



Ministerio de Energía

**Informe Técnico Preliminar para la
Actualización Estándar Mínimo de Eficiencia Energética
Productos para uso de Iluminación Interior
DIVISIÓN DE ENERGÍAS SOSTENIBLES**

2019

Santiago - Chile

Versión 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	Avances de la tecnología de iluminación - Avance de la tecnología LED a nivel global.....	6
1.3	Iluminación y consumo de energía eléctrica en el hogar.....	12
2.	Antecedentes nacionales que facilitan la definición de estándares mínimos de eficiencia energética.....	14
2.1	Etiquetado de eficiencia energética / Estándares Mínimos / Proyecto GEF	14
2.2	Evolución del mercado	15
3.	Antecedentes internacionales	22
3.1	Unión Europea.....	22
3.2	China.....	28
3.3	Estados Unidos	29
3.4	Canadá.....	33
3.5	México	35
3.6	Brasil	37
3.7	Colombia	38
3.8	Argentina.....	41
3.9	Australia y Nueva Zelanda.....	42
3.10	República Dominicana.....	42
3.11	Resumen.....	43
4.	Propuesta de estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas de uso general, tubos fluorescentes.....	45
4.1	Antecedentes	45
4.2	Alcance	47
4.3	Estándar Mínimo de Eficiencia Energética.....	48
5.	Evaluación de la propuesta	49
5.1	Supuestos y consideraciones	50
5.2	Principales resultados y hallazgos de la modelación	50
	Anexos.....	58
	Anexo 1 - Tecnología.....	58

A1.1 Lámparas incandescentes	58
A1.2 Lámparas de Tungsteno-Halógeno (lámparas halógenas).....	59
A1.3 Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs)	60
A1.4 Lámparas de Diodos Emisores de Luz (LED).....	61
Anexo 2 - Supuestos y fórmulas utilizadas para el cálculo de los resultados en modelo PAMS.....	62

Consulta Pública

1. Introducción

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

La eficiencia energética es una de las herramientas más poderosas para enfrentar el cambio climático, sin duda uno de los mayores desafíos al que nos enfrentamos en la actualidad. Entre las políticas que destacan para avanzar en esta materia destacan las etiquetas y los estándares de eficiencia energética, esto se recoge en la Ruta Energética 2018 – 2022, que dentro de sus medidas señala “el etiquetado de eficiencia energética y los estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS, por sus siglas en inglés) son las políticas más costo-efectivas para mejorar el parque tecnológico disponible en un país y de esta manera avanzar en el desarrollo de una política pública que incremente la eficiencia energética a nivel residencial.” Para lograr este objetivo, señala la Ruta, una de las acciones será actualizar el estándar de iluminación.

La iluminación es un factor significativo que contribuye a mejorar la calidad de vida y aumentar la productividad de la economía. La iluminación artificial extiende la duración del día productivo y permite que las personas puedan trabajar en viviendas, oficinas, edificios y fábricas donde no hay acceso a la luz natural. A nivel educativo, la iluminación artificial mejora las condiciones para el estudio, y da la posibilidad para ampliar los horarios para la realización de actividades.

Los beneficios de la iluminación han hecho que sea pieza clave del desarrollo humano, y uno de los resultados es que a medida que las economías crecen y las poblaciones se expanden, la demanda global de iluminación aumenta. A nivel global, El 15 por ciento de la electricidad consumida es utilizada para iluminar hogares, escuelas y negocios. Se prevé que el uso de la iluminación aumente un 50 por ciento en las próximas dos décadas¹.

A nivel internacional, una transición hacia la iluminación energéticamente eficiente ayudaría a reducir la demanda mundial de energía eléctrica para iluminación entre un 40% a 60% para el 2030. Obtener este ahorro requiere un cambio generalizado en las tecnologías convencionales como la iluminación incandescente, halógena y fluorescente a los diodos emisores de luz (LED).

Hay una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia energética en iluminación, al mismo tiempo que se mantiene o mejora la calidad de la luz. Es relativamente simple reemplazar los productos de baja eficiencia con productos de iluminación de calidad ampliamente disponibles que pueden reducir el consumo de energía en un 80 - 90 por ciento.

La iluminación de mayor eficiencia energética generalmente tiene un mayor costo inicial para el consumidor. El costo de esta inversión se paga a través de los ahorros en las cuentas eléctricas. El tiempo de amortización varía según el equipo y las tarifas de electricidad. Oscila desde menos de un año para ampolletas hasta dos o tres años para un cambio completo en el sistema de iluminación. Este último requiere una inversión mayor, pero a cambio también se tendrá mayores ahorros en la cuenta de electricidad.

¹ Acelerando la Adopción Global de la Iluminación Energéticamente Eficiente. United for Efficiency.

Chile durante 2019 será sede de la “Conferencia de las Partes” – COP 25 - de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, por lo cual, nuestro país tiene el deber de avanzar de manera decidida en profundizar sus políticas de eficiencia energética, y la actualización del estándar de iluminación es una buena oportunidad para ello, y así ubicar a nuestro país entre los países de vanguardia en esta temática.

En 2013 se publicó el primer estándar mínimo de eficiencia energética en Chile para “Lámparas No Direccionales para Iluminación General”, esto permitió, de manera gradual, eliminar la tecnología más ineficiente del mercado. El MEPS señala que desde 2015 no se permite la comercialización de tecnología incandescente, salvo que pueda alcanzar un determinado nivel de eficiencia, esto a su vez, hizo que al país ingresara tecnología que hasta ese momento no era masiva, como las ampolletas halógenas y la tecnología LED. Hoy, prácticamente el 75% del mercado lo reparten entre estas dos tecnologías, en tanto que las lámparas fluorescentes compactas se llevan el 25% restante. Por otra parte, la tecnología LED ha bajado considerablemente su precio, igualando los precios de las lámparas fluorescentes compactas, lo que le ha transformado en una realidad en los hogares nacionales.

La realización de este informe se basa en dos fuentes principales: Guía de Iluminación Energéticamente Eficiente de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) Unidos por la Eficiencia (U4E, United for Efficiency), y el “Informe de actualización estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas de iluminación general”, elaborado por los consultores Ana María Ruz y Francisco Leiva, para Fundación Chile con fondos del Proyecto GEF para la promoción de la iluminación eficiente en Chile.

1.2 Avances de la tecnología de iluminación - Avance de la tecnología LED a nivel global

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

Iluminación incandescente/halógena

Si bien la iluminación incandescente no cumple con los requisitos mínimos para ser comercializadas en nuestro país, es bueno señalar algunas de sus características.

Las lámparas incandescentes se desarrollaron originalmente a finales de la década de 1800. Producen luz cuando la corriente eléctrica pasa por un hilo metálico de tungsteno suspendido en una atmósfera inerte en el interior de una lámpara de cristal. La corriente eléctrica calienta el filamento hasta que este brilla y produce luz visible, además de una gran cantidad de calor.

Las ampollitas halógenas representan una mejora sobre las incandescentes (ofrecen una mayor eficacia y una vida ligeramente mayor). Estas lámparas contienen una pequeña cantidad de halógeno (yodo o bromo) en el interior de una cápsula con el filamento lo que permite que el tungsteno que se evapora vuelva a depositarse en el filamento, evitando que la cápsula con el filamento se oscurezca e incrementa la vida útil de la lámpara.

Tabla 1. Especificaciones de desempeño típicas de la iluminación incandescente y halógena.

Característica	Valor típico en una lámpara incandescente	Valor típico en una lámpara halógena
Rango de eficacia luminosa	8-17 lm/W	11-21 lm/W
Vida útil de la lámpara	1000-1500 horas	2000-3000 horas
Índice de reproducción cromática (Ra)	100	100
Temperatura de color correlacionada	2600-2800 K	2800-3200 K
¿Regulación de la intensidad de luz? (Atenuable)	Sí	Sí
Ventajas de las lámparas incandescentes y halógenas		Desventajas de las lámparas incandescentes y halógenas
- Bajo precio de compra - Óptima reproducción cromática (Ra) - No requieren equipo de control - Fácil regulación de la intensidad de la luz - Posición de funcionamiento universal		- Eficacia reducida (muchísima electricidad desperdiciada) - Vida útil corta, de unas 1000 horas en las lámparas incandescentes y 3000 horas en las halógenas - Alto Costo de operación (es decir, consumo de electricidad) - Alta Temperatura de operación

Fuente: Guía de Iluminación ONU Ambiente – GEF

Iluminación fluorescente

Las lámparas fluorescentes compactas (LFC o CFL, Compact Fluorescent Lamp) son las sustitutas directas de las lámparas incandescentes. Incorporan un balasto electrónico y un tubo con revestimiento de fósforo. Se crea un arco eléctrico en los electrodos del tubo, que hace que los átomos de mercurio emitan luz ultravioleta (UV). Esta, a su vez excita el revestimiento de fósforo y emite luz visible. Las LFC se desarrollaron en la década de 1970 y son, en esencia, una versión en miniatura de los tubos fluorescentes lineales (TFL o LFL, Linear Fluorescent Lamp). En comparación con las lámparas incandescentes, las LFC consumen aproximadamente un 75% menos de electricidad para producir la misma cantidad de luz y duran alrededor de diez veces más.

El funcionamiento de las lámparas o tubos fluorescentes lineales es idéntico al descrito para las LFC. La tabla 2 ofrece información más detallada. No tienen un balasto incorporado, y requieren de una luminaria dedicada que incorpore un balasto para su operación. Las lámparas o tubos fluorescentes lineales suelen clasificarse con base en el diámetro de su tubo (los más comunes son T12 = 38 mm; T8 = 25 mm; T5 = 16 mm), a su longitud y a su potencia.

Tabla 2. Especificaciones de desempeño típicas de la iluminación fluorescente.

Característica	Valor típico en una LFC	Valor típico en tubo fluorescente
Rango de eficacia luminosa	50-70 lm/W	80-110 lm/W
Vida útil de la lámpara	6000-15000 horas	15000-30000 horas
Índice de reproducción cromática (Ra)	70-85	60-95
Temperatura de color correlacionada	2500-6500 K	2700-6500 K
¿Regulación de la intensidad de luz? (Atenuable)	Si el balasto es regulable	Si el balasto es regulable
Ventajas de las lámparas fluorescentes		Desventajas de las lámparas fluorescentes
- Costos de operación bajos - Alta eficacia - Larga vida de operación - Muy buena a excelente reproducción cromática (Ra)		- Requiere equipo de control (balasto) para su operación - Los encendidos y apagados frecuentes pueden acortar su vida útil - Para regular la intensidad de la luz se requiere de un balasto especial - Contienen mercurio

Fuente: Guía de Iluminación ONU Ambiente – GEF

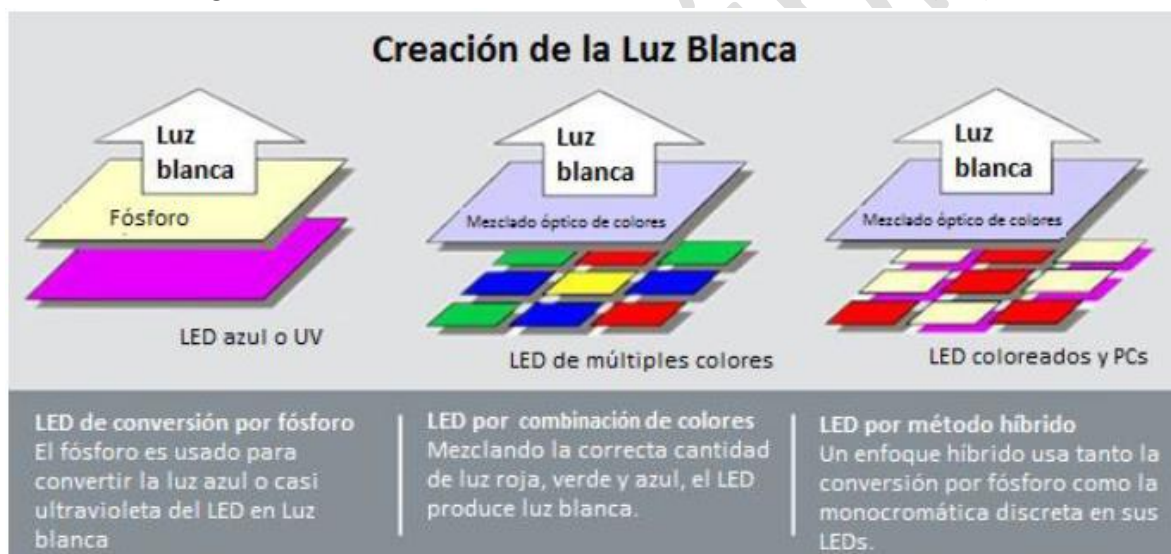
Iluminación de diodos emisores de luz (LED)

Las lámparas y luminarias de diodos emisores de luz (LED, Light Emitting Diode) se han expandido con rapidez hacia las aplicaciones de iluminación general en todo el mundo. En la medida que este proceso se mantenga y la tecnología LED mejore su rendimiento y se abarate, esta expansión comercial se acelerará y sustituirá las fuentes de luz tradicionales por una tecnología de mayor eficiencia y rendimiento.

Las ampollitas LED ofrecen características únicas que las convierten en una fuente de luz muy interesante. Son compactas, su vida útil es larga, son resistentes a las roturas y a las vibraciones, ofrecen su mejor rendimiento en ambientes de operación fríos, se encienden al instante y en algunos modelos se pueden regular su intensidad de luz. Según su circuito de operación y el conjunto de diodos emisores de luz en una fuente de luz determinada, estas lámparas pueden ajustarse para proporcionar luz de diferentes colores o luz blanca con diferentes temperaturas de color correlacionada (TCC).

A diferencia de las ampollitas incandescentes y fluorescentes, las lámparas LED no son inherentemente fuentes de luz blanca. En su lugar, emiten una luz prácticamente monocromática, lo que las convierte en una fuente sumamente eficiente para aplicaciones de luz de color como los semáforos o las señales de salida. Para poder ser utilizadas como una fuente de luz general, se requiere de una luz blanca y combinar distintos diodos o utilizar un fósforo. En la Figura 1 se muestran distintas maneras de obtener luz blanca a partir de los LED.

Figura 1. Producción de luz blanca con diodos emisores de luz (LED).



Fuente: ONU Ambiente

Las ampollitas LED ofrecen una eficiencia energética elevada si medimos el flujo luminoso obtenido con los watts de electricidad suministrados. En el mercado actual, las ampollitas LED más eficaces producen unos 130 lúmenes por watt. En la tabla 3 se ofrece información más detallada. Esto significa más del doble del rendimiento energético comparada con una lámpara fluorescente compacta (LFC) y es diez veces más eficiente que una ampollita incandescente.

A medida que esta tecnología continúe evolucionando en los próximos años, su eficacia mejorará y sus costos seguirán bajando. Las ampollitas LED ofrecen la posibilidad de producir luz blanca de alta calidad con una eficiencia energética sin precedentes. Los países que opten por sustituir directamente la iluminación incandescente por lámparas LED podrían generar ahorros de más del 85% en electricidad para los consumidores, sin comprometer la calidad de la luz y con una vida útil de servicio mucho más larga.

Tabla 3. Especificaciones de desempeño típicas de la iluminación fluorescente.

