

# INFORME NACIONAL DE MONITOREO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE MÉXICO • 2018





# **Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018**

El presente documento fue realizado por funcionarios de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) de México. La coordinación ejecutiva y revisión técnica del documento estuvo a cargo de Odón Demófilo de Buen Rodríguez, Director General de la CONUEE. La coordinación técnica, integración de bases de datos y elaboración del informe nacional estuvo a cargo de Juan Ignacio Navarrete Barbosa, Director General Adjunto de Políticas y Programas de la CONUEE. El procesamiento de la información y actualización de bases de datos estuvo a cargo de Erika Yazmín Jaime Buenrostro, funcionaria de la Dirección General Adjunta de Políticas y Programas de la CONUEE. Asimismo, se agradece la participación de los integrantes del equipo técnico de la Dirección General Adjunta de Políticas y Programas de la CONUEE, quienes elaboraron análisis específicos para el informe nacional, en especial a Flor de María Chávez Sandoval, Oscar Ruiz Carmona y Meztli Macías Contreras. También se agradecen a Israel Jáuregui Nares, Director General Adjunto de Gestión para la Eficiencia Energética, sus aportaciones durante las revisiones técnicas y documentación sobre los programas de eficiencia energética en México.

Este documento se realizó en el marco del programa regional “Base de Indicadores de Eficiencia Energética” (BIEE), iniciativa impulsada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) que ha contado con apoyo de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (GIZ) y la Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía (ADEME). Por parte de la CEPAL participaron la División de Recursos Naturales e Infraestructura (DRNI) y la Sede Subregional de la CEPAL en México, por medio de los siguientes funcionarios: Manlio Coviello, Víctor Hugo Ventura, José Manuel Arroyo y Rubén Contreras Lisperguer. En una primera fase del BIEE también colaboraron Andrés Schuschny y Ryan Carvalho, ambos exfuncionarios de la CEPAL.

Se agradece a la Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía (ADEME) y en particular a Didier Bosseboeuf, Experto Senior a cargo de Estudios Internacionales, por el apoyo técnico proporcionado. Asimismo, se agradece el apoyo técnico de ENERDATA y, en particular, a Bruno Lapillonne, consultor internacional, quien realizó las revisiones periódicas de la herramienta en la versión de México. También se agradece a la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) ya que, mediante el proyecto paralelo sobre elaboración de indicadores y monitoreo de política pública de eficiencia energética que desarrolla con la CONUEE, se logró mejorar el número y nivel de indicadores del presente informe.

En los capítulos del sector transporte y el nexo agua-energía colaboraron los consultores de la CEPAL, Thalía Hernández Amezcua y José María Valenzuela Robles Linares. Para el capítulo del nexo agua-energía fueron muy valiosas las observaciones e información proporcionadas por Jesús Liñan Guevara y Luis López Ortiz, de la Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Saneamiento, así como las de Griselda Medina Laguna, de la Gerencia de Cooperación Internacional, todos ellos funcionarios de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones participantes.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/TS.2018/41

LC/MEX/TS.2018/8

Distribución: Limitada

Copyright © Naciones Unidas, mayo de 2018. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México • 2018-012

S.18-00496

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones@cepal.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

# Índice

Agradecimientos .....	11
Resumen .....	13
Prólogo .....	17
<b>Introducción</b> .....	21
A. La energía y la eficiencia energética en el contexto de la nueva agenda global de desarrollo .....	21
B. Objetivos y contenido .....	22
C. Las fuentes de los datos .....	23
<b>I. Antecedentes vinculados a la eficiencia energética</b> .....	27
A. Instituciones, políticas y programas de eficiencia energética .....	27
1. Instituciones que han promovido la eficiencia energética.....	28
2. Evolución de las políticas de eficiencia energética en la planeación nacional y el marco legal del sector energía.....	31
3. Programas de eficiencia energética relevantes en México.....	32
B. Condiciones socioeconómicas del país y suministro de energía.....	38
1. Aspectos geográficos .....	39
2. Aspectos demográficos .....	41
3. Aspectos económicos.....	45
4. Suministro de energía.....	48
C. Tendencias del consumo de energía .....	50
<b>II. Tendencias en el consumo de energía por combustible y sector</b> .....	53
A. Estructura y tendencias del consumo nacional de energía .....	53
B. Estructura del consumo nacional de energía y consumo final por energético.....	55
<b>III. Tendencia general de la eficiencia energética</b> .....	61
A. Intensidad energética primaria .....	62
B. Intensidad energética por transformación y consumo final .....	64

C. Productividad energética.....	65
D. Intensidades de consumo final.....	66
<b>IV. Tendencias de la eficiencia energética en el sector energético.....</b>	<b>71</b>
A. Subsector hidrocarburos .....	71
1. Extracción de petróleo y gas .....	73
2. Refinación de crudo.....	77
3. Procesamiento de gas.....	79
B. Subsector eléctrico.....	82
1. Capacidad instalada .....	83
2. Generación de electricidad .....	84
3. Indicadores de eficiencia energética de centrales térmicas para servicio público .....	86
4. Indicadores de eficiencia energética de centrales térmicas para servicio privado.....	89
5. Cogeneración .....	92
6. Cogeneración eficiente.....	93
7. Pérdidas de transmisión y distribución de electricidad .....	95
<b>V. Tendencias de la eficiencia energética en el sector industrial.....</b>	<b>97</b>
A. Tendencias generales .....	97
B. Análisis por segmento de la industria .....	101
1. Industria del hierro y acero .....	101
2. Industria química .....	103
3. Industria del cemento .....	106
4. Industria de celulosa y papel .....	108
5. Industria del vidrio .....	111
6. Industria automotriz.....	112
7. Industria de alimentos, bebidas y tabaco.....	114
8. Industria azucarera .....	115
9. Minería.....	117
<b>VI. Tendencias de la eficiencia energética en el sector transporte .....</b>	<b>119</b>
A. Tendencias del consumo energético del sector transporte en México .....	119
B. Tendencias del consumo energético por modo de transporte.....	123
1. Autotransporte .....	123
2. Transporte aéreo.....	129
3. Transporte marítimo .....	130
4. Transporte ferroviario .....	131
<b>VII. Tendencias de la eficiencia energética en el sector residencial .....</b>	<b>135</b>
A. Tendencias generales del consumo.....	136
B. Consumo de energía por usos finales.....	139
C. Penetración de equipamiento y electrodomésticos eficientes.....	142
1. Equipo de iluminación.....	144
2. Refrigeradores.....	145
3. Lavadoras de ropa.....	147
4. Aire acondicionado .....	148
5. Equipos térmicos .....	149

D. Otros aparatos eléctricos domésticos .....	152
1. Televisores .....	152
2. Ventiladores.....	153
3. Horno de microondas .....	154
E. Indicadores de prácticas de ahorro de energía.....	155
<b>VIII. Tendencias de la eficiencia energética en el sector de los servicios.....</b>	<b>157</b>
A. Tendencias generales.....	157
<b>IX. Tendencias de la eficiencia energética en el sector de la agricultura, silvicultura y pesca .....</b>	<b>165</b>
A. Tendencias generales.....	165
B. Tendencias por rama .....	167
1. Agricultura .....	167
<b>X. Nexo agua-energía .....</b>	<b>173</b>
A. Políticas y programas que vinculan la gestión hídrica y energética .....	173
1. La organización de la gestión del agua en México .....	173
B. Energía para la gestión del agua.....	175
1. Características hidrológicas y usos del agua .....	175
2. Indicadores estatales.....	175
C. Agua para la producción de energía .....	179
1. Generación de electricidad.....	179
2. Producción de petróleo.....	184
<b>XI. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>187</b>
A. Grandes tendencias en el consumo y la eficiencia energética.....	187
B. Retos institucionales y de las fuentes de información.....	188
C. Impacto en obligaciones de la CONUEE .....	190
<b>Bibliografía .....</b>	<b>191</b>
Abreviaturas.....	195

## Cuadros

Cuadro I.1	México: normas oficiales mexicanas de eficiencia energética publicadas y actualizadas, 1995-2018.....	33
Cuadro X.1	México: regiones hidrológicas y grado de presión.....	174
Cuadro X.2	Energía requerida para abastecer una unidad de agua (kwh/m <sup>3</sup> ) 2011.....	175
Cuadro X.3	México: indicadores de consumo de agua nacional y rangos mínimos y máximos estatales, 2014 .....	176

## Gráficos

Gráfico I.1	México: evolución del número de laboratorios de prueba y organismos de certificación en las NOM-ENER, 1995-2016.....	35
Gráfico I.2	Elementos de una etiqueta actual de eficiencia energética mexicana.....	35
Gráfico I.3	México: impactos estimados por el horario de verano.....	36
Gráfico I.4	México: crecimiento promedio anual del PIB, oferta interna bruta y población, 1995-2015.....	39
Gráfico I.5	México: población, viviendas habitadas y relación habitante por vivienda, 1990-2015 .....	42
Gráfico I.6	México: evolución de la población rural y urbana, 1900-2015 .....	44
Gráfico I.7	México: evolución de la distribución de edades de la población, 2015.....	44

Gráfico I.8	Distribución de la población ocupada por actividad económica durante 2015.....	45
Gráfico I.9	México y Estados Unidos: crecimiento anual del PIB, 1994-2015.....	46
Gráfico I.10	México: crecimiento del PIB por sector productivo, 1993-2015.....	47
Gráfico I.11	México: evolución de la estructura del PIB, 1993-2015.....	47
Gráfico I.12	México: crisis y recesiones económicas, 1993-2015.....	48
Gráfico I.13	México: índice de independencia energética, producción y consumo de energía, 1990-2015.....	49
Gráfico I.14	México: saldo neto de la balanza comercial por fuente de energía, 2000 y 2015.....	49
Gráfico I.15	México: oferta interna bruta de energía, 1990-2015.....	50
Gráfico I.16	México: consumo nacional de energía y producto interno bruto, 1993-2015.....	50
Gráfico I.17	México: consumo de energía por habitante y población total, 1990-2015.....	51
Gráfico II.1	México: crecimiento promedio anual del consumo nacional de energía, 1990-2015.....	54
Gráfico II.2	México: distribución del consumo nacional de energía, 2000 y 2015.....	54
Gráfico II.3	México: tendencia del consumo del sector energético y consumo final, 1990-2015.....	55
Gráfico II.4	México: estructura porcentual del consumo nacional de energía por tipo de energético, 1990, 2000 y 2015.....	56
Gráfico II.5	México: tendencia del consumo final total de energía por sector, 1990-2015.....	57
Gráfico II.6	México: estructura del consumo final total por tipo de energético, 2000 y 2015.....	57
Gráfico II.7	México: consumo final energético por sector y fuente, 2000 y 2015.....	58
Gráfico III.1	Esquema del nivel de desagregación de los indicadores de eficiencia energética.....	62
Gráfico III.2	México: tendencia del crecimiento acumulado del consumo nacional de energía y el producto interno bruto, 1995-2015.....	63
Gráfico III.3	México: evolución de la intensidad energética primaria y el producto interno bruto, 1993-2015.....	63
Gráfico III.4	México: evolución de las intensidades energéticas primaria, final y de transformación, 1993-2015.....	64
Gráfico III.5	México: relación de intensidad final respecto a la intensidad primaria, 1993-2015.....	65
Gráfico III.6	México: evolución de la productividad energética, 1993-2015.....	66
Gráfico III.7	México: evolución de las intensidades de consumo final por sector, 1993-2015.....	67
Gráfico III.8	México: tendencia del crecimiento acumulado de las intensidades energéticas por sector, 1995-2015.....	68
Gráfico III.9	México: evolución de las intensidades finales térmica y eléctrica, 1993-2015.....	69
Gráfico III.10	México: tendencia del crecimiento acumulado del consumo final eléctrico y térmico, 1995-2015.....	69
Gráfico IV.1	México: relación de la energía requerida y la energía producida en las actividades petroleras, 2001-2015.....	72
Gráfico IV.2	México: evolución de las reservas de hidrocarburos y tasa de restitución de reservas totales, 1990-2015.....	74
Gráfico IV.3	México: producción de petróleo crudo, 1990-2015.....	74
Gráfico IV.4	México: producción de petróleo crudo proveniente de campos maduros, 1990-2015.....	75
Gráfico IV.5	México: producción de gas natural y su aprovechamiento, 1990-2015.....	76
Gráfico IV.6	México: productividad de los pozos de hidrocarburos en explotación, 2000-2015.....	76
Gráfico IV.7	México: intensidad energética de la producción de petróleo y gas natural, 2001-2015.....	77
Gráfico IV.8	México: crudo procesado en refinerías y utilización de la capacidad instalada, 1995-2015.....	78
Gráfico IV.9	México: intensidad energética de las refinerías y eficiencia de conversión en el SNR, 2001-2015.....	79
Gráfico IV.10	México: gas y condensados procesados en los CPG, 1995-2015.....	80
Gráfico IV.11	México: obtención de licuables en fraccionadoras, 1995-2015.....	81
Gráfico IV.12	México: utilización de la capacidad instalada en plantas de gas y rendimiento en la obtención de gas seco, 2000-2015.....	81
Gráfico IV.13	México: intensidad energética y eficiencia de conversión de las plantas de procesamiento de gas, 2001-2015.....	82
Gráfico IV.14	México: capacidad instalada de generación eléctrica, 2000-2015.....	83

Gráfico IV.15	México: capacidad instalada de energía renovable y no renovable, 2000-2015 .....	84
Gráfico IV.16	México: generación de energía eléctrica, 2000-2015 .....	85
Gráfico IV.17	México: generación de energía eléctrica renovable y no renovable, 2000-2015 .....	85
Gráfico IV.18	México: eficiencia de las centrales de generación para el servicio público, 1990-2015.....	86
Gráfico IV.19	México: consumo de combustibles en centrales de generación para el servicio público, 2000-2015.....	87
Gráfico IV.20	México: eficiencia térmica de generación de centrales para el servicio público a gas natural, 2000-2015 .....	88
Gráfico IV.21	México: eficiencia térmica de generación de centrales para el servicio público a carbón, 2000-2015.....	88
Gráfico IV.22	México: eficiencia térmica de la generación de centrales del servicio público que usan derivados de petróleo, 2000-2015.....	89
Gráfico IV.23	México: consumo de combustibles en unidades de autogeneración, 2000-2015.....	90
Gráfico IV.24	México: eficiencia térmica de unidades de autogeneración que usan gas natural, 2000-2015.....	90
Gráfico IV.25	México: eficiencia térmica de unidades de autogeneración que usan derivados de petróleo, 2000-2015.....	91
Gráfico IV.26	México: eficiencia térmica de unidades de autogeneración que usan carbón y sus derivados, 2000-2015.....	91
Gráfico IV.27	México: participación de la cogeneración en el total nacional de energía eléctrica generada, 2003-2015 .....	92
Gráfico IV.28	México: participación de la cogeneración respecto al consumo de electricidad de la industria, 2003-2015 .....	93
Gráfico IV.29	México: participación de la cogeneración eficiente acreditada con respecto al total de permisos de cogeneración, 2013-2015.....	94
Gráfico IV.30	México: evolución del permiso de cogeneración eficiente en el CPG de Nuevo PEMEX, 2009-2015.....	95
Gráfico IV.31	México: participación de los permisos de cogeneración eficiente e ingenios azucareros respecto del total de cogeneración, 2003-2015 .....	95
Gráfico IV.32	México: pérdidas de transmisión y distribución de electricidad, 2000-2015 .....	96
Gráfico V.1	México: intensidad energética y PIB del sector industrial, 1995-2015 .....	98
Gráfico V.2	México: intensidad energética de la industria manufacturera, minería y construcción, 1995-2015.....	98
Gráfico V.3	México y Estados Unidos: PIB manufacturero y su variación anual, 1997-2015 .....	99
Gráfico V.4	México: distribución del consumo de energía por subsector industrial, 2000 y 2015 .....	100
Gráfico V.5	México: distribución del consumo de energía en la industria por fuente, 1990-2015.....	100
Gráfico V.6	México: variación de las intensidades energéticas del sector industrial por segmento, 2000 y 2015 .....	101
Gráfico V.7	México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de acero crudo, 1990-2015.....	102
Gráfico V.8	México: producción de acero por tipo de proceso, 1991-2015 .....	103
Gráfico V.9	México: consumo unitario de electricidad por tonelada de acero producida, 1990-2015....	103
Gráfico V.10	México: consumo de energía de la industria química, 1995-2015 .....	104
Gráfico V.11	México: intensidad energética y valor agregado de la industria química, 1995-2015 .....	105
Gráfico V.12	México: consumo de energía de la industria química y producción de petroquímicos, 1990-2015 .....	105
Gráfico V.13	México: producción y consumo unitario por tonelada de petroquímicos, 1990-2015.....	106
Gráfico V.14	México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de productos químicos, 2000-2015 .....	106
Gráfico V.15	México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de cemento, 1990-2015.....	107
Gráfico V.16	México: consumo térmico unitario del clínker producido y consumo eléctrico unitario de energía por tonelada de cemento, 1990-2015 .....	108
Gráfico V.17	México: tendencia de crecimiento del PIB, valor agregado y consumo de energía de la industria del papel, 1993-2015.....	109

