de recambio de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFC) en todas las viviendas del territorio nacional. El programa consistió en la entrega de forma gratuita de un total de 25 millones de lámparas LFC para reemplazar un número equivalente de lámparas incandescentes de igual flujo luminoso.

El Plan canje de lámparas fue lanzado luego de la promulgación del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONU-REE)¹⁶ –Decreto N° 140/2007– que declaraba “de interés y prioridad nacional el Uso Racional y Eficiente de la Energía”.

b) Programa de etiquetado de eficiencia energética

Desde 2008 hasta el presente se implementó el programa de etiquetado que consiste en desarrollar normas y especificaciones técnicas que permitan suministrar información comparable de eficiencia energética de los distintos equipos, de esta manera el consumidor puede orientar su elección a favor de los más eficientes.

c) Ley de prohibición de importación y comercialización de lámparas incandescentes

A partir del 31 de diciembre de 2010 entró en vigencia la Ley N° 26473 que prohíbe “la importación y comercialización de lámparas incandescentes

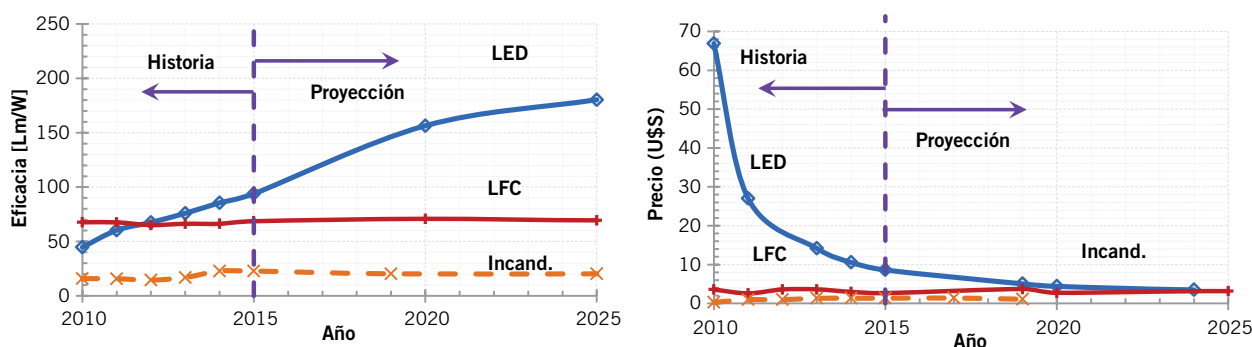


Figura 5. Evolución de la eficacia luminosa de distintas lámparas (izquierda) y de los precios minoristas en los Estados Unidos (derecha). En las figuras se ven los datos históricos y las proyecciones a futuro.