Característica	Valor típico en una ampolleta LED
Rango de eficacia luminosa	60-130 lm/W
Vida útil de la lámpara	15000-30000 horas
Índice de reproducción cromática (Ra)	70-95
Temperatura de color correlacionada	2700-6500 K
¿Regulación de la intensidad de luz? (Atenuable)	Con controlador regulable
Ventajas de la iluminación LED	Desventajas de la iluminación LED
- Fuentes de luz con la mayor eficacia disponible - Ofrece los costos de funcionamiento más bajos - Vida útil muy larga, habitualmente superior a las 20 000 horas - Mayor flujo en un espacio pequeño, bueno para el control óptico - Pueden ofrecer una excelente reproducción del color (Ra) - Encendido al instante, reencendido al instante, posibilidad de regular la intensidad de la luz - No contiene mercurio	- Requieren equipos de control (controlador) para su operación - Elevado costo inicial relativo (la competencia está bajando los precios) - Requieren un diseño térmico adecuado porque el calor residual se conduce, no se proyecta

Fuente: Guía de Iluminación ONU Ambiente – GEF

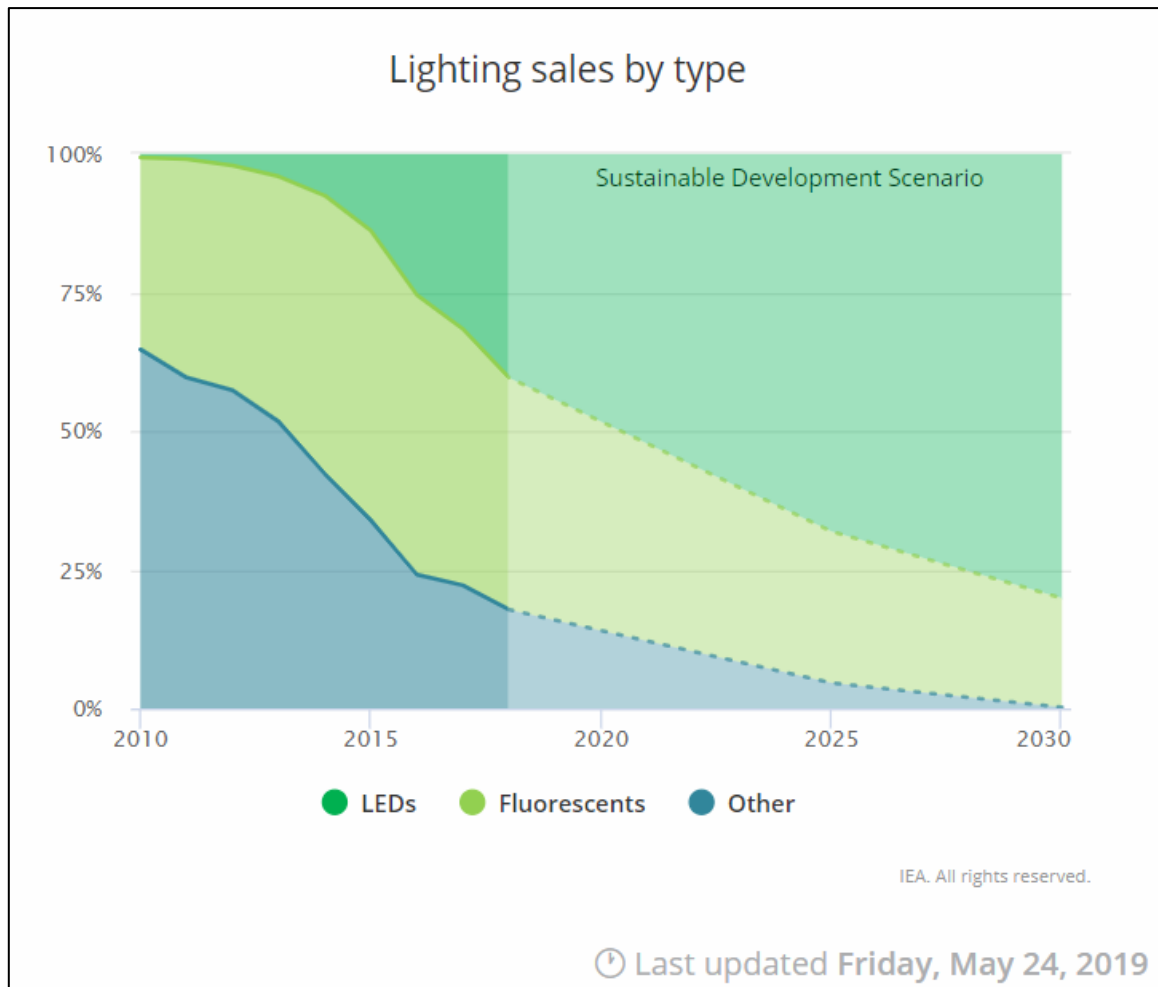
La Agencia Internacional de Energía (AIE) por medio de su plataforma denominada “Tracking Clean Energy Progress”², da seguimiento a una serie de tecnologías y sectores energéticos claves para lograr una transición energética limpia. Una de las tecnologías que se monitorea es precisamente la iluminación LED, y la AIE destaca lo siguiente:

En 2018, las ventas de diodos emisores de luz (LED) parecen haber alcanzado un hito crítico para la iluminación de bajo consumo, alcanzando la misma proporción que las lámparas fluorescentes en las ventas de iluminación residencial. Los costos continúan disminuyendo considerablemente, con un número creciente de empresas que fabrican lámparas y luminarias LED mejoradas a través de una selección más amplia de productos. Este tipo de tendencia se observa también en nuestro país, tal como se mostrará más adelante en este informe.

La figura 2, muestra la evolución de las ventas en iluminación residencial, en donde se espera que la tecnología LED siga aumentando su participación de mercado, pasando del tercio actual a prácticamente el 90% al 2030 en el escenario de desarrollo sostenible.

² <https://www.iea.org/tcep/> Revisada mayo 2019

Figura 2. Participación de mercado por tipo de tecnología en iluminación residencial.



Fuente: Agencia Internacional de Energía, Tracking Clean Energy Progress

En su reporte, la AIE señala que si bien las políticas de eliminación de ampollitas incandescentes han permitido avanzar en aumentos de eficiencia del sector iluminación, aún hay un gran potencial, considerando que actualmente el mercado es dominado por la tecnología halógena y fluorescente, productos que tienen eficiencias más bajas comparadas con la tecnología LED.

La Figura 3 representa la evolución de la eficacia lumínica de las distintas tecnologías, dentro de las que se puede observar como la tecnología LED rápidamente incrementa su eficacia hasta transformarse en la tecnología más eficiente, a diferencia del resto de las tecnologías que no presentarían mejoras en sus rendimientos energéticos.

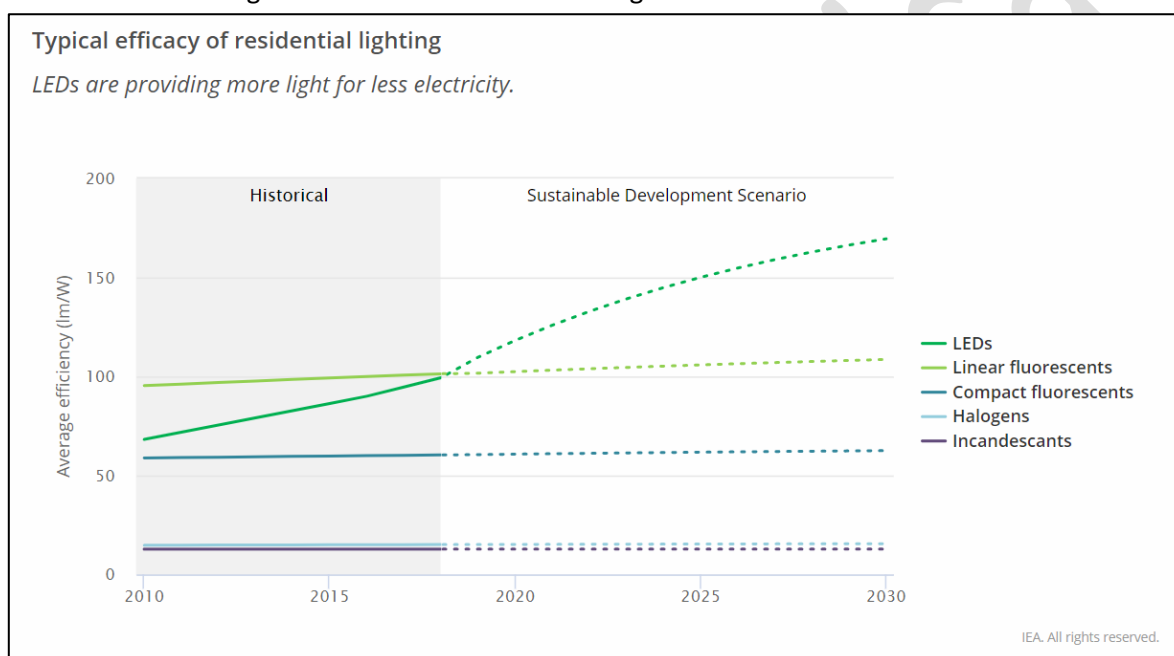
Los valores de eficacia lumínica que se entregan están en línea con la información que provee ONU Ambiente en su guía de iluminación:

Tabla 4: eficacias por tipo de ampollitas y su proyección.

Tipo de ampollita	Eficacia actual	Eficacia proyectada a 2030
Ampollitas incandescentes	13 lm/W	13 lm/W
Ampollitas halógenas	15 lm/W	16 lm/W
Lámparas Fluorescentes Compactas	61 lm/W	63 lm/W
Tubo fluorescente	101 lm/W	109 lm/W
LED	99 lm/W	170 lm/W

Fuente: Guía de Iluminación ONU Ambiente – GEF

Figura 3. Eficacia lumínica tecnologías iluminación residencial.



Fuente: Agencia Internacional de Energía, Tracking Clean Energy Progress

La eficacia de la tecnología LED ha mejorado considerablemente en los últimos años. La eficacia de los LED normalmente disponibles en el mercado para uso residencial es, en general, superior a los 90 lm/W, según el modelo (por ejemplo, direccional, unidireccional, tubular). Es probable que los LED alcancen una eficacia promedio de 170 lm/W para 2030. Algunos productos para uso comercial ya han alcanzado estos niveles.

Organismos reguladores de varios países han aprovechado el cambio en el mercado de LED para introducir nuevas herramientas que promueven el despliegue de LED y aceleran la investigación y desarrollo. Ejemplo de este tipo de herramientas son, el etiquetado de eficiencia energética, requisitos de ecodiseño y estándares mínimos de eficiencia energética, planes de rebajas y mecanismos financieros para acelerar la transición hacia tecnología LED.

Seguimiento del proceso por la AIE: Las tendencias actuales sugieren que el mercado LED va en buen camino para consolidarse como la alternativa en iluminación. Sin embargo, el proceso puede ser acelerado, para ello, los países deben actualizar sus políticas para mantenerse al día con el horizonte esperado, que es drásticamente superior a hace 5 años. Los países también deberían extender las políticas de eliminación a las lámparas halógenas, que son solo un 5% más eficientes que las incandescentes.

Algunos gobiernos ya están trabajando en nuevos requisitos mínimos de rendimiento para aprovechar la oportunidad de eficiencia energética que ofrecen los LED. En 2016, Australia y Nueva Zelanda publicaron un borrador de estándares de rendimiento energético mínimo para la iluminación LED que apunta a lograr eficiencias mínimas de 110 lm/W en 2020 y 120 lm/W en 2030 para lámparas LED lineales y grandes luminarias LED integradas.

1.3 Iluminación y consumo de energía eléctrica en el hogar

El año 2010 se elaboró el “Estudio de usos finales y curva de conservación de la energía en el sector residencial”, que presentaba la forma en que se utilizaba la energía en ese año, y proponer medidas para su mejor uso.

Uno de los usos que presentaba mayor consumo eléctrico residencial era la iluminación, el estudio señaló que el 16% del consumo eléctrico de una vivienda era para iluminación en 2009.

El estudio se ha actualizado durante este año, y los resultados permiten apreciar las tendencias en iluminación y contrastarlas con los resultados anteriores.

La siguiente tabla muestra la cantidad promedio de tipo de ampolletas por vivienda, para los años 2009 y 2018.

Tabla 5: Cantidad promedio de tipo de ampolletas por vivienda, 2009 y 2018.

Tipo de luminaria	Nº promedio por vivienda 2009	Nº promedio por vivienda 2018
Lámparas Fluorescentes Compactas	5,3	7,6
Lámparas incandescentes de 60 W y menos	3,4	1,0
Lámparas incandescentes mayores a 60 W	3,1	1,1
Tubos Fluorescentes	0,9	0,5
Lámparas halógenas	0,4	0,3
Lámparas LED	0,2	1,6
Número total de lámparas en el hogar	13,3	12,1

Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Ministerio de Energía, 2010 y actualización 2019.

La tabla anterior muestra cómo ha penetrado la tecnología eficiente en el país. En 2009, la cantidad de tecnología ineficiente (ampolletas incandescentes y halógenas), representaba el 52% del stock, en cambio, en 2018 alcanza solo el 20%. A su vez, la tecnología más eficiente, pasa del 48% al 80%.

A nivel nacional, y por segmento socioeconómico, expandiendo el número de ampolletas por estrato, de acuerdo al estudio antes señalado, el stock de ampolletas instaladas es el siguiente:

Tabla 6: Cantidad de luminarias a nivel país y por segmento socioeconómico, año 2018.

Tipo de luminaria	NACIONAL	C1	C2	C3	D
Lámparas Fluorescentes Compactas	47.731.602	6.101.341	6.641.807	15.708.668	18.891.223
Lámparas incandescentes de 60 W y menos	6.280.474	792.382	1.008.882	2.303.938	2.552.868
Lámparas incandescentes mayores a 60 W	6.908.521	950.858	840.735	2.513.387	2.552.868
Tubos Fluorescentes	3.140.237	396.191	588.515	1.047.245	1.276.434
Lámparas halógenas	1.884.142	158.476	252.221	628.347	765.860
Lámparas LED	10.048.758	1.426.288	1.092.956	3.141.734	4.339.876
Número total de lámparas en el hogar	75.993.735	9.825.537	10.425.114	25.343.317	30.379.129

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, 2019.

El mayor stock instalado corresponde a las lámparas de ahorro de energía (LFC) con 47,7 millones de unidades, a las que le siguen las ampolletas tradicionales con 13,1 millones y luego las ampolletas LED con 10 millones de unidades.

En comparación con el año 2009, se aprecia el efecto del estándar mínimo de eficiencia energética, ya que hay una disminución apreciable en el stock de ampolletas incandescentes, que en 2010 alcanzaba un total de 34,2 millones de unidades.

De acuerdo a la actualización del estudio, la potencia promedio por cada luminaria de la vivienda en el año 2009 era de 39,31 [W/luminaria] y en el año 2018 es de 23,75 [W/luminaria]. La potencia media total de iluminación por vivienda en el año 2009 era de 520,7 [W/Vivienda] y en el año 2018 es de 314,6 [W/vivienda]. Evidentemente, dado que el número de luminarias es el mismo en los dos casos, la relación entre la potencia por luminaria y por vivienda también es la misma. Lo anterior implica una disminución significativa en la potencia de iluminación por vivienda. El valor de reducción promedio nacional es de 39%.

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

2.1 Etiquetado de eficiencia energética / Estándares Mínimos / Proyecto GEF

Los productos de iluminación general fueron parte del primer grupo de productos del mercado local que debieron utilizar, de manera obligatoria, una etiqueta de eficiencia energética. Las ampolletas incandescentes, a partir del mes de abril del año 2007, y las lámparas fluorescentes compactas, desde octubre del mismo año. Posteriormente en el año 2011 se incorporaron al etiquetado las lámparas fluorescentes de doble casquillo (“lámpara tubular fluorescente”) y casquillo único.

A medida que nuevas tecnologías se masifican, éstas se integran al sistema de etiquetado vigente en el país. Actualmente las tecnologías de iluminación que requieren etiqueta, o algún tipo de ensayo de eficiencia energética y seguridad son: ampolletas halógenas, ampolletas halógenas dicróicas, ampolletas LED, tubos fluorescentes, lámparas fluorescentes compactas. Por su parte, los tubos LED requieren certificación de seguridad y se está trabajando en un protocolo de eficiencia energética para este producto.

En 2013 se publicó el primer estándar mínimo de eficiencia energética en Chile para “Lámparas No Direccionales para Iluminación General”, esto permitió, de manera gradual, eliminar la tecnología más ineficiente disponible en Chile, con lo cual desde 2015 no se permite la comercialización de tecnología incandescente, salvo que pueda alcanzar un determinado nivel de eficiencia. Como resultado, hoy prácticamente el 75% del mercado se divide entre tecnología halógena y LED, en tanto que las lámparas fluorescentes compactas se llevan el 25% restante. Por otra parte, la tecnología LED ha bajado considerablemente su precio a nivel global, igualando los precios de las lámparas fluorescentes compactas.

Otro factor que ha impulsado la masificación de la tecnología LED ha sido el Proyecto GEF³ para la promoción de iluminación eficiente en Chile, el que ha aportado, entre otros elementos, con expertos para el desarrollo y mejoras de nuevos protocolos, la difusión y programas masivos de iluminación eficiente como es el caso del Programa Cambia el Foco.

El Ministerio de Energía también ha implementado proyectos en esta línea, ya que desde el año 2015 que en sus programas de capacitaciones de eficiencia energética hace entrega de un kit de ampolletas LED a los beneficiarios.

³ Proyecto GEF 5150. <https://www.thegef.org/project/delivering-transition-energy-efficient-lighting>

2.2 Evolución del mercado

De acuerdo con los antecedentes disponibles, el mercado de iluminación residencial ha evolucionado de la siguiente manera entre 2013 y 2018:

Tabla 7: Evolución de las ventas por tipo de tecnología de iluminación.