Gráfico V.18	México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de papel, 1995-2015 .....	109
Gráfico V.19	México: tendencia de la producción e importación de celulosa y papel, 2001-2014.....	110
Gráfico V.20	México: consumo de electricidad por tonelada de papel producido y producción de celulosa, 1995-2015 .....	111
Gráfico V.21	México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de vidrio, 2007-2015 .....	112
Gráfico V.22	México: producción y consumo unitario de energía por vehículo ensamblado, 2000-2015 .....	113
Gráfico V.23	México: producción y consumo unitario de electricidad por vehículo ensamblado, 2000-2015.....	114
Gráfico V.24	México: intensidad energética de la industria de los alimentos, bebidas y tabaco, 1995-2015.....	115
Gráfico V.25	México: consumo de combustóleo por tonelada de azúcar producida en zafra, 2001-2016.....	116
Gráfico V.26	México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de azúcar, 1995-2015.....	116
Gráfico V.27	México: consumo de vapor y electricidad por tonelada de azúcar en zafra, 2001-2016.....	117
Gráfico V.28	México: producción y consumo unitario de energía de la industria minera, 1990-2015.....	118
Gráfico VI.1	México: consumo de energía del sector transporte por modalidad, 1990-2015.....	120
Gráfico VI.2	México: tendencia de las variables relevantes del sector transporte, 1995-2015.....	120
Gráfico VI.3	México: participación del consumo de combustibles por modalidad en el sector transporte, 2015.....	121
Gráfico VI.4	México: carga transportada por modalidad, 1995-2015.....	122
Gráfico VI.5	México: pasajeros transportados por modalidad, 2000-2015 .....	122
Gráfico VI.6	México: consumo unitario de energía para transporte de carga y pasajeros en todas las modalidades, 2000-2015 .....	123
Gráfico VI.7	México: participación del consumo de energía por tipo de combustible en el autotransporte, 2000 y 2015 .....	124
Gráfico VI.8	México: evolución del parque vehicular en circulación, 1990-2015 .....	124
Gráfico VI.9	México: índice de motorización del autotransporte por categoría, 1990-2015.....	125
Gráfico VI.10	México: rendimiento promedio de combustible de la flota en circulación por categoría, 2000-2015.....	126
Gráfico VI.11	México: tendencia de las principales variables del autotransporte, 1990-2015 .....	127
Gráfico VI.12	México: consumo unitario de energía de la flota vehicular y automóvil equivalente, 1990-2015.....	127
Gráfico VI.13	México: consumo unitario de energía de la flota vehicular y automóvil equivalente a gasolina, 1990-2015 .....	128
Gráfico VI.14	México: consumo unitario de energía de la flota vehicular y automóvil equivalente a diésel, 1990-2015 .....	128
Gráfico VI.15	México: consumo unitario de automóviles en términos de automóvil equivalente, 1990-2015.....	129
Gráfico VI.16	México: tendencia de las principales variables del transporte aéreo, 1995-2015.....	129
Gráfico VI.17	México: consumo de energía por pasajero transportado en avión, 1995-2015 .....	130
Gráfico VI.18	México: consumo unitario de energía por tonelada movilizada en transporte marítimo, 1995-2015.....	131
Gráfico VI.19	México: consumo de energía por tonelada y pasajeros transportados vía ferroviaria, 1995-2015.....	132
Gráfico VI.20	México: consumo unitario de energía en el transporte ferroviario, 1995-2015 .....	133
Gráfico VII.1	México: tendencia de las principales variables del sector residencial, 1995-2015 .....	136
Gráfico VII.2	México: evolución de la intensidad energética y consumo de energía por habitante del sector residencial, 1993-2015 .....	137
Gráfico VII.3	México: evolución del porcentaje de hogares con acceso a electricidad y a gas para cocinar (LP o natural), 1995-2015.....	138
Gráfico VII.4	México: porcentaje del consumo de energía térmica y eléctrica en el sector residencial, 1995-2015.....	138

Gráfico VII.5	México: distribución del consumo de energía del sector residencial por fuente, 1995-2015.....	139
Gráfico VII.6	México: distribución del consumo de energía por uso final en el sector residencial, 2015.....	140
Gráfico VII.7	México: evolución de la tasa de saturación de los principales equipos consumidores de energía en el hogar, 1996, 2006 y 2015.....	142
Gráfico VII.8	México: penetración de equipos eficientes en los usos finales del sector residencial, 2015.....	143
Gráfico VII.9	México: incorporación de las NOM-ENER aplicadas al sector residencial, 1995-2018 .....	143
Gráfico VII.10	México: lámparas incandescentes y ahorradoras instaladas en el sector residencial, 1992-2015.....	145
Gráfico VII.11	México: tasa de saturación de refrigeradores y equipo por hogar, 1992-2015 .....	145
Gráfico VII.12	México: consumo de energía promedio anual de refrigeradores domésticos, 1996 y 2015.....	146
Gráfico VII.13	México: antigüedad estimada de los refrigeradores en operación durante 2015.....	146
Gráfico VII.14	México: tasa de saturación de lavadoras de ropa y equipo, por hogar, 1992-2015.....	147
Gráfico VII.15	México: antigüedad estimada de las lavadoras de ropa en operación durante 2015 .....	147
Gráfico VII.16	México: tasa de saturación de equipos de aire acondicionado y equipo, por hogar, 1996-2015.....	148
Gráfico VII.17	México: consumo de energía para enfriamiento y calefacción de espacios por metro cuadrado en las viviendas habitadas, 2000-2015.....	149
Gráfico VII.18	México: tasas de saturación de equipos térmicos regulados y consumo de gas LP y natural del sector residencial, 1992-2015 .....	150
Gráfico VII.19	México: antigüedad estimada de las estufas a gas en operación durante 2015.....	150
Gráfico VII.20	México: evolución de la eficiencia térmica y tasa de saturación de los calentadores de agua a gas, 1992-2015.....	151
Gráfico VII.21	México: viviendas habitadas con calentador solar de agua, 2000-2015.....	151
Gráfico VII.22	México: tasa de saturación de televisores y equipo por hogar, 1992-2015 .....	152
Gráfico VII.23	México: televisiones analógicas y digitales instaladas en el sector residencial, 1992-2015.....	153
Gráfico VII.24	México: antigüedad estimada de los televisores en operación durante 2015.....	153
Gráfico VII.25	México: tasa de saturación de ventiladores de aire y equipo por hogar, 1992-2015 .....	154
Gráfico VII.26	México: antigüedad estimada de los ventiladores en operación durante 2015.....	154
Gráfico VII.27	México: tasa de saturación del horno de microondas y equipo por hogar, 1994-2015 .....	155
Gráfico VII.28	México: antigüedad estimada del horno de microondas en operación durante 2015 .....	155
Gráfico VII.29	México: frecuencia de prácticas para ahorrar energía en el total de hogares, 2015.....	156
Gráfico VII.30	México: distribución de criterios de compra en los hogares, 2015.....	156
Gráfico VIII.1	México: evolución del consumo de energía del sector comercial-servicios, 2000 y 2015 .....	157
Gráfico VIII.2	México: tendencia de las principales variables del sector comercial-servicios, 2005-2015.....	158
Gráfico VIII.3	México: intensidad energética del sector comercial, 1995-2015.....	159
Gráfico VIII.4	México: intensidad eléctrica del sector comercial-servicios, 1995-2015.....	159
Gráfico VIII.5	México: consumo energético unitario y eléctrico por empleado del sector servicios, 2005-2015.....	160
Gráfico VIII.6	México: consumo energético unitario y eléctrico por empleado del sector comercio, 2005-2015.....	160
Gráfico VIII.7	México: relación de las viviendas habitadas por luminaria de alumbrado público por entidad federativa, 2015 .....	161
Gráfico VIII.8	México: consumo eléctrico para alumbrado público por vivienda, 2002-2015.....	161
Gráfico VIII.9	México: consumo eléctrico unitario por circuito de alumbrado público, 2002-2015 .....	162
Gráfico VIII.10	México: índice de Consumo de Energía Eléctrica de las oficinas de la Administración Pública Federal, 2000-2015 .....	163
Gráfico IX.1	México: intensidad energética del sector agropecuario y consumo por energético, 1995-2015.....	166

Gráfico IX.2	México: intensidad energética del sector agropecuario e intensidad por fuente, 1995-2015.....	166
Gráfico IX.3	México: producción agrícola en superficie irrigada y superficie no irrigada, 1990 y 2015.....	167
Gráfico IX.4	México: producción de cultivos perennes y cíclicos, 2003-2015.....	168
Gráfico IX.5	México: intensidad de uso de diésel en la superficie sembrada e intensidad eléctrica en la superficie irrigada, 1991-2015.....	169
Gráfico IX.6	México: porcentaje de la superficie mecanizada y no mecanizada, 2011-2015.....	169
Gráfico IX.7	México: usos consuntivos del agua nacional, 2015.....	170
Gráfico IX.8	México: intensidad del uso de agua para producción y volumen concesionado para uso agrícola, 2001-2015.....	170
Gráfico IX.9	México: intensidad del uso de agua para producción agrícola y por superficie irrigada, 2001-2015.....	171
Gráfico X.1	México: abastecimiento de agua y consumo de electricidad por entidad federativa, 2014.....	177
Gráfico X.2	México: elementos del Sistema Cutzamala, 2016.....	178
Gráfico X.3	México: intensidad energética para el abasto de agua del Sistema Cutzamala, 2006-2015.....	178
Gráfico X.4.	México: generación bruta de electricidad agrupada por uso de agua, 2015.....	180
Gráfico X.5	México: distribución geográfica de centrales hidroeléctricas y perfiles de precipitación normal, 1981-2010.....	181
Gráfico X.6	México: distribución mensual de la precipitación y registros de la generación hidroeléctrica entre 2005 y 2015.....	181
Gráfico X.7	México: relación entre la generación hidroeléctrica y la precipitación anual acumulada, 2005-2015.....	182
Gráfico X.8	México: agua declarada respecto al volumen de agua concesionada para uso no consuntivo (hidroeléctrica) y generación de energía hidroeléctrica, 2005-2015.....	182
Gráfico X.9	México: volúmenes declarados para el pago de derechos por la generación hidroeléctrica en las ocho regiones principales, 2006-2015.....	183
Gráfico X.10	México: intensidad del uso de agua para la generación hidroeléctrica, 2005-2015.....	183
Gráfico X.11	México: intensidad en el uso de agua concesionada para generación de electricidad excluyendo hidroeléctricas, 2005-2015.....	184
Gráfico X.12	México: uso de agua en extracción de petróleo y gas natural, 2006-2015.....	185
Gráfico X.13	México: uso de agua en refinación de petróleo, 2006-2015.....	186
Gráfico X.14	México: uso de agua en procesamiento de gas, 2006-2015.....	186

## Imágenes

Imagen 1	México: instituciones consultadas en la recolección de datos.....	26
----------	-------------------------------------------------------------------	----

## Mapas

Mapa I.1	México: aspectos geopolíticos, económicos y demográficos.....	38
Mapa I.2	México: distribución de zonas bioclimáticas por municipio.....	40
Mapa I.3	México: husos horarios establecidos para el país.....	41
Mapa I.4	México: densidad de población por superficie territorial en 2015.....	43
Mapa VII.1	México: regionalización por estacionalidad climática.....	141

## Agradecimientos

Se agradece a las siguientes instituciones que colaboraron con información para la elaboración de este *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018*, así como su disponibilidad, apoyo y retroalimentación:

- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz
- Asociación Nacional de Energía Solar
- Asociación Nacional de la Industria Química
- Banco de México
- Banco Mundial
- Cámara Minera de México
- Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y del Papel
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica
- Cámara Nacional del Cemento
- Centro Nacional de Metrología
- Comisión Nacional de Hidrocarburos
- Comisión Nacional del Agua
- Comisión Reguladora de Energía
- Consejo Nacional de Población
- Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable en México
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
- Fideicomiso de Riesgo Compartido
- Gerencia de Protección Ambiental, Gestión Energética y Sustentabilidad de Petróleos Mexicanos
- Gerencia de Protección Ambiental de la Comisión Federal de Electricidad
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Instituto Mexicano del Transporte
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
- Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- Registro Único de Vivienda
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Secretaría de Educación Pública
- Secretaría de Energía
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Secretaría de Salud
- Secretaría de Turismo



# Resumen

## 1. Antecedentes del programa Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE)

El programa regional Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) fue lanzado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en 2011 con el apoyo financiero de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y con el apoyo técnico de la Agencia para el Medio Ambiente y la Gestión Energética (ADEME) de Francia y la consultora internacional ENERDATA. Como parte del programa BIEE se realizaron distintas actividades en diferentes países de América Latina y el Caribe, que incluyeron recopilar y armonizar estadísticas, realizar talleres técnicos para capacitar a los equipos nacionales en el uso de la plantilla del programa BIEE y elaborar reportes nacionales.

México se incorporó al programa durante el taller “Programa Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) para Países de Mesoamérica”, que se desarrolló durante los días 11 y 12 de abril de 2013 en la Ciudad de México. A partir de entonces, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) comenzó a fungir como punto focal de México dentro del Programa BIEE.

Mediante el trabajo realizado por México con el programa BIEE se realizó un análisis tendencial completo del consumo de energía en el país, por medio del desarrollo de indicadores generalmente expresados como una intensidad o una tasa de consumo en relación con una variable clave, tanto a nivel macroeconómico como a nivel de los distintos sectores de consumo: energético, industrial, transporte, comercial-servicios, residencial y agropecuario. Todos estos indicadores han sido construidos con el uso de una base de datos que recoge distintos tipos de información vinculada al ámbito energético de los sectores de consumo de energía. Los resultados que se muestran en el presente informe corresponden solamente a aquellos que tienen respaldo en fuentes oficiales de información, sin que haya estimaciones en la información de base.