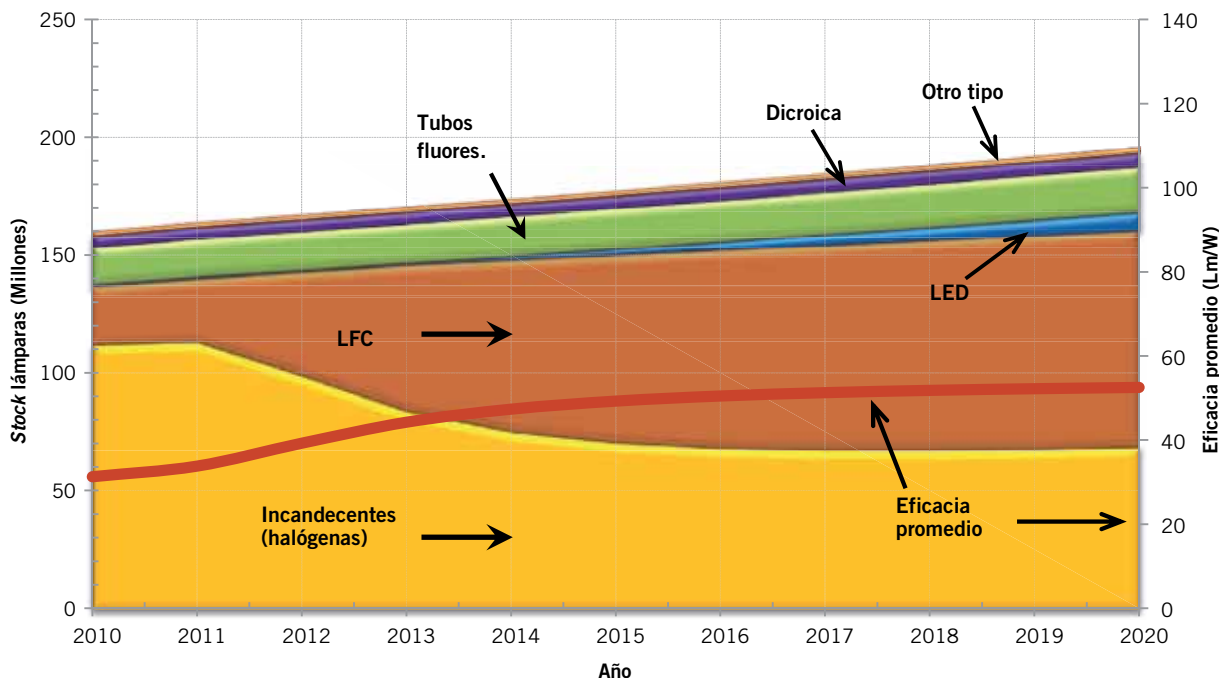


Figura 6. Evolución de las participaciones de los distintos tipos de lámparas del sector residencial en el Escenario BAU a través del tiempo. Fuente: R. Gil¹⁸.

de uso residencial general en todo el territorio de la República Argentina¹⁷. No obstante, quedaron exceptuadas de la ley las lámparas incandescentes cuya potencia es igual o menor a 25 vatios (25 W) y aquellas cuya tensión nominal es igual o menor a 50 voltios (50 V). Esta exención de la veda se debe a que varios equipos, como heladeras, microondas y hornos utilizan este tipo de bombillas para su iluminación interior, en consecuencia prohibir su comercialización implicaba un grave trastorno.

Actualmente no hay datos precisos acerca de la distribución del stock total de lámparas en el sector residencial argentino. Sin embargo, existen varios estudios que permiten inferir

la distribución de lámparas. En particular, Rodrigo Gil¹⁸ discute en detalle estas estimaciones y llega a una distribución de lámparas que se muestra en la figura 6, bajo la suposición de que se sigue la tendencia histórica, sin medidas activas que modifiquen esta tendencia, es decir, en un escenario de *Business As Usual* o escenario BAU.

Escenario eficiente-ahorro potencial por cambio de lámparas

Según lo expuesto, al 2015 habría en el país 160 millones de lámparas

incandescentes (convencionales y halógenas) y LFC, dividiéndose ambos lotes en dos partes más o menos iguales.

Una estimación simple de los potenciales ahorros se puede lograr con el siguiente argumento: si se sustituyeran dos lámparas de unos 800 Lm convencionales por dos lámparas LED, es decir una lámpara de 60 W tradicional (incandescente o halógena) y una LFC (12 W) por dos lámparas LED equivalentes (8,4 W), podría lograrse un ahorro promedio de $(60+12-2 \times 8,4) / 2 \approx 27$ W por lámpara. Por lo tanto, en un reemplazo de unas 80 millones de lámparas, mitad incandescente o halógena y mitad LFC

por lámparas LED, el ahorro potencial sería equivalente a unos 2160 MW. Dado que el total de lámparas de los tres tipos mencionados, incandescentes convencionales, halógenas y LFC es de unos 160 millones, este reemplazo podría hacerse al menos dos veces. Como no todas las lámparas se encienden simultáneamente, sino que en promedio hay una lámpara encendida de cada 2,4 existentes, el ahorro efectivo sería de unos 900 MW. Esta es una potencia comparable a una central, como la de Embalse.

Actualmente, el costo de las lámparas LED de 800 Lm y 95 Lm/W, en el mercado internacional (www.alibaba.com), es de aproximadamente un dólar. Por lo tanto, reemplazar 80 millones de lámparas tendría un costo de aproximadamente 80 millones de dólares, incluyendo los costos de administración del programa de unos 30 millones de dólares. Así, el reemplazo tendría un costo de unos 110 millones de dólares. Por otra parte, es previsible que el costo de estas lámparas, en un lote de 80 millones sea sensiblemente inferior al valor indicado. Si se repitiese dos veces el programa, es previsible que los resultados sean similares o mejores, ya que en un año vista, es

previsible que la eficacia de las lámparas LED mejore aún más y los precios sigan bajando.