Productos	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lámpara fluorescente con balasto incorporado para iluminación general	9.036.394	13.344.970	14.675.034	14.403.876	4.565.529	1.710.678
Lámpara fluorescente de casquillo único	1.355.278	1.750.629	1.404.472	1.416.343	604.075	703.280
Lámpara fluorescente de doble casquillo	5.254.808	6.080.593	5.679.239	5.367.526	3.928.844	3.373.488
Lámpara incandescente de filamento de tungsteno para iluminación general	42.901.749	30.034.337	17.195.538	1.934.980	206.002	-
Lámparas halógenas (general y reflectora)	-	-	4.303.108	16.388.486	8.592.646	7.530.316
Lámparas led con balasto	-	52	1.568.771	6.901.869	8.593.560	13.037.236
Total general	58.548.229	51.210.581	44.826.162	46.413.080	26.790.656	26.354.998

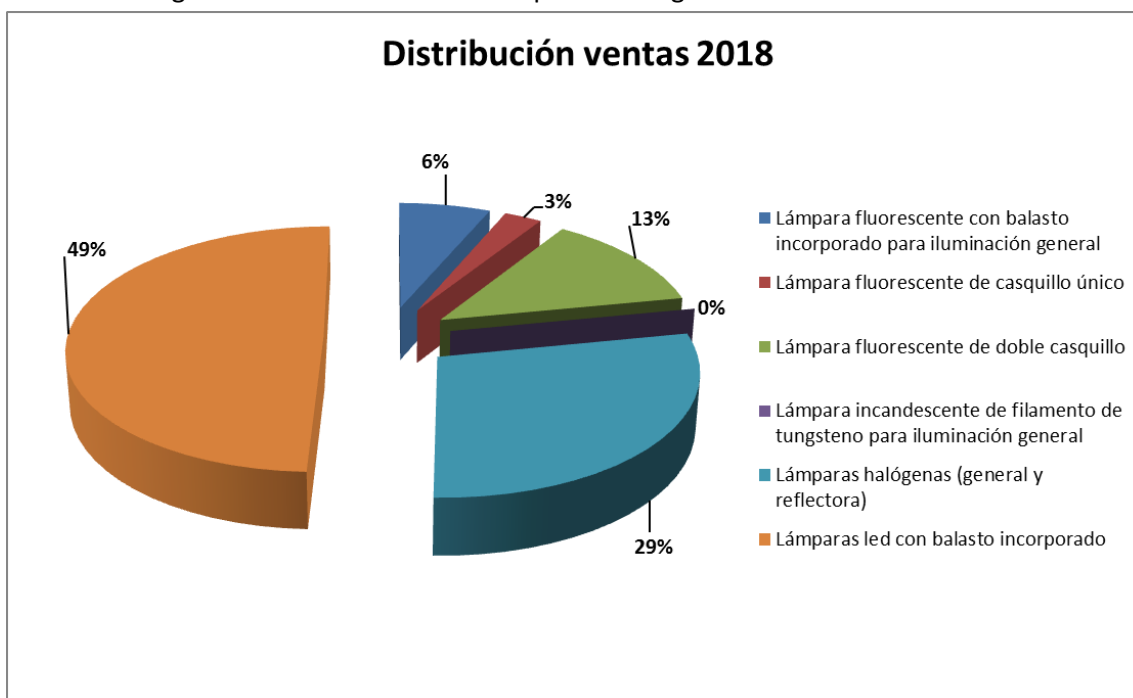
Fuente: Elaboración propia en base a información SEC.

En términos tecnológicos, el año 2017 todavía mostraba el rezago en la implementación del MEPS de ampolletas incandescentes, pero la cantidad de ventas de este artículo representó el 0,4% de lo que fue la venta de ese tipo de productos en 2013, ya para 2018 no hay certificaciones de éstas.

Un aspecto importante a considerar es que parte de las ventas de ampolletas incandescentes fue reemplazado por ampolletas halógenas, lo que se ve claramente en la masificación de esta tecnología en 2016. Por otro lado, se ve un constante crecimiento de la tecnología LED, siendo en términos individuales, en 2017 y 2018, la tecnología más vendida en el país, desplazando a las LFC como la alternativa más eficiente comercializada. Una de las causas para explicar lo anterior es que los precios de ambas tecnologías se han equiparado, por lo que se hace más rentable la adquisición de las ampolletas LED.

Una de las características de las ampolletas incandescentes era su corta vida útil, no más allá de 1.000 horas, razón por la cual había una constante tasa de cambio. A medida que este tipo de ampolleta ha sido reemplazada por tecnologías de mayor duración, halógenas al menos 2.000 horas, LFC sobre 4.000 horas y LED sobre 6.000 horas, se puede ver una disminución de las ventas generales, lo que está en línea con la mayor cantidad de horas de vida útil de los productos que ha reemplazado a las ampolletas incandescentes.

Figura 4. Distribución de ventas por tecnología de iluminación el año 2018.



Fuente: Elaboración propia en base a información SEC.

El desarrollo tecnológico de los últimos años, junto con el ingreso de tecnología halógena debido a la entrada en vigencia del MEPS en reemplazo de la tecnología incandescente, han incidido en que el potencial de eficiencia energética en el sector de iluminación residencial aún no se materialice en su totalidad. Razones que hacen necesario actualizar el estándar mínimo de eficiencia energética de productos de iluminación.

2.3 Caracterización del mercado de productos para uso de Iluminación Interior

El “Informe de actualización del estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas de iluminación general” elaborado en el marco del Proyecto GEF de promoción de la iluminación eficiente, realizó un levantamiento de las principales características de los productos que se comercializan en el país, para ello, analizaron 934⁴ modelos de lámparas correspondiente a 6 tipos de lámparas: fluorescentes con balasto incorporado (LFC), fluorescentes con casquillo único y doble, lámparas halógenas con dicróico o solo halógenas y lámparas LED con balasto incorporado. La información técnica levantada y la cantidad de modelos que especifican cada uno de los parámetros técnicos, se detallan en la siguiente tabla.

⁴ levantamiento de información desde los principales puntos de venta en tienda y en línea (sitios web de marcas y distribuidores retail). Además, Fundación Chile proveyó de información desde TopTen Chile respecto a los modelos de lámparas LED disponibles a la venta.

Tabla 8: Cantidad de Modelos e información levantada por estudio.

Cantidad de modelos con información de:		Descripción
Tipo de Casquillo	927	Corresponde a la base de la lámpara: e27, e14, GU10, etc.
Potencia (W)	925	Es la potencia activa o útil de la lámpara expresada en Watts
Precio (\$)	841	Precio a la venta, ya sea cuando se vende por unidad o en pack ofertas
Tipo de color	806	O temperatura de color de la lámpara expresada en fría, cálida, multicolor (en el caso de lámparas LED de colores).
Vida útil (horas)	767	Vida útil de la lámpara expresada en horas
Potencia equiv incand (W)	647	Corresponde a la potencia equivalente del modelo especificado con respecto a una lámpara incandescente
Flujo Luminoso (lúmenes)	637	Valor del flujo luminoso expresado en Lúmenes o lm
Temperatura (°K)	621	Se refiere a las distintas tonalidades de la luz expresada en grados kelvin
Certificación eléctrica	137	Certificación internacional del producto tales como IEC, IEEE, UE, etc.
Clase de Eficiencia	114	Corresponde a la etiqueta de eficiencia energética que deben mostrar los productos con certificación de eficiencia energética
Factor de potencia (FP)	64	Relación entre la potencia activa y potencia aparente de la lámpara
Certificación ambiental	43	Certificación internacional del producto tales como RoH, ECO, etc
CRI o Ra	36	Índice de Rendimiento de Color (CRI o RA), es la escala que mide la apariencia del color de la luz con respecto a la luz día. Cuanto mayor sea el índice de rendimiento color mejor será la reproducción cromática.
Índice de Eficiencia	11	Corresponde al índice de eficiencia lumínica lm/W
Contenido de mercurio Hg (gr)	0	Contenido de mercurio existente en la lámpara, para el caso de las fluorescentes

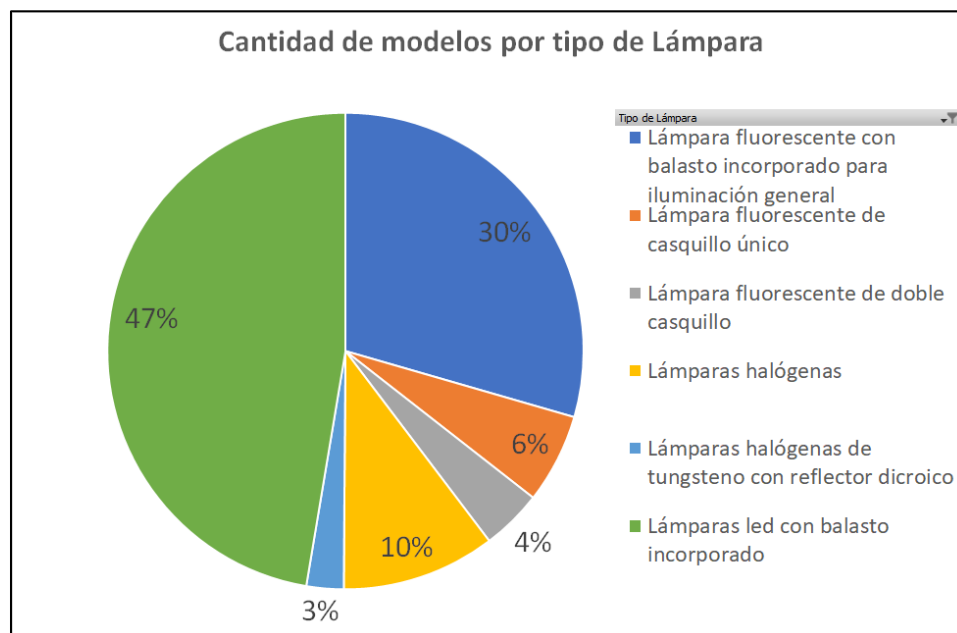
Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

La tabla muestra que la información básica más presente que se muestra en el sitio web de la lámpara es: Tipo de Casquillo, Potencia (W), Precio (\$), Tipo de color y Vida útil (horas).

De la cantidad de modelos analizados, 872 de ellos cuentan con certificación de eficiencia energética. La cantidad de modelos disponibles por tipo de producto se muestra en el siguiente gráfico, en donde el 47% de los modelos disponibles corresponden a lámparas Led (equivalente a 413 modelos), seguidos por las LFC que poseen 30% de los modelos (correspondiente a 257 modelos). Luego se encuentran las lámparas halógenas con un 10% del mercado equivalente a 91 modelos.

Cabe mencionar que las lámparas halógenas dicróicas o con reflector dicróico han perdido terreno frente a las nuevas tecnologías LED de similares características. Las lámparas halógenas se mantienen para aplicaciones donde son dimeables y para exteriores a nivel residencial.

Figura 5: Distribución de cantidad de modelos por tipo de lámpara o producto disponible a la venta.



Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

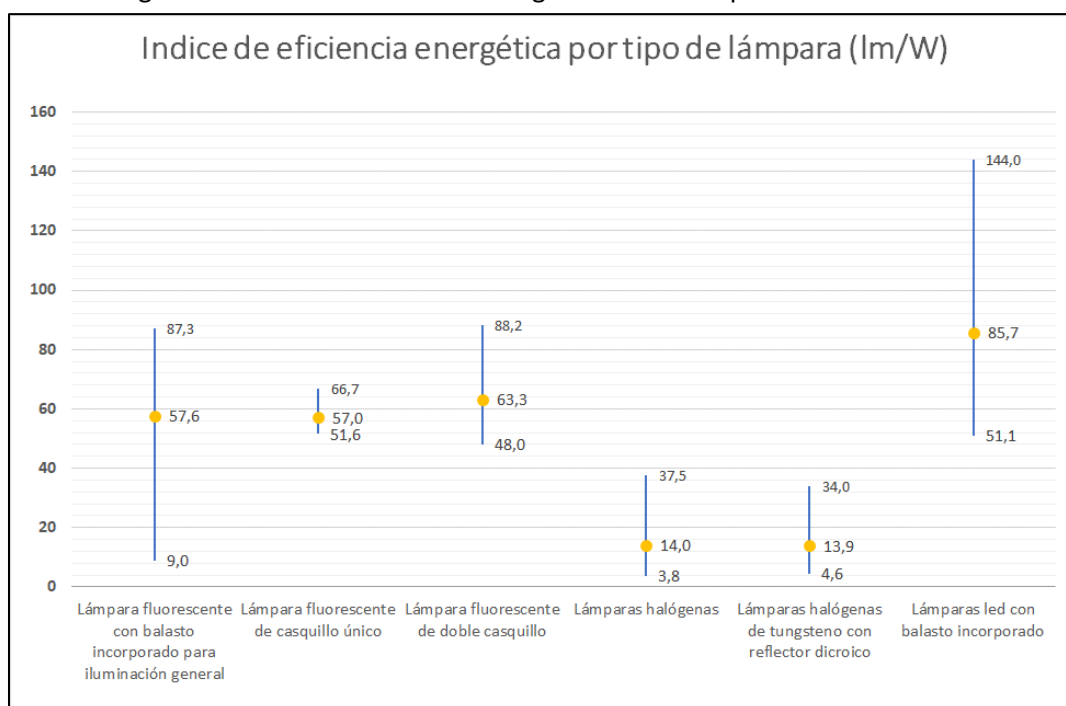
Nivel de eficiencia energética en los modelos disponibles

Los niveles de eficiencia energética o lumínica expresados en (lm/W), correspondiente al flujo luminoso (lúmenes) declarado sobre la potencia de la lámpara (watt), presentan un gran avance en la tecnología LED donde, en promedio, tienen un índice de EE de 85,7 lm/W. Por otra parte, las halógenas poseen, en promedio, un índice de 13,9 lm/W donde los mejores modelos tienen eficiencias similares a las peores unidades de LFC disponibles en el mercado.

En la siguiente figura se muestran los intervalos de rendimiento lumínico encontrados en el estudio, esto releva la gran disparidad de eficiencia entre las tecnologías presentes en el mercado nacional, lo que se busca nivelar con la definición de un estándar mínimo de rendimiento energético, y así los consumidores, al adquirir un producto de iluminación, tengan la confianza de estar recibiendo uno de mejor calidad.

En las tablas siguientes se entrega información relevante de la caracterización de las tecnologías presentes en el mercado nacional: Niveles de eficiencia energética de las lámparas (lm/W), Cantidad de modelos por tipo de color de lámparas y vida útil de lámparas.

Figura 6: Niveles de eficiencia energética de las lámparas - ventas 2018.



Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Tabla 9: Niveles de eficiencia energética de las lámparas (lm/W) - certificaciones 2018.

Tipo de lámpara	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lámpara fluorescente con balasto incorporado para iluminación general	51,3	51,7	55,3	52,2	53,5	56,5	52,9	57,4	60,0
Lámpara fluorescente de casquillo único		56,5	64,3	61,8	63,3	66,0	53,1	66,2	47,4
Lámpara fluorescente de doble casquillo		66,6	77,2	76,2	78,4	77,5	67,3	75,6	71,5
Lámparas halógenas de tungsteno para uso doméstico y propósitos similares de iluminación								14,8	14,3
Lámparas led con balasto incorporado							79,8	85,7	87,3

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Otros aspectos que se pueden destacar de la información disponible se relacionan con el tipo de color de las lámparas y su vida útil:

Tabla 10: Cantidad de modelos por tipo de color de lámparas.

Etiquetas de fila	Cálida	Fría	multicolor	Total
Lámpara fluorescente con balasto incorporado para iluminación general	136	73		209
Lámpara fluorescente de casquillo único	9	22		31
Lámpara fluorescente de doble casquillo	10	21		31
Lámparas halógenas	66	6		72
Lámparas halógenas de tungsteno con reflector dicroico	13	1		14
Lámparas led con balasto incorporado	304	100	9	413
Total	538	223	9	770

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Tabla 11: Vida útil de lámparas.

Etiquetas de fila	Mín. Vida útil (horas)	Máx. Vida útil (horas)
Lámpara fluorescente con balasto incorporado para iluminación general	4.000	25.000
Lámpara fluorescente de casquillo único	5.000	13.000
Lámpara fluorescente de doble casquillo	1.500	30.000
Lámparas halógenas	1.000	2.000
Lámparas halógenas de tungsteno con reflector dicroico	1.000	15.000
Lámparas led con balasto incorporado	8.000	50.000

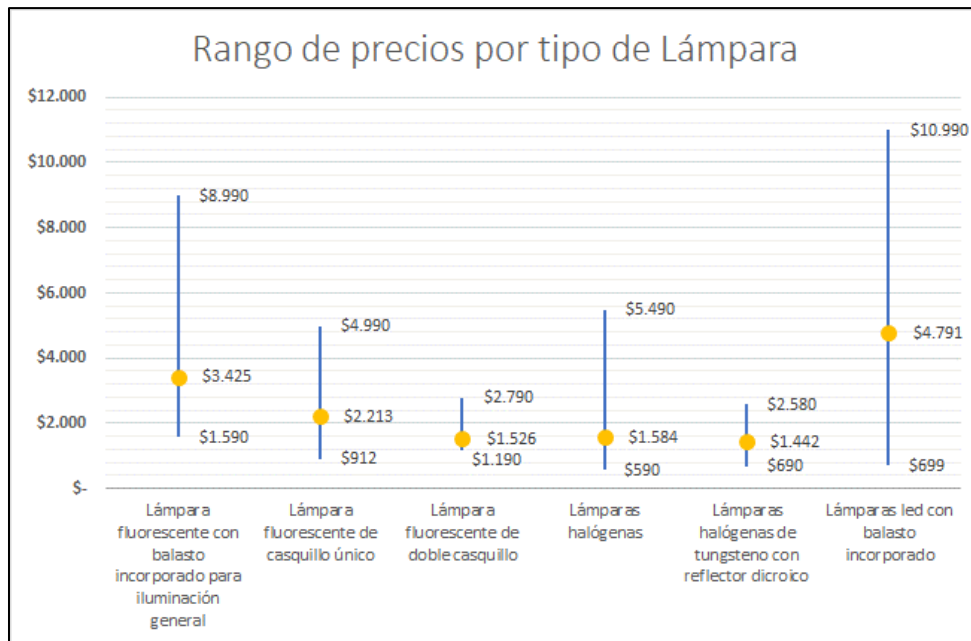
Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Rango de precios por tipo de lámpara

Dada la diversidad tecnológica, tanto entre las distintas tecnologías como entre sí, hay una amplia diversidad de precios en el mercado de iluminación residencial. El estudio encontró que las mayores variaciones se encuentran en las tecnologías LED y fluorescentes compactas. Estos datos son importantes para realizar las evaluaciones económicas de las medidas propuestas, además de incluir la vida útil y el ahorro de energía en los análisis.