## 2. Institucionalidad, políticas y programas de eficiencia energética en México

Los programas de eficiencia energética se remontan a los primeros años de la década de 1980 cuando la Comisión Federal de Electricidad (CFE) implementó el Programa Nacional del Uso Racional de Energía Eléctrica (PRONUREE) para difundir información sobre ahorro de energía entre los usuarios en 1980 y Petróleos Mexicanos (PEMEX) implementó el Programa de Conservación y Ahorro de Energía (PROCAE) para la reducción del consumo de energía en sus actividades en 1984.

Por parte del Gobierno Federal se comenzó a impulsar la eficiencia energética de manera institucional a partir de 1989 con la creación de la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE), cuyo principal objetivo era fungir como órgano técnico de consulta en materia de ahorro y uso

eficiente de la energía. En 2008, con la entrada en vigor de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), la CONAE es reemplazada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) como el órgano de carácter técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía, con autonomía técnica y operativa, y encargado de promover la eficiencia energética.

### 3. Tendencias del consumo de energía en México

De 1990 a 2015 el consumo de energía se incrementó en un 74,1% en México. Sin embargo, la tasa de crecimiento anual del consumo de energía ha llegado a ser de menos de 1% en el período 2005-2015, menor a las tasas de crecimiento que se presentaron en períodos anteriores. México sigue siendo un país altamente dependiente de hidrocarburos, ya que entre 1990 y 2015 aproximadamente el 85% del consumo nacional energético dependió del petróleo y del gas natural y de sus respectivos derivados.

La estructura del consumo nacional de energía ha presentado cambios en la mezcla de fuentes de energía requeridas, independientemente de que los hidrocarburos han mantenido la misma participación en la matriz energética nacional. Es así como hacia finales de la década de 1990 comenzó un proceso de sustitución de derivados del petróleo por gas natural. Por otra parte, pese al auge de las energías renovables en la última década, y a que México ha desarrollado infraestructura para aprovecharlas, su participación en el consumo nacional de energía cayó de 11,3% en 1990 a 7,6% en 2015.

En el período 1990-2015, el sector transporte presentó una mayor demanda de energía. Del consumo energético final del país, el transporte representó 43,6% en promedio, seguido del sector industrial con un 32,2%, el sector residencial con un 17,9%, el sector comercial-servicios con un 3,4% y el sector agropecuario con un 2,9%.

### 4. Tendencias de la eficiencia energética en México

La intensidad energética primaria mide cuánta energía se requiere para generar una unidad de PIB. La evolución del indicador de intensidad energética primaria en México muestra un perfil irregular entre 1994 y 2011. Posteriormente, el indicador ha mostrado una tendencia a la baja, principalmente entre 2013 y 2015, con una reducción en 10,1%.

Entre los factores que han incidido en el incremento de la intensidad primaria se encuentran el crecimiento irregular de la economía del país, el incremento en el uso de tecnologías a base carbón y combustible para generar electricidad en años específicos —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.

Por otra parte, entre los factores que han incidido en la baja de la intensidad energética se encuentran la tercerización de la economía mexicana, los cambios estructurales, la sustitución de combustibles y las acciones de eficiencia energética que han ocurrido en el sector industrial en respuesta al alza y volatilidad de los precios de los energéticos, las normas de eficiencia energética y los programas de recambio dirigidos a las principales tecnologías consumidoras de energía en los sectores residencial y comercial-servicios, una mayor participación de tecnologías de ciclo combinado en la generación de electricidad, y el efecto de una mayor importación de energéticos en los últimos años —especialmente gasolinas y gas natural—, cuyas ineficiencias no se transfieren a la intensidad del sector energía por la actividad de los centros de transformación que producen dichos energéticos.

Al poner en la balanza dichos factores, se observa que en el caso de México los consumos del sector energía tienen un mayor peso en la intensidad energética primaria que los consumos de los sectores finales, y por ende en la irregularidad de su tendencia. México es uno de los países en América Latina con mayor tradición e impacto en acciones y programas de uso eficiente de energía, y el análisis de los indicadores del presente informe demuestra que la eficiencia energética ha evolucionado en todos los sectores que integran el consumo nacional de energía, pero con diferentes impactos.

Si se analizan por separado los dos grandes rubros que componen el consumo nacional de energía se obtiene que 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%. Esta evolución permite observar que se ha presentado un desacoplamiento entre el crecimiento del producto interno bruto y el consumo nacional de energía del país después de 2013.

Dentro del consumo final de energía, las intensidades energéticas de los sectores residencial e industrial han presentado la mayor reducción en su tendencia entre 1995 y 2015. Destaca en el informe que el sector residencial redujo su intensidad energética en 45,9%, seguido del sector industrial que lo hizo a 15,6%. Asimismo, 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 de los combustibles.

Una conclusión significativa de este informe es que los sectores de consumo final que presentan una reducción de su intensidad energética son aquellos en los que las políticas públicas de eficiencia energética se han concentrado, como el sector residencial a través de Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética en los principales equipos y sistemas consumidores de energía, y la industria mexicana que ha promovido cambios estructurales en sus procesos productivos para mantener su competitividad en los mercados internacionales.



## Prólogo

El desarrollo económico con mayores niveles de eficiencia energética resulta ser un paso fundamental hacia el sendero de la sostenibilidad para los países de América Latina y el Caribe. Si se asume una perspectiva de mediano plazo, entre los principales factores que movilizan la promoción de la eficiencia energética están la seguridad en el suministro de la energía, la mayor eficiencia en el gasto y el alto potencial de producir ahorros energéticos, las preocupaciones por mitigar los impactos ambientales de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) —que incluye el fenómeno del cambio climático— y las limitaciones que pudieran generarse en relación con la inversión orientada a expandir la oferta energética en los países en desarrollo. En efecto, el enorme potencial de producir ahorros y mejoras de eficiencia en todas las etapas de producción y uso de la energía es ampliamente reconocido, pero alcanzar este potencial sigue siendo un desafío que demanda la formulación de políticas que, sobre bases informadas, prioricen y focalicen los presupuestos siempre limitados hacia la formulación de programas con mayor potencial de ahorro de energía y recursos.

Luego de haberse analizado las fortalezas y debilidades de los programas que los países de la región se han realizado en materia de eficiencia energética, la CEPAL ha podido concluir que uno de los principales inconvenientes ha sido la falta de información e indicadores que faciliten analizar la evolución de tales políticas en forma cuantitativa, completa e integrada con miras a realizar intervenciones de política sobre bases informadas. En los países de América Latina y el Caribe, la calidad de las estadísticas e indicadores de desempeño que permiten cuantificar los resultados de los programas nacionales de eficiencia energética han sido insuficientes.

Para llenar este vacío, la CEPAL articuló el programa regional BIEE (Base de Indicadores de Eficiencia Energética para América Latina y el Caribe). Con el objetivo de producir un conjunto de indicadores específicos metodológicamente consistentes, que permitan medir la evolución de los programas nacionales de eficiencia energética, analizar los resultados en el tiempo y, en consecuencia, tomar las decisiones de políticas que correspondan, la CEPAL ha tomado la labor de capacitar y coordinar la acción de los países de la región con miras a desarrollar una herramienta común que facilite esta labor siguiendo el proceso técnico-político y la lógica de funcionamiento del programa de análisis y medición de la eficiencia energética más exitoso del mundo, el proyecto ODYSSEE<sup>1</sup>. Este proyecto fue desarrollado por la Comisión Europea y gestionado por la agencia francesa ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Agencia Francesa para la Energía y el Ambiente).

A partir de 2011 se consolidó la experiencia que la DRNI ha capitalizado en la materia y se inició el programa BIEE gracias a la contribución de la Agencia de Cooperación Alemana GIZ y al apoyo técnico de la ADEME, en el marco de la IPEEC (International Partnership for Energy Efficiency Cooperation). Si bien inicialmente se trató de una iniciativa orientada a apoyar a los países del Mercosur y sus asociados,

---

<sup>1</sup> Véase <<http://www.odyssee-mure.eu/>>.

actualmente participan en la iniciativa 17 países de América Latina: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay; participan también funcionarios del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

La coordinación operativa del Programa está a cargo de la CEPAL y la gestión técnica se realiza con la ADEME y los consultores internacionales especializados de ENERDATA, quienes fueron responsables técnicos de la realización del proyecto ODYSSEE. Hasta el presente se han realizado 12 talleres de capacitación técnica, una gira técnica a Europa para compartir experiencias con instituciones especializadas en la temática y una reunión técnica regional. Asimismo, desde el año 2012 se ha realizado una sesión especial para mostrar los avances y logros alcanzados en los Diálogos Políticos Regionales sobre Eficiencia Energética que la DRNI ha organizado durante los últimos años con la participación de altos funcionarios del área energética.

El objetivo primordial del programa ha sido generar una base de indicadores que midan el desempeño de las políticas de eficiencia energética de los países participantes. Considerando que este es un primer paso importante hacia la medición de la eficiencia energética de los países de la región y teniendo en cuenta las limitaciones encontradas a lo largo del proceso de construcción de la base de datos, especialmente en lo que se refiere a la disponibilidad de información básica sectorial, tanto en los niveles de actividad como en los consumos energéticos por tipo de fuente, este primer informe de medición y monitoreo de la eficiencia energética de los Estados Unidos Mexicanos es fruto de la intensa labor realizada por los equipos nacionales en el marco del programa regional BIEE.

Las actividades del programa BIEE se realizaron por etapas. En primer lugar, se procede a mostrar el tipo de indicadores sectoriales que pueden llegar a obtenerse y cómo pueden ser aprovechados, se presenta luego en detalle la plantilla de información realizada en formato Excel y se promueve un proceso de recopilación de información básica (estadísticas de actividad y producción e indicadores de consumos energéticos) que debe ser realizado por el equipo nacional a través de la estrecha comunicación con el respectivo punto focal del proyecto en el país que se considere. Una vez finalizada la etapa de recolección de información básica, se procede a identificar los indicadores de eficiencia energética (intensidades y *ratios* de eficiencia) para los siete sectores considerados: macro/balance energético, residencial, industrial, servicios, agricultura, transporte y energético.

Finalmente, se capacita a los funcionarios en la interpretación y uso de tales indicadores e indicadores avanzados. En general, se trata de *ratios* o intensidades energéticas que vinculan el consumo energético de las unidades de análisis respecto de sus niveles de actividad medidos, según el caso, en términos económicos (unidades de valor), físicos (unidades de producción o consumo físico) o sociodemográficos. La construcción de la base de datos involucró el uso y tratamiento de información a nivel agregado, proveniente de las cuentas nacionales y los balances energéticos, así como la recopilación de información a niveles sectoriales. Se busca que todas las actividades del programa queden reflejadas en los informes nacionales de monitoreo de la eficiencia energética que cada país debe realizar cerrando, en esta etapa, el ciclo de actividades del programa. Asimismo, los principales indicadores forman parte del Data Mapper, una herramienta de visualización de los indicadores principales calculados<sup>2</sup>.

Actualmente, el proceso de formación de capacidades que promueve el programa está aprovechando los diversos grados de avance de los distintos países para promover la cooperación sur-sur, de manera tal que aquellos países que poseen un mayor nivel de conocimiento, fruto de haberse incorporado antes al proyecto, contribuyan a capacitar a los recién llegados y con menos conocimientos adquiridos. Asimismo, se ha aprovechado la red de cuadros técnicos que el proyecto fue generando para presentar otras iniciativas que viene desarrollando la CEPAL, como el Inventario Regional de Proyectos en Eficiencia Energética, cuyo diseño permitirá generar el vínculo necesario para conectar la oferta regional de financiamiento con la demanda local de los distintos agentes que operan en el mercado real.

---

<sup>2</sup> Véase versión preliminar en <<http://www.biee-cepal.enerdata.eu/>>.

Considerando que este es un primer paso hacia la medición de la eficiencia energética de los países de la región, y teniendo en cuenta las limitaciones encontradas a lo largo del proceso de construcción de la base de datos —especialmente en lo que se refiere a disponibilidad de información básica sectorial, tanto en los niveles de actividad como en los consumos energéticos por tipo de fuente— este primer informe de medición y monitoreo de la eficiencia energética es fruto de la intensa labor realizada por los equipos nacionales en el marco del programa regional BIEE.

A pesar de la mayor o menor disponibilidad de información básica por parte de los países, la metodología propuesta para el desarrollo de la base de datos de indicadores de eficiencia energética se ha podido aplicar y adaptar a cada uno de los países participantes. A medida que se fueron incorporando nuevos países al programa, y considerando la complejidad del proceso de capacitación y la coexistencia de países con mayor o menor grado de avance en el proceso, se ha logrado organizar con éxito. El intercambio de experiencias e información ha demostrado ser muy valioso, ya que la mayoría de los participantes se ha encontrado con obstáculos similares durante el proceso de realización de la base de datos.

En tal sentido, y como fue considerado en varias ocasiones durante los debates realizados en los talleres, la coordinación con los proveedores de datos básicos provenientes de distintas unidades sectoriales en los países permite facilitar el acceso a más información, continuar la labor de armonizar y actualizar con cierta frecuencia la base de datos obtenida y, de ser posible, incrementar la cantidad de información contenida en la base de datos con miras a profundizar la capacidad de detalle en el monitoreo y análisis de la evolución de la eficiencia energética.

Desde la CEPAL felicitamos al país por este enorme esfuerzo y logro, esperando que este primer informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética para los Estados Unidos Mexicanos y la base de datos que le da origen sean frecuentemente actualizados por parte del país y se conviertan en una herramienta vital no solo para sensibilizar a las autoridades nacionales sobre el tema de la eficiencia energética, sino que se constituyan también en una herramienta analítica que facilite la identificación de sectores y subsectores con altos potenciales de ahorro energético y permitan focalizar los presupuestos, políticas y programas hacia tales actividades.

Con el objetivo de aprovechar en el mediano plazo la formación de capacidades técnicas que el programa BIEE ha promovido y de institucionalizar la actualización de la base de datos cada cierto tiempo, así como la realización de los informes nacionales como este, esperamos que el presente documento se difunda ampliamente en cada uno de los países y que sus resultados puedan divulgarse tanto en seminarios nacionales como a través de las diversas instituciones sectoriales con las que los equipos nacionales tuvieron que interactuar para conseguir y recopilar la información básica. Ello resulta importante dada la complejidad y el carácter multisectorial y transdisciplinario de la temática.



## Introducción

### A. La energía y la eficiencia energética en el contexto de la nueva agenda global de desarrollo

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en septiembre de 2015), constituye la nueva estrategia que regirá los programas de desarrollo mundiales en el período 2015. Esta agenda implica un compromiso común y universal que reconoce que cada país enfrenta retos específicos en su búsqueda del desarrollo sostenible. Los Estados tienen soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, y cada uno fijará sus propias metas nacionales, apegándose a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por su papel y aporte al desarrollo sostenible, por primera vez se reconoce que la energía es una parte fundamental del programa de desarrollo sostenible mundial del sistema de las Naciones Unidas, y figura como el ODS 7 de la Agenda 2030. La eficiencia energética es uno de los ejes de este objetivo (los otros ejes están relacionados con el acceso, las energías renovables y los medios de implementación). El acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos es fundamental para el desarrollo humano.