Una política energética proactiva que tuviera como meta que del 90% al 95 % de las lámparas incandescentes, halógenas y LFC pasen a LED en los hogares argentinos en dos años, generaría cambios significativos en la eficacia del sistema de iluminación residencial. Como se ve en la figura 7, un programa de este tipo lograría pasar de una eficacia media de 55 Lm/W actual a una de 93 Lm/W en 2018. Dado que el consumo de lúmenes por usuario residencial está estudiado y cuantificado (~27 Mlm.h/Usuario)^{18,19}, conociendo la eficacia media se puede realizar una estimación más precisa de la evolución de los consumos y los ahorros. En la figura 8 se muestran estos resultados.

Como se puede apreciar en la figura 8, el costo del programa de canje se amortiza en menos de un año. En 2020 el ahorro neto acumulado sería de 1200 millones de dólares en generación o importación. Pero lo más significativo de este programa es que reduciendo los consumos en las horas de consumo pico, aliviaría significativamente la vulnerabilidad del sistema

eléctrico. Si se tiene en cuenta, que la electricidad importada llegó a precios de 250 USD/MWh, la amortización con estos precios sería aún más rápida.

Es interesante señalar, que aun con los precios actuales de lámparas en el mercado minorista argentino (\$20 por una lámpara halógena de 70 W; \$65 por una LFC comparable y \$85 por la equivalente LED) y un costo del kWh del orden de los 0,1 USD, que es el valor efectivo medio que pagan los usuarios de Córdoba o Santa Fe, adoptar por lámparas LED ya es una opción muy favorable. Para ello lo que hacemos es computar el gasto total de las lámparas necesarias a utilizar a lo largo de las 50.000 horas de uso y el costo de la electricidad, asumiendo un consumo de 4 horas al día. Este cálculo se ilustra en la figura 9.

La pregunta entonces es ¿por qué este cambio no ocurre espontáneamente si es económicamente tan ventajoso? Parte de la respuesta está en la *falta de información y difusión pública* de esta situación y en la *barrera impuesta por el costo inicial de las lámparas LED*. Por eso es necesaria una acción deliberada por parte del Estado, para revertir esta situación y concretar el canje. Además, dado que el Estado subsidia