Un tema importante a considerar es la baja de precios que han experimentado las ampollitas LED, que en términos prácticos que han acercado a los costos de las LFC.

Figura 7: Rango de precios por tipo de lámpara - ventas 2018



Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

3. Antecedentes internacionales

Los primeros gobiernos que comenzaron a adoptar normativas sobre la eficiencia energética en productos de iluminación lo hacen desde hace más de dos décadas. Trabajaron para transformar sus mercados y beneficiarse de las fuentes de luz con una mayor eficiencia. Ejemplos a destacar son los de Australia, Europa y EE. UU, que serán presentados junto a otros casos en este capítulo.

Las siglas “MEPS” vienen utilizándose desde hace varias décadas para referirse requerimientos de desempeño obligatorios de los productos regulados. El término MEPS son las siglas de “Minimum Energy Performance Standards” y significa “estándares de desempeño energético mínimo”. Originalmente se enfocaba en el consumo de energía, pero con el tiempo y la expansión de los programas normativos para abordar aspectos de calidad y desempeño, los MEPS ha llegado a asociarse con otros fenómenos más allá de la eficiencia energética.

3.1 Unión Europea

La Unión Europea desde la década de los 90 ha tomado medidas destinadas a fomentar la eficiencia energética de los productos comercializados en su mercado común. La Directiva 92/75/CEE DEL CONSEJO del 22 de septiembre de 1992 tuvo como objetivo la armonización de las medidas nacionales relativas a la publicación, en especial por medio del etiquetado y de la información sobre los productos, de datos sobre el consumo de energía y de otros recursos esenciales, de manera que los consumidores pudieran elegir aparatos con un mejor rendimiento energético.

Desde la publicación de esa Directiva se han realizado varias actualizaciones que han aumentado los niveles de exigencia para los productos de iluminación comercializados en Europa.

Principales alcances de la regulación:

Reglamento (CE) No 244/2009 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, que incluye, lámparas fluorescentes compactas con balasto integrado (CFLi), lámparas halógenas (HL) y lámparas incandescentes.

Artículo 3: Requisitos de diseño ecológico

Estableció que 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 aplicaría 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

Los requisitos de diseño ecológico aplicables a las lámparas de uso doméstico no direccionales establecen requerimientos de eficacia, funcionalidad e información del producto.

Requisitos de eficiencia:

La tabla siguiente resume la potencia máxima asignada ($P_{\max}$) para un determinado flujo luminoso asignado (Φ), con las excepciones especificadas en la tabla correspondiente.

Tabla 12: Potencia máxima asignada para un flujo determinado

Fecha de aplicación	Potencia máxima asignada ($P_{\max}$) para un determinado flujo luminoso (Φ)(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	$0,6 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$	$0,24\sqrt{\Phi} + 0,0103\Phi$

Fuente: Reglamento (CE) No 244

Tabla 13: Excepciones

Alcance de la excepción	Potencia máxima asignada (W)
Lámparas claras $60 \text{ lm} \leq \Phi \leq 950 \text{ lm}$ en Fase 1	$P_{\max} = 1,1 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$
Lámparas claras $60 \text{ lm} \leq \Phi \leq 725 \text{ lm}$ en Fase 2	$P_{\max} = 1,1 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$
Lámparas claras $60 \text{ lm} \leq \Phi \leq 450 \text{ lm}$ en Fase 3	$P_{\max} = 1,1 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$
Lámparas claras con casquillos G9 o R7s en Fase 6	$P_{\max} = 0,8 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$

Fuente: Reglamento (CE) No 244

Los factores de corrección son acumulativos donde corresponda y se aplican también a los productos cubiertos en las excepciones.

Tabla 14: Factores de corrección

Alcance de las correcciones	Potencia máxima asignada (W)
Lámparas de filamento que requieren fuentes de alimentación externas	$P_{\max} / 1,06$
Lámparas de descarga con casquillo GX53	$P_{\max} / 0,75$
Lámparas no claras con índice de reproducción de color ≥ 90 y $P \leq 0,5 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$	$P_{\max} / 0,85$
Lámparas de descarga con índice de reproducción de color ≥ 90 y $T_c \geq 5.000 \text{ K}$	$P_{\max} / 0,76$
Lámparas no claras con doble envoltura y $P \leq 0,5 * (0,88\sqrt{\Phi} + 0,049\Phi)$	$P_{\max} / 0,95$
Lámparas LED que requieran una fuente de	$P_{\max} / 1,1$

alimentación externa	
----------------------	--

Fuente: Reglamento (CE) No 244

Reglamento (CE) No 245/2009 de 18 de marzo de 2009 establece los requerimientos para lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, balastos y luminarias capaces de operar con estas lámparas.

Determina así que un año después de entrada en vigencia de la regulación las lámparas fluorescentes T5 y T8 deberían tener al menos una eficacia luminosa especificada en la tabla siguiente a una temperatura de 25°C.

En caso que los Watts nominales sean diferentes a los listados, las lámparas deberán alcanzar la eficacia luminosa de la equivalente más cercana en términos de watts, excepto para los T8 sobre 50W, los cuales deberán alcanzar una eficacia de 83 lm/W.

Tabla 15: Valores mínimos de eficacia para lámparas T8 y T5 a 25 °C

T8 (Ø 26 mm)		T5 (Ø 16 mm) Alta eficiencia		T8 (Ø 16 mm) Alta salida	
Potencia nominal (W)	Eficacia (lm/W) valor inicial a 100h	Potencia nominal (W)	Eficacia (lm/W) valor inicial a 100h	Potencia nominal (W)	Eficacia (lm/W) valor inicial a 100h
15	63	14	86	24	73
18	75	21	90	39	79
25	76	28	93	49	88
30	80	35	94	54	82
36	93			80	77
38	87				
58	90				
70	89				

Fuente: Reglamento (CE) No 245

La regulación entrega también tablas con valores mínimos de eficacia para lámparas fluorescentes compactas de diferentes formas (tubos paralelos únicos, dobles y triples, formas cuadradas y circulares); con balastos electromagnéticos y electrónicos y diferentes sistemas de conexión, similares a lo observado en la tabla anterior. En cualquier caso, los valores requeridos van entre 50 y 83 lm/W función de las potencias de cada lámpara.

La regulación considera una tabla de correcciones para mediciones de eficacia lumínica para lámparas fluorescentes con temperatura de color alta, alto rendimiento de color y/o segundo encapsulado.

Tres años después de la entrada en vigencia de esta regulación, los siguientes requerimientos de eficacia lumínica se aplicarían a lámparas fluorescentes con y sin balasto integrado y lámparas de alta intensidad de descarga.

Tabla 16: Valores de eficacia mínima para lámparas de sodio de alta presión

Potencia nominal (W)	Eficacia (lm/W) – Lámparas claras	Eficacia (lm/W) – Lámparas no claras
$W \leq 45$	≥ 60	≥ 60
$45 < W \leq 55$	≥ 80	≥ 70
$55 < W \leq 75$	≥ 90	≥ 80
$75 < W \leq 105$	≥ 100	≥ 95
$105 < W \leq 155$	≥ 110	≥ 105
$155 < W \leq 255$	≥ 125	≥ 115
$255 < W \leq 605$	≥ 135	≥ 130

Fuente: Reglamento (CE) No 245

Nueva regulación europea – 2019

En agosto de 2017 entró en vigor el nuevo Reglamento marco sobre etiquetado energético (UE) 2017/1369, que derogó la Directiva 2010/30/UE. Con arreglo a la Directiva derogada, las etiquetas energéticas podían incluir las clases A+ a A+++ a fin de abordar la acumulación en las clases más altas. Con el paso del tiempo, debido al desarrollo tecnológico, también las clases A+ a A++++ han quedado sobrepobladas, lo que reduce significativamente la eficacia de las etiquetas. Para resolver este problema, el nuevo Reglamento marco establece un reescalado de las etiquetas energéticas existentes, volviendo de nuevo a la escala original de A a G. El artículo 11 del Reglamento marco sobre el etiquetado energético enumera cinco grupos de productos prioritarios para los que deben adoptarse nuevos actos delegados con etiquetas energéticas reescaladas, a más tardar el 2 de noviembre de 2018. Los productos de iluminación constituyen uno de los grupos de productos prioritario.

En el plan de trabajo sobre diseño ecológico 2016-2019 de la Comisión Europea, la revisión de los actos de ejecución relativos a los productos de iluminación se menciona como una de las principales oportunidades de ahorro de energía, con una previsión para 2030 de 125 TWh anuales de ahorro de energía primaria (efecto combinado del diseño ecológico y el etiquetado energético).

En 2015 se vendieron en los veintiocho Estados miembros de la UE alrededor de 1.700 millones de fuentes luminosas, de las que aproximadamente un 22% se basaban en la tecnología LED. Ese mismo año funcionaban en la EU-28 en torno a 11.400 millones de fuentes luminosas, y el 6,5% eran de LED. Estas fuentes luminosas consumieron en total 336 TWh/a de electricidad, lo que representa el 12,4 % del consumo total de electricidad de la EU-28.

Según los datos sobre impacto de octubre de 2017, se estima que en Europa, la actualización del etiquetado energético de las fuentes luminosas reducirá el consumo de electricidad para iluminación de aquí a 2030 en hasta 11 TWh anuales.

Con respecto a los nuevos límites que se proponen en la nueva etiqueta, la propuesta europea es establecer los límites entre las clases con 25 lm/W de diferencia entre clases consecutivas: todas

las fuentes luminosas de más de 210 lm/W pertenecen a la clase A. Todas las fuentes luminosas por debajo de 85 lm/W pertenecen a la clase G.

Desde junio de 2018 no hay fuentes luminosas en el mercado europeo que puedan cumplir los límites de eficiencia de las clases A y B (aunque existen en laboratorio). Por tanto, estas clases estarían inicialmente vacías, según lo establecido en el Reglamento (UE) 2017/1369. Las mejores fuentes luminosas de LED para uso normalmente doméstico que se comercializan actualmente estarían en la nueva clase de etiquetado E; las mejores fuentes luminosas de LED para uso profesional actualmente en el mercado serían de la clase D; se espera que para 2021 algunas serán de la clase C. En 2021, cuando empiecen a aplicarse las nuevas clases, es previsible que la clase A todavía esté vacía, aunque ya podrían comercializarse algunas fuentes luminosas de la clase B.

La clase de eficiencia energética de las fuentes luminosas se determinará sobre la base de la eficacia total de la red eléctrica η_{TM} , que se calcula dividiendo el flujo luminoso útil declarado Φ_{use} (expresado en lm) por el consumo de potencia en modo encendido P_{on} declarado (expresado en W) y multiplicando por el factor aplicable FTM como sigue:

$$\eta_{TM} = (\Phi_{use} / P_{on}) \times FTM \text{ (lm/W)}.$$

La nueva etiqueta se aplicará a partir del 1 de septiembre de 2021 y se identifican las siguientes clases de eficiencia energética:

Tabla 17. Clases de eficiencia energética.

Clases de eficiencia	Eficacia total η_{TM} (lm / W)
A	$210 \leq \eta_{TM}$
B	$185 \leq \eta_{TM} < 210$
C	$160 \leq \eta_{TM} < 185$
D	$135 \leq \eta_{TM} < 160$
E	$110 \leq \eta_{TM} < 135$
F	$85 \leq \eta_{TM} < 110$
G	$85 < \eta_{TM}$

Fuente: Anexos del Reglamento Delegado. C(2019) 1805 final

Tabla 18. Factores F_{TM} por tipo de fuente luminosa.

Tipos de fuentes de luz	Factor F_{TM}
Fuentes no direccionales (NDLS) que funcionan con la red eléctrica (MLS)	1,000
Fuentes no direccionales (NDLS) que no funcionan con la red eléctrica (NMLS)	0,926
Fuentes direccionales (DLS) que funcionan con la red eléctrica (MLS)	1,176
Fuentes direccionales (DLS) que no funcionan con la red eléctrica (NMLS)	1,089

Fuente: Anexos del Reglamento Delegado. C(2019) 1805 final

De manera complementaria al etiquetado, la Unión Europea está actualizando los requisitos de diseño ecológico de los productos de iluminación. Esto significa que las lámparas deberán cumplir con que el consumo de potencia declarado de una fuente de luz a plena carga P_{on} no deberá exceder la potencia máxima permitida P_{onmax} (en W), definida en función del flujo luminoso útil declarado Φ_{uso} (en lm) y el índice de reproducción cromática declarado CRI (en Ra) como sigue:

$$P_{onmax} = C * (L + \Phi_{uso} / (F * \eta)) * R$$

donde

- Los valores de eficacia umbral (η en lm/W) y factor de pérdida final (L en W) se especifican en la Tabla, dependiendo del tipo de fuente de luz.
- Los valores básicos para el factor de corrección (C) dependiendo del tipo de fuente de luz, y las adiciones a C para las características especiales de la fuente de luz se especifican en la Tabla.
- El factor de eficacia (F) es:
 - 1,00 para fuentes de luz no direccionales (NDLS, con flujo total)
 - 0,85 para fuentes de luz direccional (DLS, usando flujo en un cono)
- El factor CRI (R) es:
 - 0,65 para CRI ≤ 25
 - (CRI + 80) / 160 para CRI > 25

Tabla 19: Eficacia umbral (η) y factor de pérdida final (L)

Descripción de la fuente de luz	η [lm/W]	L [W]
LFL T5-HE	98,8	1,9
LFL T5-HO, $4000 \leq \Phi \leq 5000$ lm	83	1,9
LFL T5-HO, other lm output	79	1,9
FL T5 circular	79	1,9
FL T8 other than LFL 2-, 4- and 5-foot (incl. FL	89,7	4,5
FL using magnetic induction, any length/flux	70,2	2,3
CFLni	70,2	2,3
FL T9 circular	71,5	6,2
HPS single-ended	88	50
HPS double-ended	78	47,7
MH ≤ 405 W single-ended	84,5	7,7
MH > 405 W single-ended	79,3	12,3
MH ceramic double-ended	84,5	7,7
MH quartz double-ended	79,3	12,3
Organic light-emitting diode (OLED)	65	1,5
HL R7s ≤ 2700 lm	26	13
Other light sources in scope not mentioned	120	1,5*

* Para fuentes de luz conectadas (CLS) un factor L=2.0 debe ser aplicado.

Tabla 20: Factor de corrección C dependiendo de las características de la fuente de luz.

Light source type	Basic C value
Non-directional (NDLS) not operating on mains (NMLS)	1
Non-directional (NDLS) operating on mains (MLS)	1,08
Directional (DLS) not operating on mains (NMLS)	1,15
Directional (DLS) operating on mains (MLS)	1,23
Special light source feature	Bonus on C
FL or HID with $T_c > 5000\text{ K}$	C+0,1
FL with CRI > 90 <i>Ra</i>	C+0,1
HID with second envelope	C+0,1
MH NDLS >405 W with non-clear envelope	C+0,1
DLS with anti-glare shield	C+0,2
Colour-tuneable light source (CTLS)	C+0,1

Fuente: Anexos del Reglamento Delegado. C(2019) 1805 final

Donde sea aplicable los bonos del factor de corrección C son acumulativos.

La potencia de standby de una fuente de luz no deberá exceder los 0,5W y la potencia total de standby de fuentes de luz conectadas en red no debe exceder los 0,5W.

3.2 China

China ha promovido el ingreso de tecnología LED por medio de estándares de eficiencia energética y políticas industriales.

Con respecto a los estándares de eficiencia energética, China definió un cronograma de prohibición de uso de lámparas incandescentes en 2011. El proceso contempló cinco etapas:

- Fase uno: del 1 de noviembre de 2011 al 30 de septiembre de 2012 es un período de amortiguación. Los importadores y comerciantes relacionados debieron seguir los requisitos de este aviso en preparación para la eliminación.
- Fase dos: a partir del 1 de octubre de 2012, las importaciones y las ventas de las lámparas incandescentes de 100W y superiores quedaron prohibidas.
- Fase tres: a partir del 1 de octubre de 2014, las importaciones y ventas de las lámparas incandescentes de 60W y superiores fueron prohibidas.
- Fase cuatro: del 1 de octubre de 2015 al 30 de septiembre de 2016 es un período de evaluación intermedia para evaluar la política implementada, realizar ajustes a la política subsiguiente.
- Fase cinco: La importación y ventas de lámparas incandescentes de 15 W y superiores quedaron prohibidas a partir del 1 de octubre de 2016 y se realizaron los ajustes definidos en la evaluación intermedia.

De manera paralela, y para incentivar el mercado LED, China ha impulsado estándares de calidad para las nuevas tecnologías, junto con una alta inversión en I+D en cuanto a estándares de rendimiento.

Los requisitos de eficiencia energética de lámparas LED no direccionales con balasto incorporado están basados en las normas GB30255-2013. Hay tres clases de eficiencia energética basadas en la eficacia lumínica inicial (lm/W), como se ve en la tabla a continuación.

Tabla 21: Niveles de eficiencia energética para lámparas LED no direccionales con balasto incorporado en China, 2012.

