SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Análisis de la evolución de los indicadores de eficiencia energética en México por sector, 1995-2015

Cuadernos de la Conuee
Número 8

Análisis de la evolución de los indicadores de eficiencia energética en México por sector, 1995-2015

Juan Ignacio Navarrete Barbosa[1]
Odón de Buen Rodríguez[2]

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Noviembre 2017

[1]Director General Adjunto de Políticas y Programas
[2]Director General

Resumen

El propósito de este análisis es resaltar los conceptos más importantes de la teoría de formulación e interpretación de indicadores de eficiencia energética, que han sido utilizados por organismos internacionales como el Consejo Mundial de Energía (WEC), la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), el Centro de Investigación de Energía de Asia Pacífico (APERC), Eurostat, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de la Naciones Unidas, entre otros, a fin de explicar el progreso y monitoreo de las políticas públicas de eficiencia energética en distintos contextos geográficos.

Posteriormente, los autores integran y analizan un conjunto de indicadores de eficiencia energética a nivel nacional y sectorial, explicando las causas que dieron origen a las tendencias en los últimos 20 años de los índices presentados, a partir de la evidencia estadística del sector energía proveniente de fuentes oficiales, y cuyos indicadores están disponibles para el público en general en la Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) desde septiembre de 2017. [3]

El análisis presenta dos grandes conclusiones a partir del análisis estadístico y de los indicadores de eficiencia energética: La primera es que la tendencia irregular de la intensidad energética de México en los últimos 15 años ha sido influenciada, principalmente, por el comportamiento del consumo del sector energía, específicamente por la generación de energía eléctrica y, posteriormente, por la baja productividad de las refinerías y centros procesadores de gas que ha sido cubierta con energéticos importados que no se producen en México, y cuyas ineficiencias no se transfieren al consumo nacional de energía.

La segunda conclusión significativa es que los sectores de consumo final que presentan la reducción de su intensidad energética son aquellos donde las políticas públicas de eficiencia energética se han concentrado, tales como el sector residencial y comercial-servicios a través de normas de eficiencia energética en los principales equipos y sistemas consumidores de energía, y donde la industria mexicana ha promovido cambios estructurales en sus procesos productivos para mantener su competitividad en los mercados internacionales.

[3] Esta colección de datos fue desarrollada por la Conuee a partir de un proyecto de cooperación internacional para integrar indicadores de eficiencia energética y ha sido trabajada desde 2013 con instituciones como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Agencia Francesa para Gestión de la Energía y el Medio Ambiente (ADEME, por sus siglas en francés), la consultora internacional Enerdata y la Agencia Francesa para el Desarrollo (AFD). Actualmente y desde septiembre de 2017, está disponible en la sección “sitios de interés” de https://www.gob.mx/conuee.

1. Indicadores de eficiencia energética

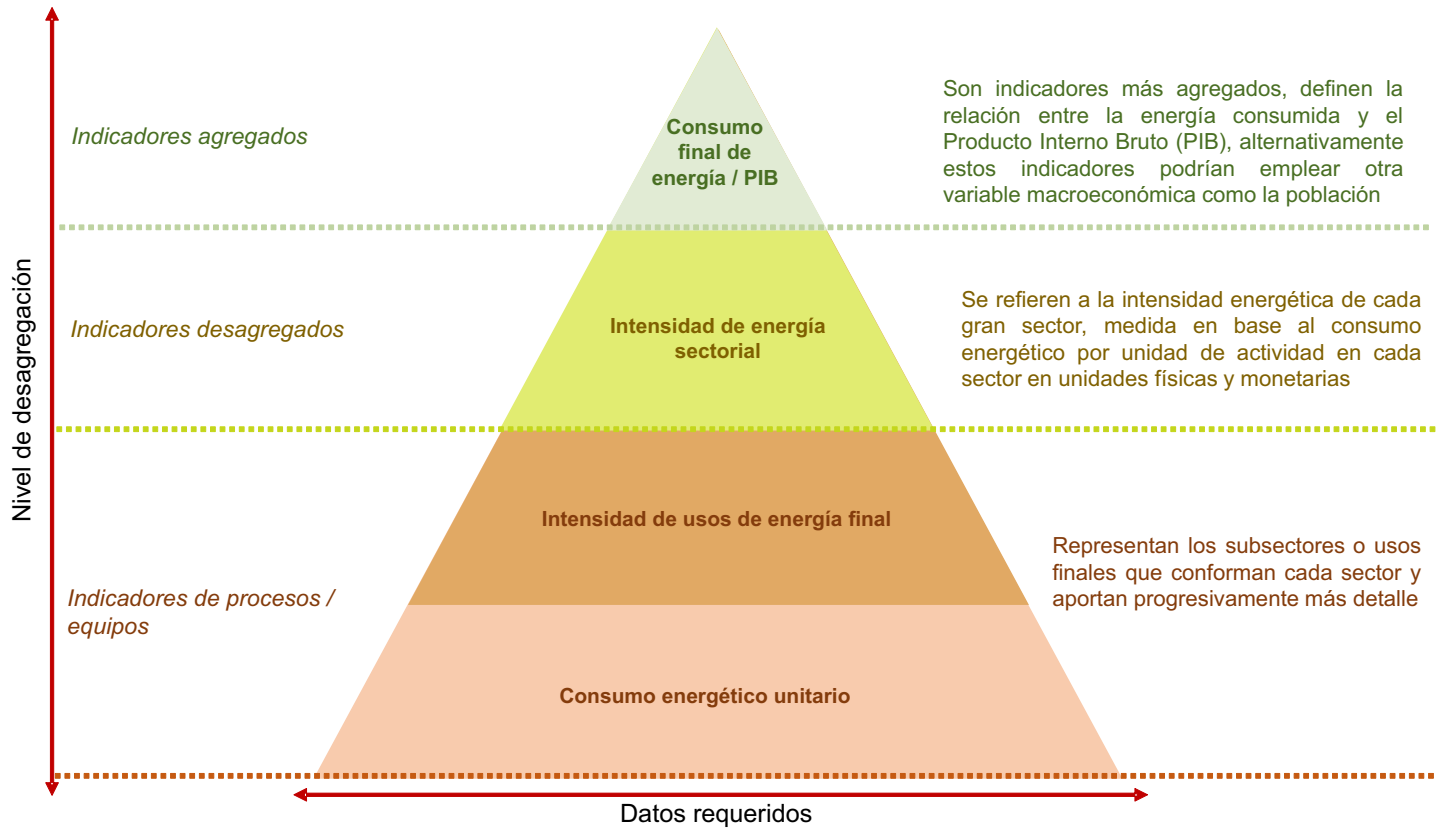
Los indicadores de eficiencia energética miden la cantidad de energía necesaria para realizar una actividad, o bien para obtener un nivel de servicio requerido; el nivel de actividad realizada o servicio obtenido suelen expresarse en unidades físicas o monetarias, según la naturaleza del análisis de que se trate. Usualmente, los indicadores medidos en unidades monetarias se aplican al análisis de la eficiencia energética a nivel macroeconómico o sectorial, mientras que las unidades físicas se emplean en análisis a nivel subsectorial, plantas individuales, procesos productivos, equipos o tecnologías consumidoras de energía.