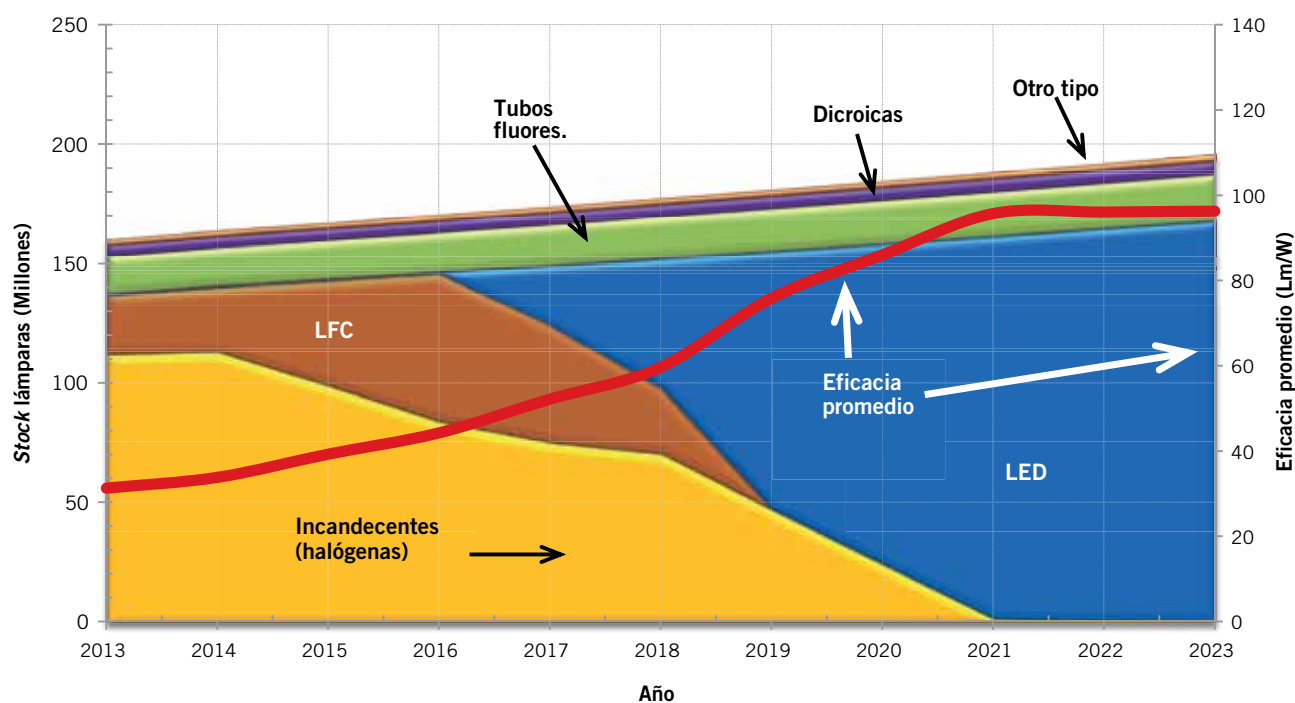


Figura 7. Evolución de las participaciones de los distintos tipos de lámparas del sector residencial en el escenario eficiente a lo largo del tiempo. Aquí se supone que en dos años se realiza un cambio total de luminarias incandescentes, halógenas y LFC a LED. Como se observa, un programa de este tipo lograría pasar de una eficacia media actual de 55 Lm/W a una de 93 Lm/W en 2018.

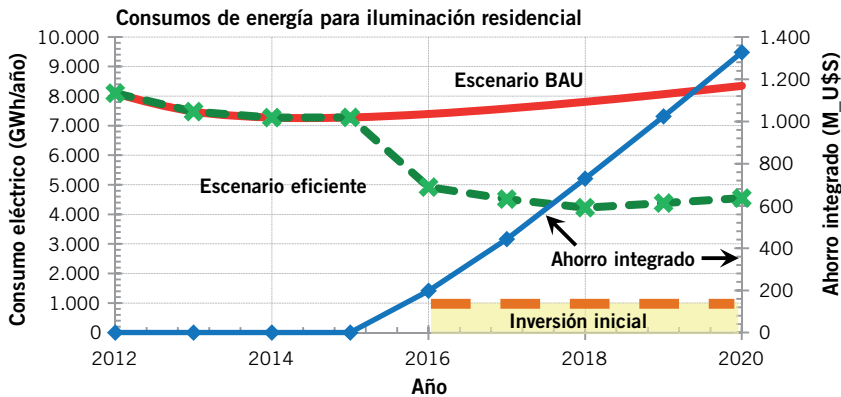


Figura 8. Evolución del consumo en iluminación en la Argentina, suponiendo dos posibles escenarios: modelo tendencial o BAU y escenario eficiente, con reemplazo de luminarias incandescentes, halógenas y LFC a LED en dos años a partir de 2016. La curva azul, referida al eje vertical derecho, indica los ahorros acumulados en generación eléctrica a un costo de 80 USD/MWh. Como se observa, el costo del programa se amortiza en menos de un año y en 2020 generaría un ahorro neto de 1200 millones de dólares en generación o importación.

en gran medida los servicios públicos y esta es una situación que llevará cierto tiempo revertir, asumir esta acción proactiva redundará directamente en el propio interés de las finanzas de Estado y en beneficio de la seguridad energética general. Asimismo, una importante fracción del gas empleado en generar electricidad es importada, como lo es también parte de la electricidad consumida en los picos de consumo. Un ahorro en consumo tendría un efecto importante en equilibrar la balanza comercial del país. Como se ilustra en la figura 10, un 8,5% del gas se emplea en iluminación.

Por otra parte, para superar la barrera del costo inicial de las lámparas, es posible imaginar un mecanismo de financiación de las lámparas LED de la factura eléctrica. Lo importante es que con el reemplazo no solo se genera un beneficio general, sino también uno individual para el usuario, que vería disminuida su factura eléctrica, lo que compensaría, en parte, el costo de las lámparas.

Este mecanismo de financiación, complementado con una campaña educativa, sería la clave para no revertir los beneficios de un plan de canje de luminarias. En particular una acción de este tipo es importante para aquellos sectores sociales con dificultades para afrontar el costo inicial de lámparas LED.

Dada la larga vida útil de los dispositivos LED (aproximadamente quince años), el Gobierno Nacional no debería preocuparse por varios años de la reposición de aquellas uni-

dades que dejan de funcionar y, al mismo tiempo, significaría un ahorro en subsidios, gastos de importación e infraestructura. El plan canje debería complementarse con un nuevo Programa de etiquetado actualizado, que califique en la escala de eficiencia con la letra "A" a las lámparas LED y con la letra "B" a las lámparas LFC. Así también, podría agregarse información adicional al etiquetado tradicional de eficiencia, alguna información acerca de los costos totales que implica el uso de cada lámpara, considerando el costo inicial y también el de la ener-

gía eléctrica requerida a lo largo de su vida útil; similar a lo ilustrado en la figura 9. De este modo, se le proveería a los consumidores información adecuada acerca de los costos involucrados en la iluminación de sus hogares.