Eficiencia energética lámparas LED no direccionales con balasto incorporado (lm/W)				
Clases de la Etiqueta	Código de temperatura de color: 65/50/40		Código de temperatura de color: 35/30/27/P27	
	Omnidireccional	Mitad-omnidireccional/semi-omnidireccional	Omnidireccional	Mitad-omnidireccional/semi-omnidireccional
1	110	115	100	105
2	90	95	80	85
3	63	70	59	65

Fuente: Norma GB30255-2013

3.3 Estados Unidos

En 2017, bajo la administración Obama, el Departamento de Energía propuso un estándar mínimo de 45 lm/W con vigencia a partir del 1 de enero de 2020.

El estándar 45 lm/W básicamente prohíbe la venta futura de ampolletas incandescentes y halógenas porque no pueden cumplir con este nivel mínimo de eficiencia. En lugar de ello, los consumidores podrán elegir entre las lámparas fluorescentes compactas y las ampolletas LED, tecnologías eficientes y duraderas, a partir del 1 de enero de 2020. Es probable que los consumidores compren tecnología LED debido a su rendimiento superior.

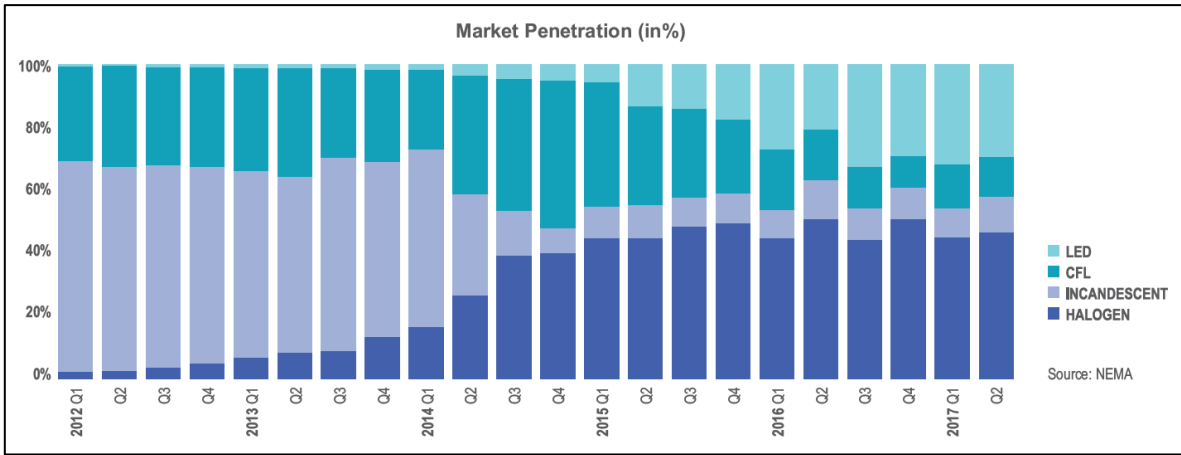
La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), publicó en octubre de 2017 el documento “The light bulb revolution”, en el que la EPA pronostica una adopción generalizada de la iluminación LED por parte de los consumidores para 2020 si se mantienen los programas de eficiencia energética.

El documento analiza el potencial que existe en Estados Unidos de avanzar a la iluminación LED, en 2017, un hogar promedio contaba con 50 puntos de luz, de ellos, 60% utilizarían ampolletas de tecnología ineficiente. Cambiar estas ampolletas por tecnología LED de alta calidad, a un costo de USD 2, permitiría ahorrar a los hogares americanos un total de USD 6 billones anualmente en iluminación.

En el mercado norteamericano de iluminación residencial se aprecian tendencias similares al mercado chileno, en donde las tecnologías incandescentes han sido reemplazadas por halógenas, y la tecnología LED ha penetrado cada vez con mayor fuerza.

La siguiente figura muestra la evolución del mercado de iluminación residencial en Estados Unidos desde 2012 a 2017.

Figura 8: Participación de mercado por tecnología.

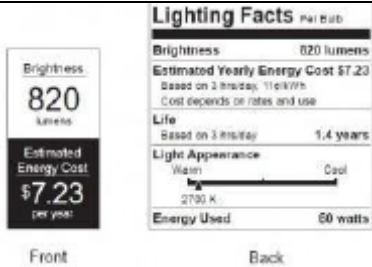


Fuente: EPA

En cuanto a los tipos de certificaciones que se utilizan en Estados Unidos, hay tanto de carácter voluntario como obligatorio. A continuación un resumen de las existentes:

Energy Star de la EPA de carácter voluntario, para ayudar a los consumidores a ahorrar dinero y proteger el medio ambiente a través de productos y prácticas de eficiencia energética. Utiliza pruebas y certificaciones de terceras partes. Se aplica a productos para iluminación residencial (LFC, LEDs, luminarias residenciales, cintas de luces decorativas y ventiladores de techo con puntos de iluminación.	
Etiqueta para LED Lighting Fact⁵ del Departamento de Energía de carácter voluntario, resalta los productos LED para iluminación general de los productores que se comprometen a probar los productos y reportar los resultados de acuerdo a estándares industriales. Se trata de una herramienta en línea que permite comparar productos de diferentes fabricantes. Se aplica a productos de iluminación de estado sólido residencial y comercial. Ver figura siguiente.	

⁵ <https://lightingfacts.com/Library/Content/Label>

Etiqueta Lighting Fact de la Comisión Federal de Comercio (Federal Trade Commission) es obligatoria, la etiqueta en el embalaje de la lámpara provee información sobre el brillo, el costo anual estimado de la energía, la vida media, la temperatura de color y la potencia. Anunciada en junio 2010 se hizo efectiva sobre todos los productos producidos a partir de enero 2012. Es requerido en todas las lámparas de uso general con soquete E26.	
El Design Light Consortium (DLC) una colaboración entre las empresas distribuidoras y las organizaciones de eficiencia energética es voluntario y su objetivo es lograr que los edificios comerciales valoren los beneficios de la iluminación. Cubre productos no necesariamente incluidos en Energy Star, tales como vías peatonales y otros.	
Certificaciones de seguridad voluntarias pero requeridas por la mayoría de los clientes, tales como, Underwriters Laboratories Inc (UL), Canadian Standards association (CSA), Laboratorios ETL hoy bajo la marca Intertek Testing Services. Opera sobre todos los productos.	

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Dentro de las opciones existentes en Estados Unidos para entregar información de lámparas LED, y que se señalan en el cuadro anterior, el programa Lighting Fact entrega recomendaciones para seleccionar los mejores productos entre los disponibles en el mercado, entre las principales recomendaciones se encuentran la eficiencia mínima por equipos, características del CRI y Temperatura de color de las lámparas.

Tabla 22: Eficiencia mínima por tipo de lámpara (Lumen por Watt)⁶.

		Lumen por Watt
Incandescentes		8-12
Halógenas		8-18
LFC		≥ 33
Lámpara LED decorativa		≥ 40
Lámpara LED direccional (por diámetro)	≤ 20/8"	≥ 33
	> 20/8"	≥ 40
LED omnidireccional	< 10W	≥ 50
	≥ 10W	≥ 55
LFC omnidireccional (típica)	< 10W	≥ 50

⁶ <https://lightingfacts.com/Library/Content/PerformanceScales/Residential>

	10 – 15 W	≥ 55
	15 W	≥ 65

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Tabla 23: recomendaciones respecto a Reproducción de color (CRI).

Reproducción de color	Nota	CRI
Pobre	No deseable para la mayoría de las aplicaciones	< 70
Adecuado	Aceptable para algunas aplicaciones	≥ 70
Bueno	Típico de LFC ⁷	≥ 80
Muy bueno	Objetivo de L Prize	90
Mejor posible	Equivalente a la calidad de una lámpara incandescente	100

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Recomendaciones respecto a Temperatura de color correlacionada (CCT)

Temperaturas de color entre 2700K y 4500K (blanco cálido 2700K a 3000K y blanco brillante entre 3000K y 4500K) se consideran apropiadas para aplicaciones residenciales y entre 4500K y 6500K son apropiadas para aplicaciones exteriores y comerciales.

Además de las recomendaciones, en 2008 se lanzó el “L Prize” (Bright Tomorrow Lighting Prize), primera competencia de tecnologías patrocinada por el Departamento de Energía de los EE.UU., para que los fabricantes aceleren el desarrollo de sistemas de iluminación de estado sólido de alta calidad, de alta eficiencia para reemplazar la barrera de la luz blanca. El primer concurso se realizó el llamado a reemplazar dos tipos de ampolletas, la ampolleta incandescente de 60 W, y la PAR halógena 38. El primer ganador se anunció en 2011. Se agregó una tercera categoría definida como la ampolleta del siglo 21.

Tabla 24: Características definidas para el “L Prize”.

Para reemplazar ampolleta incandescente de 60W	Para reemplazar ampolleta PAR 38 Halógena	Ampolletas del siglo 21
Más de 90 lm/W	Más de 123 lm/W	Más de 150 lm/W
Menos de 10 W	Menos de 11 W	
Más de 900 lúmenes	Más de 1.350 lúmenes	Más de 1.200 lúmenes
Más de 25.000 horas de vida útil	Más de 25.000 horas de vida útil	
CRI mayor a 90	CRI mayor a 90	CRI mayor a 90
Temperatura de color entre 2700–3000 K	Temperatura de color entre 2700–3000 K	Temperatura de color entre 2800–3000 K

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

⁷ Basado en pruebas de benchmark de fuentes de luz convencionales realizados por el Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)

3.4 Canadá

En enero de 2014 entró en vigencia en Canadá la prohibición de comercialización de ampollas incandescentes.

En cuanto a los requisitos generales para productos de iluminación, estos se encuentran publicados en las “regulaciones de eficiencia energética, 2016”, SOR/2016-311, cuya última modificación fue realizada el 31 de octubre de 2018 y que entró en vigencia en abril de 2019.

En su artículo 433 define una lámpara de servicio general significa un dispositivo eléctrico que proporciona iluminación funcional y tiene un flujo luminoso de al menos 310 lm pero no más de 2 600 lm, una tensión nominal de al menos 110 V pero no más de 130 V o un rango de voltaje nominal que se encuentra al menos parcialmente entre esos voltajes y una base de rosca.

En artículo 435 establece los estándares de eficiencia energética para lámparas de servicios generales descritas en la primera columna que sean fabricadas durante los períodos indicados en la columna 3.

Tabla 25: estándares de eficiencia energética – Canadá.

Item	Column 1 Energy-using Product	Column 2 Energy Efficiency Standard	Column 3 Period of Manufacture
1	General service lamps that have a luminous flux of < 750 lm	Nominal power ≤ 29 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 80	On or after December 31, 2014
2	General service lamps that have a luminous flux of ≥ 750 lm and < 1 050 lm	Nominal power ≤ 43 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 80	On or after December 31, 2014
3	General service lamps that have a luminous flux of ≥ 1 050 lm and < 1 490 lm	Nominal power ≤ 53 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 80	On or after January 1, 2014
4	General service lamps that have a luminous flux of ≥ 1 490 lm	Nominal power ≤ 72 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 80	On or after January 1, 2014

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

En artículo 437 establece los estándares de eficiencia energética para lámparas incandescentes de espectro modificado

Tabla 26: estándares de eficiencia energética ampollas espectro modificado – Canadá.

Item	Column 1 Energy-using Product	Column 2 Energy Efficiency Standard	Column 3 Period of Manufacture
1	Modified spectrum incandescent lamps that have a luminous flux of < 563 lm	Nominal power ≤ 29 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 75	On or after December 31, 2014
2	Modified spectrum incandescent lamps that have a luminous flux of ≥ 563 lm and < 788 lm	Nominal power ≤ 43 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 75	On or after December 31, 2014
3	Modified spectrum incandescent lamps that have a luminous flux of ≥ 788 lm and < 1 118 lm	Nominal power ≤ 53 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 75	On or after January 1, 2014
4	Modified spectrum incandescent lamps that have a luminous flux of ≥ 1 118 lm	Nominal power ≤ 72 W Life ≥ 1 000 hours Colour rendering index ≥ 75	On or after January 1, 2014

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

En artículo 443 establece los estándares de eficiencia energética para lámparas reflectoras incandescentes de servicios generales.

Tabla 27: estándares de eficiencia energética para lámparas reflectoras incandescentes de servicios generales.

Item	Column 1 Energy-using Product	Column 2 Energy Efficiency Standard	Column 3 Period of Manufacture
1	General service incandescent reflector lamps	CSA C862-01, Tables 1 and 2	Before June 1, 2009
2	General service incandescent reflector lamps that are ER30 or ER40 lamps with a nominal power of 50 W	7.0 lm/W	On or after June 1, 2009
3	General service incandescent reflector lamps that are ER30 or ER40 lamps with a nominal power of < 50 W	10.5 lm/W	On or after June 1, 2009
4	General service incandescent reflector lamps that are ER40 lamps with a nominal power of 65 W	12.5 lm/W	On or after June 1, 2009
5	General service incandescent reflector lamps, other than ER30 or ER40 lamps with a nominal power of ≤ 50 W and ER40 lamps with a nominal power of 65 W	CSA C862-09, Table 1	On or after June 1, 2009 and before July 15, 2012
6	General service incandescent reflector lamps, other than ER30 or ER40 lamps with a nominal power of ≤ 50 W and ER40 lamps with a nominal power of 65 W	CSA C862-12, Table 1	On or after July 15, 2012

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

En artículo 447 establece los estándares de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas de servicios generales y diferentes formas.

Tabla 28: estándares de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas de servicios generales y diferentes formas.

Item	Energy-using Product	Standard	Energy Efficiency Standard	Period of Manufacture
1	General service fluorescent lamps that are rapid-start and straight-shaped and that have a nominal overall length of 1 200 mm, a medium bi-pin base and a nominal power of > 35 W	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 75 lm/W Average colour rendering index ≥ 69	Before July 15, 2012
2	General service fluorescent lamps that are rapid-start and straight-shaped and that have a nominal overall length of 1 200 mm, a medium bi-pin base and a nominal power of ≤ 35 W	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 75 lm/W Average colour rendering index ≥ 45	Before July 15, 2012
3	General service fluorescent lamps that are rapid-start and straight-shaped and that have a nominal overall length of 2 400 mm, a recessed double-contact base, a nominal power of > 100 W and a nominal current of 0.8 A	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 80 lm/W Average colour rendering index ≥ 69	Before July 15, 2012
4	General service fluorescent lamps that are rapid-start and straight-shaped and that have a nominal overall length of 2 400 mm, a recessed double-contact base, a nominal power of ≤ 100 W and a nominal current of 0.8 A	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 80 lm/W Average colour rendering index ≥ 45	Before July 15, 2012
5	General service fluorescent lamps that are rapid-start and U-shaped and that have a nominal overall length of ≥ 560 mm but ≤ 635 mm, a medium bi-pin base and a nominal power of > 35 W	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 68 lm/W Average colour rendering index ≥ 69	Before July 15, 2012
6	General service fluorescent lamps that are rapid-start and U-shaped and that have a nominal overall length of ≥ 560 mm but ≤ 635 mm, a medium bi-pin base and a nominal power of ≤ 35 W	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 64 lm/W Average colour rendering index ≥ 45	Before July 15, 2012
7	General service fluorescent lamps that are instant-start and straight-shaped and that have a nominal overall length of 2 400 mm, a single-pin base and a nominal power of > 65 W	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 80 lm/W Average colour rendering index ≥ 69	Before July 15, 2012
8	General service fluorescent lamps that are instant-start and straight-shaped and that have a nominal overall length of 2 400 mm, a single-pin base and a nominal power of ≤ 65 W	CSA C819-95	Average lamp efficacy ≥ 80 lm/W Average colour rendering index ≥ 45	Before July 15, 2012
9	General service fluorescent lamps	CSA C819-11	CSA C819-11, Table 1	On or after July 15, 2012 and before January 26, 2018
10	General service fluorescent lamps	CSA C819-16 or 10 C.F.R. Appendix R	CSA C819-16, Table 1 or average lamp efficacy $\times 1.011 >$ the minimum average lamp efficacy for the product in 10 C.F.R. §430.32(n)(4)	On or after January 26, 2018

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

3.5 México

El 1 de enero de 2019 se marca un paso decisivo de México hacia la eficiencia energética, una vez que, los focos tradicionales o de halógeno que se conocen comúnmente, ya no se podrán importar o comercializar, esto conforme a lo establecido en la Norma oficial 028-ENER-2017, sobre eficiencia energética de lámparas para uso general, lo que abre paso a la migración en su totalidad a una iluminación más eficiente con tecnología LED.

Previo a este paso, México ha liderado las iniciativas de eficiencia energética con normas que han sido referencia para el continente.

Los estándares mínimos de eficiencia energética definidos en la Norma NOM-028-ENER-2010 de México se resumen a continuación.

Tabla 29: Estándares mínimos de eficiencia energética definidos en la Norma NOM-028-ENER-2010.

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 2013

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Tabla 30: Valores mínimos de eficacia luminosa para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos de espectro general NOM-028-ENER-2010.