Los indicadores de eficiencia energética pueden elaborarse con formulaciones variadas y cada una de ellas utilizarse para responder a preguntas específicas o generales relacionadas con este tema. De esta manera, los indicadores formulados pueden tener distintos objetivos, tales como dar seguimiento al progreso de la eficiencia energética en un país, evaluar políticas específicas dirigidas a sectores determinados, medir la penetración de nuevas tecnologías con los mejores rendimientos energéticos, entre otros.

La utilidad y eficacia con que se usan los indicadores formulados están condicionadas a la disponibilidad y calidad de los datos. Por un lado, estas limitan la variedad de indicadores de eficiencia energética que pueden construirse, y con ello se determina el nivel máximo de desagregación posible, en tanto que la calidad de los datos permite elaborar indicadores que demuestren si una actividad realizada es energéticamente más eficiente respecto a otra o respecto a sí misma en el tiempo.

El nivel de desagregación de los indicadores de eficiencia energética puede representarse mediante una estructura piramidal, como se muestra en la Figura 1. Aquellos indicadores que mejor reflejen los usos finales de la energía permitirán una mejor evaluación y monitoreo de las medidas de eficiencia energética, pero requieren una mayor cantidad de datos.

Figura 1. Esquema de representación de los niveles de indicadores de eficiencia energética



Fuente: Energy efficiency indicators: fundamentals on statistics, International Energy Agency.

El nivel macroeconómico representa el más alto de la agregación, y existen pocos indicadores de eficiencia energética que se pueden construir. Estos tienen la ventaja de formularse fácilmente, ya que los datos requeridos se encuentran ampliamente disponibles en las estadísticas nacionales, a menudo son aceptados internacionalmente y se consideran suficientes para evaluar los resultados de las políticas públicas y acciones implementadas en materia de eficiencia energética en el tiempo, ya que describen, en términos generales, cómo se está empleando la energía en una economía dentro de los distintos sectores productivos y sociales que la componen.

Debido a que estos indicadores permiten mostrar la evolución del consumo energético a nivel macroeconómico en términos sencillos, a menudo se utilizan para realizar comparaciones internacionales entre países, bloques regionales o económicos, siempre que se homogenice a una moneda constante de referencia (por ejemplo, dólar o euro) y se considere la paridad del poder adquisitivo de las economías.

Dado el gran nivel de agregación, estos indicadores generales a menudo incluyen muchos efectos separados que pueden potencialmente sesgar los resultados o su interpretación. Por ejemplo, una intensidad energética nacional puede disminuir por mejoras en la eficiencia energética de los sectores de consumo, pero también por un cambio estructural en la economía del país; tal es el caso de una mayor tercerización de la economía que implicaría una menor cantidad de energía para producir una unidad del Producto Interno Bruto (PIB). En este sentido, se debe tener cuidado con el uso de este tipo de indicadores conociendo sus ventajas y limitaciones.

A medida que el nivel de agregación disminuye (bajando la pirámide en la Figura 1), la influencia de los efectos estructurales y otros factores también se reduce. Lo anterior significa que cada descenso permite una mejor medida de los impactos de la eficiencia energética, ya sea para un determinado sector en particular, un uso final, un proceso y/o tecnología.

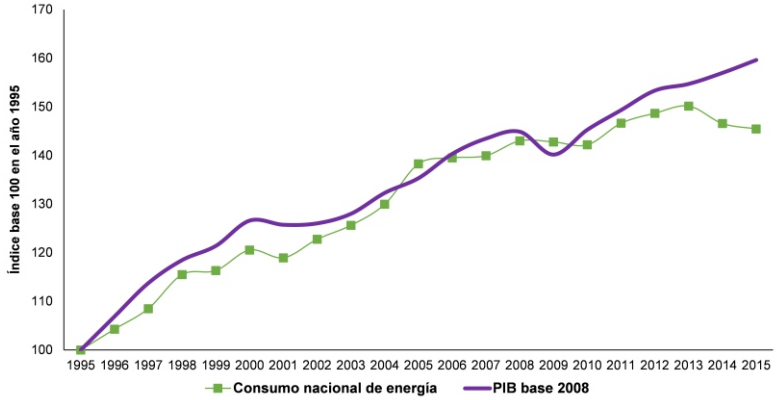
1. Indicadores de intensidad energética de México

a. Intensidad energética primaria

La intensidad energética primaria (o intensidad energética total) provee un panorama general del desempeño de la eficiencia energética al relacionar el consumo energético total de la región o país con su Producto Interno Bruto (PIB). La intensidad energética primaria mide cuánta energía requiere cada país o región para generar una unidad del PIB, es decir, este indicador expresa la relación general entre la utilización de la energía y el desarrollo económico. Por lo tanto, es más un indicador de "productividad energética" que un verdadero indicador de eficiencia desde un punto de vista técnico.

Entre 1995 y 2015, la economía creció 2.9% en promedio por año, en tanto que el consumo de energía promedia una tasa de crecimiento de 2.2% en el mismo periodo. En este sentido, la Gráfica 1 muestra el crecimiento acumulado de las principales variables que componen la intensidad energética en México.

