



## **Ministerio de Energía**

### **Informe Técnico Preliminar**

### **Estándar Mínimo de Eficiencia Energética**

### **Lámparas No Direccionales para Iluminación General**

### **DIVISIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**2013**

**Santiago - Chile**

Versión para CONSULTA PÚBLICA.

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	4
1.1 La importancia de la eficiencia energética y de los Estándares Mínimos de Eficiencia Energética.....	4
1.2 Descripción de las tecnologías de iluminación residencial .....	5
1.3 Iluminación y consumo de energía eléctrica en el hogar.....	6
2. Antecedentes nacionales que facilitan la definición de estándares mínimos de eficiencia energética.....	7
2.1 Etiquetado de eficiencia energética.....	7
2.2 Evolución del mercado .....	7
3. Antecedentes internacionales .....	8
3.1 Unión Europea.....	8
3.2 Estados Unidos de América.....	9
3.3 China.....	10
3.4 Australia .....	10
3.5 Canadá.....	10
3.6 Argentina .....	11
3.7 México .....	11
3.8 Brasil .....	11
3.9 Colombia .....	12
3.10 Cuba.....	12
3.11 Resumen.....	12
4. Propuesta de estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas no direccionales	14
4.1 Antecedentes .....	14
4.2 Alcance .....	16
4.3 Estándar Mínimo de Eficiencia Energética.....	16
4.4 Límites y cronograma de aplicación.....	17
5. Evaluación de la propuesta .....	18
5.1 Beneficios a nivel de hogares .....	19
5.2 Beneficios a nivel País .....	20
5.3 Stock de lámparas en el país: caso base y de política pública .....	20
5.3.1 Stock caso base .....	20
5.3.2 Stock en el escenario de eficiencia .....	21
5.4 Impactos Nacionales .....	21
5.5 Resultados .....	22

5.6 Análisis de Sensibilidad .....	23
Anexos .....	26
Anexo 1 - Tecnología .....	26
A1.1 Lámparas incandescentes .....	26
A1.2 Lámparas de Tungsteno-Halógeno (lámparas halógenas).....	27
A1.3 Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs) .....	28
A1.4 Lámparas de Diodos Emisores de Luz (LED).....	29
Anexo 2 - Normas de estándares mínimos de eficiencia energética en el exterior.....	30
Anexo 3 - Relación de mercurio en la LFC y otros aspectos.....	33
Anexo 4 - Supuestos y fórmulas utilizadas para el cálculo de los resultados en modelo PAMS.	36

## 1. Introducción

### 1.1 La importancia de la eficiencia energética y de los Estándares Mínimos de Eficiencia Energética

1 “Chile se enfrenta al desafío de contar con recursos energéticos suficientes y competitivos  
2 para alcanzar el anhelado desarrollo en las próximas décadas”. Con estas palabras el  
3 Presidente Sebastián Piñera presentó la Estrategia Nacional de Energía (ENE) que define los  
4 lineamientos estratégicos del sector al año 2020. Son desafíos importantes y que requiere que  
5 el Estado y la sociedad actúen en forma conjunta para lograr llevar al país a un nivel de mayor  
6 desarrollo y sustentabilidad.

7 En este contexto, la ENE define como su “Primer Pilar” la eficiencia energética. La eficiencia  
8 energética puede entenderse como una forma de mantener o mejorar la calidad de vida  
9 utilizando menos recursos energéticos, y es una estrategia racional, económica y medio  
10 ambientalmente amigable. Los programas de eficiencia energética ejecutados en todos los  
11 sectores de consumo conllevan beneficios económicos demostrados para individuos y países,  
12 posibilitando la mayor disponibilidad de recursos para proyectos de beneficio social y de  
13 desarrollo económico y productivo.

14 Además, en el contexto de la estrategia contra el cambio climático, son pocas las acciones que  
15 pueden reducir las emisiones de carbono más fácilmente, al tiempo que generan beneficios  
16 económicos sustantivos, como los programas de eficiencia energética, y en particular, los  
17 estándares mínimos de eficiencia energética.

18 Se entiende como estándar mínimo de eficiencia energética a la especificación de una serie de  
19 requisitos de desempeño energético que un producto debe cumplir para su comercialización, y  
20 que limita la cantidad máxima de energía que puede ser consumida por un producto en el  
21 desempeño de una tarea específica. El desempeño puede medirse mediante un índice de  
22 eficiencia energética, eficiencia mínima o consumo de energía máximo (Decreto N° 97 del  
23 Ministerio de Energía).

24 La iluminación eléctrica es uno de los principales consumos energéticos de los hogares, es un  
25 elemento que prácticamente no tiene reemplazo y que desde su creación se ha hecho  
26 indispensable para la población, en nuestro país, de acuerdo a estimaciones del año 2010<sup>1</sup>, el  
27 16% del consumo de electricidad residencial se debe a la iluminación, mientras que a nivel  
28 global, la Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency), indica que la  
29 iluminación es responsable de aproximadamente 19% del consumo global de energía eléctrica.

30 Con los recientes avances en tecnología lumínica, las lámparas más eficientes utilizan la quinta  
31 parte de la energía que utilizan las lámparas menos eficientes para producir la misma cantidad  
32 de iluminación, y además tienen un tiempo de vida 10 a 15 veces mayor.

---

<sup>1</sup> Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Ministerio de Energía, 2010

1 La implementación de estándares mínimos para productos de iluminación permite asegurar  
 2 que los productos ineficientes queden fuera de mercado y así avanzar en las metas de  
 3 eficiencia energética que deben ser implementadas en el país.

## 1.2 Descripción de las tecnologías de iluminación residencial

4 Para comprender los beneficios de la iluminación eficiente y su impacto en la sociedad y en el  
 5 ambiente, es necesario entender los fundamentos de la tecnología de iluminación, y las  
 6 diferencias básicas entre las lámparas ineficientes y sus alternativas eficientes.

7 Las lámparas incandescentes y las de tungsteno-halógeno (dicroicos) producen luz cuando la  
 8 corriente eléctrica pasa por un filamento metálico que está sellado dentro de un envase de  
 9 vidrio. El filamento presenta resistencia frente a la corriente y emite luz visible y calor. Las  
 10 lámparas fluorescentes compactas producen luz cuando la corriente eléctrica forma un arco  
 11 eléctrico a través del vapor de mercurio que está contenido dentro de un tubo de vidrio. El  
 12 vapor de mercurio emite radiación ultravioleta la cual provoca la excitación de los fósforos que  
 13 recubren el interior del tubo. Estos fósforos fluorescentes emiten luz visible. En las lámparas  
 14 de diodos emisores de luz (LED), la corriente eléctrica pasa a través de materiales  
 15 semiconductores para generar luz a longitudes de onda específicas. Las lámparas LED más  
 16 comúnmente disponibles para el uso del consumidor, contienen diodos que emiten luz azul  
 17 para excitar a los fósforos, que a su vez emiten luz a otras longitudes de onda; el sistema visual  
 18 humano combina los colores, percibiéndolos como luz blanca. La luz entregada se cuantifica en  
 19 lúmenes (lm).

Tabla 1. Comparación de costo, energía, desempeño y parámetros de producción de tecnologías de iluminación

	Incandescente	Tungsteno-Halógeno	Fluorescente compacta	Diodo emisor de luz
Costo inicial	Muy bajo	Bajo a medio	Bajo a medio	Alto a muy alto
Vida media	<1.000 h	<4.000 h	<20.000 h	<50.000 h
Eficacia lumínica	<12 lm/W	<15 lm/W	<70 lm/W	<120 lm/W
Eficacia luminosa relativa	Muy baja	Hasta 15% de ahorro en comparación con la incandescente. Con gas xenón y otras mejoras: hasta 30% de ahorro en comparación con las lámparas Incandescentes.	Hasta 80% de ahorro de energía en comparación con las lámparas incandescentes	Hasta 90% de ahorro de energía en comparación con las lámparas incandescentes
Costo por vida útil	Alta	Alta	Bajo	Medio a Bajo
Complejidad técnica y de producción	Baja	Media	Alta	Muy alta

Fuente: Instrumental para la Transición Global a la Iluminación Eficiente, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012

### 1.3 Iluminación y consumo de energía eléctrica en el hogar

- 1 El consumo eléctrico de una vivienda depende en buena medida de la iluminación. De acuerdo  
 2 al “Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector  
 3 Residencial de Chile” realizado el año 2010 por el Ministerio de Energía, la iluminación  
 4 representa el 16% del consumo eléctrico de una vivienda, convirtiéndose en el segundo mayor  
 5 consumidor de electricidad después del gasto en refrigeración.
- 6 A nivel detallado, el consumo estimado por vivienda en iluminación llega a los 289,4 kWh al  
 7 año.
- 8 A nivel nacional, una vivienda en promedio tiene 13,3 lámparas, y se dividen de la siguiente  
 9 manera:

Tabla 2. Cantidad promedio de luminarias por vivienda.

Tipo de luminaria	Nº promedio por vivienda
Lámparas Fluorescentes Compactas	5,3
Lámparas incandescentes de 60 W y menos	3,4
Lámparas incandescentes mayores a 60 W	3,1
Tubos Fluorescentes	0,9
Lámparas halógenas	0,4
Lámparas LED	0,2
Número total de lámparas en el hogar	13,3

Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Ministerio de Energía, 2010.

- 10 A nivel nacional, y por segmento socioeconómico, expandiendo el número de promedio de  
 11 viviendas por segmento de acuerdo al estudio antes señalado, se tiene que el stock de  
 12 lámparas el año 2010 era el siguiente:

Tabla 3. Cantidad de luminarias a nivel país y por segmento socioeconómico.

Tipo de luminaria	NACIONAL	ABC1	C2	C3	D
Lámparas Fluorescentes Compactas	27.884.636	4.960.343	6.037.918	6.727.298	10.159.077
Lámparas incandescentes de 60 W y menos	17.888.257	1.910.859	3.043.537	4.018.021	8.915.839
Lámparas incandescentes mayores a 60 W	16.309.881	2.215.859	3.445.996	3.372.484	7.275.543
Tubos Fluorescentes	4.735.127	520.327	805.211	1.079.898	2.329.691
Lámparas halógenas	2.104.501	717.106	484.405	146.172	756.818
Lámparas LED	1.052.250	226.348	107.029	161.482	557.392
Número total de lámparas en el hogar	69.974.652	10.550.841	13.924.097	15.505.354	29.994.359

Fuente: elaboración propia en base al Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Ministerio de Energía, 2010.

1 En resumen, el stock instalado de lámparas incandescentes es de 34,2 millones de unidades, y  
2 el de lámparas fluorescentes compactas de aproximadamente 27,9 millones.

## 2. Antecedentes nacionales que facilitan la definición de estándares mínimos de eficiencia energética

### 2.1 Etiquetado de eficiencia energética

3 El etiquetado de eficiencia energética es obligatorio para las ampollas incandescentes a  
4 partir del mes de abril del año 2007. En el mes de octubre del año 2007 se incluyeron las  
5 lámparas fluorescentes compactas (LFC) con lo que se puede obtener información comparable  
6 entre estos dos tipos de tecnología. Posteriormente en el año 2011 se incorporaron al  
7 etiquetado las lámparas fluorescentes de doble casquillo (“lámpara tubular fluorescente”) y  
8 casquillo único.

9 La etiqueta es de carácter comparativo, es decir, informa a los usuarios sobre las  
10 características del producto para fines de comparación, por medio de una escala que va desde  
11 la letra A (los más eficientes) a la letra G (los menos eficientes).