Por último, pero no menos importante, es la disminución de las emisiones de GEI por el ahorro en electricidad. En la Argentina en promedio se emite 0,53 kg (CO₂)/kWh. De modo que según los ahorros indicados en la figura 8, la reducción en emisiones sería de unos 1,5 Tg (CO₂)/año. Si el mercado de bonos de carbono se recompone para 2016, este ahorro podría significar un ingreso adicional que ayudaría a amortizar la inversión inicial.

Conclusiones

Un uso más extensivo de lámparas LED en el sector residencial argentino permitiría aumentar de manera significativa la eficacia del sistema de iluminación actual. Una política energética proactiva, que tuviera como meta reemplazar la gran mayoría de las lámparas incandescentes, halógenas y LFC del stock total de lámparas en la Argentina en dos años, implicaría un ahorro en energía destinada a iluminación del orden del 42%. Como la

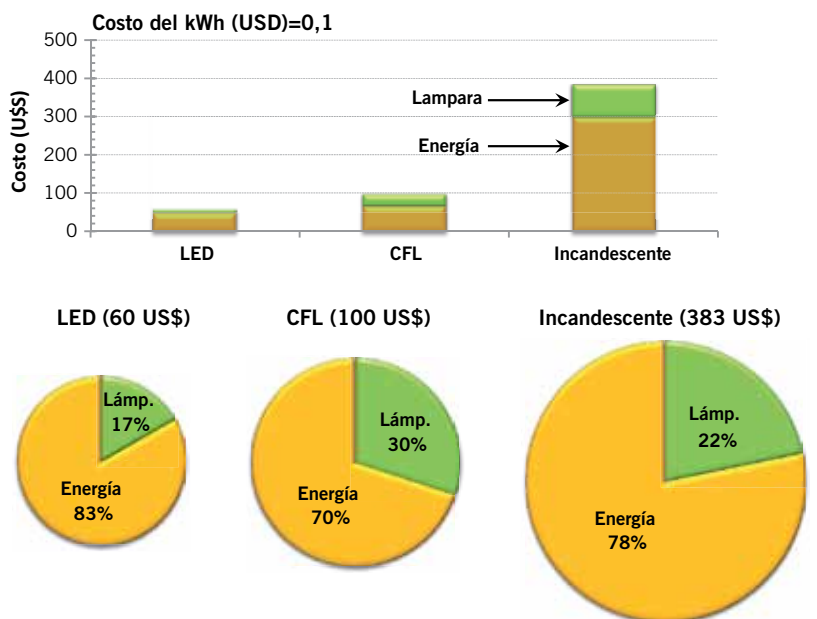


Figura 9. Esquema ilustrativo de cómo se podría informar mejor a los usuarios las ventajas económicas de usar lámparas LED. Arriba, un diagrama de barra y abajo, un gráfico de torta. Ambos contienen la misma información. Fuentes de los datos: elaboración propia.

Uso del Gas Natural. Año 2014

Distribución uso final electricidad

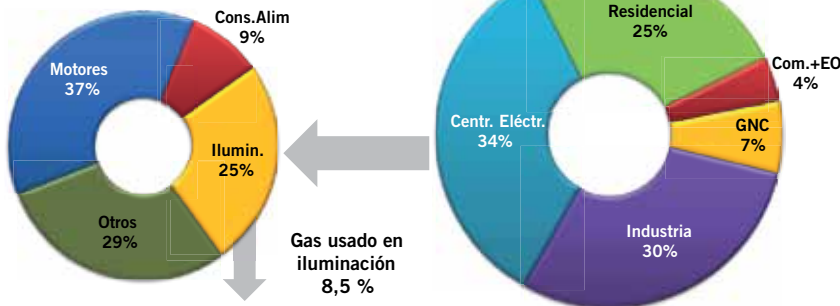


Figura 10. Distribución de gas natural en la Argentina según su uso final (derecha) para 2014. A la izquierda, distribución de la energía eléctrica según su uso final. Como se observa, un 8,5% del gas se usa en iluminación. Es decir, la iluminación insume el equivalente a un cuarto de las importaciones de gas en la Argentina.

iluminación insume el equivalente a un cuarto de las importaciones de gas en la Argentina, la mejora en eficiencia propuesta equivale a un octavo de las importaciones de gas.