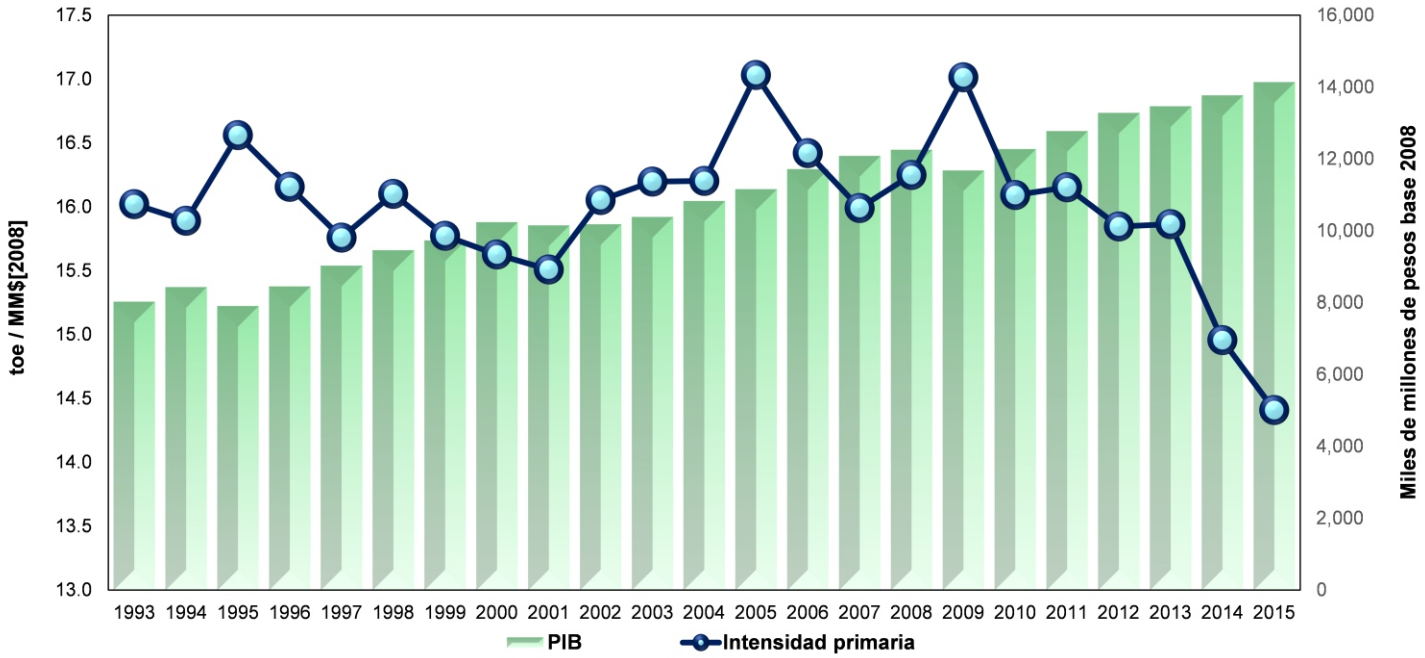
Gráfica 1. Tendencia del crecimiento acumulado del consumo nacional de energía y Producto Interno Bruto



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI y SIE de la Sener.

Al respecto, la intensidad energética primaria de México ha disminuido a una tasa anual de 0.7% en los últimos 20 años. Pese a la irregularidad en su progreso en varios periodos, es notorio que entre 2012 y 2015 se ha comenzado un proceso de desacoplamiento del crecimiento económico respecto al consumo nacional de energía (Gráfica 1).

Gráfica 2. . Intensidad energética primaria y Producto Interno Bruto, 1993-2015



Fuente: INEGI y BIEE de la Conuee.

La evolución del indicador de intensidad energética primaria en México muestra un perfil irregular entre 1993 y 2011, como resultado principalmente de desequilibrios que afectaron la economía nacional. Posteriormente, el indicador mostró una evolución favorable, e incluso mejoró la tendencia a la baja entre 2013 y 2015, reduciendo en 10.1% la intensidad energética primaria a un crecimiento constante de la economía nacional, y registrando un valor de 14.4 toneladas de petróleo crudo equivalente consumidas para obtener cada millón de pesos a precios de 2008 (toe/MM$[2008]) producidos en el PIB del último año.

Si bien la intensidad energética de México se vio afectada por las crisis económicas de 1995 y 2009, el máximo en las últimas tres décadas se presentó en 2005, derivado de un incremento significativo del consumo del sector energético, principalmente en la generación de electricidad del servicio público, ya que se incrementó considerablemente la demanda de carbón y se mantuvo un consumo similar de combustóleo en centrales de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) respecto al año anterior, aunado a la baja del consumo de gas natural en ciclos combinados de CFE. Aunque la generación eléctrica a base de ciclos combinados en CFE se había presentado como una opción atractiva y eficiente en los últimos años, los incrementos en los precios de gas natural durante 2005 llevaron a la empresa a diversificar la generación aprovechando el nivel favorable de las presas de las hidroeléctricas y los precios bajos del carbón y el combustóleo. Sin embargo, las tecnologías de generación eléctrica a base de carbón y combustóleo poseen eficiencias térmicas de transformación bajas, que afectaron el progreso de la intensidad energética.

Por otro lado, una parte de la tendencia de reducción de la intensidad energética de México ha estado influenciada por una tercerización cada vez mayor de la economía, así como por el crecimiento más dinámico de actividades económicas del sector industrial, que son menos intensivas en consumo energético respecto a las que predominaban en la década de los noventas.

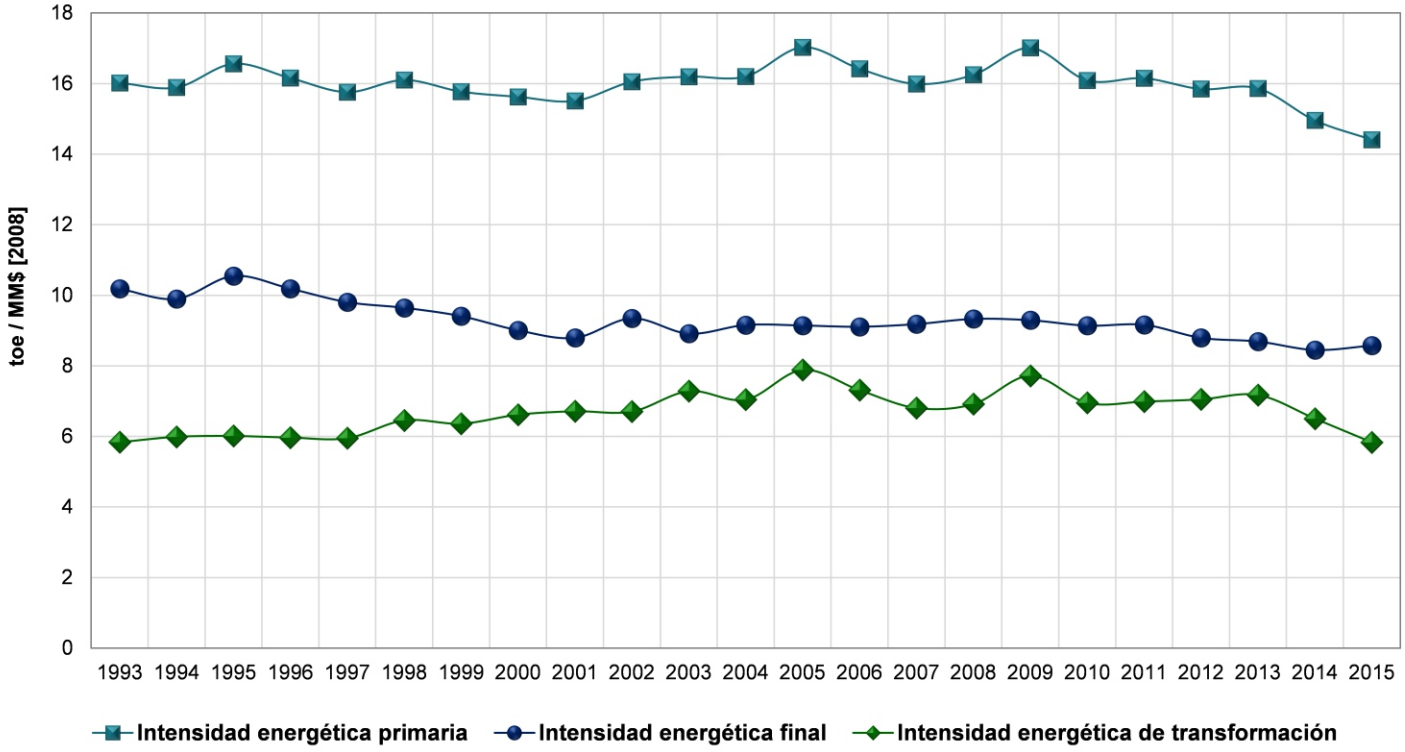
En cuanto al consumo energético nacional, los aspectos claves para analizar son: la entrada en vigor de normas de eficiencia energética a mediados de los noventa, dirigidas principalmente a sectores de consumo final; la creciente