12 La clase de eficiencia energética es un índice que relaciona la potencia de la lámpara (watts)  
13 con la cantidad de iluminación que entrega (lúmenes). A medida que una tecnología entrega  
14 mayor iluminación con menor potencia es más eficiente.

15 Otros datos que se incluyen en la etiqueta de eficiencia energética son el flujo luminoso de la  
16 lámpara, la potencia de la lámpara y la vida útil del producto.

### 2.2 Evolución del mercado

17 Gracias al etiquetado de eficiencia energética, se cuenta con información de la evolución del  
18 mercado entre los años 2007 y 2010.

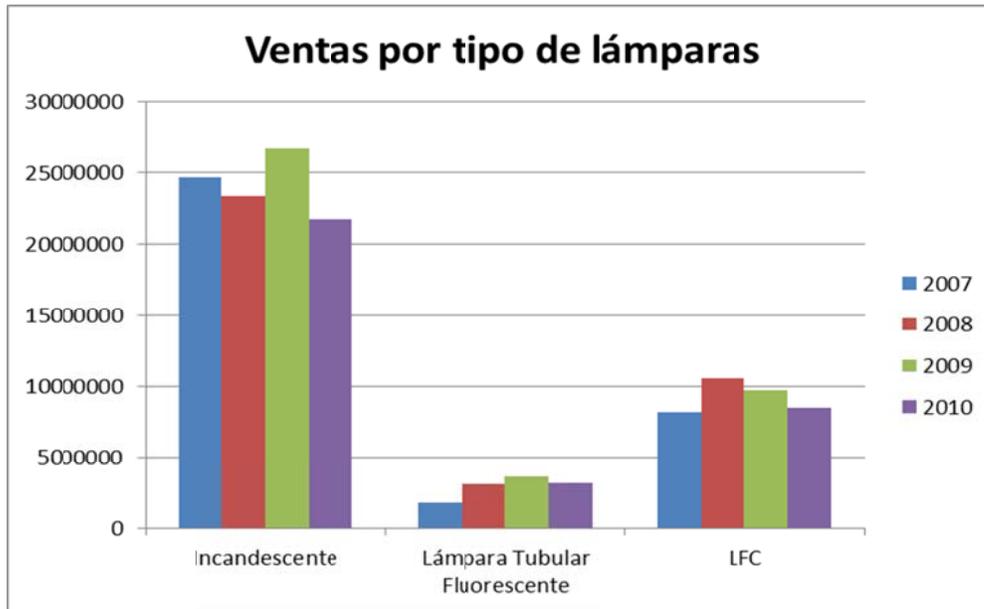
19 En términos tecnológicos, aún sigue dominando la tecnología incandescente, lo cual da un  
20 espacio para la introducción de normas de estándares mínimos de eficiencia energética que  
21 tendrá un importante impacto en el consumo de energía en el sector residencial.

Tabla 4. Evolución del mercado de lámparas.

	2007	2008	2009	2010
Incandescente	24.642.506	23.353.392	26.757.117	21.724.708
Lámpara Tubular Fluorescente	1.784.189	3.089.673	3.630.509	3.139.449
LFC	8.163.700	10.546.767	9.718.050	8.443.337
Total	34.590.395	36.989.832	40.105.676	33.307.494

Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Figura 1. Ventas lámparas Chile, 2007-2010.



Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

### 3. Antecedentes internacionales

1 Durante las últimas dos décadas, diversos países han adoptado políticas para mejorar las  
2 eficiencias de los productos que utilizan energía en sus territorios. Una de las políticas más  
3 destacadas es el uso de estándares mínimos de eficiencia energética. El reporte de pares  
4 realizado por APEC el año 2009 señala que “quizás los MEPS constituyen la estrategia de  
5 ahorro de energía más exitosa del mundo desarrollado, tanto en términos de ahorros totales  
6 como de costo-efectividad. De hecho, existen numerosas evaluaciones a nivel mundial que  
7 concluyen que los MEPS han producido beneficios sustanciales con bajo costo (incluso  
8 negativo)”.

#### 3.1 Unión Europea

9 Otro antecedente importante es la política de eficiencia energética que desarrolla la Unión  
10 Europea, en su “Plan de acción para la eficiencia energética” definió como “Acción Prioritaria  
11 1” el etiquetado de aparatos y equipos y normas mínimas de eficiencia energética para 14  
12 aparatos prioritarios, dentro de los cuales se encuentran la iluminación doméstica. De hecho,  
13 en la Directiva 2009/125/CE<sup>2</sup> del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009<sup>3</sup>  
14 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico  
15 definió un cronograma de implementación de MEPS para la iluminación residencial que entró  
16 en vigencia en septiembre de 2009.

<sup>2</sup> Directiva 2009/125/CE

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:ES:PDF>

<sup>3</sup> Reglamento (CE) nº 244/2009 de la Comisión, de 18 de marzo de 2009, por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas de uso doméstico no direccionales.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0003:0016:ES:PDF>

- 1 De acuerdo a los estándares de la Unión Europea, las lámparas incandescentes comenzarían a
- 2 ser retiradas partiendo por las de 100 W en 2009, y este límite sería rebajado gradualmente
- 3 hasta el año 2012 en el cual no se podrían comercializar ni producir lámparas incandescentes
- 4 de ninguna potencia.

Figura 2. Cronograma MEPS lámparas Unión Europea.



Fuente: portal de datos de la Comisión Europea.

- 5 Los beneficios en términos energéticos y ambientales de esta medida según la misma Comisión
- 6 Europea son la reducción de unos 15 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, y la reducción de
- 7 entre un 10 y 15 por ciento el uso total de electricidad de los hogares, lo que representa
- 8 40.000 millones de kilowatts hora al año a nivel de la UE (es decir, aproximadamente el
- 9 consumo anual de energía de un país como Rumanía)<sup>4</sup>.

- 10 En cuanto a los beneficios económicos, se calcula que la Unión Europea estará ahorrando
- 11 entre 5.000 y 10.000 millones de euros al año al implementar estos estándares.

### 3.2 Estados Unidos de América

- 12 Legislación Federal:

- 13 En diciembre de 2007, el Congreso de Estados Unidos promulgó la “Ley de Seguridad e
- 14 Independencia Energética de 2007”<sup>5</sup>, esta ley se diseñó para reducir el uso de energía y las
- 15 emisiones de gases de efecto invernadero y hacer de EE.UU. menos dependiente de fuentes
- 16 energéticas extranjeras.

- 17 En esta ley se establece la eliminación de las lámparas incandescentes de manera gradual.

- 18 El cronograma original contempla las siguientes vigencias:

- 19 Eliminación lámparas ineficientes – 100 W: 1 de enero de 2012 (aplazado a Octubre de 2012).

- 20 Eliminación de lámparas ineficientes de 75 W: 1 de enero 2013.

- 21 Eliminación de lámparas ineficientes de 60 W y 40 W: 1 de enero de 2014.

- 22 Legislación Estatal

<sup>4</sup> [http://ec.europa.eu/energy/lumen/faq/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/energy/lumen/faq/index_es.htm)

<sup>5</sup> Energy Independence and Security Act of 2007 (Pub.L. 110-140)

<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>

1 California: a partir de lo establecido en la ley federal, el Estado de California adelantó la  
2 vigencia de los estándares para el 1 de enero de 2011<sup>6</sup>.

3 Al adelantar la medida en un año, las estimaciones de la Comisión de Energía de California era  
4 evitar la comercialización de 10,5 millones de lámparas incandescentes que se traduciría en  
5 evitar un costo de \$35,6 millones de dólares en las cuentas eléctricas<sup>7</sup>. Además, se calcula que  
6 al 2013 se reducirá la demanda máxima de electricidad en 64 MW y se alcanzarán ahorros de  
7 energía del orden de los 926 GWh<sup>8</sup>.

8 Connecticut: la propuesta 6550 de enero de 2007<sup>9</sup>, de la Asamblea General del Estado de  
9 Connecticut proponía autorizar a la Comisión de Protección Ambiental para establecer límites  
10 al uso de energía a las lámparas ineficientes.

### 3.3 China

11 En noviembre de 2011 se anunció que China prohibirá la venta e importación de lámparas  
12 incandescentes de 100 W desde octubre de 2012 y se extenderá gradualmente a las otras  
13 potencias. La prohibición para las lámparas de 60 W y más será a partir de octubre de 2014. En  
14 octubre de 2016 todas las lámparas incandescentes deben estar fuera del mercado chino.

### 3.4 Australia

15 De acuerdo a la Norma Australiana AS 4934.2-2011, desde el 1 de febrero de 2009 se prohíbe  
16 la importación de lámparas incandescentes a este país. La venta de incandescentes se prohíbe  
17 a partir del 1 de noviembre de 2009. Esta restricción recae sobre las lámparas incandescentes  
18 de uso general con potencias entre los 40W y 100W. Para lámparas incandescentes de uso  
19 decorativo, la obligación comenzó en octubre de 2010, para potencias superiores a 40 W; Para  
20 lámparas incandescentes de uso decorativo de potencia superior a 25 W la obligatoriedad  
21 comienza en octubre de 2012.

### 3.5 Canadá

22 La eliminación de las lámparas incandescentes en Canadá se basa en las Regulaciones de  
23 Eficiencia Energética<sup>10</sup> autorizadas en la Ley de Eficiencia Energética de 1992. El estándar para  
24 lámparas de servicios generales está contenido en la enmienda a las Regulaciones, cuya  
25 primera publicación fue realizada en diciembre de 2008, y que fue posteriormente modificada  
26 y vuelta a publicar en noviembre de 2011.

27 El cronograma de puesta en vigencia es el siguiente:

28 Lámparas con potencias entre 75 W y 100 W: 1 de enero de 2014

29 Lámparas con potencias superiores o iguales a 40 W y menores a 75 W: 31 de diciembre de  
30 2014.

---

<sup>6</sup> <http://www.energy.ca.gov/2010publications/CEC-400-2010-012/CEC-400-2010-012.PDF>

<sup>7</sup> [http://www.energy.ca.gov/lightbulbs/lightbulb\\_faqs.html](http://www.energy.ca.gov/lightbulbs/lightbulb_faqs.html)

<sup>8</sup> "Analysis of Standards Options for General Service Incandescent Lamps". Caso de estudio PG&E

<sup>9</sup> <http://www.cga.ct.gov/2007/TOB/H/2007HB-06550-R00-HB.htm>

<sup>10</sup> <http://oee.nrcan.gc.ca/regulations/17311>  
<http://oee.nrcan.gc.ca/node/17723>

### 3.6 Argentina

- 1 Por medio de la Ley 26.473 de enero de 2009<sup>11</sup>, se prohíbe a partir del 31 de diciembre de  
2 2010, la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general  
3 en todo el territorio de la República Argentina.

### 3.7 México

- 4 La norma que establece límites para las lámparas de uso general fue publicada en el Diario  
5 Oficial de México el 6 de diciembre de 2010 como la Norma Oficial Mexicana<sup>12</sup> NOM-028-  
6 ENER-2010.
- 7 Esta norma establece valores mínimos de eficacia para lámparas incandescentes,  
8 incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas.
- 9 El cronograma establece que lámparas incandescentes de potencia de 100 W y mayores no  
10 podrán comercializarse con una eficacia menor a 20,69 lm/W a partir del 31 de diciembre de  
11 2011.
- 12 La potencia de 75 W y mayores en lámparas incandescentes no podrá comercializarse con una  
13 eficacia menor a 19,81 lm/W a partir del 31 de diciembre de 2012
- 14 La potencia de 60 W y 40 W en lámparas incandescentes no podrá comercializarse con una  
15 eficacia menor a 17,44 y 14 lm/W, respectivamente, a partir del 31 de diciembre de 2013.