Intervalo de flujo luminoso nominal (lm)	Potencia máxima permitida de lámparas incandescentes con halógenos (W)	Intervalo de potencia permitida de lámparas incandescentes (W)	Eficacia luminosa mínima (lm/W)
Mayor o igual que 1 490	72	Mayor que 75	20.69
Mayor o igual que 1 050 y menor que 1 490	53	Mayor que 60 y menor o igual que 75	19.81
Mayor o igual que 750 y menor que 1 050	43	Mayor que 40 y menor o igual que 60	17.44
Menor que 750	29	Menor o igual que 40	14.00

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

A partir del primero de enero de 2019, todas las lámparas incandescentes e incandescentes con halógenos tanto de espectro general como modificado deben cumplir con la eficacia luminosa mínima de acuerdo con lo establecido en la tabla siguiente.

Tabla 31: Valores mínimos de eficacia luminosa para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos de espectro general y modificado.

Intervalo de flujo luminoso (lm)	Eficacia mínima (lm/W)
Mayor que 1.950	60.00
Mayor que 1.117 y menor o igual que 1.950	
Mayor que 787 y menor o igual que 1.117	
Mayor que 562 y menor o igual que 787	
Menor o igual que 562	

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

La Norma Oficial NOM-028-ENER-2017 fue publicada el 9 de marzo de 2018 y ya está en vigencia.

3.6 Brasil

Brasil desde el 2010 presenta requisitos para la venta de productos de iluminación basado en su eficacia energética, en particular para ampollas incandescentes y lámparas fluorescentes compactas. Con respecto a las lámparas LED, desde 2014 mantiene obligación de certificar requisitos mínimos de eficiencia energética y seguridad.

Otro aspecto importante dentro de las políticas de eficiencia energética en Brasil es el uso de etiqueta complementado por el Sello Procel, que premia los mejores productos dentro de cada categoría.

A continuación se entrega un resumen de las regulaciones

a) PORTARIA INTERMINISTERIAL No 1.007, 31 de diciembre de 2010⁸

Tabla 32: Estándares Mínimos de Eficiencia Energética para 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

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Tabla 33: Estándares Mínimos de Eficiencia Energética para 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

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

b) PORTARIA INTERMINISTERIAL No 1.008, 31 de Diciembre de 2010.

Tabla 34: Estándares Mínimos de Eficiencia Energética para lámparas LFC sin envoltura.

LFC sin envoltura	Eficiencia Mínima (lm/W)
Potencia <= a 6W	47

⁸ http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396/Portaria_interminestral+1007+de+31-12-2010+Publicado+no+DOU+de+06-01-2011/d94edaad-5e85-45de-b002-f3ebe91d51d1?version=1.1

6 W < Potencia <= 8W	49
8 W < Potencia <= 12W	54
12 W < Potencia <= 15W	56
15 W < Potencia <= 18W	58
18 W < Potencia <= 25W	59
25 W < Potencia	60

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Tabla 35: Estándares Mínimos de Eficiencia Energética para lámparas LFC con envoltura o corriente continua.

LFC com involucro ou corrente continua	Eficiencia Mínima (lm/W)
Potencia <= 15W	40
15 W < Potencia <= 25W	44
25 W < Potencia	45
LFC Reflectora	Eficiencia Mínima (lm/W)
Todas las potencias	31
Nota: Se define LFC com involucro cuando la lámpara tiene una envoltura adicional sobre el tubo de descarga, pudiendo esta envoltura ser transparente o translúcida	

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

En cuanto a las lámparas LED que son parte del programa PROCEL, en 2019 se encuentran 197 productos, la eficacia mínima para obtener este sello es de 80 lm/W.

3.7 Colombia

Por medio del Decreto N° 3450 del 12 de septiembre de 2008 del Ministerio de Minas y Energía se dictan medidas sobre uso racional y eficiente de energía eléctrica, y se establece la obligatoriedad de sustituir en todo el territorio colombiano, las fuentes de iluminación de baja eficacia, incluidas las lámparas fluorescentes, por las fuentes de iluminación de mayor eficacia lumínica. El decreto señala que a partir del 1 de enero del año 2011 no se permite en el territorio de la República de Colombia la importación, distribución, comercialización y utilización de fuentes de iluminación de baja eficacia lumínica.

La Resolución No. 180540 del 30 de marzo de 2010 modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)⁹

En su sección 310 establece los requerimientos técnicos mínimos y protocolos de ensayo:

- **las lámparas incandescentes solo fueron admitidas hasta el 31 de diciembre 2010.**
- las lámparas incandescentes halógenas por su baja eficiencia lumínica el uso no estará permitido para iluminación general, solo pueden ser usadas para aplicaciones de iluminación localizada donde se requiera una alta reproducción del color CRI, su vida promedio no debe ser menor de 2.000 horas y la eficacia lumínica no debe ser menor a 15 lm/W para lámparas doble contacto y no menor a 12 lm/W para tipo cápsula.

⁹ Actualizando la Resolución N° 181331 del 6 Agosto de 2009, del Ministerio de Minas y Energía de Colombia

- las lámparas tubos fluorescentes T8, T5, T10 y T12 requieren valores mínimos de eficacia lumínica según se resumen en la siguiente tabla. Adicionalmente, el índice de Reproducción Cromática de potencias mayores a 24 W no deberá ser menor del 69% y su vida útil no debe ser menor a 10.000 horas.

Tabla 36: Especificaciones técnicas tubos fluorescentes Colombia.

Tipo.	Potencia (W).	Eficacia luminosa (lm/W) (*).	Tipo.	Potencia (W).	Eficacia luminosa (lm/W) (*).
T8 (26 mm de diámetro).	14 a 25	68	T5 (16 mm de diámetro).	14 a 25	80
	26 a 30	72		26 a 30	83
	31 a 40	78		31 a 40	85
	41 a 50	79		41 a 50	87
	> de 50	85		> de 50	90

Tipo.	Potencia (W).	Eficacia luminosa
T 10 y T12	>14 ≤ 20	55
	>20 ≤ 40	70
	>40	75

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

- las lámparas fluorescentes compactas con balasto independiente requieren cumplir con eficacia lumínica indicada en la siguiente tabla. Su factor de potencia no podrá ser menor que 0.8, la distorsión armónica no podrá ser mayor a 120% y la vida promedio no podrá ser menor a 8000 horas.

Tabla 37: Especificaciones técnicas LFC Colombia.

Potencia en W	Eficacia mínima en lm/W
≤8	50
>8 y ≤15	57
>15 y ≤25	66
> 25 y ≤ 45	69
> 45	74

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

- Las lámparas fluorescentes compactas con balasto incorporado deben cumplir con especificaciones de materiales y sistema de protección térmica a temperatura máxima especificada. No se permite el uso de lámparas fluorescentes compactas con eficacia lumínica, factor de potencia y vida útil menor y distorsión armónica mayor a las contempladas en la siguiente tabla.

Tabla 38: Especificaciones técnicas tubos fluorescentes Colombia.

Potencia en W de la lámpara LFCL.	Eficacia media mínima [Lúmenes por W].		Mínimo Factor de potencia.	Máxima distorsión total de armónicos.	Mínima Vida útil en horas.
	Sin cubierta envolvente	Con cubierta envolvente. (*).			
≤8	43	40	0,5	150%	3.000
>8 y ≤15	50	40	0,5	150%	3.000
>15 y ≤25	55	44	0,5	150%	6.000
> 25 y ≤ 45	57	45	0,5	150%	6.000
> 45	65	55	0,8	120%	8.000

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

- Las lámparas de descarga de vapor de mercurio alta presión deben tener las eficacias lumínicas especificadas en la siguiente tabla, su vida promedio no debe ser inferior a 24.000 horas.

Tabla 39: Especificaciones lámparas descarga Colombia.

Potencia de la bombilla. W	Eficacia. lm/W
> 50	35
>50 ≤ 80	36
>80 ≤ 125	47
>125 ≤ 250	50
>250 ≤ 400	52
>400 ≤ 700	55
>700 ≤ 1000	57
>1000	57

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

- Las lámparas de halogenuros metálicos deben cumplir con una eficacia lumínica que no podrá ser menor a 72 lm/W y una vida útil promedio mayor a 12.000 horas. Con excepción de las lámparas tipo miniatura de potencia inferior a 35 W que se aceptan con vida promedio mayor a 6000 horas siempre y cuando su eficacia lumínica sea mayor a 85 Lm/W. Igualmente, excluye lámparas para aplicaciones deportivas de alta potencia y vidas útiles no menores a 2500 horas, siempre que tengan eficacias lumínicas mayores de 90 Lm/W.
- Las lámparas de sodio de alta presión deben cumplir con eficacias lumínicas según se especifica en la tabla y su vida promedio no podrá ser menor a 24.000 horas.

Tabla 40: Especificaciones lámparas descarga Colombia.

Potencia de la lámpara (W)	Eficacia inicial en lm/W	
	Tubular	Ovoide
50	88	70
70	91	80
100	98	90
150	100	100
250	120	114
400	125	135
600	150	135
1000	150	135

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Las lámparas de inducción o lámparas de descarga de gas de mercurio sin cátodos ni filamentos, operadas a altas frecuencias de una larga vida. En esta categoría se consideran: las con balasto incorporado cuya vida útil debe ser mayor a 50.000 horas y las de balasto independiente con vida útil mayor a 80.000 horas. En ambos casos, la eficacia de estas fuentes no deberá ser menor a 60 lm/W, conservar no menos del 70% del flujo luminoso nominal al final de la vida útil y operar a frecuencias acordes con normas internacionales.

Al momento de esta regulación no existía una normativa técnica internacional o de reconocimiento internacional, que permita a Colombia establecer requisitos específicos obligatorios para estas tecnologías.

En su sección 305.1 establece máximas cantidades permitidas de mercurio y plomo y obliga a los fabricantes e importadores a atender la reglamentación sobre disposición final, que para tal fin establezca la autoridad ambiental.

- a) A partir del 1º de enero de 2013 las lámparas fluorescentes compactas y fluorescentes tubulares no podrán tener contenidos de mercurio superiores a los contemplados en la siguiente tabla

Tabla 41: Especificaciones contenido mercurio

Tipo de Lámpara	Máximo contenido de mercurio [mg]
Fluorescente compacta	5
Fluorescente tubular con Halofosfato	10
Fluorescente tubular con Trifosfato para vida normal	5
Fluorescente tubular con Trifosfato para vida alargada	8

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

- b) A partir del 1º de enero de 2013 establece eliminar el plomo y mercurio en los demás tipos de lámparas, a excepción de:
- El plomo en el vidrio de los tubos fluorescentes.
 - El plomo en soldaduras de alta temperatura de fusión (es decir, las aleaciones de plomo que contengan en peso un 85 % de plomo o más).
 - El plomo en lámparas incandescentes tubulares con tubos recubiertos de silicato.
 - El plomo con PbBiSn-Hg y PbInSn-Hg en composiciones específicas como amalgama principal y con PbSn-Hg como amalgama auxiliar en lámparas de bajo consumo energético (ESL) muy compactas.

Indica así mismo que, los ensayos sobre contenidos deberán realizarse de acuerdo con protocolos internacionales o de reconocimiento internacional tales como la Directiva Europea 2002/747/CE, la norma técnica IEC 62321, complementariamente podrá utilizarse el Estándar de Fabricantes Japoneses JEL 303- 2004.

3.8 Argentina

La Ley 26.473 prohíbe 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.

Decreto 2060/2010 publicado el 28 de diciembre 2010, otorga excepción a la prohibición de importar y comercializar lámparas incandescentes dispuesta por la Ley Nº 26.473, para lámparas de incandescentes cuya potencia sea igual o menor a 25 W y a aquellas cuya tensión nominal sea igual o menor a 50 V.

Esta Ley se actualizó el 12 de diciembre de 2018, por medio de la Ley 27.492, de la siguiente manera:

Artículo 1º.- 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.

La prohibición de importación y comercialización se hará extensiva a las lámparas halógenas en todos sus tipos y modelos en todo el territorio nacional, a partir del 31 de diciembre de 2019.

3.9 Australia y Nueva Zelanda

Las regulaciones de eficiencia energética en Australia y Nueva Zelanda están en continua revisión, producto de ello, en abril de 2018 se publicó la nueva regulación para promover la iluminación eficiente.

Desde 2012, las ampollitas incandescentes y halógenas están sujetas a los Estándares de Emisiones y Mínimos Energéticos (Greenhouse and Energy Minimum Standards), bajo esta normativa se regula la eficiencia energética y estándares asociados a la calidad.

De acuerdo al Informe de Impacto Regulatorio de la actualización de los estándares de iluminación, si bien de manera individual las ampollitas no consumen una gran cantidad de energía, es el volumen total el que hace grandes diferencias. En Australia, las viviendas en promedio tienen 37 focos, mientras que en Nueva Zelanda serían en promedio 26 focos. De manera agregada, el consumo representaría el 10% del total de energía eléctrica del sector residencial.

Cerca de 80 millones de ampollitas se venden en Australia al año, con un stock instalado estimado en más de 400 millones de lámparas. A su vez, 20 millones de ampollitas son vendidas al año en Nueva Zelanda, y habría un stock de más de 90 millones.

La prohibición de venta a las ampollitas incandescentes que se anunció en 2007 y que permitió remover la tecnología más ineficiente del mercado, junto con la introducción de requisitos, para las lámparas fluorescentes compactas y halógenas, transformaron a estas últimas en las lámparas más compradas en Australia.

La regulación publicada en Australia y Nueva Zelanda deja fuera de mercado a las lámparas halógenas e introducen requisitos mínimos de funcionamiento a las lámparas LED.

La regulación entrará en vigencia en septiembre de 2020 en línea con la propuesta europea.

Se espera que esta decisión entregue alrededor de \$ 1,4 mil millones de dólares en beneficios de 2020 a 2030 para los hogares y las empresas, a través de ahorros en sus cuentas de electricidad y menores costos de reemplazo de ampollitas. Un hogar australiano promedio ahorrará cerca de US\$65 en 10 años al cambiar de lámparas halógenas ineficientes a lámparas LED.

3.10 República Dominicana

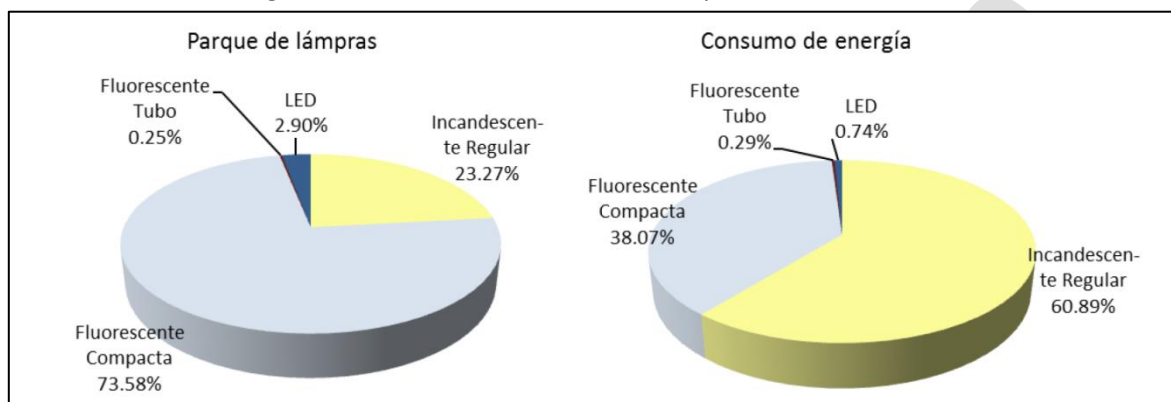
República Dominicana fue parte de la Iniciativa en.lighten en la que participaron de manera conjunta 8 países de la región Centro Americana¹⁰ entre 2012 y 2015.

¹⁰ Grupo países integrantes: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana.

De acuerdo al Estudio de Mercado de Iluminación en República Dominicana, año 2015, el consumo de electricidad en iluminación representa el 11,9% del consumo total de electricidad Residencial en ese país. A nivel de luminarias, el estudio arroja un promedio de 5,9 lámparas por hogar.

La principal tecnología presente en el sector residencial es la lámpara fluorescente compacta, con el 73,6% de participación, sin embargo, en términos de consumo, de energía su participación se reduce significativamente, es de 38,1%. Las incandescentes regulares son las principales responsables del consumo de energía en iluminación Residencial: representan el 60,9%.

Figura 9: Iluminación residencial en República Dominicana.



Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

República Dominicana no cuenta a la fecha con estándares mínimos de eficiencia energética, sin embargo, está trabajando en la definición de normas y reglamentos técnicos para avanzar en la introducción de tecnología eficiente.

El estudio realizado evalúa 3 escenarios, el primero en donde se mantiene las tendencias actuales, el segundo en donde se establecen estándares mínimos de eficiencia, sistemas de etiquetado, campañas de comunicación, sistema de control verificación y fiscalización y otras políticas de apoyo que permitan que toda la iluminación ineficiente transite al uso de lámparas fluorescentes compactas y otras fluorescentes y la tecnología LED. Finalmente, el tercer escenario es igual al Escenario II pero los estándares mínimos de eficiencia obligan a que la iluminación de todos los sectores consumidores transite al uso de tecnología LED.

Tabla 42: Especificaciones contenido mercurio

Escenario \ Consumo electricidad	2015 (GWh)	2025 (GWh)	Ahorro (GWh) en base a esc. tendencial
Tendencial	738,5	704,1	-
MEPS incandescente	738,5	329,6	374,5
LED 100%	738,5	212,1	492,0

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

3.11 Resumen

La brecha entre países que tienen estándares establecidos y los que no, se ha ido ampliando con el tiempo. En lo relacionado a iluminación, los países más avanzados están definiendo estándares

más exigentes pues han demostrado que este tipo de políticas tiene beneficios directos sobre la población.