entrada de tecnologías de ciclo combinado para producir electricidad y, finalmente, en los últimos años, el auge de las energías renovables. Estos últimos dos aspectos tienen mayor impacto en el consumo del sector energético, principalmente por la generación de electricidad.

b. Intensidad energética primaria por transformación y uso final

Para entender qué parte del consumo tiene mayor influencia en la intensidad energética primaria de México, se deben analizar las tendencias de estas intensidades de manera desagregada por transformación y consumo final energético.
La intensidad de transformación suele reflejar la forma de consumir del propio sector energético, considerando los procesos de las centrales de generación eléctrica, refinerías, plantas de gas, así como el nivel de autoconsumo de estos centros de trabajo, recirculaciones y las pérdidas en transformación y distribución. En México, la intensidad de transformación ha tenido mayor influencia en la irregularidad de la intensidad energética primaria. En los últimos 20 años la intensidad de consumo final ha disminuido a una tasa promedio anual de 1%, mientras que la intensidad del sector energético ha bajado apenas 0.2% (Gráfica 3).

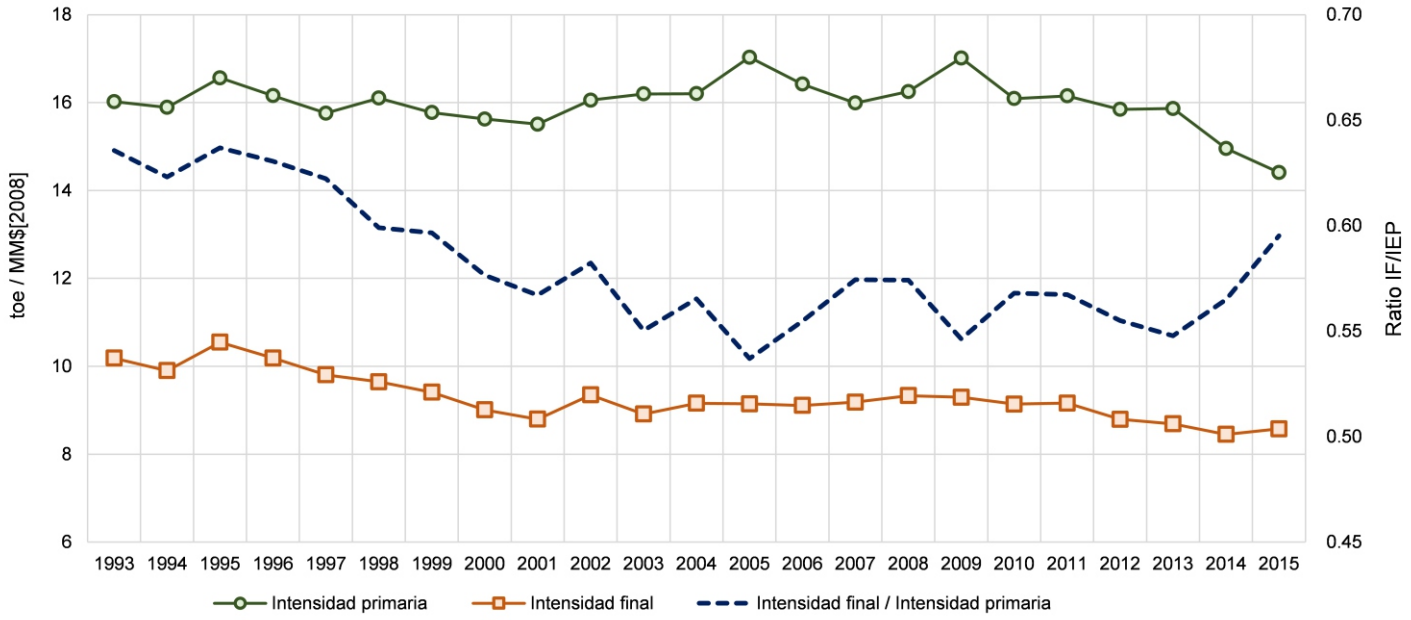
Gráfica 3. Evolución de las intensidades energéticas primaria, final y de transformación



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI y SIE de la Sener.

Una forma de entender los factores que influyen en la intensidad energética nacional es observando el acercamiento o alejamiento de las curvas de tendencia entre la intensidad primaria y final, o mediante la reducción de la relación (o ratio) intensidad final/intensidad primaria (Gráfica 4).

Gráfica 4. Relación intensidad final/primaria



Fuente: BIEE de la Conuee.

El alejamiento notorio entre las tendencias de dichas intensidades durante mediados de los noventas y hasta 2001 refleja las mejoras en eficiencia energética, cambios estructurales y un crecimiento de la economía, dado que la separación ocurre por el lado de la intensidad final. A su vez, en la década de 2001 a 2010 este parámetro se estabiliza, y es la intensidad primaria la que se separa en sentido contrario debido a ineficiencias en el sector energético, principalmente vinculado a la mezcla de energéticos para generación de electricidad, uso creciente de gas natural para reinyección a pozos petroleros a campos maduros y el aumento de pérdidas en transformación y distribución, aumentando la brecha entre las intensidades final y primaria.