### 3.8 Brasil

- 16 La Ordenanza Interministerial<sup>13</sup> N° 1.007, del 31 de diciembre de 2010, define los niveles  
17 mínimos de eficiencia energética para las lámparas incandescentes.
- 18 En esta norma se define la eficiencia mínima que deben cumplir las lámparas incandescentes  
19 para las diferentes potencias existentes en el mercado. Se comienza con aquellas potencias  
20 sobre los 150 W en junio de 2012 y se agregan progresivamente hasta las de 25 W en el año  
21 2016, tal como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 5. Niveles mínimos de eficiencia energética – 127V

Lámparas incandescentes domésticas de 127 V – 750 horas					
Potencia (W)	Eficiencia mínima (lm/W)				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Sobre 150	20,0	24,0			
101 a 150	19,0	23,0			
76 a 100		17,0	22,0		
61 a 75		16,0	21,0		
41 a 60			15,5	20,0	
26 a 40				14,0	19,0

<sup>11</sup> [www.boletinoficial.gov.ar](http://www.boletinoficial.gov.ar)

<sup>12</sup> [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5169747&fecha=06/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5169747&fecha=06/12/2010)

<sup>13</sup> Ministerios de Minas y Energía; Ciencia, Tecnología y Desarrollo; Industria y Comercio Exterior.  
[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos\\_comite/cgiee/Portaria\\_Interministerial\\_nx\\_1007\\_2010.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_1007_2010.pdf)

Hasta 25				11,0	15,0
----------	--	--	--	------	------

Tabla 6. Niveles mínimos de eficiencia energética – 220V

Lámparas incandescentes domésticas de 127 V – 750 horas					
Potencia (W)	Eficiencia mínima (lm/W)				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Sobre 150	18,0	22,0			
101 a 150	17,0	21,0			
76 a 100		14,0	20,0		
61 a 75		14,0	19,0		
41 a 60			13,0	18,0	
26 a 40				11,0	16,0
Hasta 25				10,0	15,0

### 3.9 Colombia

1 Por medio del Decreto N° 3450 del septiembre de 2008 del Ministerio de Minas y Energía se  
2 dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de energía eléctrica, en el cual se definen  
3 requisitos mínimos de eficacia, vida útil y demás especificaciones técnicas de las fuentes de  
4 iluminación que se deben utilizar, de acuerdo con el desarrollo tecnológico y las condiciones  
5 de mercado de estos productos. Estas condiciones se definen posteriormente en el  
6 Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público<sup>14</sup> del año 2009. Sin embargo, estas  
7 especificaciones funcionan como un período de transición, ya que el mismo decreto señala que  
8 a partir del 1 de enero del año 2011 no se permitirá en el territorio de la República de  
9 Colombia la importación, distribución, comercialización y utilización de fuentes de iluminación  
10 de baja eficacia lumínica.

### 3.10 Cuba

11 En el año 2005, el Gobierno de Cuba reemplazó todas las lámparas incandescentes que  
12 existían en la Isla por lámparas fluorescentes compactas, como parte de su campaña  
13 denominada “Revolución Energética”. Con este cambio Cuba se transformó en el primer país  
14 en eliminar las lámparas incandescentes de su territorio. Además, la Resolución 190 del  
15 Ministerio del Comercio Exterior, de abril de 2005 cancela la importación de lámparas y tubos  
16 de incandescencia.

### 3.11 Resumen

17 Existe una gran cantidad de países que están realizando esfuerzos por eliminar las tecnologías  
18 de iluminación ineficientes, en el siguiente mapa se pueden ver representados aquellos países  
19 que tienen o están desarrollando normativas.

<sup>14</sup>

[http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id\\_subcategoria=771&id\\_categoria=157](http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id_subcategoria=771&id_categoria=157)

Figura 3. Mapa países con MEPS vigentes o en desarrollo.



Fuente: presentación en.lighten realizada por Gustavo Mañez, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

- 1 De todos los países que son parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo
- 2 Económico, Chile es el único que todavía no cuenta con estándares mínimos de eficiencia
- 3 energética para lámparas no direccionales.

## 4. Propuesta de estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas no direccionales

### 4.1 Antecedentes

- 1 Considerando los antecedentes internacionales, y la experiencia nacional que se ha generado a
- 2 través del etiquetado de eficiencia energética, los estándares de eficiencia energética para
- 3 lámparas no direccionales se basaran en las siguientes reglamentaciones:

Tabla 7. Normativa nacional productos iluminación.

Producto	Protocolo y resolución	Normas de referencia	Alcance
Lámparas incandescentes de filamento de tungsteno para iluminación general.	PE N° 5/01/2 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.  Resolución Exenta N° 1334 de fecha 02.10.2006 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles	IEC 60064/2005 NCh 3010 Of.2006  Decreto N° 298 de 2005 y sus modificaciones del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.	Lámparas incandescentes de filamento de tungsteno para uso doméstico y alumbrado general, que presentan una potencia nominal entre 25 W y 200 W, lámparas de forma A o PS; lámparas transparentes o esmeriladas, o de acabado blanco; casquillos E26 o E27, de acuerdo al alcance y campo de aplicación de la Norma IEC 60064/2005
Lámpara fluorescente con balasto incorporado para iluminación general (LFC)	PE N°5/06/2 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.  Resolución Exenta N° 1334 de fecha 02.10.2006, modificada por Resolución Exenta N°0690, de fecha 24.05.2007 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles	IEC 60969 (2001) NCh 3020 Of.2006  Decreto N° 298 de 2005 Ley N° 18.140	Lámparas con balasto incorporado (LFC) para iluminación general, que tengan una potencia nominal hasta 60W; una tensión nominal comprendida entre 100 V y 250 V; casquillos de rosca Edison o Bayoneta, de acuerdo al alcance y campo de aplicación de la norma IEC 60969 (2001)
Lámpara fluorescente de doble casquillo	PE N° 5/02-01/2 emitido por la Superintendencia de	IEC 60081 (2002) NCh 3020 Of.2006	Lámparas fluorescentes de doble casquillo para

	Electricidad y Combustibles  Resolución exenta Nº 1046 de fecha 14.07.2008, modificada por Resolución Exenta Nº1632, de fecha 30.06.2010, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	Ley Nº 18.140	iluminación general, de acuerdo al alcance y al campo de aplicación de la norma IEC 60081 (2002), con sus Adendas A1:2000, A2:2003 y A3:2005. Se exceptúan de esta exigencia, las lámparas cuya longitud exceda los 1200 mm y las lámparas cuya potencia nominal sea superior a 40W.
Lámpara fluorescente de casquillo único.	PE Nº 5/02-02/2 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles  Resolución exenta Nº 1046 de fecha 14.07.2008, modificada por Resolución Exenta Nº1632, de fecha 30.06.2010, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	IEC 60901 (2001) NCh 3020 Of.2006  Ley Nº 18.140	Lámpara fluorescente de casquillo único para iluminación general, de acuerdo al alcance y campo de aplicación de la norma IEC 60901 (2001) con sus Adendas A1:1997, A2:2000 y A3:2004.

Fuente: elaboración propia

- 1 El sustento legal para la definición de los estándares mínimos de eficiencia energética se
- 2 encuentra en la Ley Nº 20.402 promulgada el 25-11-2009 que crea el Ministerio de Energía,
- 3 estableciendo modificaciones al DL Nº 2.224, de 1978 y a otros cuerpos legales.
  
- 4 El artículo 4º, letra h) señala como atribución del Ministerio de Energía: “Fijar, mediante
- 5 resolución, los estándares mínimos de eficiencia energética que deberán cumplir los
- 6 productos, máquinas, instrumentos, equipos, artefactos, aparatos y materiales que utilicen
- 7 cualquier tipo de recurso energético, para su comercialización en el país.”
  
- 8 El reglamento que da operación a la Ley anteriormente citada, fue aprobado por medio del
- 9 Decreto 97 que “Aprueba Reglamento que establece el procedimiento para la fijación de
- 10 estándares mínimos de eficiencia energética y normas para su aplicación”, este reglamento fue
- 11 publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el lunes 14 de Mayo de 2012.

## 4.2 Alcance

- 1 Este estándar mínimo de eficiencia energética cubrirá los siguientes productos:
- 2 Lámparas incandescentes de filamento de tungsteno para uso doméstico y alumbrado general,
- 3 que presentan una potencia nominal entre 25 W y 200 W, lámparas de forma A o PS; lámparas
- 4 transparentes o esmeriladas, o de acabado blanco; casquillos E26 o E27, de acuerdo al alcance
- 5 y campo de aplicación de la Norma IEC 60064/2005
- 6 Lámparas con balasto incorporado (LFC) para iluminación general, que tengan una potencia
- 7 nominal hasta 60W; una tensión nominal comprendida entre 100 V y 250 V; casquillos de rosca
- 8 Edison o Bayoneta, de acuerdo al alcance y campo de aplicación de la norma IEC 60969 (2001)
- 9 Lámparas fluorescentes de doble casquillo para iluminación general, de acuerdo al alcance y al
- 10 campo de aplicación de la norma IEC 60081 (2002), con sus Adendas A1:2000, A2:2003 y
- 11 A3:2005. Se exceptúan de esta exigencia, las lámparas cuya longitud exceda los 1200 mm y las
- 12 lámparas cuya potencia nominal sea superior a 40W.
- 13 Lámpara fluorescente de casquillo único para iluminación general, de acuerdo al alcance y
- 14 campo de aplicación de la norma IEC 60901 (2001) con sus Adendas A1:1997, A2:2000 y
- 15 A3:2004.

## 4.3 Estándar Mínimo de Eficiencia Energética

- 16 El estándar mínimo de eficiencia energética está basado en las clases de eficiencia energética
- 17 definidas en las normas chilenas de etiquetado NCh 3010 Of.2006<sup>15</sup> y NCh 3020 Of.2006<sup>16</sup>
- 18 Para definir la clasificación de eficiencia energética para lámparas se debe aplicar la siguiente
- 19 formulación:
- 20 Para pertenecer a Clase A se debe cumplir lo siguiente:

Tabla 8. Clasificación energética.

Tipo de lámpara	Fórmula	Referencia
Lámparas fluorescentes sin balasto incorporado	$P \leq (0,15 \times \sqrt{\Phi}) + (0,0097) \Phi$	NCh 3020 Of.2006
Para las demás lámparas fluorescentes y lámparas incandescentes de uso doméstico.	$P \leq (0,24 \times \sqrt{\Phi}) + (0,0103) \Phi$	NCh 3010 Of.2006 NCh 3020 Of.2006

- 21 En donde
- 22 P: Potencia de la lámpara expresada en watt (W).
- 23  $\Phi$ : Flujo luminoso de la lámpara, expresado en lumen (lm)

<sup>15</sup> NCh 3010 Of.2006 Eficiencia energética – Lámparas incandescentes de uso doméstico – Clasificación y etiquetado.

<sup>16</sup> NCh 3020 Of.2006 Eficiencia energética– Lámparas fluorescentes compactas, circulares y tubulares de uso doméstico – Clasificación y etiquetado.