Una característica que se debe destacar de los países más avanzados es la actualización constante de los estándares, lo que les permite progresar a medida que ingresa nueva tecnología a los mercados.

Con respecto a los requisitos de iluminación residencial, es destacable que una vez establecidos los requisitos mínimos a la venta de ampolletas incandescentes el paso siguiente es definir un estándar para las lámparas halógenas, tal como es el caso de Europa, Argentina, México y Australia.

Los estándares mínimos de eficiencia en los diferentes países analizados se establecen en base a un valor mínimo de la eficacia en lm/W:

- La UE establecería siete clases (A G), en que la clase A incluye eficacias mayores o iguales a 210 lm/W y G eficacias superiores a 85 lm/W, con diferentes factores de corrección.
- China establece tres clases (1 a 3), en que 1 incluye eficacias sobre 105 lm/W y los otros valores son función de la temperatura de color y la direccionalidad.
- EEUU en un sistema de establecimiento de metas tecnológicas y tiene un etiquetado sin categorías. Exige a las LEDs valores superiores a 65 lm/W función de las tecnologías y las potencias, reproducción de color mayores o igual a 80 y temperaturas de color definidas.
- Canadá establece eficacias con valores mínimos de 20 lm/W y especificaciones detalladas función de la tecnología, del flujo luminoso y las potencias con definiciones fijas de vida media y reproducción de color mayor o igual a 80.
- México parece tender a simplificar su sistema de regulación y definir un solo valor de 60 lm/W como eficacia mínima exigida.
- Brasil y Colombia establecen sus eficacias mínimas función de las tecnologías y las potencias de las lámparas con tablas detalladas.
- Colombia aparece regulando contenidos de mercurio y plomo tema que en otros países se estima no es necesario porque los productos que los contienen quedarán fuera por avance tecnológico de las LEDs y su eficacia.

4. Propuesta de estándar mínimo de eficiencia energética para lámparas de uso general, tubos fluorescentes.

4.1 Antecedentes

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

Tabla 43: Normativa nacional productos iluminación.

Producto	Protocolo y resolución	Normas de referencia	Alcance
Lámparas no direccionales establecidas mediante REX N° 60/2013	Resolución Exenta N° 6277, del 12 dic. 2014 SEC. Aplicación de los estándares mínimos de Eficiencia Energética.	IEC 60064/2005	Lámparas incandescentes de filamento de tungsteno para uso doméstico y alumbrado general
Lámparas direccionales	Resolución Exenta N° 60 del Ministerio de Energía, del 18.12.2013 que fija estándar mínimo de eficiencia energética.	IEC 60064/2005	Lámparas incandescentes de filamento de tungsteno para uso doméstico y alumbrado general, con potencia entre 25W y 200W.
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 Resolución Exenta N° 6277 de fecha 12.12.2014 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	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

	02.10.2006, modificada por Resolución Exenta N°0690, de fecha 24.05.2007 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles		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 Electricidad y Combustibles Resolución exenta N° 1046 de fecha 14.07.2008, modificada por Resolución Exenta N°1632, de fecha 30.06.2010, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	IEC 60081 (2002) NCh 3020 Of.2006 Ley N° 18.140	Lámparas fluorescentes de doble casquillo para 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 N° 5/02-02/2 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles Resolución exenta N° 1046 de fecha 14.07.2008, modificada por Resolución Exenta N°1632, de fecha 30.06.2010, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	IEC 60901 (2001) NCh 3020 Of.2006 Ley N° 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.
Lámparas halógenas de tungsteno para uso doméstico y propósitos similares de iluminación.	PE N° 5/15/2 2015 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Resolución Exenta N°9265 de 10.07.2015, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	IEC 60357	Lámparas halógenas de tungsteno con casquillo simple y doble casquillo, para uso doméstico y propósitos similares de iluminación general, con un voltaje nominal de hasta 250 volts, de acuerdo al alcance y campo de aplicación de la Norma IEC 60357:2002-11
Lámparas halógenas de tungsteno con reflector dicróico	PE N°5/15/2/1 de 29.11.2013 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles	IEC 60357:2002-11; IEC 60357 Amend. 1:2006 e IEC 60357 Amend. 2:2008-10	Lámparas incandescentes halógenas de tungsteno (no vehiculares) con las siguientes

	Resolución exenta Nº 2311 de fecha 17.12.2013, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.		características: -Que se alimentan con una tensión de hasta 250V. -Con reflector dicroico. -Con casquillos: GU10, GU5.3, GU4 y E27.
Lámparas Led con balasto incorporado para servicios de iluminación general	PE Nº5/17/2 de 22.10.2018 emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles Resolución exenta Nº 2311 de fecha 17.12.2013, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	IEC 62612:2018-08	Lámparas LED con balasto incorporado, con las siguientes características: -Para uso doméstico y propósitos similares de iluminación general. -Tensión nominal hasta 60 W. -Casquillos B15d, B22d, E11, E12, E14, E17, E26, E27, GU10, GZ10 y GX53. Se incluyen las lámparas LED con filamentos que emulan ampolletas incandescentes, sí como las que funcionan con dispositivos para variar su intensidad lumínica.

Fuente: elaboración propia

El sustento legal para la definición de los estándares mínimos de eficiencia energética se encuentra en la Ley Nº 20.402 promulgada el 25-11-2009 que crea el Ministerio de Energía, estableciendo modificaciones al DL Nº 2.224, de 1978 y a otros cuerpos legales.

El artículo 4º, letra h) señala como atribución del Ministerio de Energía: “Fijar, mediante resolución, los estándares mínimos de eficiencia energética que deberán cumplir los productos, máquinas, instrumentos, equipos, artefactos, aparatos y materiales que utilicen cualquier tipo de recurso energético, para su comercialización en el país.”

El reglamento que da operación a la Ley anteriormente citada, fue aprobado por medio del Decreto 97 que “Aprueba Reglamento que establece el procedimiento para la fijación de estándares mínimos de eficiencia energética y normas para su aplicación”, este reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el lunes 14 de Mayo de 2012.

4.2 Alcance

Este estándar mínimo de eficiencia energética cubrirá los siguientes productos utilizados para iluminación de uso doméstico o también definido como iluminación de uso general:

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

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)

Lámparas fluorescentes de doble casquillo para 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 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.

Lámparas halógenas de tungsteno con casquillo simple y doble casquillo, para uso doméstico y propósitos similares de iluminación general, con un voltaje nominal de hasta 250 volts, de acuerdo al alcance y campo de aplicación de la Norma IEC 60357:2002-11

Lámparas incandescentes halógenas de tungsteno (no vehiculares) con las siguientes características: Que se alimentan con una tensión de hasta 250V; Con reflector dicróico; Con casquillos: GU10, GU5.3, GU4 y E27.

Lámparas LED con balasto incorporado, con las siguientes características: -Para uso doméstico y propósitos similares de iluminación general; Tensión nominal hasta 60 W; Casquillos B15d, B22d, E11, E12, E14, E17, E26, E27, GU10, GZ10 y GX53. Se incluyen las lámparas LED con filamentos que emulan ampollitas incandescentes, sí como las que funcionan con dispositivos para variar su intensidad lumínica.

4.3 Estándar Mínimo de Eficiencia Energética

El estándar mínimo de eficiencia energética se establecerá de acuerdo a la métrica definida como lm/W (lúmenes / Watt) en dos etapas, para las ampollitas o lámparas, clasificadas de uso general, o para uso doméstico:

- Se fija la eficiencia mínima en 40 lm/W desde el 1 de enero de 2021.
- Se fija la eficiencia mínima en 85 lm/W desde el 1 de enero de 2024.

Esto equivale a señalar que

- A partir del 1 de enero de 2021 no se podrán comercializar aquellas lámparas que tengan un rendimiento menor a 40 lm/W;
- A partir del 1 de enero de 2024 no se podrán comercializar aquellas lámparas que tengan un rendimiento menor a 85 lm/W;

5. Evaluación de la propuesta

Para la evaluación se utilizó la metodología propuesta en el documento “Análisis de estándares Mínimos de Eficiencia Energética para Servicios Generales de iluminación¹¹”, elaborado por un equipo del Lawrence Berkeley National Laboratory¹² (LBNL) liderado por Virginie E. Letschert.

La metodología se basa en un análisis técnico-económico para evaluar los impactos de implementar los estándares en el país. Esta evaluación se realiza utilizando la herramienta llamada PAMS (Policy Analysis Modeling System) desarrollada por LBNL para el Programa Colaborativo para el Etiquetado y Estándares de Artefactos¹³ (CLASP).

El análisis técnico-económico utiliza los siguientes parámetros:

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

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

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

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

La evaluación fue realizada por consultores independientes contratados con recursos del Fondo del Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) bajo el proyecto “Delivering the Transition to Energy Efficient Lighting”, ejecutado por Fundación Chile siendo la Agencia Implementadora ONU Ambiente¹⁴, finalmente, el informe final fue revisado por Michael McNeil, investigador del Grupo Internacional de Estudios de Energía del LBNL.

¹¹ “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/>

¹² El Lawrence Berkeley Lab pertenece al Departamento de Energía de los Estados Unidos y es operado por la Universidad de California.

¹³ Collaborative Collaborative Labelling and Appliance Standards Program

¹⁴ <https://www.thegef.org/project/delivering-transition-energy-efficient-lighting>

5.1 Supuestos y consideraciones

Para la evaluación de la propuesta del estándar, se utilizaron las siguientes consideraciones para el modelo PAMS:

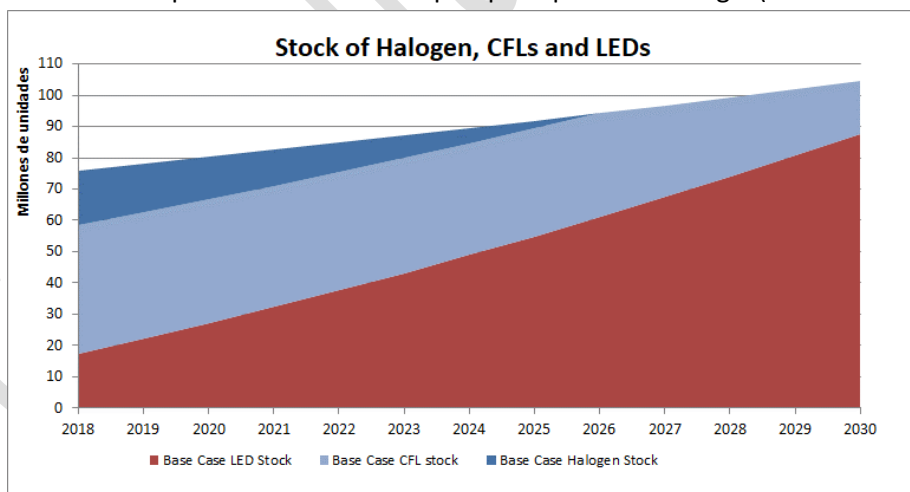
- El Modelo PAMS para evaluar la actualización del MEPS en Chile se realizará a partir del modelo PAMS construido para MEPS de incandescentes realizado el año 2010.
- Evaluar considerando 3 tipos de tecnologías: Lámparas LED con balasto incorporado (o simplemente LED), lámparas fluorescentes compactas (LFC) y lámparas halógenas considerando solo una categoría por tecnología, es decir:
 - Halógena 70W – promedio eficiencia de 14 lm/W
 - LFC 20W – promedio eficiencia de 60 lm/W
 - LED 10W – promedio eficiencia de 86 lm/W
- Estimar distribución por tipo de tecnología a partir de estudio CDT 2010 “conservación de la energía a nivel residencial” y estimaciones a partir de las ventas por tipo de tecnología.

5.2 Principales resultados y hallazgos de la modelación

Stock de lámparas instaladas a nivel país

Sin la existencia de una actualización de estándares mínimos para iluminación general, el caso base del stock o cantidad de lámparas instaladas en hogares del país se modela utilizando las tasas de reemplazo histórico con datos del año 2010 y proyecciones en base a venta de lámparas en el país. La siguiente figura presenta el caso del escenario base que en el modelo PAMS corresponde a un escenario intermedio.

Figura 10: Stock de lámparas instaladas en el país por tipo de tecnología (escenario intermedio).

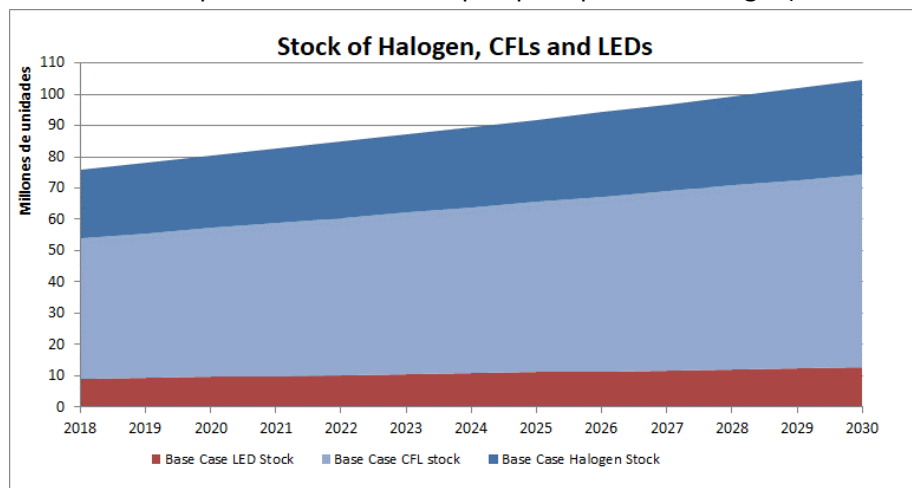


Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Se puede ver que en el caso base, sin actualización MEPS, las LEDs y LFCs dejarán fuera a las Halógenas el año 2026, y posteriormente las LEDs van reemplazando el stock de LFC. Esto significa que se pueden obtener ahorros acelerando la fase en curso de eliminación de las lámparas halógenas y LFCs.

Cabe mencionar que en un escenario base más pesimista en donde los puntos de luz por vivienda aumentan (debido a la tasa de superficie promedio construida en m²/vivienda), las halógenas y LFC continúan creciendo en forma constante.

Figura 11: Stock de lámparas instaladas en el país por tipo de tecnología (escenario Frozen).



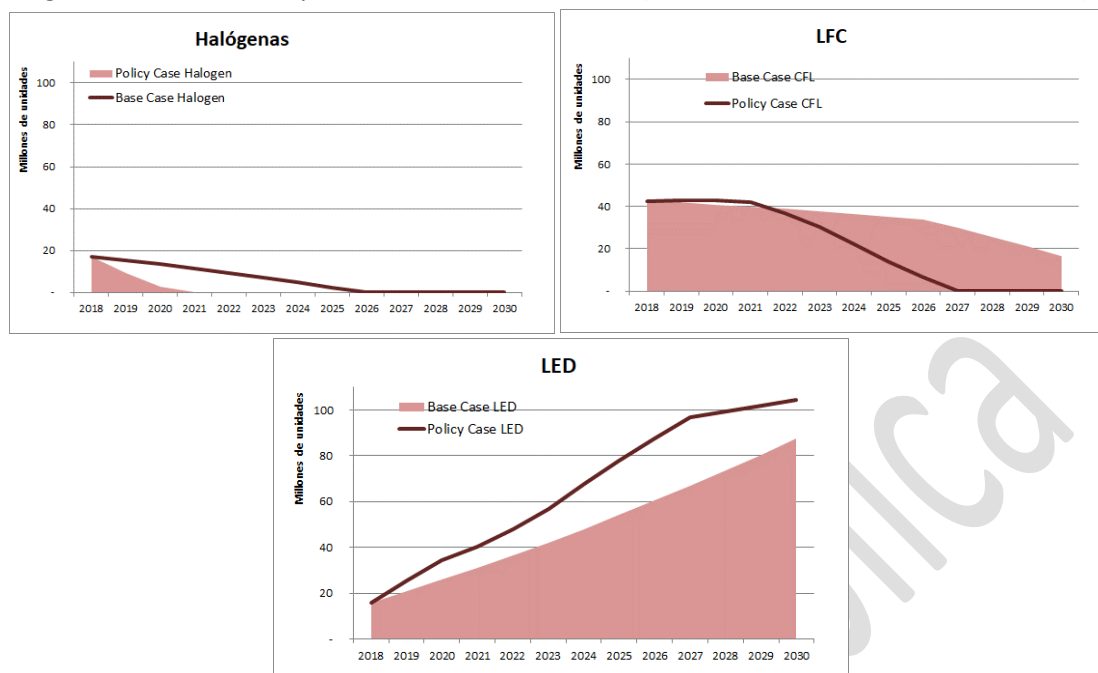
Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

En ambos escenarios, el stock de lámparas instaladas total para estas 3 tecnologías al año 2030 corresponde a más de 104 millones de lámparas, en 7,9 millones de viviendas y en donde las 3 tecnologías (halógenas, LFC y LED) equivalen a 13,2 puntos de luz por vivienda de un total de 14,8 (que incluye el resto de las tecnologías como tubos fluorescentes y otro tipo de tecnologías).