En la Gráfica 4 se puede observar lo sucedido en México, a través del indicador Relación intensidad final/Intensidad energética primaria (Ratio IF/ IEP), donde la relación disminuye, principalmente, por una mayor eficiencia del consumo final, ya que tiene un menor peso en el consumo energético nacional.

Cabe aclarar que un factor que promueve el acercamiento de las tendencias entre las dos intensidades e incrementa el ratio IF/IEP en los últimos años, esto no se debe a una mayor eficiencia en el sector transformación, sino más bien a que las refinerías, plantas de gas y coquizadoras disminuyeron significativamente su producción, y la demanda final se cubrió con importaciones crecientes, principalmente de gas natural y gasolinas, lo cual tiene un efecto que disminuye las pérdidas por transformación y reduce la brecha entre las dos intensidades.

c. Productividad energética

Algunos organismos internacionales, como el American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), dan seguimiento al indicador macroeconómico denominado "Productividad energética". Esto se refiere a la cantidad de servicio o trabajo útil producido por una unidad de energía. A nivel nacional, la productividad energética es el Producto Interno Bruto (PIB) obtenido por unidad de energía primaria total consumida por el país, es decir, corresponde a la inversa de la intensidad energética.

Al igual que la intensidad energética, este indicador de productividad puede afectarse en su métrica por factores económicos, el clima, el acceso a la energía y otras condiciones, así como por la eficiencia energética. De igual manera, este concepto da una visión general que permite entender la relación entre demanda de energía y crecimiento

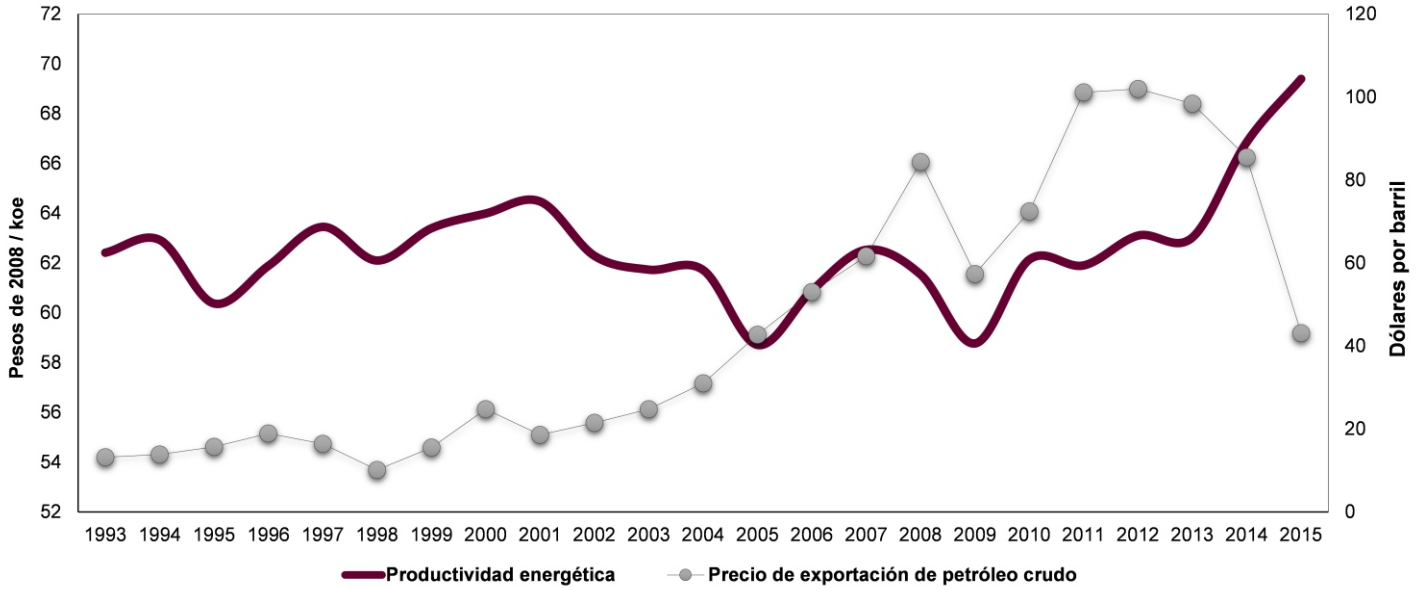
económico. La productividad energética mejora a partir una reducción de los insumos energéticos requeridos para producir un mismo nivel de servicios y/o incrementando la cantidad o calidad de los bienes y servicios obtenidos.

La productividad energética depende, fundamentalmente, de cuatro factores que son: (1) nivel de ingresos, (2) política energética, (3) oferta energética, y (4) costos de capital. La tendencia al alza del indicador es sinónimo de una mayor productividad energética, ya que pretende mostrar que existe una mayor productividad (o rentabilidad) usando la misma cantidad de energía bajo la estructura interna de un País.

En el caso de México, el indicador presenta etapas marcadas (Gráfica 5):

- La primera etapa, entre 1993 y 2001, presentó una ligera tendencia al alza con un par de periodos que afectaron el incremento de la productividad energética, sin embargo, mostró signos de recuperación a la crisis de mediados de los noventa promediando una productividad de 62.8 pesos por cada kilogramo de petróleo crudo equivalente consumido en México (pesos/koe), pese a que durante lapso se presentó el periodo más bajo de los precios de la mezcla mexicana de petróleo.
- La segunda etapa, entre 2001 y 2012, se caracterizó por ser muy irregular y sufrir dos crisis económicas, provocando la productividad energética más baja del país en las últimas tres décadas, la cual promedió 61.7 pesos/koe, aun cuando los precios del crudo mexicano fueron mayores que en la década anterior.
- Finalmente, durante el periodo 2012-2015 se ha presentado la mayor productividad energética del país en tres décadas, promediando 65.6 pesos/kep, a pesar de la caída constante en el precio de la mezcla de exportación de crudo mexicano desde 2012.

Gráfica 5. Evolución de la productividad energética en México



Fuente: Conuee con base en datos de INEGI y SIE de Sener.