1 **Si una lámpara no pertenece a Clase A** se debe clasificar desde la clase B hasta la clase G,  
2 aplicando la siguiente fórmula:

3 Calcular el Índice de Eficiencia Energética  $I$ , de la siguiente forma:

4 *Índice de Eficiencia Energética:*  $I(\%) = \frac{P}{Pr} \times 100$

5 En donde

6  $Pr = 0,20 \times \Phi$  para  $\Phi \leq 34 \text{ lm}$

7 o

8  $Pr = (0,88 \times \sqrt{\Phi}) + (0,049) \Phi$  para  $\Phi > 34 \text{ lm}$

9 En que:

10 P: Potencia de la lámpara expresada en watt (W).

11 Pr: Potencia de referencia expresada en watt (W).

12  $\Phi$ : Flujo luminoso de la lámpara, expresado en lumen (lm)

13 La clase de eficiencia energética correspondiente se establece en la siguiente tabla:

Tabla 9. Clases de Eficiencia Energética.

Clase	Índice de eficiencia energética
B	$I < 60\%$
C	$60\% \leq I < 80\%$
D	$80\% \leq I < 95\%$
E	$95\% \leq I < 110\%$
F	$110\% \leq I < 130\%$
G	$130\% \leq I$

#### 4.4 Límites y cronograma de aplicación

14 **No se podrán comercializar aquellas lámparas que tengan un Índice de Eficiencia Energética**  
15 **mayor o igual a 80%** de acuerdo al siguiente cronograma:

Tabla 10. Cronograma de implementación.

Transcurridos 12 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia superior a 75W
Transcurridos 24 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia superior a 40W
Transcurridos 36 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia igual o superior a 25 W

16 Esto es equivalente a señalar que:

- 1 Se prohíbe la comercialización de lámparas cuya clase de eficiencia energética sea D, E, F o G,  
2 para potencias superiores a 75W transcurridos 12 meses desde la dictación de la resolución.
- 3 Se prohíbe la comercialización de lámparas cuya clase de eficiencia energética sea D, E, F o G,  
4 para potencias superiores a 40W transcurridos 24 meses desde la dictación de la resolución.
- 5 Se prohíbe la comercialización de lámparas cuya clase de eficiencia energética sea D, E, F o G,  
6 para potencias iguales o superiores a 25W transcurridos 36 meses desde la dictación de la  
7 resolución.
- 8 Transcurridos 48 meses desde la dictación de la resolución, se dará inicio a la segunda etapa,  
9 en que solamente se podrán comercializar aquellas lámparas que cumplan ser de clase de  
10 eficiencia energética A, es decir, deben cumplir con:

Tabla 11. Condición de comercialización segunda etapa.

Lámparas fluorescentes sin balasto incorporado	$P \leq (0,15 \times \sqrt{\Phi}) + (0,0097) \Phi$
Para las demás lámparas fluorescentes y lámparas incandescentes de uso doméstico.	$P \leq (0,24 \times \sqrt{\Phi}) + (0,0103) \Phi$

## 5. Evaluación de la propuesta

11 Para la evaluación se utilizará la metodología propuesta en el documento “Análisis de  
12 estándares Mínimos de Eficiencia Energética para Servicios Generales de iluminación<sup>17</sup>”,  
13 elaborado por un equipo del Lawrence Berkeley National Laboratory<sup>18</sup> (LBNL) liderado por  
14 Virginie E. Letschert.

15 La metodología se basa en un análisis técnico-económico para evaluar los impactos de  
16 implementar los estándares en el país. Esta evaluación se realiza utilizando la herramienta  
17 llamada PAMS (Policy Analysis Modeling System) desarrollada por LBNL para el Programa  
18 Colaborativo para el Etiquetado y Estándares de Artefactos<sup>19</sup> (CLASP).

19 El análisis técnico-económico utiliza los siguientes parámetros:

- 20 • Precios de venta, categoría de eficiencia y potencia de las lámparas disponibles en el  
21 mercado.
- 22 • Datos de uso de las lámparas (cantidad de horas por día).
- 23 • Datos de stock y penetración de lámparas eficientes en el mercado.

24 Utilizando estos parámetros, PAMS calcula los costos y beneficios de los estándares desde dos  
25 perspectivas complementarias:

<sup>17</sup> “Analysis of minimum efficiency performance standards for residential general service lighting in Chile”. Letschert, McNeil, Leiva, Ruz, Pavon, Hall. Junio 2011. Este documento puede ser revisado en <http://efficiency.lbl.gov/>

<sup>18</sup> El Lawrence Berkeley Lab pertenece al Departamento de Energía de los Estados Unidos y es operado por la Universidad de California.

<sup>19</sup> Collaborative Collaborative Labelling and Appliance Standards Program

1 El Costo del Ciclo de Vida (Life Cycle Cost - LCC), que examina los costos y beneficios de utilizar  
2 lámparas fluorescentes compactas en vez de lámparas incandescentes desde la perspectiva de  
3 los hogares individuales.

4 La perspectiva nacional del proyecto, incluye los costos y beneficios agregados a nivel país,  
5 tanto desde el punto de vista financiero, como de ahorro de energía y beneficios medio  
6 ambientales. Los cálculos de la perspectiva nacional son llamados los Ahorros Nacionales de  
7 Energía (National Energy Savings – NES) y el Valor Presente Neto (Net Present Value - NPV).  
8 PAMS también calcula la mitigación total de emisiones y la capacidad de generación evitada.

### 5.1 Beneficios a nivel de hogares

9 El Costo el Ciclo de Vida considera en su análisis el incremento de los costos entre usar  
10 lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes compactas, y los ahorros de energía que se  
11 producen al cambiar la tecnología. En esta evaluación se pondera el precio de venta de ambos  
12 productos y el número de años de operación. Debido al corto ciclo de vida de las lámparas  
13 incandescentes, la base de cálculo es el ciclo de vida de las lámparas fluorescentes compactas,  
14 lo que se traduce en que por cada año de operación de una LFC el consumidor compra una  
15 nueva lámpara incandescente.

16 Se asume que las lámparas incandescentes de 100 W serán reemplazadas por LFC de 20W, las  
17 de 75W y 60W por LFC de 15W y las de 40W y 25W por LFC de 10 W en base a los lúmenes de  
18 cada producto.

19 En base a estos reemplazos se obtienen los siguientes escenarios<sup>20</sup>

Tabla 12. Escenario de comparación lámparas incandescentes y LFC.

Categoría Lámpara incandescente	Costo en el ciclo de vida Caso Base	Categoría Lámpara Fluorescente Compacta (LFC)	Costo en el ciclo de vida LFC	Período de retorno de la inversión <sup>21</sup> (años)
100W	\$50.303	20W	\$14.427	0,41
75W	\$38.196	15W	\$10.635	0,37
60W	\$35.913	15W	\$11.311	0,34
40W	\$24.567	10W	\$9.138	0,63
25W	\$15.814	10W	\$9.294	1,23

Fuente: elaboración propia en base a metodología Lawrence Berkeley Lab.

20 En cada configuración, el costo del ciclo de vida de una incandescente es mucho más alto que  
21 el costo del ciclo de vida de una lámpara de ahorro de energía. El consumidor experimenta un

<sup>20</sup> Ver en anexo 4 los supuestos utilizados para calcular el ciclo de vida útil y la explicación detallada de la metodología utilizada.

<sup>21</sup> tiempo que le toma al consumidor recobrar, a través de la disminución de los costos de operación, el supuesto mayor costo de compra de los productos energéticos más eficientes.

1 beneficio financiero neto al comprar una LFC en vez de una lámpara incandescente. El periodo  
2 de retorno de la inversión es también muy bajo, menos de un año en la mayoría de los casos,  
3 lo que significa que incluso si la LFC tiene una vida de un año al igual que una lámpara  
4 incandescente aún sería rentable.

## 5.2 Beneficios a nivel País

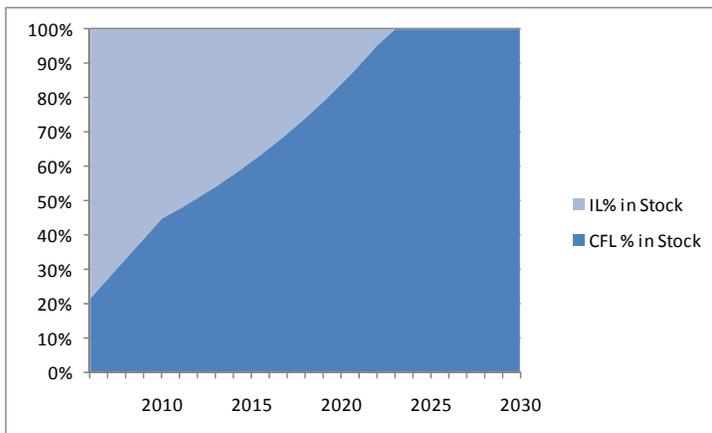
5 Los beneficios agregados a nivel país corresponden a la suma de los beneficios de los  
6 consumidores a nivel individual para entenderlo como un todo, esto implica considerar las  
7 ventas y el stock de luminarias en el país. El modelo PAMS calcula para cada año el número de  
8 lámparas para el caso base (Business As Usual – BAU) y el caso eficiente, y muestra la  
9 evolución en cada caso.

## 5.3 Stock de lámparas en el país: caso base y de política pública

### 5.3.1 Stock caso base

10 Sin la existencia de una política de estándares mínimos, el caso base se modela utilizando las  
11 tasas de reemplazo histórico con datos obtenidos de encuestas realizadas en 2005 y 2010. La  
12 siguiente figura presenta el caso del escenario base:

Figura 4. Porcentaje de LFC vs Incandescentes en el stock



Fuente: elaboración propia en base a metodología Lawrence Berkeley Lab.

13 Se puede ver que en el caso base, sin regulación, las LFCs dejarán fuera a las incandescentes el  
14 año 2023. Esto significa que se pueden obtener ahorros acelerando la fase en curso de  
15 eliminación de las lámparas incandescentes. En el modelo PAMS, para el año 2023, el  
16 programa no tendrá más impactos.

17 Las encuestas de hogares muestran que el número de lámparas en uso en el hogar no ha  
18 cambiado significativamente entre 2005 y 2010<sup>22</sup>. En orden a ser conservadores, se asume que

<sup>22</sup> Ver estudios “Comportamiento del Consumidor Residencial y su Disposición a Incorporar Aspectos de Eficiencia Energética en sus Decisiones y Hábitos” Comisión Nacional de Energía - 2005; “Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial”, Ministerio de Energía – 2010

1 el número de lámparas por vivienda es constante en todo el periodo analizado. Por esta vía,  
 2 posiblemente se subestimen los impactos positivos del programa.

3 La distribución por potencia se basa en encuesta de ventas (2009), y se asume constante a  
 4 través del período de análisis en el caso base. En el caso de política pública, las cuotas de  
 5 mercado de las LFC se han modificado ligeramente debido a la conversión de lámparas  
 6 incandescentes en las lámparas fluorescentes compactas.

### 5.3.2 Stock en el escenario de eficiencia

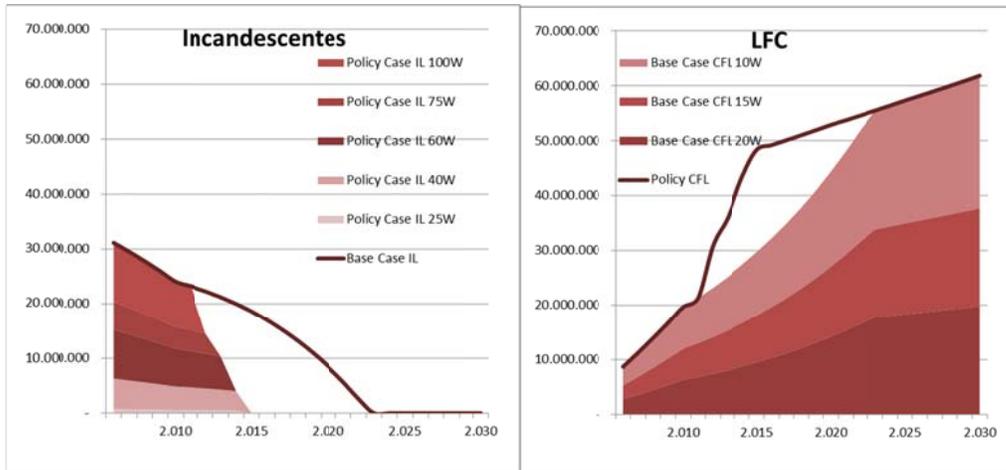
7 El escenario eficiente se define en base a las etapas definidas para la eliminación de las  
 8 lámparas ineficientes en base a la categoría de eficiencia energética.