Stock de lámparas en escenario eficiente

A partir de la propuesta de actualización de MEPS y considerando el escenario intermedio se obtienen los siguientes stocks de lámparas por tipo de tecnología.

Figura 12: Stock de lámparas en escenario eficiente (escenario de aceleración intermedia).



Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Se puede apreciar que en el escenario intermedio, las ampollitas halógenas son completamente reemplazadas el año 2021 por las lámparas LED y LFC en comparación al caso base, en el cual desaparecen del mercado el año 2026, por lo que el MEPS implica una aceleración de 5 años con los respectivos beneficios a nivel residencial y país.

Además, se puede observar que las LFC tienen un pequeño aumento desde el año 2019 al 2021, debido al reemplazo de halógenas por estas tecnologías, pero luego del año 2022 disminuyen debido a que las LED reemplazan las LFC desde ese año en adelante. Esto se debe a que al promulgar el MEPS de 40 lm/W el 2020 con el anuncio de una nueva actualización al 2023, el mercado comienza un proceso de adopción de LED más rápida reemplazando las LFC del stock de lámparas instaladas en las viviendas.

Beneficios a nivel residencial

El Costo el Ciclo de Vida (CCV) considera en su análisis el incremento de los costos entre usar la distintas tecnologías y los ahorros de energía que se producen al utilizar más eficientes. En esta evaluación se pondera el precio de venta de todos los productos y el número de años de operación. Debido al corto ciclo de vida de las lámparas halógenas y las LFC, la base de cálculo es el ciclo de vida de las lámparas LED cuya vida útil promedio es de 10 años.

Se asume que las lámparas halógenas de 70W promedio serán reemplazadas por LFC de 20W, y estas a su vez por lámparas LED de 10W en base a los lúmenes de cada producto.

En base a estos reemplazos se obtienen los siguientes escenarios.

Tabla 44: Escenarios de comparación CCV de lámparas Halógenas, LFC y LED.

Categoría lámpara ineficiente	Costo en el ciclo de vida (caso base)	Categoría lámpara eficiente	Costo en el ciclo de vida lámpara eficiente	Periodo de retorno de inversión (años)
70 W (halógena)	\$73.607	15W (promedio entre LFC y LED)	\$17.565	0,27
70 W (halógena)	\$73.607	10W (LED)	\$13.762	0,32
20 W (LFC)	\$30.664	10W (LED)	\$13.762	0,46

Fuente: elaboración propia a partir de modelo PAMS

En cada escenario, el CCV de una halógena es mucho más alto que el CCV de una lámpara más eficiente (LFC o LED) y la lámpara LED es la que posee más bajo CCV para el horizonte de 10 años considerado en esta evaluación.

El consumidor experimenta un beneficio financiero neto al comprar una LFC o LED en vez de una lámpara Halógena y también un beneficio al preferir una LED sobre una LFC. El periodo de retorno de la inversión es también muy bajo, menos de un año en la mayoría de los casos, lo que significa que incluso si la LFC o LED tiene una vida menor a un año seguiría siendo rentable.

Beneficio a nivel nacional

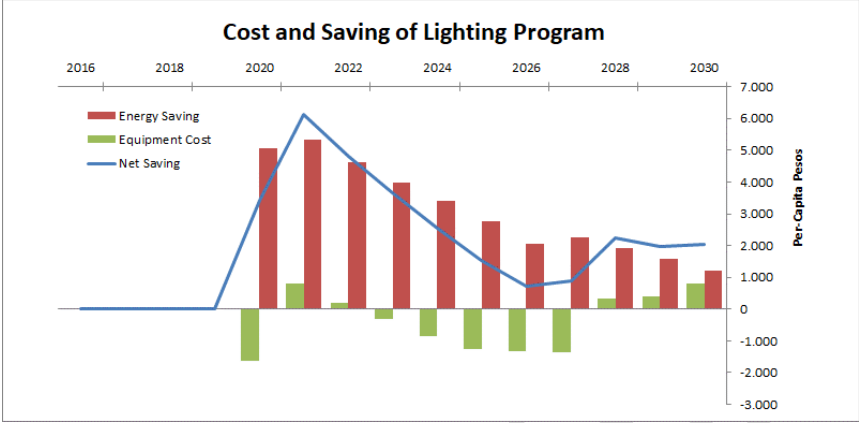
Los principales beneficios y/o impactos a nivel nacional son: Ahorro en la generación de energía, ahorros de energía primaria, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, beneficios nacionales del consumidor y la capacidad de generación evitada. A continuación, se describe cada uno de los beneficios.

- **Ahorros en la generación de energía (NES):** estimación de los resultados de los ahorros en términos energéticos a nivel nacional en el lugar en que se genera la energía, es decir, se incluye el ahorro en pérdidas en la transmisión y distribución de electricidad.
- **Ahorros de Energía Primaria (PES):** se calculan de a partir de los ahorros en la generación de energía (NES), teniendo en cuenta la mezcla de combustible en la generación de electricidad y las pérdidas por transmisión y distribución (T&D).
- **Reducción de emisiones:** total de reducciones de CO₂ en millones de toneladas (Mt) se calcula de acuerdo con el mix de generación de electricidad referido por el Lawrence Berkeley Lab.
- **Beneficios Nacionales del Consumidor:** el Valor Presente Neto (NPV) de la política es calculado de acuerdo al costo total adicional pagado por las LFCs, los ahorros de electricidad en las cuentas, y la tasa de descuento nacional aplicada a la evaluación del programa.
- **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. Se debe incluir la energía que se pierde en transmisión y distribución.

Como se muestra en el siguiente gráfico, el modelo calcula para cada año el costo incremental de las ampollitas eficiente y los ahorros de energía del impacto del MEPS. Se ve que el consumidor experimenta ahorros netos (net saving) tempranamente al primer año de programa. Esto se debe al bajo periodo de retorno que es menor a un año (payback simple de 0,32 años o 4 meses

aproximadamente). Se puede observar que el mayor beneficio del programa ocurre en 2021. El programa de actualización de los MEPS sigue teniendo impactos después del 2030 debido a que las LFC, en el caso base, tenían un stock instalado de 16 millones de unidades.

Figura 13: Costos y ahorro anual netos debido al programa de actualización MEPS el año 2023.



Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Respecto al costo unitario o per cápita (equipment cost) de las lámparas eficientes (principalmente LED), se puede observar que es mayor o más negativo entre los años 2022 y 2027 que es donde coincide una baja del ahorro neto (net saving), pero luego desde el año 2028, este costo es menor e incluso genera ahorros respecto al caso base, debido a que el ingreso de lámparas LED al stock de las viviendas (o simplemente ventas anuales) disminuyen respecto al caso base, gracias a la mayor vida útil de la tecnología LED.

La siguiente tabla presenta los ahorros de energía acumulados, las emisiones de CO2 evitadas y la capacidad de plantas de generación de electricidad evitadas por la implementación del MEPS.

Tabla 45: Ahorros de energía, reducción de emisiones de GEI y reducción de planta generación evitada.

National Level Results			
Discounted at 6% to year 2018			
		million Chilean\$	million USD
Total Electricity Cost Savings through 2030		466.871,75	933,74
Total Incremental Equipment Cost through 2030		58.261,19	116,52
Net Present Benefit		408.610,57	817,22
Benefit/Cost Ratio		8,01	8,01
Site Energy Savings through	2023 (GWh)	3.483	
	2026 (GWh)	5.052	
	2030 (GWh)	6.419	
Source Energy Savings through	2023 (Mtoe)	0,67	
	2026 (Mtoe)	0,98	
	2030 (Mtoe)	1,24	
CO2 Emissions Mitigation through	2023 (Mt)	1,82	
	2026 (Mt)	2,64	
	2030 (Mt)	3,35	
Avoided Generation (MW)	peak savings in year 202	604,43	

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Análisis de sensibilidad

Se realiza un análisis de sensibilidad sobre la propuesta de MEPS que involucra 2 casos de análisis y 3 escenarios de velocidad de adopción de tecnologías eficientes en la implementación del MEPS.

La descripción de los escenarios se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 46: Casos de análisis que describen la línea base de consumo de energía.

Casos de análisis	Descripción
Phase out 2024	- Asume que halógenas dejan de estar en el stock al año 2024 - Las LFC desaparecen del stock al año 2029 - Las LED llegan a un % de penetración de 13,2 puntos de luz por vivienda de un total de 14,8 (siguen existiendo otras tecnologías como tubos fluorescentes)
Intermedio	- Asume que halógenas dejan de estar en el stock al año 2026 - Las LFC llegan a un % de penetración de 2,1 puntos de luz por vivienda. - Las LED llegan a un % de penetración de 11,1 puntos de luz por vivienda, alcanzando un 84%¹⁵ de penetración.

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

¹⁵ <https://smart-lighting.es/doe-preve-penetracion-de-fuentes-de-luz-led-del-84-entre-2010-y-2030-parte-33/>

Tabla 47: Escenarios de velocidad de adopción de tecnologías eficientes con implementación de programa de actualización MEPS a través de los años.

Descripción	Escenario lento	Escenario intermedio	Escenario rápido
Promulgación de MEPS de 40 lm/W	2021	2020	2019
Lámparas halógenas desaparecen del Stock instalado en viviendas y son reemplazadas parcialmente por LFC y LED	2022	2021	2020
Promulgación de MEPS de 85 lm/W	2024	2023	2022
las LFC desaparecen del stock instalado en viviendas y son reemplazadas completamente por LED	2028	2027	2026

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Respecto a lo anterior, se realizaron 3 análisis que se muestra a continuación.

Tabla 48: Análisis de sensibilidad para un escenario BAU intermedio y distintos escenarios de velocidad de adopción de tecnologías eficientes.

National Level Results		Slow scenario / Base case: Phase out 2024	Intermediate scenario / Base case: Intermediate	Rapid scenario / Base case: intermediate
Discounted at 6% to year 2018				
		million Chilean\$	million Chilean\$	million Chilean\$
Total Electricity Cost Savings through 2030		148.289,28	466.871,75	626.527,48
Total Incremental Equipment Cost through 2030		(1.669,97)	58.261,19	59.823,16
Net Present Benefit		149.959,25	408.610,57	566.704,31
Benefit/Cost Ratio		(88,80)	8,01	10,47
Site Energy Savings through	2023 (GWh)	1.368,52	3.483,17	3.970,11
	2026 (GWh)	1.751,63	5.051,95	5.847,92
	2030 (GWh)	1.979,01	6.418,75	8.258,16
Source Energy Savings through	2023 (Mtoe)	0,26	0,67	0,77
	2026 (Mtoe)	0,34	0,98	1,13
	2030 (Mtoe)	0,38	1,24	1,60
CO2 Emissions Mitigation through	2023 (Mt)	0,71	1,82	2,07
	2026 (Mt)	0,91	2,64	3,05
	2030 (Mt)	1,03	3,35	4,31
Avoided Generation (MW)		362,66	604,43	709,42

Fuente: Informe de actualización MEPS. GEF

Este análisis de sensibilidad entrega una idea del margen de incertidumbre que rodea a los números presentados en el escenario de referencia. Se puede ver que los resultados del valor presente son sensibles a la variación de la penetración de tecnología LED al stock de lámparas instaladas en Chile.

Cabe mencionar que el precio de electricidad no tiene un mayor impacto en los beneficios económicos del programa, sino más bien la penetración de tecnología eficiente.

El análisis de costo beneficios de esta propuesta de estándares mínimos de eficiencia energética para la iluminación residencial muestra grandes beneficios en comparación a los costos incrementales en que se incurre, tanto a nivel del consumidor como a nivel país. Si se implementa el programa de actualización de MEPS puede ahorrar mínimo sobre los 148 mil millones de pesos (CLP) en 12 años, evitando más de 1,9 TWh de electricidad y 1,03 Mt de emisiones de CO₂. La metodología utilizada muestra que la mayor parte de los ahorros ocurren en los años más cercanos a la puesta en marcha de la política, en donde la penetración de los LED aun es baja. Cabe mencionar que el peor escenario es donde el caso base es “Phase out 2024” y velocidad lenta de adopción.

Por lo tanto, la implementación del Programa de actualización de MEPS para iluminación general presenta beneficios importantes y costo efectivos, a nivel de cada hogar y 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	Si

atenuación (atenuable)	
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 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.
Temperatura de operación (superficie de la lámpara)	Muy baja. El disipador de calor de algunas lámparas LED puede estar templado a caliente.
Gestión ambiental sostenible	Pueden contener plomo en las soldaduras. Riesgo de rotura de vidrio.

Anexo 2 - Supuestos y fórmulas utilizadas para el cálculo de los resultados en modelo PAMS

Se utilizó las siguientes consideraciones para el modelo PAMS:

- El Modelo PAMS para evaluar la actualización del MEPS en Chile se realizará a partir del modelo PAMS construido para MEPS de incandescentes realizado el año 2010.
- Evaluar considerando 3 tipos de tecnologías: Lámparas LED con balasto incorporado (o simplemente LED), lámparas fluorescentes compactas (LFC) y lámparas halógenas considerando solo una categoría por tecnología, es decir:
 - Halógena 70W – promedio eficiencia de 14lm/W
 - LFC 20W – promedio eficiencia de 60lm/W
 - LED 10W – promedio eficiencia de 86lm/W
- Estimar distribución por tipo de tecnología a partir de estudio CDT 2010 “conservación de la energía a nivel residencial” y estimaciones a partir de las ventas por tipo de tecnología.
- Comentarios generales
 - No considerar precio LED sobre 10 mil pesos.
 - Sacar las tecnologías más caras de las LFC.
 - No considerar los modelos de solar-led y en los análisis.

A continuación, se detallan los **supuestos y ajustes realizados al modelo PAMS**.

- *Población*
 - Se utiliza población en base a censo 2017 <http://www.censo2017.cl/>.
 - Se utiliza el número de viviendas construidas a partir de datos de superficies y viviendas autorizadas publicadas por el INE¹⁶.
 - Se utiliza cantidad de viviendas en base a censo 2017.
 - Supuestos:
 - Se utilizó la cantidad de viviendas del censo 2002, sobre la cual se incorporó año a año las viviendas nuevas autorizadas de datos provenientes del INE. En este caso se asume que autorizadas fueron efectivamente construidas con el fin de poder relacionar número de viviendas nuevas con la superficie construida y de esta forma considerar una proyección en el número de puntos de luz por vivienda a partir de la superficie construida. Cabe mencionar que, a partir de esta proyección, la cantidad de viviendas autorizadas no corresponde con las viviendas construidas levantadas por censo 2017 con una diferencia de 500 mil viviendas, es decir, un 7% de diferencia respecto al censo 2017, lo que se considera marginal para nuestra aproximación.
 - Para proyectar la población desde el 2017 en adelante se utilizó la tasa de crecimiento del 1% obtenida de datos del censo entre año 2002 y 2017.
 - Para estimar la cantidad total de superficie construida al año 2002, se utilizó la tasa de superficie y viviendas nuevas del año 2002.
 - El porcentaje de crecimiento anual del indicador de m²/vivienda es la que se utilizó para proyectar los puntos de luz por vivienda.

¹⁶ <https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/construccion/edificaci%C3%B3n-superficie-autorizada>

- *Tiempo de vida útil*
 - Modelo de vida útil de LED considerando distribución normal a 10 años promedio vida útil.
 - Se considera misma curva para LFC.
 - Supuesto: Se considera una vida útil de 10 años para LED, 5 años para LFC y 1 año para lámparas halógenas.
- *Precios de electricidad*
 - Supuesto: se considera un precio constante de 100 \$/kWh de energía eléctrica para toda la evaluación.
- *Uso de Energía*
 - Se modela solo un solo tipo por lámpara y potencia promedio de mercado en base a los siguientes parámetros:
 - Las horas de uso promedio al día son 4 hrs y es fija todo el año.
 - Las potencias de los tipos de tecnología son las siguientes.
 - Halógena 70W
 - LFC 20W
 - LED 10W
- *Escenarios*
 - Se definen 3 escenarios bases originales (*Frozen, Phase out 2024 y Intermediate*). La diferencia es que todos cambian a partir del año 2016, *Phase out al 2024 e intermediate* al 2026.
 - Se considera que los puntos de luz por vivienda cambian a través de los años y las tecnologías más masivas son las evaluadas en este estudio.
 - Supuestos:
 - Se utilizó la información de la Encuesta Residencial de Usos Finales de la Energía desarrollado por CDT el año 2010 para estimar a partir de puntos de luz por vivienda desde el 2010 hacia adelante.
 - Se asume que el año 2016 la cantidad de lámparas halógenas por vivienda aumenta de 0,4 a 3,5 lámparas por vivienda debido al MEPS sobre incandescentes del año 2015.
 - Para el caso de las LED se asume que aumentaron a 1,5 lámparas por vivienda considerando las ventas del año 2015 y 2016 (8,4 Millones de unidades) y la cantidad de viviendas al año 2016.
 - Se asume que, en 2030, las LED alcanzan un 84% de penetración en cualquier escenario, en base a estudio DOE <https://smart-lighting.es/doe-preve-penetracion-de-fuentes-de-luz-led-del-84-entre-2010-y-2030-parte-33/>
 - La cantidad de puntos de luz por vivienda se ajustó a través de los años considerando el crecimiento de la superficie por vivienda.