El ahorro neto en potencia, en las horas pico sería de un 1,4 GW, equivalente a la generación de una gran central eléctrica. La inversión inicial para implementar un programa de reemplazo de luminarias no superaría los 220 millones de dólares, pero los ahorros en consumo se amortizarían en menos de un año.

Para fines de 2020, esta mejora en la eficiencia de iluminación permitiría un ahorro en generación eléctrica e importación superiores a los 1200 millones de dólares, al tiempo que alivia la carga del sistema de transporte y de distribución eléctrica. Asimismo, esta medida contribuiría a reducir o eliminar los generadores a gasoil distribuidos por las grandes ciudades del país y a aliviar la necesidad de importaciones de gas y electricidad.

Por lo tanto, el ahorro potencial logrado por el uso de lámparas LED contribuiría a suavizar los consumos de electricidad durante el día y reduciría el impacto de los consumos pico sobre el sistema de abastecimiento reduciendo significativamente los cortes en el suministro de luz durante los días de mucho calor o de frío intenso. Además contribuye a la reducción en las emisiones de CO₂, en el orden del 1,5 Tg(CO₂)/año.

Autores

Leila Iannelli y **Salvador Gil** son egresados de la Universidad Nacional de San

Martín, Escuela de Ciencia y Tecnología. Gerencia de Distribución, ENARGAS.

Rodrigo Gil es estudiante de la maestría en Data Mining de la Universidad Austral, Buenos Aires, Argentina.

Referencias

- 1 International Energy Agency (IEA), Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), *Light's Labour's Lost*, 2006. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/light2006.pdf>
- 2 International Energy Agency (IEA), *CO₂ emissions from fuel combustion-Highlights*, 2012. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2emissionfromfuelcombustion-HIGHLIGHTSMarch2013.pdf>
- 3 Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL), Secretaría de Energía de la Nación Argentina y el Programa de Iluminación Eficiente ELI (*Efficient Lighting Initiative*).
- 4 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Guía de Eficiencia Energética. <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3482>
- 5 Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL). Guía práctica para el consumo racional y eficiente de energía. http://www.cadieel.org.ar/esp/guia_uso-racional.php
- 6 *Recycling Mercury-Containing Light Bulbs* (Lamps), EPA. [\[sal/lamps/\]\(http://www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/universality/lamps/\)

 - 7 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Balances energéticos: <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=1828>
 - 8 Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima \(CAMMESA\), Informe anual, 2013.
 - 9 Tanides C. G., *Reducing Emissions by saving energy: Energy Scenarios for Argentina \(2006-2020\) with efficiency policies*, Fundación Vida Silvestre Argentina, 2006.
 - 10 Intergovernmental Panel on Climate Change \(IPCC\) *Fifth Assessment Report IPCC*, Geneva, Switzerland, 2014. <http://www.ipcc.ch/>
 - 11 Recalde M. y Guzowski C., *Boundaries in promoting energy efficiency: Lessons from the Argentinean case*, Elsevier, 2011.
 - 12 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Eficiencia Energética. <http://www.eficiencia.gob.ar/>
 - 13 U.S. Department of Energy; U.S. Environmental Protection Agency; National Action Plan for Energy Efficiency Leadership Group: *Guide for Conducting Energy Efficiency Potential Studies*, Noviembre, 2007. \[http://www.epa.gov/cleanenergy/documents/suca/potential_guide.pdf\]\(http://www.epa.gov/cleanenergy/documents/suca/potential_guide.pdf\)
 - 14 Tanides, C. G., *Manual de Iluminación Eficiente*, Efficient Lighting Initiative \(ELI\), 2006. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/>
 - 15 LED bulb efficiency expected to continue improving as cost declines. US Energy Information Agency \(EIA\), March 2014. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=15471>
 - 16 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía \(PRONUREE\).
 - 17 Boletín Oficial de la República Argentina, 2010, InfoLeg, CDDI, Mecon. <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/122356/norma.htm>
 - 18 Rodrigo S. Gil, *La economía del ahorro potencial de energía: El uso de lámparas LED en la Argentina*, FCE-UBA, Noviembre 2013.
 19. Tsao, J. Y., et al., *Solid-state lighting: an energy-economics perspective*, J. Phys. D: Appl. Phys. 43 \(2010\) 354001.](http://www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/univer-

</div>
<div data-bbox=)