Tabla 13. Etapas eliminación lámparas ineficientes.

Transcurridos 6 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia superior a 75W
Transcurridos 12 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia superior a 40W
Transcurridos 18 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia igual o superior a 25 W

9 Los siguientes gráficos ilustran el impacto del programa en el stock

Figura 5. Participación en el stock de mercado por potencia caso base y de MEPS 2013



Fuente: elaboración propia en base a metodología Lawrence Berkeley Lab.

10 El área entre el nivel del gráfico y la línea continua representa el número de lámpara  
 11 desplazadas en el escenario de eficiencia. Las lámparas incandescentes son la de la izquierda y  
 12 las LFCs a la derecha.

### 5.4 Impactos Nacionales

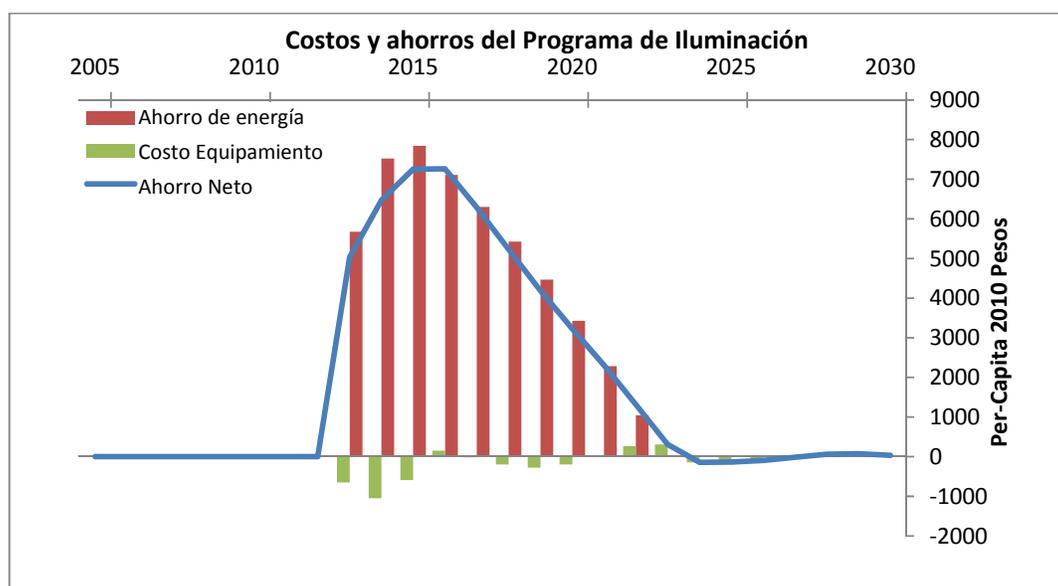
13 Los principales impactos que se calculan a nivel nacional son: Ahorros en la generación de  
 14 energía; Ahorros de energía primaria; Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero;  
 15 Beneficios Nacionales del Consumidor; y la Capacidad de Generación evitada.

- 1 **Ahorros en la generación de energía (NES):** estimación de los resultados de los ahorros en
- 2 términos energéticos a nivel nacional en el lugar en que se genera la energía, es decir, se
- 3 incluye el ahorro en pérdidas en la transmisión y distribución de electricidad.
  
- 4 **Ahorros de Energía Primaria (PES):** se calculan de a partir de los ahorros en la generación de
- 5 energía (NES), teniendo en cuenta la mezcla de combustible en la generación de electricidad y
- 6 las pérdidas por transmisión y distribución (T&D).
  
- 7 **Reducción de emisiones:** total de reducciones de CO2 en millones de toneladas (Mt) se calcula
- 8 de acuerdo al mix de generación de electricidad referido por el Lawrence Berkeley Lab.
  
- 9 **Beneficios Nacionales del Consumidor:** el Valor Presente Neto (NPV) de la política es calculado
- 10 de acuerdo al costo total adicional pagado por las LFCs, los ahorros de electricidad en las
- 11 cuentas, y la tasa de descuento nacional aplicada a la evaluación del programa.
  
- 12 **Capacidad de Generación Evitada:** La capacidad evitada se calcula en el año donde los ahorros
- 13 son de mayor importancia y representan la potencia instantánea ahorrada a nivel nacional
- 14 durante el peak de consumo. Se debe incluir la energía que se pierde en transmisión y
- 15 distribución.

## 5.5 Resultados

- 16 Como se muestra en el siguiente gráfico, PAMS calcula en cada año el costo incremental de
- 17 equipamiento y los ahorros de energía del programa. Se ve que el consumidor experimenta
- 18 ahorros netos tempranamente al primer año de programa. Esto se debe al bajo periodo de
- 19 retorno que es menor a un año para la mayor parte de las lámparas. Se puede ver que el peak
- 20 de beneficios del programa ocurre en 2015, y que el programa solo tiene impactos hasta 2023.
- 21 Esto se debe a que se asume una eliminación de las lámparas incandescentes sin programa en
- 22 2023.

Figura 6. Costos y ahorros anuales netos del programa de iluminación



Fuente: elaboración propia en base a metodología Lawrence Berkeley Lab

- 1 La siguiente tabla presenta los ahorros de energía acumulados, las emisiones de CO2 evitadas  
 2 y la capacidad de planta evitada.

Tabla 14. Ahorros de energía y de emisiones de CO2, y capacidad de planta evitada debido a la política.

Ahorros acumulados en la generación de energía	Escenario de referencia
Hasta 2020	7.426 Tcal <sup>23</sup>
Hasta 2030	7.964 Tcal <sup>24</sup>
Ahorros acumulados de Energía Primaria	
Hasta 2020	16.710 Tcal <sup>25</sup>
Hasta 2030	17.920 Tcal <sup>26</sup>
Emisiones de CO2 evitadas (Mt) hasta 2020	4,51
Emisiones de CO2 evitadas (Mt) hasta 2030	4,83
Potencia desplazada máxima en el período en hora punta 2020 (MW)	872
Valor Presente Neto 2012-2030 (millones US\$)	1.363

Fuente: elaboración propia en base a metodología Lawrence Berkeley Lab

## 5.6 Análisis de Sensibilidad

- 3 Aquí se presenta el análisis de impacto nacional bajo diferentes escenarios. Primero, se  
 4 estudian diferentes calendarios de entrada en vigencia de los estándares mínimos. Un  
 5 escenario lento, con una fase cada dos años, y uno rápido con fases cada seis meses. Un  
 6 segundo escenario de sensibilización se crea en base a la tasa de penetración de las LFCs en el  
 7 stock. Un primer escenario supone un escenario sin variación inicial (penetración de las LFCs se  
 8 mantienen constantes), mientras un segundo escenario BAU se basa en una tasa de  
 9 crecimiento como la que existió entre 2005 y 2010<sup>27</sup>. También se explora el efecto del precio  
 10 de la electricidad asumiendo que el costo aumenta un 2% anualmente<sup>28</sup>. La siguiente tabla  
 11 muestra los resultados del análisis de sensibilidad en el análisis de impacto.

<sup>23</sup> Equivale a 8.635 GWh

<sup>24</sup> Equivale a 9.261 GWh

<sup>25</sup> Equivale a 1,671 Mtoe

<sup>26</sup> Equivale 1,792 Mtoe

<sup>27</sup> Se asume que entre el 2005 y 2010 la participación de las LFC crecieron desde el 16% al 45% y que las  
 ampollitas incandescentes pasan del 84% al 55% en el stock instalado.

<sup>28</sup> Entre los años 1993 y 2010 el promedio anual de las tarifas eléctricas sufrió un alza de 6,2% anual. Por  
 lo tanto, el supuesto de un alza de 2% es un escenario conservador y se utiliza como un escenario de  
 sensibilización.

Tabla 15. Análisis de sensibilidad.

	Caso de referencia (Ritmo intermedio, Mejoramiento eficiencia intermedio)	Ritmo implementación MEPS		Mejoramiento de la eficiencia en BAU	
		Lento	Rápido	Sin variación inicial – penetración LFC constante	Tasa penetración LFC alta
<b>Ahorros en la generación de energía (GWh)</b>					
Hasta 2020	8.635	7.165	9.321	17.196	4.515
Hasta 2030	9.261	7.791	9.948	43.734	4.515
<b>Valor Presente Neto (millones US\$)</b>					
Precio Contante de electricidad	1.363	1.139	1.487	4.621	732,2
Crecimiento alto del precio de la electricidad	1.673	1.341	1.731	6.044	832
<b>Emisiones CO2 (Mt) hasta 2030</b>	4,44	3,73	4,77	20,96	2,16
<b>Generación evitada máxima en el período (MW) al 2020</b>	872	704	937	1.762	624

Fuente: elaboración propia en base a metodología Lawrence Berkeley Lab

- 1 Este análisis de sensibilidad entrega una idea del margen de incertidumbre que rodea a los
- 2 números presentados en el escenario de referencia. Se puede ver que los resultados del valor
- 3 presente no son demasiado sensibles al incremento en el precio de la electricidad, esto se
- 4 debe a que los factores que determinan el ahorro ocurren en los primeros años en los que el
- 5 programa es lanzado, por lo que el costo de la electricidad no llega a un precio tan alto. Una
- 6 mayor influencia tiene el supuesto acerca del número de LFCs que podrían estar en stock al
- 7 2020, o al 2030. Tal como se puede apreciar, el escenario de referencia representa una buena
- 8 estimación. De acuerdo a lo señalado en el estudio del Lawrence Berkeley Lab, en la
- 9 preparación del estudio para el Ecodiseño en Europa, se asumió que el 30% de las lámparas
- 10 incandescentes permanecerían en stock al 2020 vs el 16% del escenario de referencia. A pesar
- 11 de que los contextos son diferentes, esto indica que el orden de magnitud es el correcto.
- 12 El análisis de costo beneficios de esta propuesta de estándares mínimos de eficiencia
- 13 energética para la iluminación residencial muestra grandes beneficios en comparación a los

1 costos incrementales en que se incurre, tanto a nivel del consumidor como a nivel país. Si se  
2 implementa la propuesta, los MEPS pueden ahorrar sobre US\$1.000 millones en los próximos  
3 20 años, evitando más de 9 TWh de electricidad y 4,4 Mt de emisiones de CO2. La metodología  
4 utilizada muestra que la mayor parte de los ahorros ocurren en los años más cercanos a la  
5 puesta en marcha de la política, en donde la penetración de las LFCs todavía es baja.

6 Por lo tanto, la propuesta de estándares mínimos de eficiencia energética presentada en este  
7 informe que señala **“No se podrán comercializar aquellas lámparas que tengan un Índice de  
8 Eficiencia Energética mayor o igual a 80% de acuerdo al siguiente cronograma”**:

Tabla 16. Cronograma de implementación.