La energía está intrínsecamente vinculada a muchos ODS, por ejemplo, a la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, el agua potable y el saneamiento, el transporte y la movilidad sostenibles (comunidades y ciudades sostenibles), la salud, la educación, la prosperidad, la creación de empleo y el empoderamiento de los jóvenes y las mujeres. Por otra parte, el cambio hacia soluciones de energía sostenible también es esencial para la consecución del Acuerdo de París aprobado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). En ese sentido, México se ha comprometido ante el secretariado de la CMNUCC para reducir en 25% la emisión de gases y compuestos de efecto invernadero en el período 2020-2030, en consonancia con su Ley General de Cambio Climático y para lo que la eficiencia energética podría jugar un papel primordial.

Los indicadores de la Base de Datos de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) que se presentan en este informe constituyen un diagnóstico de los programas y políticas de eficiencia energética en México que permiten analizar de manera cuantitativa algunos de sus resultados. Tanto el informe como la plantilla son herramientas útiles para focalizar políticas, presupuestos y programas, además de identificar las áreas de oportunidad de ahorro energético y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en diferentes sectores, por lo que podrán ser de utilidad para el seguimiento del ODS 7 en el país.

## B. Objetivos y contenido

El programa regional “Base de Indicadores de Eficiencia Energética” (BIEE) es un proyecto liderado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con el objetivo de desarrollar indicadores que evalúen las políticas y programas de eficiencia energética implementados en los países participantes, analizar y comparar los resultados, replicando el funcionamiento del Programa ODYSSEE de la Comisión Europea<sup>3</sup>. Este objetivo fue planteado por la CEPAL al identificar la calidad insuficiente de las estadísticas e indicadores de desempeño que permitieran cuantificar los resultados de los programas nacionales de eficiencia energética en el ámbito de la región, derivada de una limitada cantidad y experiencia de recursos humanos en las instituciones nacionales dedicadas a monitorear el progreso de las políticas públicas de eficiencia energética en América Latina.

El programa BIEE fue lanzado por la CEPAL desde 2011 con la colaboración de la Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo (GIZ) y el apoyo técnico de la Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía (ADEME)<sup>4</sup>. Asimismo, fue contratada la consultora internacional ENERDATA, especializada en el desarrollo del programa ODYSSEE en Europa. Las actividades del programa BIEE iniciaron en 2012 con la participación de los países del Mercosur (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). En 2013 se incorporaron los países de Mesoamérica (México, Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Panamá); también se unieron Perú, República Dominicana, Nicaragua, Honduras, Colombia, Ecuador, Venezuela y Cuba durante 2014. Finalmente, en 2017 se comenzaron los trabajos para extender el proyecto a los países del Caribe de habla inglesa (Jamaica, Santa Lucía, San Vicente y Granadinas, Barbados y Guyana).

La incorporación de México inició durante el primer taller de trabajo del programa BIEE para países de Mesoamérica, que se llevó a cabo los días 11 y 12 de abril de 2013 en la Ciudad de México. La organización del evento fue liderada por la CEPAL y contó con la participación de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Bajo este contexto, la CONUEE se convirtió en el punto focal que representaría a México ante la CEPAL en las actividades del proyecto. La CONUEE identificó objetivos comunes entre el programa BIEE y sus mandatos institucionales, ya que le permitiría dar cumplimiento a algunas atribuciones establecidas, primero en la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), y posteriormente en la Ley de Transición Energética (LTE). Aunque en distintos períodos, ambos instrumentos legales y sus respectivos reglamentos otorgaron facultades a la CONUEE para difundir indicadores de eficiencia energética del país y de distintos sectores de consumo de la energía, e incluso compararlos respecto a otros países<sup>5</sup>.

Al igual que todas las instituciones de los países participantes, la CONUEE cubrió y cooperó con las cinco actividades prioritarias establecidas por la CEPAL durante el proyecto: 1) capacitación de los equipos nacionales a través de talleres técnicos; 2) recopilación de datos armonizados; 3) lanzamiento de una base de datos regional; 4) elaboración de reportes nacionales y uno regional; y 5) organización y participación de un seminario final de resultados obtenidos. Dentro de la actividad número 4, la CONUEE elaboró este primer *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México* como parte de los resultados de las actividades desarrolladas en el marco del programa BIEE. El documento incluye un análisis multisectorial a partir de las estadísticas emitidas por fuentes oficiales, mismas que dieron origen a todos los indicadores que se presentan a lo largo del informe.

---

<sup>3</sup> El Programa ODYSSEE reúne a representantes de los 28 Estados miembros de la Unión Europea más Noruega, y tiene como objetivo el seguimiento de las tendencias y medidas de eficiencia energética en Europa mediante herramientas en línea que incluyen bases de datos de consumo de energía, indicadores de eficiencia energética y el seguimiento de los impactos de los programas nacionales implementados en cada país. Véase <<http://www.odyssee-mure.eu/>>.

<sup>4</sup> Agencia para el Medio Ambiente y la Gestión Energética (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).

<sup>5</sup> Los mandatos establecidos a la CONUEE en materia de indicadores de eficiencia energética se plasmaron en el artículo 18, fracciones III y IV de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía de México, vigente hasta diciembre de 2015, y actualmente se encuentran en el artículo 27 del Reglamento de la Ley de Transición Energética, publicado en mayo de 2017.

Los indicadores de eficiencia energética obtenidos y presentados en este informe corresponden a intensidades energéticas expresadas como relaciones (o ratios) que vinculan un consumo de energía y un nivel de actividad determinada. El nivel de actividad se expresa en términos económicos (unidades de valor monetario), físicos (unidades de producción o unidades de servicio) o sociodemográficos (por habitante, por vivienda y por hogar). Los sectores analizados son el macroeconómico, energético, industrial, transporte, comercial-servicios, residencial y agropecuario.

Adicionalmente, a sugerencia de la Sede Subregional de la CEPAL en México, la CONUEE aceptó el reto de incluir en su informe nacional un capítulo denominado “Nexo agua-energía” y sus correspondientes indicadores. Esto constituye una referencia importante para empezar a trabajar en todas las vinculaciones de estos dos temas que figuran como los objetivos 6 y 7 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Los consumos de energía e indicadores de eficiencia energética del informe siguen los lineamientos establecidos por la CEPAL, por lo que las unidades energéticas en la mayoría de los casos se expresan en toneladas equivalentes de petróleo (tep), kilos equivalentes de petróleo (kep) o kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep). Dichas unidades de medida de la energía no corresponden a lo que establece la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en México<sup>6</sup>, sin embargo, la CONUEE ha desarrollado una herramienta interactiva en su portal electrónico con los indicadores obtenidos, misma que permite la conversión de unidades energéticas. Esta herramienta forma parte de un proyecto de cooperación con la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), la ADEME y ENERDATA.

De acuerdo con la CEPAL todos los informes nacionales deben expresar los niveles de actividad económica en una base de precios constantes en la moneda nacional y año de referencia de cada país. En este sentido, las unidades económicas se reportan en pesos mexicanos y la base constante corresponde al año de 2008, parámetro definido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)<sup>7</sup>. Asimismo, la CEPAL cuenta con la plataforma interactiva Data Mapper del BIEE<sup>8</sup>, que permite visualizar y comparar los indicadores obtenidos entre países de la región, presenta los valores económicos en dólares del año 2000 y considera los efectos de paridad del poder adquisitivo.

## C. Las fuentes de los datos

Para obtener los indicadores de eficiencia energética, la CONUEE inició un proceso de recopilación de datos basado en la actividad económica, productiva y de consumo de energía, a nivel nacional y sectorial. Dicha información fue compilada en una plantilla a partir de la que se derivaron los indicadores de eficiencia energética. En esta etapa, el equipo nacional revisó una guía de información para el llenado de la herramienta, redactada por ENERDATA (*Guidelines for BIEE data template*), y proporcionada por la CEPAL.

Posteriormente, la CONUEE evaluó la información requerida para llevar a cabo el análisis y planteó una estrategia para recolectar los datos en cada sector. La búsqueda inició con la localización de fuentes oficiales y sistemas de información en dependencias gubernamentales, instituciones privadas nacionales y organismos internacionales. Esto requirió al inicio una inversión considerable en tiempo, sin embargo, permitió identificar rutas disponibles de la información, lo que facilitó el seguimiento y actualización constante de las series de tiempo en la plantilla. Asimismo, la CONUEE desarrolló una hoja de cálculo en Excel que permite tratar y actualizar eficientemente los datos.

<sup>6</sup> De acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Sistema General de Unidades de Medida es el único instrumento legal de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, donde se determina que la cantidad de calor y de energía debe medirse en joules (J).

<sup>7</sup> Durante el último trimestre de 2017, el INEGI llevó a cabo el cambio de año base de 2008 a 2013. En esa fecha, la estadística contenida en este informe se encontraba en revisiones técnicas, por lo que no se realizó otro cálculo con el año base 2013.

<sup>8</sup> Véase <<http://www.biee-cepal.enerdata.eu/>>.

Si bien la plantilla de indicadores requirió una gran variedad de datos, la mayoría de las series se concentran en dos rubros de información, energética y económica. En este sentido, la principal fuente utilizada para obtener la información energética fue el Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER), en tanto que la información económica se obtuvo principalmente del Banco de Información Económica (BIE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El SIE es un portal electrónico que concentra información energética originada y actualizada por las distintas instituciones del sector energético en México, tales como comisiones, institutos de investigación, empresas productivas del Estado y la propia SENER. La mayor parte de esta información es utilizada para integrar el *Balance Nacional de Energía (BNE)*, documento oficial que presenta los flujos de energía desde la producción hasta el consumo final en el país. Por otra parte, el INEGI es la institución encargada de capturar, procesar, generar y difundir información acerca del territorio, población, economía y geografía de México, para producir indicadores demográficos, sociales y económicos. El BIE es un repositorio de información económica presentada en forma de series de tiempo a partir de datos generados por el INEGI.

Para complementar el análisis de los indicadores de eficiencia energética, el equipo nacional consultó otras fuentes de información que se usaron para llenar cada segmento de la plantilla, y que a continuación se describen para cada sector:

- i) **Macroeconómico:** esta sección requirió información demográfica, financiera y climática. El tipo de cambio y la paridad del poder adquisitivo fueron obtenidos del Banco de México y el Banco Mundial, respectivamente. La información demográfica provino del Consejo Nacional de Población (CONAPO). La sección de grados-día de calefacción y refrigeración se calculó con una herramienta desarrollada por la CONUEE, y requirió información del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sobre las temperaturas máximas, medias y mínimas por entidad federativa, así como del nivel de lluvia mensual.
- ii) **Energía:** la información del consumo de energía por fuentes en las actividades de extracción y producción de petróleo y gas, refinación de crudo y procesamiento de gas se obtuvo con el apoyo de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Por otra parte, la producción de electricidad y el consumo de combustibles de los autoprodutores, cogeneradores y exportadores de energía eléctrica se obtuvo de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), ya que es la institución encargada de regular y otorgar permisos en la materia. La información de generación de electricidad, el consumo de combustibles y pérdidas por distribución y transmisión del servicio público provino de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- iii) **Industria:** esta sección requirió información sobre la actividad productiva de los distintos subsectores de la industria en términos físicos. Para ello, la mayoría de los datos de producción física se obtuvieron de diversas publicaciones que el INEGI realiza en colaboración con asociaciones e industrias privadas. Asimismo, la CONUEE consultó y validó los resultados obtenidos durante la investigación con diferentes cámaras y asociaciones industriales del país.

Entre las cámaras industriales que colaboraron se encuentran las siguientes: Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel (CNICP); Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO); Cámara Nacional del Cemento (CANACEM); Cámara Minera de México (CAMIMEX); Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA), y Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Con relación a la producción del acero por tecnología, la serie de tiempo fue complementada con información de la Asociación Mundial del Acero (World Steel Association) referida a México. Las asociaciones y cámaras de las industrias azucarera, cementera, química y papel aportaron informes y mejoraron la estadística de producción física de sus actividades.

- iv) **Transporte:** la información sobre el parque vehicular en circulación, ventas anuales e importación de vehículos nuevos y usados se obtuvo del INEGI. La distribución de los consumos de combustibles por categoría se obtuvo del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Los rendimientos de combustible en vehículos ligeros nuevos de venta en México fueron obtenidos de los catálogos anuales elaborados por la CONUEE a partir de información proveniente de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

La información referente al tráfico de pasajeros y mercancías se obtuvo de los anuarios estadísticos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), y algunas series de tiempo fueron complementadas con manuales estadísticos elaborados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Los recorridos típicos de las distintas categorías de vehículos en circulación fueron obtenidos a partir de los informes finales de los proyectos “Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas” y “Caracterización de la flota mexicana de vehículos pesados en circulación” compartidos por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Para la distribución de rendimientos de vehículos en circulación se utilizó el estudio del parque vehicular de Melgar de México (firma consultora privada) adquirido por la CONUEE.

- v) **Residencial:** la información sobre los hogares y el nivel de equipamiento de sistemas consumidores de energía se obtuvo de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) que realiza el INEGI cada dos años. Asimismo, se consideraron otros estudios realizados por el INEGI, tales como los Censos de Población y Vivienda, Encuestas Intercensales, Encuesta Nacional sobre el Uso del Tiempo (ENUT), la Encuesta Nacional de Gasto de los Hogares (ENGASTO), Encuesta Nacional de los Hogares (ENH), y la Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI).

Por otra parte, la información de viviendas que usan gas natural se obtuvo de la CRE a partir de los usuarios que las empresas distribuidoras reportan. La información de consumos energéticos unitarios por equipo proviene del catálogo de equipos y aparatos elaborado por la CONUEE, con base en la información que le proveen los fabricantes, comercializadores, importadores y distribuidores.

La superficie construida de las viviendas nuevas provino del Registro Único de Vivienda (RUV), plataforma tecnológica que contiene la información de las empresas constructoras de vivienda y las características de la oferta de vivienda nueva en México desde 2004, y que ha sido registrada a través de las siguientes instituciones: Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) y Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). La superficie construida de la vivienda habitada fue calculada por la CONUEE a partir de la distribución de tamaños de las viviendas por estado con información de la ENIGH 2008, la ENVI 2014 y el RUV.

- vi) **Comercial y servicios:** la información sobre el empleo en la educación y el número de estudiantes fue obtenida de la Secretaría de Educación Pública (SEP). El número de personas por noche en hoteles y restaurantes se obtuvo de la Secretaría de Turismo (SECTUR). La información sobre el número de camas en hospitales se obtuvo de la Secretaría de Salud (SALUD). La superficie instalada de calentadores solares se obtuvo de la información que la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) proporciona a la SENER para el balance nacional de energía. La población económicamente ocupada y el número de empleados en actividades del sector terciario provino del INEGI. La información de los edificios públicos provino de la CONUEE a partir de las series de tiempo obtenidas del programa de eficiencia energética en la Administración Pública Federal.
- vii) **Agropecuario:** el área sembrada e irrigada se obtuvo del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). La producción agrícola por cultivo, la superficie sembrada

mecanizada y la superficie cosechada se obtuvo del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Los datos referentes a origen y usos del agua fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la CONAGUA. El número de tractores se obtuvo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), en referencia a México.