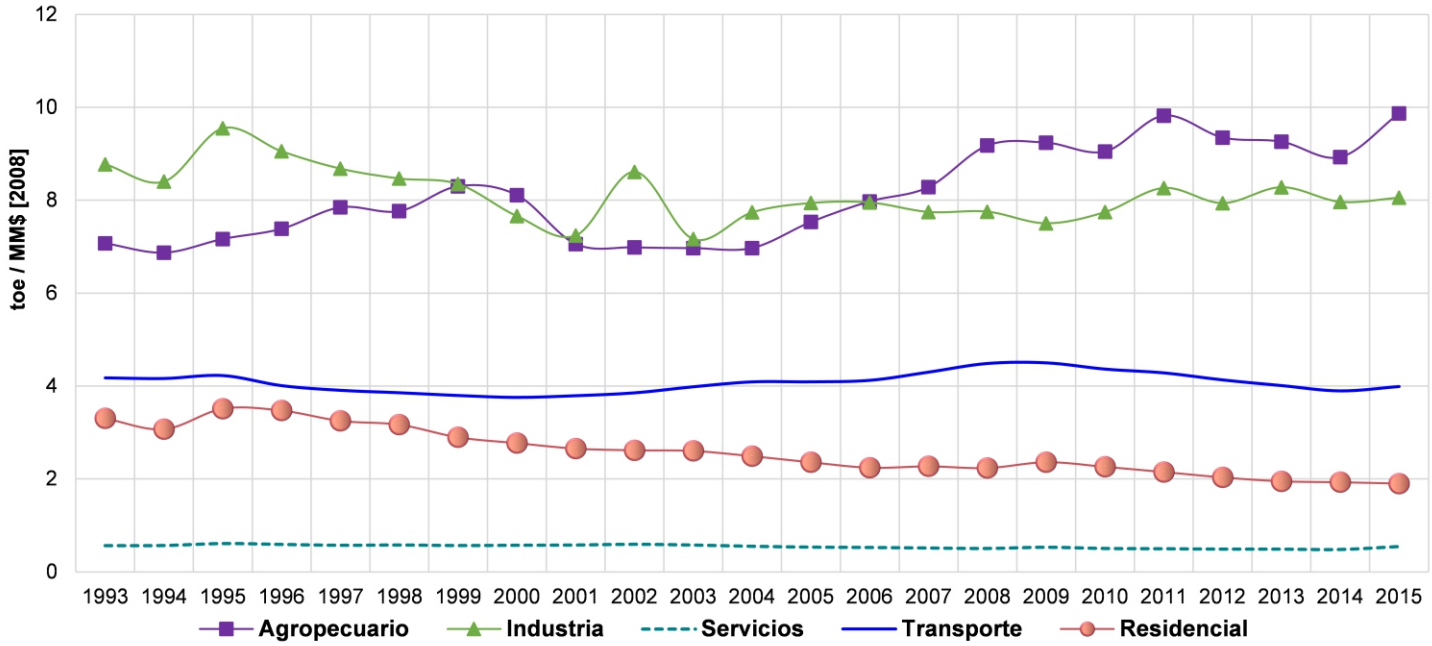
d. Intensidad energética final

Las intensidades energéticas de consumo final de los principales sectores son índices obtenidos entre el consumo energético y el valor agregado a precios constantes en los sectores transporte, industria, comercial-servicios, residencial y agropecuario, respectivamente.

En el caso del sector residencial, se usa el consumo privado de los hogares en lugar del valor agregado, a fin de reflejar el gasto que realizan los hogares residentes del país en la compra de bienes y servicios de consumo.

Para la intensidad energética del sector transporte se relaciona el consumo de energía del sector transporte con el PIB nacional[4], a fin de explicar la cantidad de energía utilizada para trasladar bienes y personas en el país.
En México, las intensidades energéticas sectoriales en los últimos 20 años muestran que, salvo el sector agropecuario, todos los sectores de consumo final de la energía han disminuido su índice, siendo el residencial el más destacado (Gráfica 6).

Gráfica 6. Evolución de las intensidades finales energéticas por sector en México



Fuente: BIEE de la Conuee.

Entre 1995 y 2015, las intensidades energéticas de cada sector de uso final han evolucionado de la siguiente manera:

- Residencial, se redujo en 45.9%;
- Industrial, se redujo 15.6%;
- Comercial-Servicios, se redujo 10.9%;
- Transporte, se redujo 5.6%; y
- Agropecuario, aumentó 37.7%.

Esto es claro reflejo del impacto de las principales políticas públicas en materia de eficiencia energética, que han reducido la intensidad energética del sector residencial de manera progresiva desde la década de los noventa, siendo la más importante por su alcance e impacto, la correspondiente a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de Eficiencia Energética, que entraron en vigor desde mediados de la década de los noventa. De igual forma, desde inicios de los noventa se han promovido programas de sustitución de equipos y luminarias dirigidos al sector residencial, lo que ha acelerado los recambios tecnológicos establecidos por las NOM de última generación.

El sector industrial se ha colocado como el segundo en disminuir su intensidad de consumo final, después del sector residencial. Entre los factores que han influido en dicho comportamiento se encuentran:

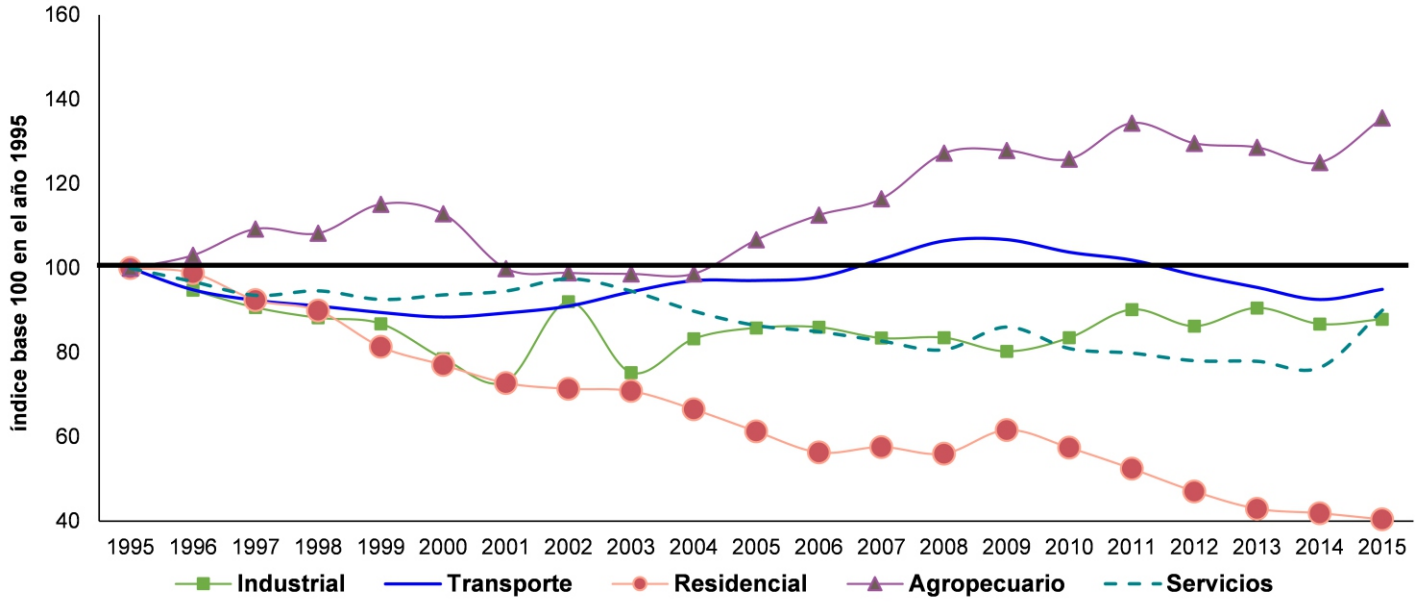
- La mejora tecnológica de los procesos industriales intensivos (producción del acero, cemento, papel y vidrio);
- Un cambio estructural en la composición de las actividades de la industria mexicana cuyo crecimiento se ha dado en los últimos años por una mayor actividad de subsectores menos intensivos y más automatizados;