Transcurridos 6 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia superior a 75W
Transcurridos 12 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia superior a 40W
Transcurridos 18 meses desde la dictación de la resolución	Lámparas de potencia igual o superior a 25 W

9 Presenta importantes ahorros de energía para el país, así como beneficios directos para las  
10 familias al disminuir el consumo de electricidad de las viviendas. Implementar un estándar de  
11 eficiencia energética para lámparas no direccionales para iluminación general es una política  
12 que mejorará el uso de la energía en el país.

## Anexos

### Anexo 1 - Tecnología

#### A1.1 Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente es una tecnología que tiene 130 años. Produce luz por calentamiento de un delgado filamento de metal a temperaturas lo suficientemente altas como para emitir radiación visible. Las lámparas incandescentes son ineficientes: cerca del 90% de la energía eléctrica que recibe se convierte en energía térmica, la cual se pierde como calor. En presencia de aire, el filamento metálico se quema rápidamente; por lo tanto, está encapsulado en un envase de vidrio al vacío, siendo reemplazado por un gas inerte. La base de la lámpara tiene un conector metálico (casquillo de la lámpara o base de la lámpara) que proporciona el soporte mecánico del bombillo de vidrio y los contactos eléctricos.

Las lámparas incandescentes se producen en un amplio rango de tamaños, niveles de flujo luminoso y potencias nominales. Las lámparas incandescentes son económicas para producir y para comprar, pero su operación es costosa. En comparación con otras tecnologías de iluminación alternativas, tales como las LFCs y los LEDs, las incandescentes son de relativamente corta duración y tienen una eficacia luminosa muy baja. Para las lámparas incandescentes, la eficacia luminosa depende del voltaje de alimentación y de la energía consumida, que para aplicaciones residenciales está entre 15 W y 200 W.

Características de las lámparas incandescentes

Costo inicial (precio para el consumidor)	Muy bajo
Vida media, y depreciación de lúmenes durante su vida útil	Corta (<1000 h). No hay disminución notoria de los lúmenes durante su vida útil
Eficacia luminosa	Baja (<12 lm/W)
Costos operativos, incluyendo el reemplazo de lámparas agotadas	El costo inicial de la lámpara es muy bajo pero los costos operativos son muy altos y las lámparas deben ser reemplazadas frecuentemente.
Temperatura de color	Blanco cálido (2700 K — 2800 K)
Compatibilidad con luminarias existentes	Si
Compatibilidad con controles de atenuación (atenuable)	Si
Gestión ambiental sostenible	Pueden contener plomo en las soldaduras. Riesgo de rotura de vidrio.

## A1.2 Lámparas de Tungsteno-Halógeno (lámparas halógenas)

Una lámpara de tungsteno-halógeno convencional es similar a una lámpara incandescente en que se calienta un filamento metálico para producir luz. La diferencia radica en que el tubo de la lámpara de tungsteno-halógeno es rellenado con un gas halógeno (típicamente bromo o yodo o una mezcla de gases) en lugar de un gas inerte. El gas halógeno facilita un proceso químico que devuelve metal para el filamento durante el funcionamiento de la lámpara, evitando la evaporación y la condensación del metal en el interior del vidrio de la lámpara. Este proceso permite que la lámpara de tungsteno-halógeno opere a temperaturas superiores que una lámpara incandescente estándar, y permite reducir significativamente el tamaño del tubo de vidrio respecto al de una lámpara incandescente con similar flujo luminoso, lo cual conduce a una eficiencia ligeramente superior y a una vida útil más larga del producto en relación a las lámparas incandescentes estándares.

En general, el costo de una lámpara de tungsteno-halógeno convencional es mayor que el de su contraparte incandescente correspondiente, pero las lámparas de tungsteno-halógeno tienen mayor vida útil y mayor eficacia luminosa que las lámparas incandescentes. La eficacia luminosa de una lámpara de tungsteno-halógeno convencional puede mejorarse mediante la sustitución de una pequeña cantidad del gas halógeno por xenón. La adición de xenón produce una luz blanca ligeramente más fría que la generada por una lámpara de tungsteno-halógeno convencional, ayuda a disminuir los depósitos en la superficie interna del bombillo, y aumenta el flujo luminoso (en relación al flujo luminoso de una lámpara incandescente convencional) hasta en un 25%. Aquellas lámparas para las cuales la cápsula del halógeno mejorado (adicionado con xenón) es colocada en un segundo vidrio y están equipadas con una base de lámpara estándar, pueden ser utilizadas en todas las luminarias diseñadas para las lámparas incandescentes convencionales.

### Características de las lámparas de tungsteno-halógeno

Costo inicial (precio para el consumidor)	Bajo a medio, pero mayor que las lámparas incandescentes.
Vida media, y depreciación de lúmenes durante su vida útil	Corta, pero más larga que las lámparas incandescentes (<4,000 h). No hay disminución notoria de los lúmenes durante su vida útil.
Eficacia luminosa	Baja (<15lm/W), pero mayor que la de las lámparas incandescentes
Costos operativos, incluyendo el reemplazo de lámparas agotadas	El costo inicial de la lámpara es bajo pero los costos operativos son altos y las lámparas deben ser reemplazadas frecuentemente.
Temperatura de color	Blanco cálido (2700 K - 3000 K)
Compatibilidad con luminarias existentes	Si
Compatibilidad con controles de atenuación (atenuable)	Si
Gestión ambiental sostenible	Pueden contener plomo en las soldaduras. Riesgo de rotura de vidrio.

### A1.3 Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs)

En un tubo de la lámpara fluorescente, la electricidad excita al vapor de mercurio, generando una radiación ultravioleta de onda corta que estimula al recubrimiento de fósforo del interior del tubo para que emita radiación visible. La corriente eléctrica en el tubo debe ser controlada, por lo tanto cada lámpara fluorescente compacta requiere de un balasto integrado.

Los tubos de la lámpara fluorescente compacta se doblan y tuercen para ocupar el mismo espacio que una lámpara incandescente. Algunas LFCs tienen tubos expuestos. Otras, están equipadas con bombillos externos, de vidrio o plástico, que son decorativos y de protección. Estos bombillos disminuyen la eficacia luminosa de las lámparas, pero agregan protección al contener el mercurio en caso que los tubos se rompan.

Las LFCs tienen una vida útil y una eficiencia luminosa mucho mayor que las lámparas incandescentes. En general, una LFC utiliza hasta un 80% menos de energía que una incandescente, para producir el mismo flujo luminoso. Las LFCs están disponibles en rangos de temperaturas que las hacen compatibles con aplicaciones residenciales, desde el blanco cálido al blanco frío.

Los consumidores deben reemplazar las lámparas incandescentes por LFCs de similar flujo luminoso, refiriéndose a los lúmenes nominales informados en la etiqueta o en el empaque del producto. Para garantizar un flujo luminoso suficiente a lo largo de la vida útil de la LFC, los consumidores deben buscar aquellos modelos que tengan una etiqueta ecológica o una garantía de los consumidores.

#### Características de las LFCs

Costo inicial (precio para el consumidor)	Bajo a medio
Vida media, y depreciación de lúmenes durante su vida útil	Larga (>20,000 h). Puede haber disminución notoria de los lúmenes durante su vida útil.
Eficacia luminosa	Alta (>70 lm/W). Las LFCs que tienen bombillos de plástico o de vidrio adicionales pueden reducir su eficacia luminosa.
Costos operativos, incluyendo el reemplazo de lámparas agotadas	Bajos
Temperatura de color	Hay modelos disponibles en un amplio rango de temperaturas de color, desde el blanco muy cálido (2400 K) hasta el blanco muy frío (6500 K)
Compatibilidad con luminarias existentes	La mayoría son compatibles, pero algunas LFCs pueden no caber en algunas luminarias existentes. La lámpara puede tardar unos segundos hasta alcanzar el máximo flujo luminoso.
Compatibilidad con controles de atenuación (atenuable)	La mayoría de las LFCs son no atenuables. A través de la etiqueta de la lámpara se puede identificar si el modelo es atenuable
Gestión ambiental sostenible	Contiene mercurio. Puede tener plomo en las soldaduras. Componentes electrónicos y plásticos similares a otros productos electrónicos. Riesgo de rotura de vidrio.

## A1.4 Lámparas de Diodos Emisores de Luz (LED)

Un diodo es un componente electrónico en estado sólido que permite que la corriente eléctrica fluya en una sola dirección. Un diodo emisor de luz (LED) es un diodo que produce luz de un color específico. Las lámparas LED de buena calidad tienen larga vida media, hasta de 50,000 horas.

Las lámparas LED tienen una eficiencia luminosa mayor que cualquiera de las lámparas fluorescentes e incandescentes. Tienen larga duración, no tienen filamentos metálicos y normalmente no tienen bombillos de vidrio. El uso de una lámpara LED para reemplazar una lámpara incandescente reduce el consumo de energía hasta en un 90%. A diferencia de las LFCs, las lámparas LED no contienen mercurio. Al igual que otros aparatos electrónicos y lámparas, las soldaduras pueden contener plomo u otros metales pesados. Sin embargo, algunos fabricantes ofrecen modelos que contienen soldadura libre de plomo. Actualmente, el costo inicial de las lámparas LED es muy alto comparado con las lámparas incandescentes y LFCs, pero se espera que los precios comiencen a bajar rápidamente a medida que aumente la demanda de lámparas LED.

Características de las lámparas LED

Costo inicial (precio para el consumidor)	Medio a muy alto
Vida media, y depreciación de lúmenes durante su vida útil	Muy larga (>50,000 h)
Eficacia luminosa	Alta (>120 lm/W). Puede haber disminución notoria de los lúmenes durante su vida útil.
Costos operativos, incluyendo el reemplazo de lámparas agotadas	Bajos
Temperatura de color	Hay modelos disponibles en un amplio rango de temperaturas de color, desde e blanco muy cálido (2400 K) al blanco muy frío (6500 K)
Compatibilidad con luminarias existentes	La mayoría son compatibles, pero algunas lámparas LED pueden ser más pesadas debido al disipador de calor, que es de metal. Algunas pueden no caber en todas las luminarias.
Compatibilidad con controles de atenuación (atenuable)	Sólo si se especifica en la etiqueta o en el empaque.
Gestión ambiental sostenible	Muy baja. El disipador de calor de algunas lámparas LED puede estar templado a caliente.
	Pueden contener plomo en las soldaduras. Riesgo de rotura de vidrio.

## Anexo 2 - Normas de estándares mínimos de eficiencia energética en el exterior

### Unión Europea

REGLAMENTO (CE) No 244/2009 DE LA COMISIÓN de 18 de marzo de 2009 por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas de uso doméstico no direccionales.

Artículo 3: Requisitos de diseño ecológico

Las lámparas de uso doméstico no direccionales deberán cumplir los requisitos de diseño ecológico establecidos en el anexo II.

Cada requisito de diseño ecológico se aplicará de conformidad con las siguientes fases:

Fase 1: 1 de septiembre de 2009

Fase 2: 1 de septiembre de 2010

Fase 3: 1 de septiembre de 2011

Fase 4: 1 de septiembre de 2012

Fase 5: 1 de septiembre de 2013

Fase 6: 1 de septiembre de 2016

Anexo II: Requisitos de diseño ecológico aplicables a las lámparas de uso doméstico no direccionales

Requisitos de eficacia de las lámparas

En el cuadro 1 figura la potencia máxima asignada ( $P_{\max}$ ) para un determinado flujo luminoso asignado ( $\Phi$ ).