En general, el equipo de la CONUEE integró estadísticas provenientes de 33 instituciones diversas, nacionales e internacionales para llenar la plantilla (véase la imagen 1). En cuanto a las características de la información, el objetivo en esta etapa fue generar series de tiempo entre 1990 y 2015. El equipo técnico de la CONUEE integró, analizó y procesó un total de 6.800 series estadísticas distribuidas por sector de la siguiente manera: macroeconómico, 1.791 series; energía, 814 series; industria, 1.558 series; transporte, 1.072 series; residencial, 1.491 series; comercial-servicios, 63 series; y agropecuario, 11 series.

La información incorporada en la plantilla es la más actualizada, veraz, consistente y oportuna que la CONUEE pudo obtener hasta noviembre de 2017. El análisis de indicadores de eficiencia energética muestra información hasta 2015 conforme a lo acordado por CEPAL para fines de este informe. Adicionalmente, en un trabajo impulsado por la CEPAL Subsele Regional de México, la CONUEE coordinó el desarrollo del capítulo “Nexo agua-energía” con el apoyo e información de la CONAGUA, PEMEX y CFE.

Por último, este trabajo ha permitido identificar limitaciones de información en las fuentes de referencia e iniciar un proceso de mejora continua enfocado hacia la obtención de indicadores de eficiencia energética con mayor detalle, por lo que se expresan algunas conclusiones y recomendaciones al finalizar este primer informe.

**Imagen 1**  
**México: instituciones consultadas en la recolección de datos**

Sectores	Instituciones
Macroeconomía	SIE, INEGI, BANCO DE MÉXICO, Banco Mundial, CONAPO, CONUEE, SMN, CONAGUA
Energía	SIE, PEMEX, CFE, CRE
Industria	SIE, INEGI, CANACERO, CAMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS AZUCARERA Y ALCOHOLERA, CAMARA DEL PAPEL, CAMAR, CANACEM, worldsteel, ANIQ
Transporte	SIE, INEGI, IMP, SCT, INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, INECC, CONUEE, AMIA
Residencial	SIE, INEGI, CRE, CONUEE, fide, RUV, ANES
Servicios	SIE, INEGI, SEP, SECTUR, SALUD, CONUEE
Agropecuario	SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, CONAGUA, FAO

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes de información consultadas.

## **I. Antecedentes vinculados a la eficiencia energética**

Este capítulo tiene el propósito de introducir desde los antecedentes hasta el contexto actual de las políticas y programas de eficiencia energética desarrollados en México. Para ello, se describe la evolución de las instituciones dedicadas a la eficiencia energética, el marco legal y regulatorio, y los programas más exitosos en la promoción de la eficiencia energética en el país. En la segunda parte del capítulo se describen las condiciones estructurales del país que tienen mayor influencia en los patrones del consumo de energía de la población, así como el contexto del suministro energético y la configuración de la matriz energética nacional.

### **A. Instituciones, políticas y programas de eficiencia energética**

Los inicios de las políticas y programas de eficiencia energética en México se remontan a la década de 1980 y se originan en la coyuntura que se vivió en el mundo durante la década de 1970 a partir de dos crisis petroleras, los esbozos de la globalización de la economía mundial y el naciente interés por el desarrollo sustentable. Ante el cuestionamiento de la alta dependencia de los hidrocarburos en el suministro de las naciones desarrolladas, la preocupación por la seguridad energética derivó en la creación y diseminación de políticas de ahorro de energía alrededor del mundo, y México no estuvo ajeno a ello.

Si bien históricamente México es un importante productor de petróleo, también es uno de los países en América Latina con mayor tradición e impacto en acciones y programas de uso eficiente de la energía. El desarrollo de políticas, programas y acciones de uso eficiente de la energía ha evolucionado positivamente en las últimas cuatro décadas a partir de la implementación de distintas iniciativas del sector eléctrico, la creación de instituciones dedicadas a la eficiencia energética, la evolución y establecimiento de mandatos legales y regulatorios, así como el valor que el sector privado le ha dado a la eficiencia energética para mejorar la productividad y competitividad de sus actividades. Además, otras instituciones más allá del sector energía se han sumado en la adopción y promoción de acciones de eficiencia energética, dada la transversalidad de estas políticas y sus cobeneficios nacionales.

## 1. Instituciones que han promovido la eficiencia energética

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa eléctrica nacional que inició los primeros programas de uso eficiente de la energía en México, incluso antes de que el ahorro de energía formara parte de las políticas energéticas en los instrumentos de planeación del Estado. Así, en 1980 la CFE creó el Programa Nacional del Uso Racional de la Energía Eléctrica (PRONUREE), con el objetivo de difundir información sobre ahorro de energía a los usuarios, convirtiéndose en el primer programa de eficiencia energética que tuvo el país. Durante 1989, por una serie de factores coyunturales, el Gobierno mexicano decidió establecer el Programa Nacional de Modernización Energética y, como consecuencia, la CFE inició el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE, que sustituyó al PRONUREE), y un año más tarde la misma CFE promovió la constitución del Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de Viviendas (FIPATERM) (De Buen, 2011).

Las acciones del PAESE se orientaron hacia dos áreas específicas, una al interior de CFE y otra externa dirigida a diversos usuarios que presentaban los mayores potenciales de ahorro de energía. Las acciones internas tenían como objetivo generar, transmitir y distribuir electricidad al mínimo costo y consumo de energéticos. Estas acciones se centraron en la rehabilitación de centrales de generación, reducción de consumos en usos propios, reducción de pérdidas en transmisión y distribución, e inducción de programas óptimos de operación y mantenimiento. En el caso de las acciones externas se buscaba promover e inducir el ahorro y uso racional de energía eléctrica en todos los sectores de la sociedad, mediante labores de promoción y difusión de medidas de ahorro, asesoría técnica, capacitación y actividades de evaluación en el ahorro de energía (Treviño y Fernández de la Garza, 1994). A la fecha, el PAESE continúa brindando apoyo a los usuarios finales sobre cuestiones relacionadas con la electricidad y mejora de la eficiencia, aunque recientemente su trabajo se ha centrado en las instalaciones de la propia CFE.

Asimismo, la aparición del FIPATERM en 1990 estaba dirigido a zonas de clima cálido extremo (el programa inició en Mexicali), y se convirtió en el primer programa de ahorro de energía del lado de la demanda. Este programa tuvo como primer objetivo apoyar a la economía familiar y al ahorro de energía eléctrica, e inició actividades realizando el aislamiento térmico en 25.000 viviendas. Posteriormente, ante la necesidad de continuar promoviendo acciones de ahorro de energía, en 1997 se adicionaron al fideicomiso nuevos subprogramas enfocados a la sustitución de equipo de aire acondicionado, lámparas fluorescentes compactas y sellado de puertas; además para efectos publicitarios el programa adoptó el nombre de Programa de Ahorro Sistémico Integral (ASI). En 2003 se incorporó el subprograma de sustitución de refrigeradores y se hizo extensivo a seis gerencias regionales de CFE para abarcar todo el país. Hasta 2015 el programa ASI continuó desarrollando acciones de ahorro de energía en coordinación con otras instituciones.

Por otra parte, la eficiencia energética comenzó a ser impulsada de manera formal e institucional a finales de la década de 1980, con la creación de la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE) en 1989. El 26 de septiembre de 1989 se emitió un acuerdo presidencial por el que se creó la CONAE, publicado el 28 de septiembre del mismo año en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Esta comisión nació en el contexto de una creciente necesidad de conservar los recursos naturales no renovables, y su principal objetivo era fungir como órgano técnico de consulta en materia de ahorro y uso eficiente de la energía de las entidades y dependencias de la Administración Pública Federal, así como de los particulares y de los gobiernos de los estados y municipios.

De acuerdo con el decreto, la CONAE nació como una comisión intersecretarial integrada por representantes de las entonces vigentes secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Hacienda y Crédito Público, Programación y Presupuesto, Comercio y Fomento Industrial, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y de Educación Pública, CFE y PEMEX, así como del Departamento del Distrito Federal<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Decreto disponible en <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4829474&fecha=28/09/1989](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4829474&fecha=28/09/1989)>.

A partir de 1999 se inició la restructuración de la CONAE para dejar de ser una comisión intersecretarial, y el 20 de septiembre de 1999 se publicó en el DOF el decreto por el que se creó la CONAE como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía. Este decreto otorgó a la CONAE doce facultades que incluían la expedición de disposiciones administrativas en materia de ahorro y uso eficiente y racional de energía, así como la promoción del aprovechamiento de las energías renovables, entre otros<sup>10</sup>.

El 28 de noviembre de 2008 surge la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) que reemplazó a la CONAE a partir de la entrada en vigor de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE). Esta ley estableció a la CONUEE como el órgano de carácter técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía con autonomía técnica y operativa, y encargado de promover la eficiencia energética en el país. Posteriormente, el 24 de diciembre de 2015, fue publicada la Ley de Transición Energética (LTE), que abrogó a la LASE.

Esta nueva ley ratificó el objetivo institucional de la CONUEE, así como las facultades ejercidas en las últimas décadas, que incluso le fueron incrementadas para elaborar y proponer a la SENER dos de los tres instrumentos de planeación de mediano y largo plazos señalados por la ley como los instrumentos rectores de la política nacional de energía para promover la eficiencia energética. Estos dos acontecimientos fueron significativos en la institucionalización de la eficiencia energética en México ya que, al establecer una institución dentro del marco legal, se da continuidad a las acciones y programas, toda vez que para desaparecerla se requiere modificar o abrogar su ley de origen en consenso entre el Poder Ejecutivo y el Congreso de la Unión.

Otra institución que ha promovido esfuerzos para realizar acciones de eficiencia energética es Petróleos Mexicanos (PEMEX). Esta empresa petrolera del Estado lanzó el Programa de Conservación y Ahorro de Energía (PROCAE) en 1984 con la intención de reducir el consumo de energía en todas sus actividades. Un año más tarde, y con la participación del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), se incorporó al PROCAE un programa de formación de recursos humanos en ahorro de energía. Hasta esos años, la realización de programas de ahorro de energía fueron iniciativas aisladas por parte de algunos actores interesados, y con resultados limitados (INECC/PNUD/MGM Innova, 2012).

Posteriormente, PEMEX reestableció un programa institucional de uso eficiente y de ahorro de energía como resultado del desarrollo de una estrategia de eficiencia energética en colaboración con la CONAE, y cuyos trabajos tuvieron varias etapas. La primera etapa de la estrategia del programa se desarrolló entre 1995 y 1997 con la instauración de un grupo de trabajo dedicado a detectar oportunidades de ahorro de energía en las instalaciones de PEMEX. Luego, en el período 1998-2000 se desarrolló una etapa de asistencia técnica a distancia mediante el uso de herramientas de análisis, en las que los operadores de los sistemas en las instalaciones de PEMEX podían acceder mediante el portal de internet de la CONAE. Dichas herramientas permitían identificar y analizar potenciales de ahorro de energía en calderas, torres de enfriamiento, sistemas de recuperación de calor y de cogeneración e iluminación exterior.

Asimismo, se detectó que la estrategia del programa y las herramientas de diagnóstico podrían contribuir a los objetivos del Sistema Integral de la Administración de la Seguridad y Protección Ambiental (SIASPA) de PEMEX<sup>11</sup>. De esta manera, se estableció que se integrarían al SIASPA con la finalidad de reducir el impacto ambiental a través de acciones de eficiencia energética. Así, en 2001 comenzó formalmente el Programa Institucional para el Uso Eficiente de la Energía en PEMEX con la meta de reducir entre 1,5% y 5% el índice de consumo energético por cada línea de negocio.

En el programa se establecieron actividades de control y seguimiento mediante indicadores energéticos con apoyo técnico y herramientas desarrolladas por la CONAE (De Buen y otros, 2003). En los años siguientes los elementos desarrollados por la CONAE para apoyar a PEMEX sirvieron como base para ofrecer asistencia y apoyo técnico a otras grandes empresas industriales del sector privado. Hoy en

<sup>10</sup> Decreto disponible en <<http://www.dof.gob.mx/index.php?year=1999&month=09&day=20>>.

<sup>11</sup> Programa diseñado por PEMEX para sus instalaciones en materia de seguridad industrial y protección del medio ambiente.

día este programa facilita a las empresas y al propio PEMEX instrumentar sus sistemas de gestión de la energía de una forma más eficaz.

Asimismo, y posterior a la creación de la CONAE (ahora CONUEE), surgió el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en agosto de 1990, también por iniciativa de la CFE, en principio para apoyar las acciones del PAESE. El FIDE es un fideicomiso privado sin fines de lucro que se estableció para coadyuvar en las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. El patrimonio del fideicomiso se ha integrado por las aportaciones de CFE, proveedores, contratistas y del Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana (SUTERM).

Desde la década de 1990 y hasta la fecha el FIDE se ha convertido en una institución dedicada a realizar acciones que permiten inducir y promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en industrias, comercios y servicios, micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMEs), municipios, sector residencial y agrícola, y ha ofrecido apoyo técnico y financiero a través de distintos programas. El FIDE ha realizado estas acciones mediante la elaboración de diagnósticos energéticos, programas de capacitación enfocados a la formación de recursos humanos, la difusión y promoción de resultados de acciones realizadas, campañas de concientización y orientación a la población, y asesorías enfocadas al ahorro de energía (Treviño y Fernández de la Garza, 1994).

Durante la reforma energética de 2008 surgió la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), y con ella se estableció la creación del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), encaminado a potenciar el financiamiento para la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables. Este fondo se abastece de recursos financieros del Gobierno, sometido al presupuesto autorizado a la SENER. Este hito marcó la entrada de la SENER como una institución activa en el desarrollo de programas de eficiencia energética apoyados en los recursos de dicho Fondo. La SENER, con el apoyo del FIDE, comenzó a promover programas para acelerar la sustitución de equipos y luminarias ineficientes en el sector residencial desde 2009.

Otras instituciones fuera del sector energía también se insertaron en la promoción y desarrollo de acciones de eficiencia energética en la medida que las políticas de mitigación de cambio climático se fueron desarrollando en el país. Las instituciones que iniciaron la promoción de acciones de eficiencia energética pertenecían a los sectores medio ambiente, vivienda y agropecuario. En 2009 se publicó por primera vez el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), con el propósito de impulsar la incorporación de políticas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y de adaptación al cambio climático. De esta manera la SEMARNAT y el INECC comenzaron a promover activamente acciones de eficiencia energética en el país.

Por el lado del sector vivienda, en México se han diseñado y promovido reglas y programas con elementos orientados a la sustentabilidad que incluyen aspectos de envolvente como parte de las tecnologías consideradas y permiten obtener subsidios para viviendas de interés social, así como mayor financiamiento a tasas más favorables para viviendas de mayores recursos. Estos programas incluyen el subsidio de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), la hipoteca verde del INFONAVIT y los programas Ecocasa de Sociedad Hipotecaria Federal.

Además, dentro del sector agropecuario, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), han otorgado apoyos mediante programas de fomento e impulso de tecnologías eficientes y energías renovables con el fin de elevar la competitividad de los productores mediante ahorros energéticos y económicos al sustituir combustibles fósiles en los procesos productivos agropecuarios. Los apoyos suelen dirigirse a la adquisición de equipos de bombeo de alta eficiencia, sistemas de enfriamiento (*chillers*), cámaras de refrigeración, sistemas de generación de vapor, sistemas de iluminación y motores eléctricos.

## 2. Evolución de las políticas de eficiencia energética en la planeación nacional y el marco legal del sector energía

La eficiencia energética como política pública del Gobierno Federal se incorporó en la planeación nacional también en la década de 1980, y después evolucionó cobrando cada vez más importancia a la par del surgimiento de diferentes leyes en México. La inserción de políticas de eficiencia energética en la planeación nacional y del sector energía se inició en 1981, con la publicación del Programa de Energía. Metas a 1990 y proyecciones al año 2000, en el que se incluyó como segundo objetivo específico “racionalizar la producción y uso de la energía”.