[4] Este indicador no usa el valor agregado del sector transporte, ya que solo reflejaría la actividad de las empresas de transporte, lo que corresponde a una parte del consumo total del transporte. El consumo de transporte también incluye el consumo de vehículos privados, camiones industriales y vehículos, así como vehículos de instituciones y administraciones de servicios privados.

- Procesos de sustitución del consumo de combustóleo al gas natural, que resulta más eficiente en la matriz energética del sector, más un incremento paulatino en el aprovechamiento de potenciales de cogeneración y materiales reciclables, entre otros.

Estas acciones de mejora en la eficiencia energética del sector industrial reflejan el gran interés de las empresas que se ubican en territorio mexicano en mantener la competitividad no solo en el mercado interno, sino también en los mercados internacionales.

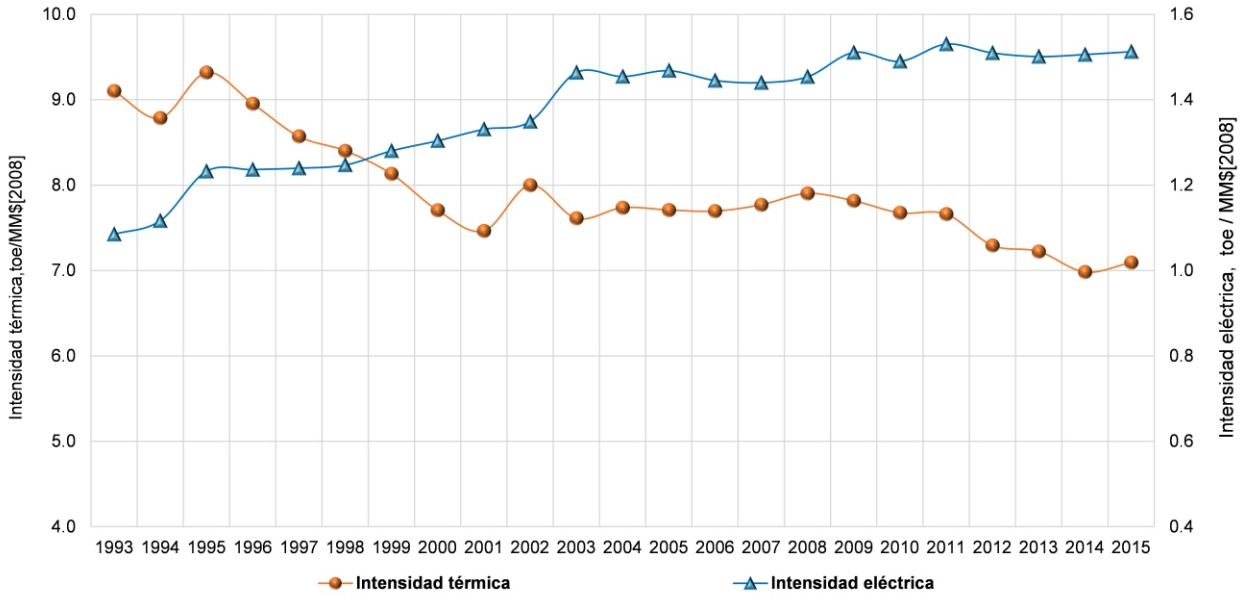
Gráfica 7. Tendencia del crecimiento acumulado de las intensidades energéticas por sector



Fuente: BIEE de la Conuee.

Por otro lado, la composición de la intensidad energética de consumo final ha cambiado en las últimas dos décadas, ya que cada vez aumenta la dependencia de la energía eléctrica y disminuye o se hace más lenta la participación de fuentes térmicas (Gráfica 8).