Cuadro 1

Fecha de aplicación	Potencia máxima asignada ( $P_{\max}$ ) para un determinado flujo luminoso asignado ( $\Phi$ ) (W)	
	Lámparas claras	Lámparas no claras
Fases 1 a 5	$0,8 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$	$0,24\sqrt{\Phi} + 0,0103\Phi$
Fase 6	$0,6 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$	$0,24\sqrt{\Phi} + 0,0103\Phi$

### Canadá

Reglamento que establece Estándares Mínimos de Eficiencia Energética señala:

Flujo luminoso	Eficacia lámpara	Vida	CRI	Fecha de vigencia
1050 lm - 2600 lm	$\geq 4.0357 \times \ln(\text{lumen}) - 7.1345$	$\geq 1000$ horas	$\geq 80$	1/1/2014

1050 lm - 2600 lm	≥ 75% de la eficacia del estándar de referencia para el espectro de la lámpara	≥ 1000 horas	≥ 80	1/1/2014
250lm-1049 lm	≥ $4.0357 \times \ln(\text{lumen}) - 7.1345$	≥ 1000 horas	≥ 80	31/12/2014
250lm-1049 lm	≥ 75% de la eficacia del estándar de referencia para el espectro de la lámpara	≥ 1000 horas	≥ 80	31/12/2014

### Estados Unidos

Acta de Seguridad e Independencia Energética, 2007, establece estándares mínimos eficiencia energética para lámparas incandescentes de servicios generales.

Rango de lúmenes	Potencia máxima permitida	Vida útil mínima	Fecha de vigencia
1490-2600	72	1.000 horas	1/1/2012
1050-1489	53	1.000 horas	1/1/2013
750-1049	43	1.000 horas	1/1/2014
310-749	29	1.000 horas	1/1/2014

### México

Estándares mínimos de eficiencia energética definidos en la Norma NOM-028-ENER-2010

Fase 1: espectro general

Rango de lúmenes	Potencia máxima permitida	Eficacia Mínima (lm/W)	Fecha de vigencia
1490-2600	72	20.69	Diciembre 2011
1050-1489	53	19.81	Diciembre 2012
750-1049	43	17.44	Diciembre 2013
406-749	29	14.00	Diciembre r 2013

### Argentina

Lámparas incandescentes de más de 25 Watt fueron prohibidas el 31 de diciembre de 2010 a través de la Ley N° 26.473

Ley 26.473: Prohíbese a partir del 31 de diciembre de 2010, la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general en todo el territorio de la República Argentina.

Sancionada: Diciembre 17 de 2008

Promulgada de Hecho: Enero 12 de 2009

## Brasil

### Estándar Mínimo de Eficiencia Energética

Lámparas Residenciales Incandescentes de 127 V – 750 horas					
Potencia (W)	Eficiencia Mínima (lm/W)				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
> 151	20,0	24,0			
101 a 150	19,0	23,0			
76 a 100		17,0	22,0		
61 a 75		16,0	21,0		
41 a 60			15,5	20,0	
26 a 40				14,0	19,0
Menor a 25				11,0	15,0

Lámparas Residenciales Incandescentes de 220 V – 1000 horas					
Potencia (W)	Eficiencia Mínima (lm/W)				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
> 151	18,0	22,0			
101 a 150	17,0	21,0			
76 a 100		14,0	20,0		
61 a 75		14,0	19,0		
41 a 60			13,0	18,0	
26 a 40				11,0	16,0
Menor a 25				10,0	15,0

## Colombia

Resolución N° 181331, del Ministerio de Minas y Energía. Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. RETILAP y se dictan otras disposiciones.

Sección 310.1 Bombillas incandescentes para uso de iluminación doméstica.

De conformidad con los decretos 3450 de 2008 y 2331 de 2.007 que ordenan la sustitución de bombillas de baja eficacia lumínica y la Ley 627 de 2.001 sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía – URE. Las bombillas o lámparas incandescentes tienen restringida su utilización en sistemas de iluminación. Por tal razón su comercialización y uso en iluminación doméstica o similar en Colombia estará permitido sólo hasta el 31 de diciembre de 2010.

## República Popular China

Prohibición de uso de lámparas incandescentes

Importación y ventas de lámparas incandescentes de 100 W o potencia superior prohibido desde el 1 de octubre de 2012.

Importación y ventas de lámparas incandescentes de 60 W y superiores prohibidas a partir del 1 de octubre de 2014.

Importación y ventas de lámparas incandescentes de 15 W y superiores prohibidas a partir del 1 de octubre de 2016.

## Australia

Estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas incandescentes por medio de restricción de importaciones a partir de febrero de 2009 y prohibición de ventas en comercio a partir del 1 de noviembre de 2009.

### Anexo 3 - Relación de mercurio en la LFC y otros aspectos

Las lámparas fluorescentes compactas contienen una **cantidad mínima de mercurio**. Sin embargo, su uso reducirá tanto la contaminación por mercurio como las emisiones de dióxido de carbono, esto se debe al hecho de que utilizan hasta un 80% menos de electricidad que las lámparas incandescentes y esa electricidad se genera en buena parte en centrales térmicas que funcionan con carbón, y este mineral contiene mercurio. La quema de combustibles fósiles para generar electricidad es la principal fuente de emisiones de mercurio. Usar menos electricidad para la misma cantidad de luz reduce el consumo eléctrico y por lo tanto reduce la cantidad de mercurio liberado por las plantas de combustibles fósiles.

El mercurio es una parte esencial de una lámpara fluorescente compacta, que permite emitir luz de manera eficiente. No se libera el mercurio cuando las luces están intactas o en uso, por lo que es importante manejar las luces con cuidado y disponer de ellas adecuadamente.

De acuerdo a diversas fuentes consultadas<sup>29</sup> la cantidad de mercurio en una lámpara eficiente es baja – una lámpara eficiente común contiene entre 3 y 5 mg. Para dar una idea de lo que significa: la cantidad de mercurio en la batería de un reloj es cinco veces mayor; las amalgamas dentales contienen entre 60 a 200 veces esa cantidad, dependiendo del tamaño de la tapadura; los antiguos termómetros usan 100 a 200 veces más; y los termostatos en los hogares contienen 500 veces más mercurio. (Estas estimaciones son bastante prudentes y basados en una lámpara con 5 mg de mercurio.) Las lámparas fluorescentes compactas también usan la misma tecnología de los tubos fluorescentes (por ejemplo, las T8, T12) que se usan en escuelas, oficinas y hospitales desde hace 50 años. Cada uno de estos tubos puede contener hasta 100 mg de mercurio.

#### Preguntas frecuentes

¿Qué hacer cuando se rompe una bombilla fluorescente de bajo consumo?

En condiciones normales, el mercurio permanece en el interior de la lámpara. Pero cuando la lámpara se rompe, puede liberar hasta 5 miligramos de mercurio (del tamaño de la punta de un bolígrafo, aproximadamente). Si se le rompe una lámpara, ventile el cuarto y límpiela a continuación con un paño húmedo. Evite el contacto de la piel con los fragmentos que hayan podido quedar y no los recoja con aspiradora.

El Comité Científico de los Riesgos Sanitarios de la UE ha estudiado este tema, llegando a la conclusión de que en condiciones normales de uso las bombillas fluorescentes no causan enfermedades<sup>30</sup>.

¿De dónde provienen los rayos UV?

---

<sup>29</sup> Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. EPA – [www.epa.gov](http://www.epa.gov); El Consejo para la Defensa de Recursos Naturales <http://www.nrdc.org>, la Unión Europea: [http://ec.europa.eu/energy/lumen/faq/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/energy/lumen/faq/index_es.htm) ; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Evaluación Mundial sobre el Mercurio.

<sup>30</sup> Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER). Opinion on Mercury in Certain Energy-saving Light Bulbs, 18 May 2010.

La radiación UV se emite a partir de fuentes de luz natural y artificial, incluyendo el sol, equipos de soldadura, y las lámparas incandescentes y fluorescentes utilizadas para aplicaciones especiales tales como la esterilización de agua y de aire. Las LFCs emiten rayos UV, pero la mayor parte de las radiaciones UV emitidas son absorbidas por fósforos dentro del tubo de la lámpara y luego emitidas como radiación visible.

¿La radiación UV de las LFCs es peligrosa para mi salud?

La cantidad de radiación UV emitida por las LFCs es tan pequeña que no se considera peligrosa para la salud de un usuario final. Los resultados de los estudios<sup>31</sup> han demostrado que, cuando cualquiera de las lámparas fluorescentes compactas o lámparas incandescentes son operadas a una distancia de 30 cm o más, las emisiones de UV no presentan un riesgo para la salud de la población en general. Por lo tanto, se recomienda que las lámparas se coloquen por lo menos a 30 cm de un usuario.

Tengo la sensibilidad a los rayos UV. ¿Cómo afectan las LFCs esto?

Aunque la cantidad de UV emitida por las lámparas fluorescentes compactas no supone ningún problema para el usuario final en general, algunas personas tienen condiciones médicas que pueden hacer que sean extremadamente sensibles a los rayos UV. Estas personas pueden ser afectadas por la cantidad de UV emitida por las lámparas fluorescentes compactas. Aquellos que tienen lupus u otra enfermedad auto-inmune y ciertas condiciones de la piel, pueden ser sensibles a la radiación UV de las lámparas fluorescentes compactas, de la misma manera que sería sensible a la luz del sol y a otras lámparas que emiten rayos UV. El Comité Científico de la UE sobre Riesgos Emergentes y Riesgos Recientemente Identificados para la Salud examinó los posibles riesgos de salud de la luz emitida por las lámparas fluorescentes compactas, concluyendo que la exposición prolongada (más de 8 horas) a una LFC sin cobertura a una distancia muy cercana (menos de 5 cm) podría superar los límites ocupacionales de exposición a rayos UV. Sin embargo, este escenario de riesgo parecía muy poco probable en condiciones normales de uso<sup>32</sup>. Las emisiones de UV se reducen sustancialmente en los diseños de lámparas que cuentan con cobertura. Algunos países también han adoptado límites de emisión UV de las lámparas fluorescentes compactas para abordar este problema. La revisión de dicha Comisión no encontró pruebas de que el parpadeo asociado con la luz de las lámparas fluorescentes compactas representa ningún riesgo para la salud de los consumidores<sup>33</sup>. El Comité toma nota de que el uso de lámparas fluorescentes compactas de doble cobertura puede mitigar en gran parte o totalmente el riesgo de acercarse a los límites de las emisiones de UV en condiciones extremas y de agravar el riesgo de los síntomas de los individuos sensibles a la luz.

---

<sup>31</sup> Health Canada. (February 2011). The Safety of Compact Fluorescent Lamps. Consultado el 15 de febrero de 2012, en <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/prod/cfl-afc-eng.php>

<sup>32</sup> European Commission. (2012), Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) Light Sensitivity. Retrieved 15 November, 2011,

from: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihp/docs/scenihp\\_o\\_019.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihp/docs/scenihp_o_019.pdf)

<sup>33</sup> Ibid.

Para las personas con las sensibilidades de la piel a los rayos UV, los que tienen lupus u otras enfermedades auto-inmunes que los sensibilizan a los rayos UV, el Ministerio de Salud de Canadá recomienda las siguientes medidas precautorias:

- Compre lámparas fluorescentes compactas que tienen una cubierta de vidrio, que además filtra la radiación UV.
- Utilice materiales adicionales de vidrio, plástico o tela en las luminarias que actúan como filtros UV.
- Aumente la distancia entre el usuario y la LFC para reducir el nivel de exposición a rayos UV<sup>34</sup>

¿Qué es un CEM? y ¿es peligroso?