Este programa fue desarrollado por la administración en turno y reconoció como valioso, por primera vez, el uso óptimo de la energía. Posteriormente aparecieron leyes que ratificaron la importancia de la eficiencia energética en las políticas públicas, entre las más significativas y en orden de aparición se encuentran: la Ley de Planeación; la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; la Ley General de Cambio Climático; y finalmente, la Ley de Transición Energética. Con la aparición de la Ley de Planeación en 1983 se estableció que cada seis años la administración del Gobierno Federal en turno plasmaría el proyecto de nación de los mexicanos en términos de política pública dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND), y a partir de este plan se derivarían los programas sectoriales, regionales y especiales<sup>12</sup>.

A partir de la Ley de Planeación y lo previamente establecido en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la SENER se convirtió en la institución encargada de establecer, conducir y coordinar que la política energética del país incluyera acciones de eficiencia energética dentro del Programa Sectorial de Energía. Así, cada administración emitió sus programas sectoriales de energía considerando la eficiencia energética en algunos objetivos, estrategias y líneas de acción, dentro de los siguientes instrumentos de planeación: El Programa Nacional de Energéticos 1984-1988; el Programa Nacional de Modernización Energética 1990-1994; el Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995-2000; el Programa Sectorial de Energía 2001-2006; el Programa Sectorial de Energía 2007-2012; y el Programa Sectorial de Energía 2013-2018.

Por otra parte, en 1992 se publicó la Ley Federal de Metrología y Normalización que asignó a las dependencias del gobierno mexicano, conforme a sus ámbitos de competencia, constituir comités consultivos nacionales de normalización para expedir Normas Oficiales Mexicanas (NOM) sobre productos, sistemas, procesos, métodos, instalaciones y servicios, así como desarrollar actividades para certificar, verificar e inspeccionar su cumplimiento. Así, en 1993 la SENER, a través de la CONAE, constituyó el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), mismo que tendría como finalidad iniciar la realización del proceso de normalización de eficiencia en energética en el país. Este hito importante consolidó el inicio del Programa de Normalización de Eficiencia Energética de la CONAE, que se ha convertido en el instrumento que más ahorro de energía ha generado en el país. De esta manera, en 1994 se publicaron las primeras Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER) que entraron en vigor por primera vez en 1995 (CONUEE, 2014).

Asimismo, a partir de 2008 aparecieron dos fondos dentro del marco legal del sector energía que buscaban promover la investigación y acciones de eficiencia energética, el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), y el Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE). El primero provino de la publicación de la LAERFTE, en tanto que el FSE se originó en 2007, cuando se reformaron y adicionaron diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos en

---

<sup>12</sup> De acuerdo con la Ley de Planeación, los programas sectoriales, regionales y especiales son instrumentos de planeación que contienen un conjunto de políticas públicas ordenadas de forma racional y sistemática, mediante los que el Gobierno Federal ejerce sus atribuciones en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, así como de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano, con el propósito de la transformación de la realidad del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos establecidos en la Constitución Política de México.

materia de hidrocarburos<sup>13</sup>. Este fondo<sup>14</sup> fue un instrumento creado por el Gobierno Federal con la finalidad de impulsar la investigación científica y tecnológica aplicada, así como la adaptación, innovación, asimilación y desarrollo tecnológico en cuatro rubros: eficiencia energética, fuentes renovables de energías, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía (Secretaría de Energía, 2013). Ambos fondos han continuado operando con la aparición de la LTE.

Con base en la reforma energética de 2008 se publicó la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE)<sup>15</sup> con el objetivo de propiciar el uso óptimo de la energía en todos sus procesos y actividades, desde la explotación hasta el consumo final. En materia de planeación dicha ley mandató la creación del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE), y lo posicionó como el instrumento de política pública dentro del sistema de planeación democrática que establecería las directrices que impulsarían el aprovechamiento sustentable de energía en el país, al ser un programa especial del sector energía con carácter obligatorio en las entidades y dependencias del Gobierno Federal con actualizaciones en cada administración.

En junio de 2012 se publicó la Ley General de Cambio Climático (LGCC), a fin de garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Esta ley enmarcó la necesidad de promover varias acciones de eficiencia energética como parte de las políticas públicas de mitigación.

Por otra parte, dentro del decreto por el que se reformaron y adicionaron diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de energía y con base en la reforma energética de 2013, se mandató a la CONUEE la elaboración de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios (Estrategia), como una extensión del PRONASE. La primera Estrategia fue publicada en 2014, integró un conjunto de recomendaciones de política pública para impulsar la transición energética del país y fue estructurada bajo una perspectiva tecnológica. Sin embargo, la magnitud de este instrumento de planeación hizo evidente con la aparición de la Ley de Transición Energética en diciembre de 2015, que abrogó y sustituyó a la LASE y la LAERFTE. Esta ley estableció que la Estrategia se convertiría en el instrumento de planeación de mediano y largo plazos de la política nacional de energía en materia de energías limpias y eficiencia energética, establecería metas y una hoja de ruta para implementarlas, contaría con revisiones y evaluaciones periódicas, y los programas especiales como el PRONASE deberían alinear sus metas en el corto plazo y contribuir con la LGCC.

Así, la Estrategia se actualizó en 2016 y estableció políticas y acciones en materia de eficiencia energética. Se planteó como meta indicativa en el mediano plazo disminuir la intensidad energética de consumo final a 1,9% por año entre 2016 y 2030, y para el período 2031-2050 se planteó disminuir el mismo índice en 3,7% por año. Además, para dar seguimiento a las metas de la Estrategia se establecieron algunos indicadores de eficiencia energética a nivel sectorial para monitorear la dinámica hacia la transición energética del país.

### **3. Programas de eficiencia energética relevantes en México**

En México se ha desarrollado una gran variedad de programas y acciones de ahorro y uso eficiente de la energía. En todos ellos se ha buscado el mayor impacto de ahorro a través del cambio de hábitos y mejores prácticas, el uso de equipos y sistemas con los mayores niveles de eficiencia y, finalmente, el aprovechamiento óptimo de la infraestructura y materiales relacionados con la energía. Desde esta

<sup>13</sup> Lo que estableció que PEMEX Exploración y Producción estaría obligado a un pago anual de un derecho para la investigación científica en materia de energía, y que un porcentaje de la recaudación generada por la venta de hidrocarburos, a través de la aplicación de este derecho, se distribuiría en el FSE a partir de 2008.

<sup>14</sup> El FSE apoya el financiamiento de proyectos de investigación, desarrollo e innovación liderados por institutos de investigación y de educación superior del país.

<sup>15</sup> Véase <<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LASE.pdf>.

perspectiva, las instituciones dedicadas a la eficiencia energética en México han coordinado sus esfuerzos en tres líneas generales:

- i) La normalización de equipos, productos y sistemas consumidores de energía para asegurar que los que entran al mercado lo hagan con los mayores niveles de eficiencia energética.
- ii) Los programas de apoyo a los usuarios finales de energía para promover la sustitución de equipos y sistemas de baja eficiencia por los de mejor desempeño energético.
- iii) Los programas de información y educación a diversos conjuntos de usuarios para orientarlos hacia las mejores prácticas en el uso de la energía.

#### a) Programa de normalización en eficiencia energética

La normalización en eficiencia energética ha sido la política pública costo-beneficio más exitosa en México, y consiste en especificaciones técnicas dirigidas a limitar el consumo de energía en equipos, aparatos o sistemas comercializados en el país, además de las edificaciones, a través del diseño adecuado de su envolvente térmica. La emisión de Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER) se fundamenta en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) en la década de 1990, y que actualmente sigue siendo una política implementada por la CONUEE que elabora, revisa y publica dichas especificaciones. Las primeras normas entraron en vigor en 1995 y a la fecha se ha alcanzado un total de 31 NOM-ENER dirigidas a regular el consumo de energía eléctrica y térmica de equipos y sistemas del sector residencial, comercial-servicios, industrial, transporte y agropecuario. El cuadro I.1 muestra las NOM-ENER que se encuentran en vigor en México.

**Cuadro I.1**

**México: normas oficiales mexicanas de eficiencia energética publicadas y actualizadas, 1995-2018 <sup>a</sup>**

Nº	Norma oficial mexicana de eficiencia energética	Fechas de entrada en vigor <sup>a</sup>				
		En vigor por primera vez	Primera actualización	Segunda actualización	Tercera actualización	Cuarta actualización
1	Refrigeradores y congeladores electrodomésticos	01/01/1995	01/08/1997	16/05/2003	16/05/2012	
2	Motores trifásicos	01/01/1995	18/06/1998	13/03/2003	19/12/2010	03/01/2017
3	Acondicionamiento de aire tipo cuarto	01/01/1995	24/06/2001	31/01/2009	03/01/2018	
4	Bombas verticales tipo turbina	23/12/1995	30/12/2000	04/11/2014		
5	Bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia	23/12/1995	25/09/2008	29/11/2014		
6	Calentadores de agua para uso doméstico y comercial	07/05/1996	28/02/2001	07/11/2011		
7	Alumbrado en edificios no residenciales	01/09/1996	13/08/2005	05/12/2014		
8	Aislamientos térmicos industriales	08/11/1996	06/12/2014			
9	Bombas para pozo profundo	09/11/1996	18/09/2015			
10	Lavadoras de ropa electrodomésticas	11/05/1997	28/10/2000	03/06/2010	04/02/2013	14/05/2017
11	Bomba sumergible tipo pozo profundo	07/01/1998	18/07/2005			
12	Acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido	08/02/1998	05/11/2002	21/08/2007		
13	Alumbrado en vialidades	16/05/1998	19/08/2005	12/10/2013		
14	Lámparas fluorescentes compactas autobalastadas	23/06/1998	24/12/2008	10/03/2013		
15	Motores monofásicos	18/07/1998	19/07/2005			

Cuadro I.1 (continúa)

Cuadro I.1 (conclusión)

N°	Norma oficial mexicana de eficiencia energética	Fechas de entrada en vigor <sup>a</sup>				
		En vigor por primera vez	Primera actualización	Segunda actualización	Tercera actualización	Cuarta actualización
16	Aislantes térmicos para edificaciones	24/10/1998	12/02/2012			
17	Aparatos de refrigeración comercial	25/06/2001	11/03/2009	25/02/2015		
18	Envoltorio de edificios no residenciales	23/08/2001				
19	Máquinas tortilladoras mecanizadas	30/10/2009				
20	Lámparas para uso general	04/02/2011				
21	Envoltorio de edificios para uso habitacional	07/12/2011				
22	Acondicionadores de aire tipo dividido	01/09/2011				
23	Lámparas de diodos emisores de luz (LED)	22/08/2012	17/04/2017			
24	Vidrio y sistemas vidriados para edificaciones	17/04/2013				
25	LED para vialidades y áreas exteriores públicas	05/05/2013				
26	Emisiones de CO <sub>2</sub> para vehículos ligeros y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible	20/08/2013				
27	Estufas de cocción de alimentos	14/12/2013				
28	Energía en espera	20/09/2014				
29	Transformadores de distribución	29/12/2015				
30	Acondicionadores de aire tipo Inverter	06/08/2016				
31	Fuentes de alimentación externa	25/04/2018				

Fuente: CONUEE.

<sup>a</sup> A la fecha, las NOM de eficiencia energética mostradas en el cuadro I.1 se encuentran vigentes y las que no se han actualizado cuentan con un oficio de ratificación. Los nombres señalados de cada NOM son indicativos.

El desarrollo del programa de normalización ha ido acompañado por la creación de infraestructura con recursos privados, misma que es requerida para los procesos de evaluación de la conformidad realizados por laboratorios de prueba, organismos de certificación y unidades de verificación que son acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Por esta razón, los laboratorios de prueba y organismos de certificación se incrementaron significativamente entre 1995 y 2016 (véase el gráfico I.1).

En México, la certificación<sup>16</sup> de un producto asegura que se cumpla con el consumo máximo o la eficiencia mínima que establece alguna de las NOM-ENER, y un organismo de certificación puede expedir los certificados, incluso en más de una Norma Oficial Mexicana (NOM) de producto. Una vez certificados, los productos deben incluir una etiqueta individual en los términos definidos por la propia norma. A finales de 2002 se realizó un estudio para determinar el impacto de esta etiqueta en México. El “Estudio cualitativo para explorar la comprensión del consumidor sobre la etiqueta de eficiencia energética mexicana” contó con el apoyo del Collaborating Labeling and Appliance Standards Program (CLASP) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), en coordinación con la CONAE (ahora CONUEE).

<sup>16</sup> De acuerdo con la LFMN, la certificación es un procedimiento mediante el que se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización, nacionales e internacionales. Por otra parte, la certificación es la constatación y comprobación mediante muestreo, medición, análisis de resultados de pruebas de laboratorio o exámenes de documentos que se realizan para evaluar la conformidad con una NOM de un producto sujeto a este instrumento legal. Para más información de los procesos de evaluación de la conformidad de las NOM-ENER se recomienda consultar el documento *Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética, balance al 2016*, disponible en:

<[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/291917/NOM-ENER-\\_-Balance-2016-VF-\\_-25enero2018-\\_-OdeB\\_-modificado-NM\\_\\_J\\_A-REV\\_JL\\_compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/291917/NOM-ENER-_-Balance-2016-VF-_-25enero2018-_-OdeB_-modificado-NM__J_A-REV_JL_compressed.pdf)>.

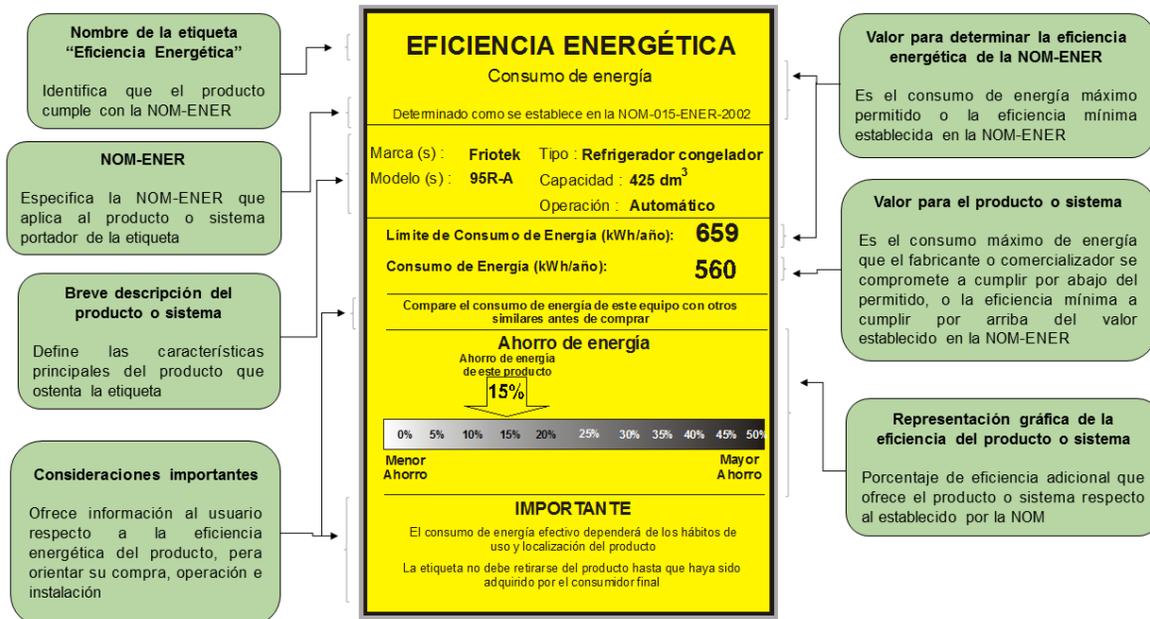
**Gráfico I.1**  
**México: evolución del número de laboratorios de prueba y organismos de certificación en las NOM-ENER, 1995-2016**



**Fuente:** Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética, balance 2016, CONUEE.

El objetivo de esta evaluación fue identificar los problemas de comprensión de la etiqueta para mejorar su diseño y contenido (información). De esta manera la toma de decisiones por parte de los consumidores de los productos normalizados se basaría en más información. En el estudio se evaluaron cuatro elementos clave para decidir la compra del producto: características (tamaño y capacidad), economía (precio y consumo de energía), apariencia y diseño, y seguridad (garantía y marcas). Además, se evaluaron cinco tipos de etiqueta tomando en cuenta cuatro principales factores: diseño llamativo, fácil entendimiento, credibilidad y motivación. Así, la etiqueta de eficiencia energética que actualmente se utiliza no es la que obtuvo el más alto puntaje por el diseño más llamativo, pero sí contó con un mejor entendimiento por parte de los grupos focales de estudio, así como menos opiniones negativas y confusas sobre la información que presenta (véase el gráfico I.2). Actualmente en México existen etiquetas de eficiencia energética para 13 aparatos normalizados.