Gráfica 8. Evolución de las intensidades finales térmica y eléctrica, 1993-2015

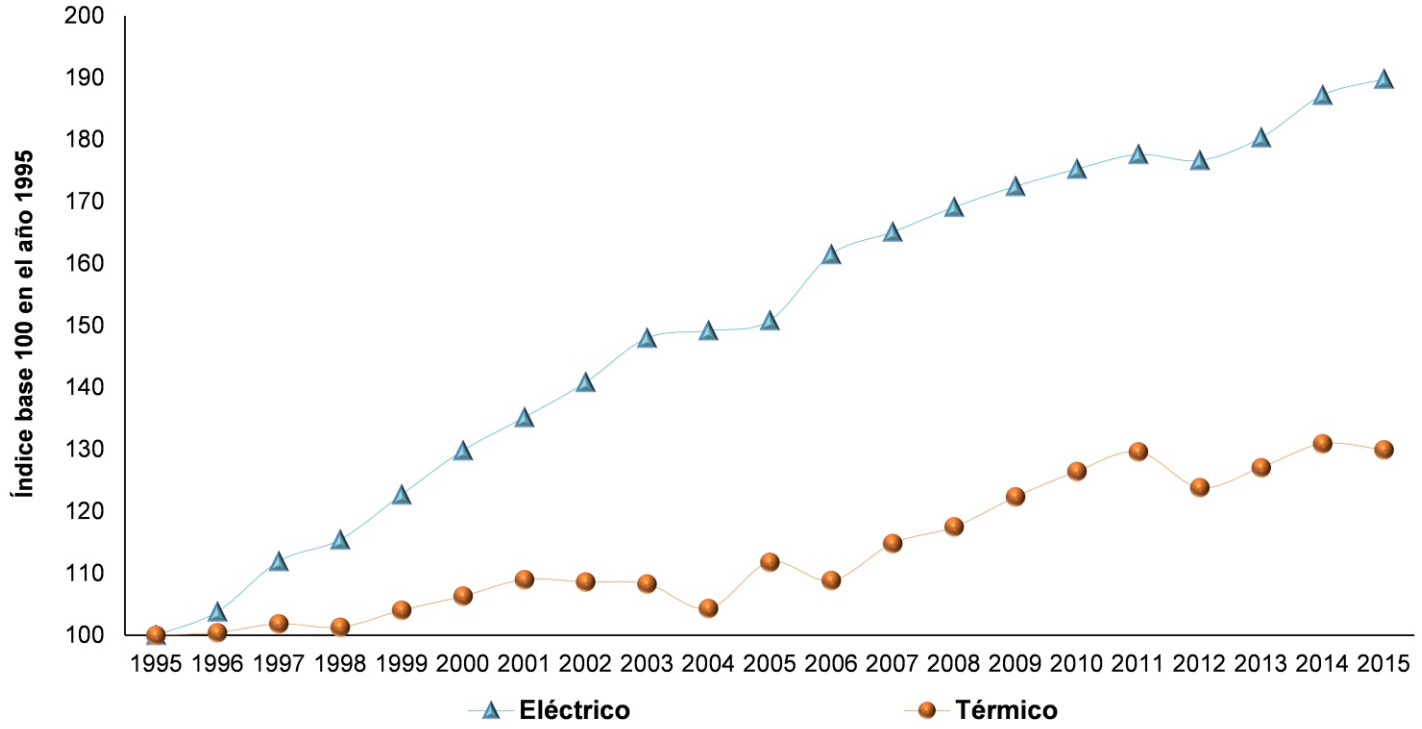


Fuente: BIEE de la Conuee.

La intensidad de energía eléctrica final se ha incrementado al 1% anual entre 1995-2015, en tanto que la intensidad de energía térmica ha disminuido en 1.4% por año, considerando la suma de todas las fuentes de energía térmica usadas en los sectores transporte, residencial, industrial, comercial-servicios y agropecuario.

Tomando como referencia los valores del índice de las intensidades eléctrica y térmica del consumo final energético en el año 1995, la variación acumulada del índice de energía eléctrica se ha incrementado 90% hasta 2015, en tanto que la energía térmica se incrementó a 30% al mismo año (Gráfica 9).

Gráfica 9. Tendencia del crecimiento acumulado de las intensidades eléctrica y térmica de consumo final energético



Fuente: BIEE de la Conuee.

La electricidad casi ha duplicado su participación en el consumo final energético de los sectores residencial e industrial entre 1995 y 2015, mientras que el sector comercial-servicios incrementó en 20% en el mismo periodo. Por el contrario, la participación de los hidrocarburos en los usos finales en los sectores el transporte y agropecuario aumentó más que la electricidad.

Entre los factores que han favorecido la mayor participación de la electricidad en el consumo final durante los últimos 20 años, se encuentran el incremento paulatino del nivel de electrificación de la población, un mayor equipamiento en general de los electrodomésticos y puntos de luz en los hogares, sustitución de tecnologías y automatización de procesos industriales a base de electricidad, crecimiento acelerado de industrias menos intensivas en el consumo de energía térmica, mayor incremento paulatino de actividades del sector comercial y servicios que favorecen el consumo de electricidad.

3. Conclusiones

Si bien los indicadores de nivel agregado a menudo incluyen muchos efectos separados que pueden potencialmente sesgar los impactos de la eficiencia energética, la correlación y el análisis de estos respecto al consumo sectorial por separado es suficiente para explicar en un primer y segundo nivel la evolución de políticas públicas de eficiencia energética en cada sector.

En los últimos 20 años el perfil de la intensidad energética primaria de México presenta un comportamiento irregular. Entre los factores que han incidido en el incremento de la intensidad se encuentran: las crisis económicas del país; el incremento del uso de tecnologías a base de carbón y combustóleo para generar electricidad en años específicos y originado por el diferencial de los precios de mercado de los energéticos; una mayor cantidad de gas natural usado para inyección a los pozos petroleros; y un aumento en las pérdidas de transmisión y distribución de electricidad. Entre los factores que han incidido principalmente en la baja de la intensidad energética, se encuentran: la tercerización de la economía mexicana; los cambios estructurales, sustitución de combustibles y las acciones de eficiencia energética que han ocurrido en el sector industrial; las normas de eficiencia energética y los programas de recambio dirigidos a las principales tecnologías consumidoras de energía en el sector residencial; una mayor participación de tecnologías de ciclo combinado para la generación de electricidad; y en los últimos años, el efecto de las mayores importaciones de energéticos como gasolinas y gas natural.

Separando las componentes del consumo nacional de energía, la intensidad de consumo final ha disminuido a una tasa promedio anual de 1% en los últimos 20 años, en tanto que la intensidad del sector energético ha bajado apenas 0.2%. La evolución ha significado que después de 2013 se esté presentando un desacoplamiento entre el crecimiento del PIB y el consumo nacional de energía del País.

A nivel sectorial y dentro del consumo final energético del balance nacional de energía, entre 1995 y 2015, las intensidades energéticas de los sectores residencial e industrial han presentado la mayor reducción en su tendencial. En forma acumulada, el sector residencial redujo su intensidad energética en 45.9%, en tanto que el sector Industrial lo hizo a 15.6%.

Finalmente, los sectores de consumo final que presentan un mayor progreso de la eficiencia energética están vinculados a un mayor uso de la energía eléctrica respecto a los que dependen más de la energía térmica.

Referencias

1. Energy Efficiency Indicators: A study of energy efficiency indicators for industry in APEC economies. Asia Pacific Energy Research Centre, 2000.

2. Energy Efficiency: a Worldwide Review. World Energy Council&ADEME, 2004.

3. Energy Indicators for Sustainable Development: Guilenes and Methodologies. International Atomic Energy Agency, International Energy Agency, Eurostat, European Environment Agency & United Nations Department and Social Affairs. 2005

4. Documento de trabajo Guidelines for BIEE data template. Enerdata, ADEME y CEPAL, 2013.

5. Energy Efficiency Indicators: Essentials for policy making. International Energy Agency, 2014.

6. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on statistics. International Energy Agency, 2014.

7. Energy Efficiency: A straight path towards energy sustainability. World Energy Council&ADEME, 2016.