Los campos electromagnéticos (CEM) rodean todo el equipo eléctrico de los aparatos con los cables de alimentación a líneas de alta tensión al aire libre. Al igual que otros aparatos eléctricos, las lámparas fluorescentes compactas crean campos electromagnéticos que se encuentra dentro de la gama producida por el cableado del hogar y otros aparatos comunes. Una amplia investigación aún no ha justificado los posibles efectos adversos para la salud causados por la exposición a los CEM. La opinión científica internacional ha concluido que los campos electromagnéticos de las lámparas fluorescentes compactas no se consideran un riesgo para la salud<sup>35</sup>.

¿Las LFCs pueden causar dolores de cabeza?

Algunos usuarios finales que utilizan las viejas generaciones de sistemas de iluminación fluorescentes operados en los balastos magnéticos, reportaron que experimentaron dolores de cabeza o problemas de vista cansada. El parpadeo (o ruido) de balastos magnéticos que operaban en las frecuencias bajas era visible (o audible) para algunas personas. Las LFC actuales utilizan balastos que operan a frecuencias mucho más altas (superiores a 20.000 Hz), por lo que la mayoría de la gente no puede detectar el parpadeo (o ruido).

---

<sup>34</sup> Health Canada. (2012). The Safety of Compact Fluorescent Lamps. Retrieved March 28, 2012, from: <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/prod/cfl-afc-eng.php>

<sup>35</sup> European Commission. (2012), Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) Light Sensitivity. Retrieved 15 November, 2011, from: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_019.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_019.pdf)

## Anexo 4 - Supuestos y fórmulas utilizadas para el cálculo de los resultados en modelo PAMS

Los datos utilizados para calcular los beneficios de implementar un MEPS, de acuerdo a la metodología PAMS del Lawrence Berkeley National Lab de la Universidad de California.

Los siguientes datos fueron recolectados en orden a desarrollar el análisis técnico-económico:

- Precios de venta, eficiencia y categoría de potencia en el mercado.
- Datos de uso (cantidad de horas por día)
- Datos de stock, penetración de lámparas eficientes en el mercado.

Usando estos datos, PAMS calculó los costos y beneficios de los estándares de eficiencia energética desde dos perspectivas diferentes:

- El cálculo del Costo del Ciclo de Vida (LCC) que examina costos y beneficios desde un hogar individual.
- La Perspectiva Nacional de proyectos que considera los impactos totales a nivel nacional de los costos y beneficios, tanto de ahorro de energía como los impactos ambientales. Los cálculos de la Perspectiva Nacional son llamados cálculos de Ahorros Nacionales de Energía (NES) y Valor Presente Neto (NPV). PAMS también calcula el total de emisiones mitigadas y la capacidad de generación evitada.

El costo del ciclo de vida es dado por:

$$LCC = EC + \sum_{n=1}^L \frac{OC}{(1 + DR)^n}$$

Donde EC es el costo del equipo (precio de venta en retail), n es en número de años de operación y OC es el costo anual de operación. El Costo de operación es sumado cada año del ciclo de vida del producto L. El costo de operación es calculado al multiplicar la Unidad de Consumo Energético (UEC, en kWh al año => factor 365/1000) por el precio de la energía (P, en dólares por kWh) como sigue:

$$OC = UEC \times P$$

La Unidad de Consumo Energético y el precio de la energía se asumen constantes año a año. El hecho que los costos futuros son menos importantes que los costos de corto plazo se toma en cuenta al dividir los costos futuros de operación por un factor de descuento  $(1+DR)^n$ , donde DR es la tasa de descuento.

El período de retorno (PBP - The payback period) se refiere al tiempo que le toma al consumidor recobrar, a través de la disminución de los costos de operación, el supuesto mayor costo de compra de los productos energéticos más eficientes. Numéricamente, el PBP es la tasa de incremento en el costo de compra (desde el diseño menos eficiente al más eficiente)

sobre la disminución en el costo de operación promedio anual. Este cálculo no utiliza una tasa de descuento para descontar los futuros costos de operación.

La ecuación para determinar el PBP es:

$$PBP = \frac{\Delta EC}{\Delta OC}$$

Datos de entrada

La siguiente tabla resume los datos de entrada usados para calcular el costo del ciclo de vida.

Tabla 1. Resumen de datos de entrada en el análisis del costo del ciclo de vida

<b>Entrada</b>	<b>Producto</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Fuente</b>
Línea Base de Precios del Comercio <i>EC</i>	Incandescentes	\$391	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
	CFL	\$3.622	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
Promedio <i>UEC</i>	Incandescente	97.3kWh	Promedio ponderado de mercado
	CFL	23.6kWh	
Uso	Todas	3.8hrs por día	Promedio ponderado de mercado
Ciclo de vida <i>L</i>	Incandescentes	1 año	En base a 1000 hrs de vida útil
	CFL	5 años	En base a 6600 hrs de vida útil
Tasa de descuento del consumidor <i>DR</i>		10%	LBNL
Precio Electricidad <i>P</i>		\$101/kWh	Chilectra

Impactos Nacionales

Hay cuatro impactos principales que se calculan a nivel nacional:

- Ahorro de energía en la fuente o lugar de generación– Sumado a los ahorros de energía en los hogares, PAMS entrega una estimación de los resultados de los ahorros en términos energéticos a nivel nacional y en base a la potencia ahorrada en las plantas, incluyendo las pérdidas en la transmisión y distribución.

En el caso base y el caso de política pública, el consumo del stock es calculado en base al número de lámparas de cada tipo (incandescente, CFLs y por potencia) en cada año.

PAMS calcula los Ahorros Nacionales de Energía (NES) para cada año comparando el consumo de energía anual del producto en estudio en el caso base y el caso de política pública, de acuerdo a:

$$NES = NEC_{Base} - NEC_{Policy}$$

La ecuación dada arriba muestra el cálculo de energía ahorrada en función de la base. Los impactos medioambientales y la utilidad nacional, sin embargo, son impulsados por el consumo de energía primaria, que son, las entradas totales de energía de los combustibles fósiles.

Los Ahorros de Energía Primaria (PES) se calculan de a partir de ahorros del sitio, teniendo en cuenta la generación de electricidad mezcla de combustible y las pérdidas por transmisión y distribución (T&D). La fórmula para PES es:

$$PES = \frac{NES}{1 - TD} \times HR$$

Donde TD es la fracción de energía pérdida en transmisión y distribución, y HR es la tasa de electricidad producida en sistemas térmicos (heat rate).

- Reducción de emisiones – Total de reducciones de CO<sub>2</sub> en millones de toneladas (Mt) se calcula de acuerdo al mix de generación de electricidad típico.

Los ahorros en emisiones de dióxido de carbono (CES) son calculados desde los ahorros de energía, aplicándose un factor de carbono a los ahorros de acuerdo a:

$$CES = \frac{NES}{1 - TD} \times CF$$

- Beneficios Nacionales del Consumidor – El Valor Presente NETO (NPV) de la política es calculado de acuerdo al costo total adicional pagado de los equipos, ahorros de electricidad en las cuentas, y la tasa de descuento nacional aplicada a la evaluación del programa.

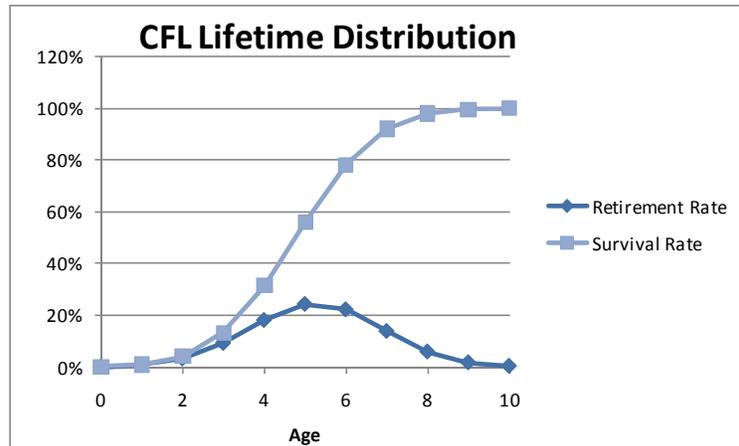
Los impactos financieros nacionales en el año y son la suma de los costos del equipos (primero) y los costos operacionales. Los costos nacionales de equipo (NEC) son iguales a la multiplicación del precio de retail por el número de ventas. Las ventas son generadas en PAMS en base a un pronóstico de stock. Para las lámparas incandescentes, debido a que su ciclo de vida es de un año, se asume que las ventas son iguales al stock. Para las LFC, PAMS toma en cuenta la primera compra (FP) como el costo incremental de la LFC en el stock de un año a otro (debido al incremento del número de viviendas, incremento en la penetración de LFCs en el

caso base, o caso de política) y reemplazo (REP) de las LFCs cuando son retiradas del stock, de acuerdo a:

$$Sales(y) = FP(y) + REP(y)$$

$$\text{Donde } REP(y) = \sum_{age=1}^L Stock(y-1, age) \times P_R(age)$$

Y la probabilidad de retiro  $P_R$  varía con los años de la CFL y está basada en una distribución normal que se muestra en el siguiente gráfico:



El ahorro neto de cada año se alcanza de la diferencia entre los costos iniciales y los de operación con estándares, versus el caso base,  $\Delta NEC$  y  $\Delta OC$ . El valor presente neto de la opción de política se define entonces como la suma sobre los pronósticos particulares del periodo para los ahorros netos en cada año, multiplicado por la tasa de descuento nacional:

$$NPV = \sum_y (\Delta NOC(y) - \Delta NEC(y) * Sales(y)) * (1 + DR_N)^{-(y-y_0)}$$

Donde el costo de equipamiento nacional está dado por:

$$NEC = EC \times Sales(y)$$

Finalmente, el Costo Nacional de Operación (NOC) es el total (en el sitio) de consumo energético por el precio de la energía

$$NOC = NEC(y) \times P$$

- Capacidad de Generación Evitada – La capacidad evitada se calcula en el año donde los ahorros son de mayor importancia y representan la potencia instantánea ahorrada a nivel nacional durante el peak de consumo. Los ahorros de sitio se convierten en electricidad generada al usar los porcentajes de pérdida de transmisión y distribución, TD. Entonces la energía producida se convierte en la reducción de demanda máxima de acuerdo a:

$$Q = \frac{Max(NES)}{1-TD} \times \frac{1}{8760} \times \frac{PK}{U \times K}$$

En esta ecuación, 8760 es el número de horas del año. PK es el factor de coincidencia del peak, esto es, el porcentaje de energía que se requiere en iluminación cuando ocurre la hora peak. Se asumen el período peak es entre las 6 y las 12 PM, y que la iluminación es usada exclusivamente durante este periodo, PK es 100%. El factor U es el porcentaje de tiempo que las luces son usadas, la cual es 6 horas al día, o 25%. K es la capacidad de carga media de las plantas.

Resumen de entradas:

La siguiente tabla resumen las entradas usadas en el análisis de impacto nacional.

Tabla 2. Resumen de entradas para el Análisis de Impacto Nacional.

Entrada	Valor Promedio	Fuente
Factor de Generación HR	2,0	Lawrence Berkeley National Lab
Factor de Pérdidas en transmisión y distribución TD	8,0%	
Emisiones de CO2 CE	0,480 kg/kWh	
Factor de planta K	80,0%	
Factor de coincidencia en peak PK	100,0%	
Factor de Uso U	25%. Supuesto en que las luces son encendidas y apagadas entre las 6 pm y medianoche	
Tasa de descuento DR <sub>N</sub>	6%	