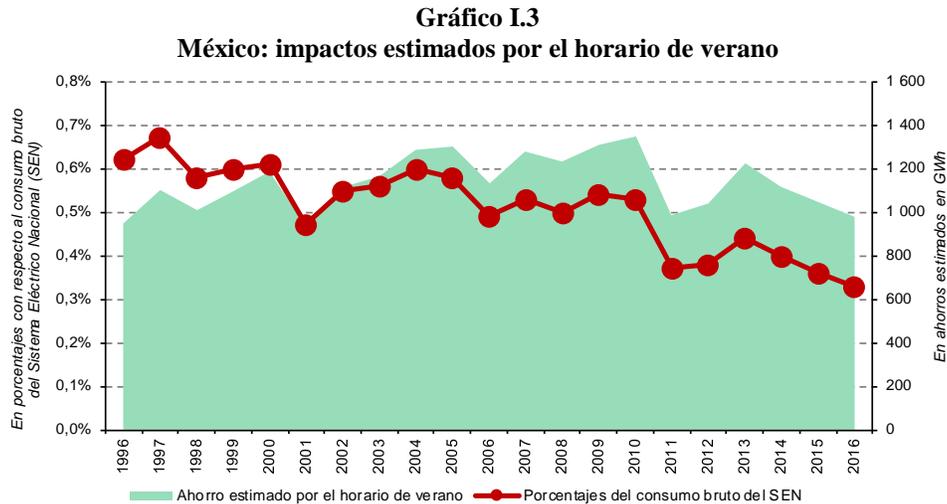
**Gráfico I.2**  
**Elementos de una etiqueta actual de eficiencia energética mexicana**



**Fuente:** CONUEE.

### b) Programa de horario de verano

El horario de verano se implementó en México a partir de 1996, basado en la promulgación de un decreto presidencial; cinco años más tarde el Congreso de la Unión aprobó la Ley del Sistema Horario en los Estados Unidos Mexicanos que se publicó en el DOF el 29 de diciembre de 2001. Finalmente, el 1 de marzo de 2002 fue publicado el decreto por el que se establece el horario estacional (horario de verano de siete meses) que se aplica cada año en México. Este programa ha propiciado ahorros significativos que han diferido inversiones en capacidad instalada de generación adicional, aunque las evaluaciones recientes muestran una baja en los impactos (véase el gráfico I.3).



**Fuente:** Instituto Nacional de Electricidad y Energía Limpias.

### c) Programa de ahorro de energía en la Administración Pública Federal

En 1999 el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) estableció la adopción de medidas para fomentar el ahorro de energía eléctrica y combustibles dentro del Acuerdo del Programa de Austeridad Presupuestaria en la Administración Pública Federal, en donde entre otras cosas se estableció que la CONAE expediría los lineamientos generales del Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal. El convencimiento de los beneficios obtenidos por el ahorro de energía provocó un proceso evolutivo del programa, por lo que en la expedición de los lineamientos del año 2000 se agregó un informe anual sobre los resultados, el seguimiento a los inmuebles de manera trimestral y una meta de reducción del 20% en el Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE) individual respecto al de 1998.

De igual manera, los lineamientos de 2001 establecieron la obligatoriedad de registro a los inmuebles que tuvieran una superficie construida entre 1.000 m<sup>2</sup> y 3.000 m<sup>2</sup>. Asimismo, se implantaron Índices de Referencia de Consumo de Energía Eléctrica (IRCE) para tres regiones con niveles de operación que incluían a inmuebles con una superficie mayor a 3.000 m<sup>2</sup>. De 2003 a 2008 el programa se mantuvo con pequeñas variaciones en cuanto a su operación, evaluación y seguimiento. Así, en 2009 se publicó el esquema del Programa de Eficiencia Energética en la APF con el protocolo de actividades para la implementación de acciones de eficiencia energética en inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones de la APF. Mediante este protocolo se adicionaron formalmente al programa las flotas vehiculares y las instalaciones industriales, y dejaron de ser de participación voluntaria, como ocurría en algunos casos.

Los protocolos mantuvieron una misma estructura hasta 2012, aunque algunos aspectos como el registro de información y las metas específicas de cada rubro cambiaron. Una diferencia sobresaliente del protocolo de 2012 fue que no se estableció una meta de ahorro para las dependencias y entidades, sino que debían elaborar un diagnóstico energético integral (DEI), y las metas debían capturar el potencial de ahorro detectado en dicho diagnóstico en los siguientes años. De 2013 a la fecha este programa se continúa implementando a través de disposiciones administrativas oficiales que todas las dependencias y entidades

de la APF deben cumplir; sin embargo, se han mejorado diversos elementos del programa que hoy en día permiten mayor alcance y efectividad de sus acciones.

Con estos cambios el impacto y los resultados en ahorro de energía rondan los 18 GWh anuales, 15 millones de litros de combustible/año y el equivalente a 1,7 millones de barriles de petróleo al año. Esto se logró con el compromiso y trabajo de los comités internos de ahorro de energía de las 250 dependencias y entidades que participan en el programa y que involucran a más de 5.000 funcionarios públicos de todo el país, y que son los responsables de la operación y seguimiento de 7.300 edificios, cerca de 1.800 flotas vehiculares y 576 instalaciones industriales que incluyen las más importantes plantas de PEMEX y de la CFE.

#### *d) Otros programas recientes y significativos de eficiencia energética*

A continuación, se enlistan otros programas que se han sido implementados para promover medidas de eficiencia energética en México.

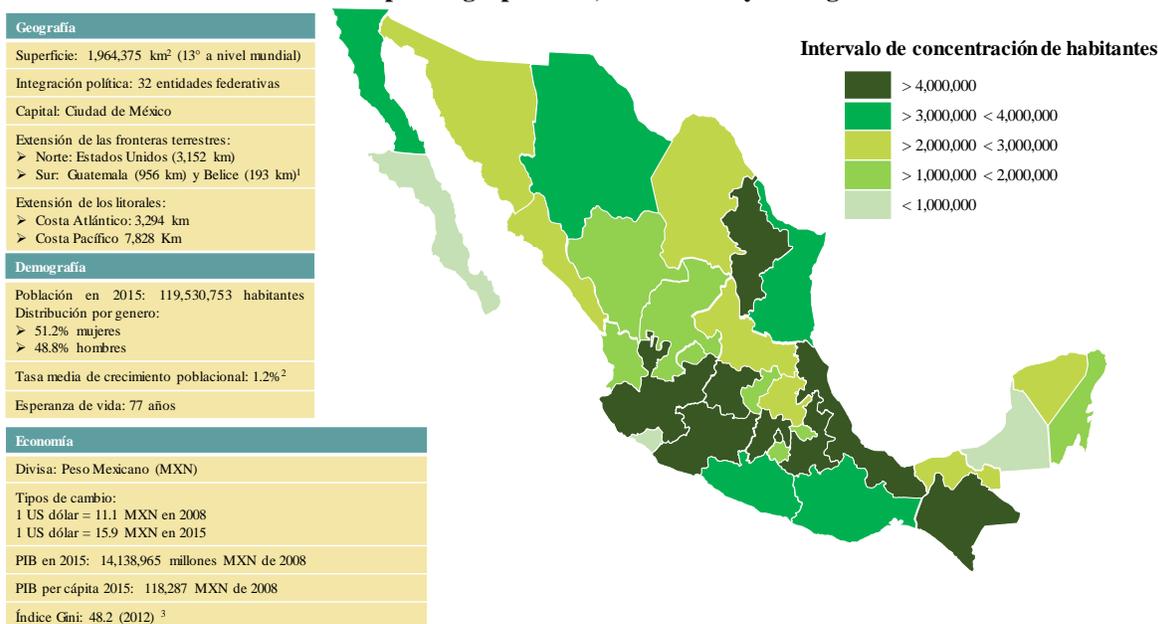
- i) Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía Eléctrica “Cambia tu viejo por uno nuevo”. Este programa fue creado por la SENER y operado por el FIDE hasta el año 2012. Su objetivo fue sustituir refrigeradores o equipos de aire acondicionado con más de 10 años de uso por equipos más eficientes. Este programa otorgó 1,8 millones de créditos a usuarios residenciales.
- ii) Programa Luz Sustentable. Desarrollado conjuntamente por SENER y FIDE en el período 2009 a 2012, comprende dos fases. El objetivo del programa fue sustituir focos incandescentes por lámparas ahorradoras de forma gratuita y logró un reparto de 47,2 millones de lámparas ahorradoras.
- iii) Programa Ahórrate una luz. Este programa de la SENER fue operado por el FIDE con el apoyo de Diconsa, S.A de C.V. Su objetivo fue entregar 40 millones de lámparas ahorradoras (LFCA) a los habitantes de poblaciones de menos de 100 mil habitantes para apoyar su economía familiar, disminuir su consumo y contribuir al cuidado del medio ambiente con la disminución de gases contaminantes emitidos a la atmósfera.
- iv) Programa Hipoteca Verde. El INFONAVIT inició este programa en 2009 con la finalidad de otorgar créditos para comprar, construir, ampliar o remodelar una vivienda con accesorios ahorradores de luz, gas y agua como aislamientos térmicos, lámparas ahorradoras, calentadores solares y llaves ahorradoras, entre otros.
- v) Programa de Mejoramiento Sustentable en Vivienda Existente. Tiene por objeto apoyar al sector residencial en la adquisición de tecnología sustentable y eficiente a fin de reducir el gasto familiar por concepto de consumo eléctrico. Las tecnologías participantes son sistemas fotovoltaicos, calentador de gas eficiente, calentadores solares, aires acondicionados y aislamiento térmico, entre otros.
- vi) Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal. Este proyecto tiene como objetivo impulsar la eficiencia energética a través de la sustitución de sistemas ineficientes de alumbrado público municipal, contribuyendo así a promover la reducción en el consumo de energía eléctrica, la implementación de tecnologías más eficientes y asegura el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes a los sistemas y productos de alumbrado público.
- vii) Programa Nacional de Sistemas de Gestión de la Energía (PRONASGE). Este programa, coordinado por la CONUEE, promueve la aplicación de sistemas de gestión de la energía basados en la norma ISO-50001 y apoya a usuarios de energía con información, asesoría y herramientas de análisis para su adecuada instrumentación en las instalaciones y empresas.
- viii) Programa de Ahorro y Eficiencia Energética Empresarial (PAEEEM), también denominado “Eco-Crédito Empresarial”. Este es operado por el FIDE con recursos del FOTEASE. El

proyecto pretende otorgar un financiamiento a tasa preferencial a los usuarios con tarifas 2 y 3, con el objetivo de aumentar de su competitividad mediante la reducción de sus costos de operación a través del ahorro y uso eficiente de la energía. En su mayoría el universo de beneficiarios son MiPyMEs que desean sustituir equipos eléctricos ineficientes por equipos eficientes o empresas que desean adquirir equipos nuevos que cumplan las NOM-ENER y también con el sello FIDE. Las tecnologías participantes en el proyecto son refrigeradores comerciales, motores eléctricos, aire acondicionado, iluminación eficiente y subestaciones eléctricas.

## B. Condiciones socioeconómicas del país y suministro de energía

México está organizado como una república representativa, democrática y federal, y está dividido políticamente en 32 entidades federativas, consideradas como estados libres y soberanos en su régimen interior, incluida la Ciudad de México, donde residen los poderes federales<sup>17</sup>. El mapa I.1 muestra los principales índices que explican las condiciones demográficas, económicas, geográficas, sociales y geopolíticas actuales de México. A partir de estos datos se desarrollarán y comprenderán mejor las explicaciones de varios indicadores desarrollados en los capítulos posteriores del documento.

**Mapa I.1**  
**México: aspectos geopolíticos, económicos y demográficos**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONAPO, INEGI, Banxico y Banco Mundial.

<sup>1</sup> No incluye el límite marino en la bahía de Chetumal.

<sup>2</sup> Dato más actualizado y producido por el INEGI.

<sup>3</sup> Corresponde a la tasa media de crecimiento anual en el período 2000-2015.

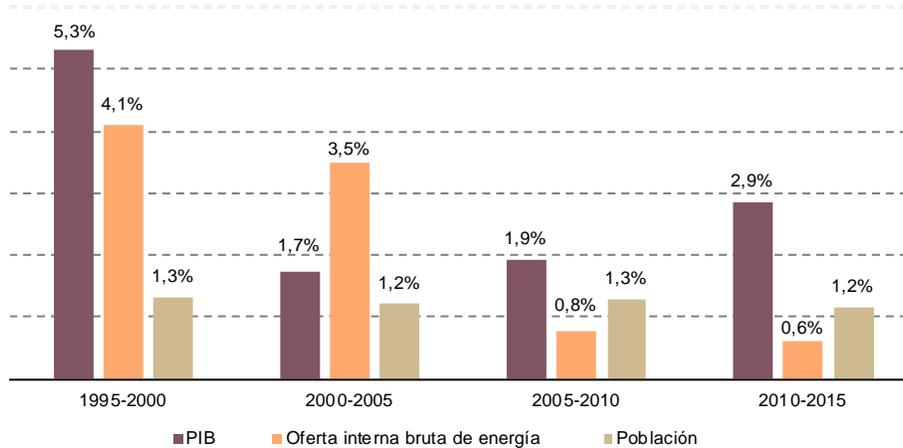
<sup>4</sup> El índice de Gini mide hasta qué punto la distribución del ingreso (o, en algunos casos, el gasto de consumo) entre individuos u hogares dentro de una economía se aleja de una distribución perfectamente equitativa. Un índice de Gini de 0 representa una equidad perfecta, mientras que un índice de 100 representa una inequidad perfecta.

Para analizar las condiciones socioeconómicas y consumo energético de un país, visto como un sistema energético, es importante observar el comportamiento de tres variables principales como el producto interno bruto (PIB), la oferta interna bruta de energía y el número de habitantes. En el caso de

<sup>17</sup> El artículo 42 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos especifica que el país está integrado por entidades federativas, islas, arrecifes y cayos en los mares adyacentes, las islas Guadalupe y Benito Juárez, la plataforma continental y los zócalos submarinos, las aguas de los mares territoriales y mares interiores, y el espacio aéreo situado sobre el territorio nacional.

México, estas variables presentan distintas tendencias de crecimiento en los últimos 20 años. Por un lado, la economía mexicana presentó crecimientos de moderado a bajo entre 2000 y 2015, respecto a la segunda parte de la década de 1990. Como se muestra en el gráfico I.4, el crecimiento poblacional prácticamente se ha mantenido en el mismo rango, en tanto que el crecimiento del suministro de energía para consumo nacional se ha ralentizado en los últimos años.

**Gráfico I.4**  
**México: crecimiento promedio anual del PIB, oferta interna bruta y población, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONAPO, INEGI y SENER.

Para entender los resultados de las políticas públicas de eficiencia energética de México, y por ende las tendencias de los indicadores nacionales de eficiencia energética, es necesario comprender la dinámica entre la forma en que se consume la energía y las condiciones socioeconómicas del país, e identificar algunos factores exógenos que influyen en dicha relación. Esto facilita la identificación de aspectos estructurales que se deben considerar al realizar comparaciones de los indicadores de México respecto a otros países.

Dado que este informe no incluye un análisis de descomposición o factorización de los indicadores<sup>18</sup>, es importante tener en cuenta las particularidades geográficas, económicas y sociales que influyen en el consumo nacional de energía del país (oferta interna bruta). Entre los factores que determinan la relación entre la actividad económica y consumo de energía de los sectores productivos y social del país se encuentran la ubicación geográfica y sus características orográficas, la extensión territorial, la distribución y características socioeconómicas de la población, el clima (biodiversidad de los ecosistemas), la disponibilidad de recursos energéticos y el nivel de desarrollo de infraestructura y urbanización en las distintas regiones de México.

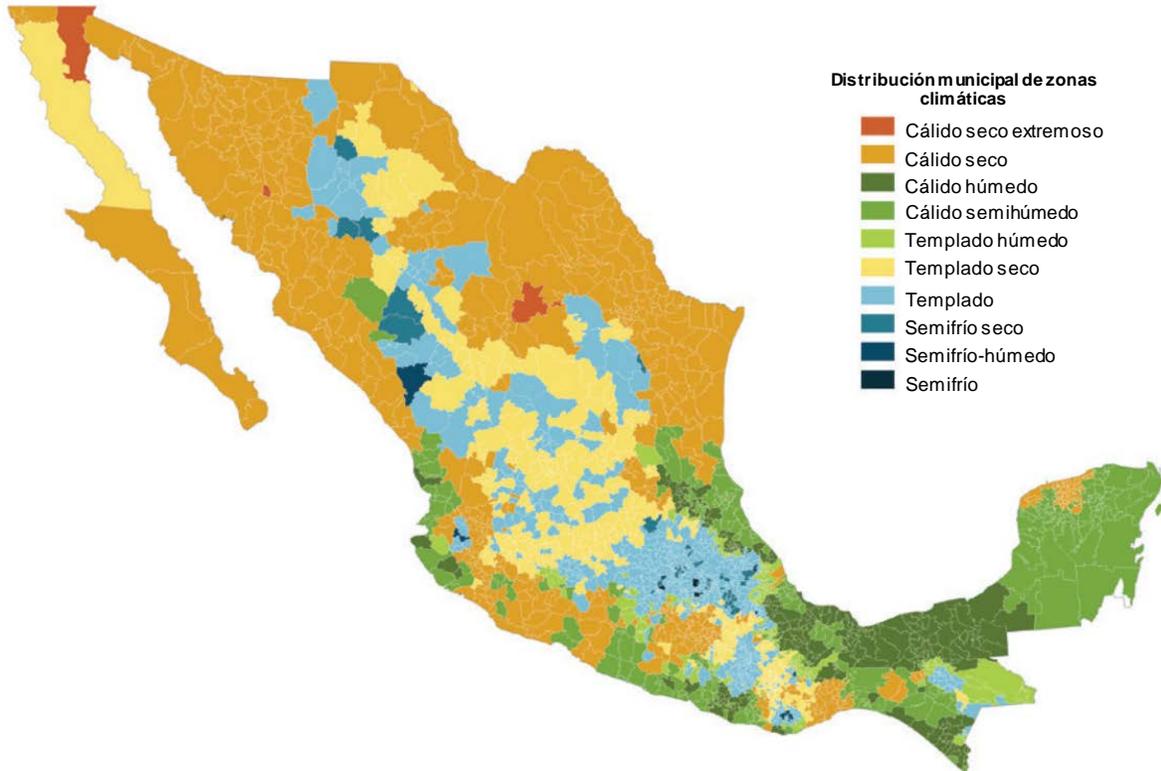
## 1. Aspectos geográficos

La república mexicana está situada en el continente americano en el hemisferio norte; parte de su territorio se encuentra en América del Norte y el resto en América Central. En cuanto a las coordenadas extremas, México se extiende entre los paralelos 14° 32' 27" en la desembocadura del río Suchiate y el paralelo 32° 43' 06" que pasa por la confluencia del río Gila con el Colorado. Asimismo, está comprendido entre las longitudes oeste de Greenwich de 118° 22' 00" y 86° 42' 36", respectivamente. De acuerdo con el INEGI, México tiene una extensión de 1.964.375 km<sup>2</sup>, de los que 1.959.248 km<sup>2</sup> corresponden a superficie continental y el resto a superficie insular.

<sup>18</sup> Se refiere a un análisis del impacto que tienen los distintos factores o fuerzas que inciden en el consumo de energía incluida la eficiencia energética.

Un factor atribuible a la geografía y orografía de México, así como su ubicación en el planeta, es la gran diversidad de zonas bioclimáticas<sup>19</sup> a lo largo del país, lo que influye en la determinación de servicios, usos finales, estacionalidades y patrones de consumo de la energía durante el año. Para fines de sus programas, el INFONAVIT ha clasificado según su temperatura media los 2.456 municipios del país en 10 regiones bioclimáticas, donde predominan tres grandes zonas: cálido, templado y semifrío. Cada entidad federativa del país cuenta con al menos dos zonas bioclimáticas diferentes entre los municipios de su territorio y otros pueden tener hasta nueve zonas diferentes (véase el mapa I.2).

**Mapa I.2**  
**México: distribución de zonas bioclimáticas por municipio**



**Fuente:** Caracterización del uso de aire acondicionado en vivienda de interés social, CONUEE-GIZ, 2016.

Por otra parte, dada la larga extensión del territorio nacional y las coordenadas extremas de México, se aplican distintos husos horarios. Esto también tiene una incidencia indirecta en la forma en que se consume la energía en las distintas zonas del país a lo largo del año. De acuerdo con el Centro Nacional de Metrología (CENAM) y la Ley del Sistema de Horario en los Estados Unidos Mexicanos se reconocen cuatro husos horarios aplicados en el país, denominados oficialmente tiempo del sureste, tiempo del centro, tiempo del pacífico y tiempo del noroeste (véase el mapa I.3).

<sup>19</sup> El clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua.



Fuente: CENAM.

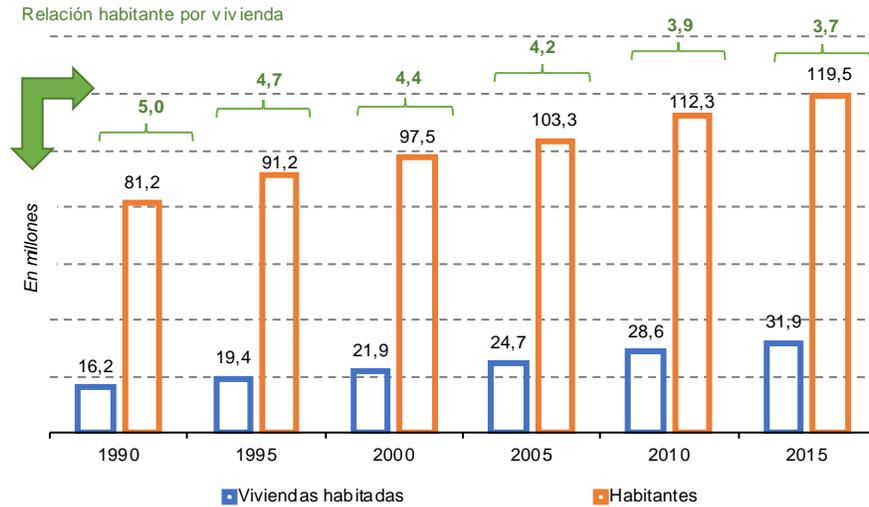
## 2. Aspectos demográficos

En cuanto a la población, el INEGI estima que durante 2015 aproximadamente 119,5 millones de personas habitaron en México, es decir, el país ocupa el quinto lugar en América en extensión territorial y el tercero por el número de habitantes<sup>20</sup>. En retrospectiva, en 1990 habitaban 81,2 millones de personas en México, distribuidos en cerca de 16,2 millones de viviendas. Veinticinco años después, se estima que la cantidad de viviendas habitadas casi se duplicó a 31,9 millones, en tanto que la población se incrementó cerca del 50%. Durante esta evolución se ha transformado la cantidad de habitantes promedio por vivienda en el país. Mientras en 1990 la vivienda promedio era habitada por 5 personas, para 2015 este índice bajó a 3,7 personas por vivienda (véase el gráfico I.5).

La densidad de población por superficie es diferente en cada entidad federativa del país. La ubicación y distribución espacial de la población resulta de especial interés al analizar las ciudades como sistemas energéticos, ya que representa el reto de llevar los servicios energéticos desde los centros de extracción, generación o transformación hasta las mismas ciudades, que son parte central del consumo final. En México, las ciudades son las que concentran la mayor demanda de servicios energéticos a través de las actividades en transporte, edificaciones, industrias y servicios públicos.

<sup>20</sup> En cuanto a la extensión territorial, de acuerdo con el INEGI, México es casi cinco veces menor que Canadá, cuatro veces menor al Brasil, cuatro veces y media menor que los Estados Unidos, y un tercio menor que la Argentina. Respecto al número de habitantes, y conforme a Naciones Unidas, México está por debajo de los Estados Unidos y del Brasil.

**Gráfico I.5**  
**México: población, viviendas habitadas y**  
**relación habitante por vivienda, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

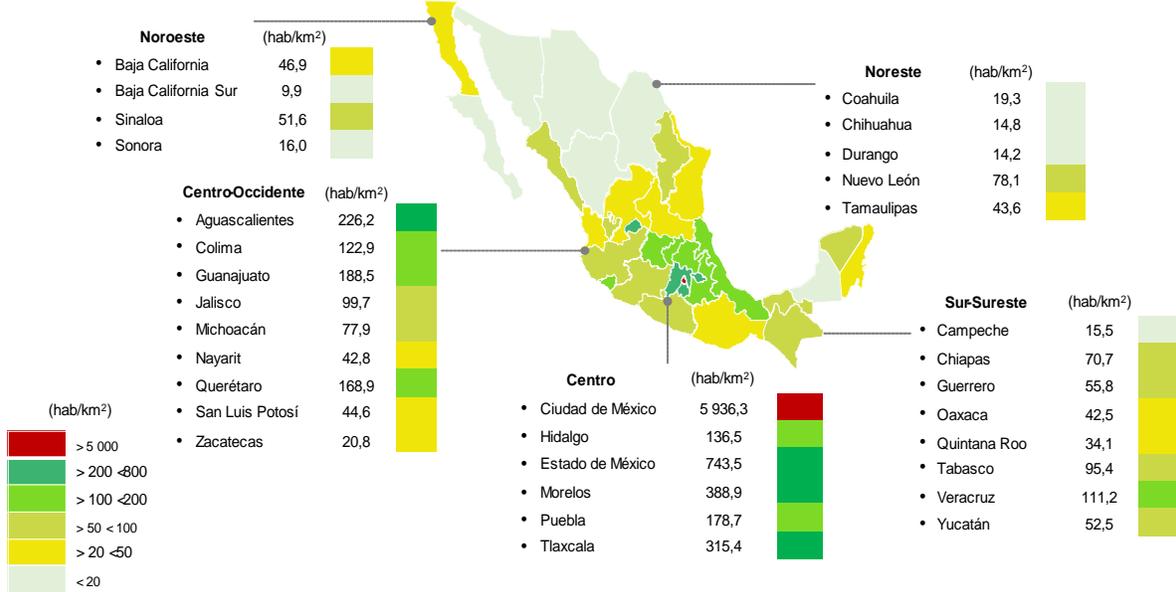
Los estados del norte del país cuentan con grandes extensiones territoriales, pero poseen bajas concentraciones de población. De acuerdo con las estadísticas del Consejo Nacional de Población (CONAPO), esto no está vinculado a fenómenos migratorios hacia los Estados Unidos. Por el contrario, la Ciudad de México posee la menor superficie entre las entidades de la república y cuenta con la mayor densidad de población al superar los 5.000 habitantes por km<sup>2</sup> (hab/km<sup>2</sup>). El promedio nacional tiene un valor de 60,9 hab/km<sup>2</sup>, y prácticamente la mitad de las entidades federativas registran un parámetro por encima de este índice (véase el mapa I.4). La concentración de la población actual en las ciudades del país ha sido determinada por un proceso de urbanización vinculado al crecimiento económico. En este sentido, la urbanización en México ha tenido tres etapas: urbanización lenta y predominio rural (1900-1940)<sup>21</sup>, urbanización acelerada y preeminente (1940-1980)<sup>22</sup>, y urbanización moderada y diversificación (1980-a la fecha).

Durante la tercera etapa de la transición urbana del país se ha presentado una pérdida de dinamismo en el crecimiento de la Ciudad de México y la concentración ha comenzado a distribuirse en varias ciudades. Entre 1980 y 1990 sobresale el crecimiento de las ciudades industriales, por ejemplo, la zona metropolitana (ZM) de Toluca, que dio lugar a un acercamiento con la ZM del Valle de México. Asimismo, un grupo de ciudades fronterizas en el norte del país se mostró como el segundo grupo más dinámico debido a la expansión de la industria maquiladora que constituyó la base de una economía regional. Al grupo anterior le siguió un grupo de ciudades turísticas y portuarias donde destaca la ZM de Cancún, y también el grupo de ciudades manufactureras del interior del país y las situadas en el noroeste en zonas agrícolas de alta productividad (SEDESOL/ONU-HABITAT).

<sup>21</sup> En la primera etapa, la Zona Metropolitana del Valle de México se consolidó como la ciudad primada del país y el principal destino de la migración interna.

<sup>22</sup> En la segunda etapa, la zona metropolitana del Valle de México continuó creciendo monocéntricamente, lo que originó el crecimiento suburbano metropolitano de la Ciudad de México. Además, la segunda y tercera ciudades (Guadalajara y Monterrey) mostraron tasas de crecimiento por encima del promedio urbano nacional. En esta etapa, entre 1960 y 1980, las ciudades intermedias dentro del área de influencia de la capital presentaron dinamismo (por ejemplo, Puebla, Toluca, Querétaro y Cuernavaca).

**Mapa I.4**  
**México: densidad de población por superficie territorial, 2015**

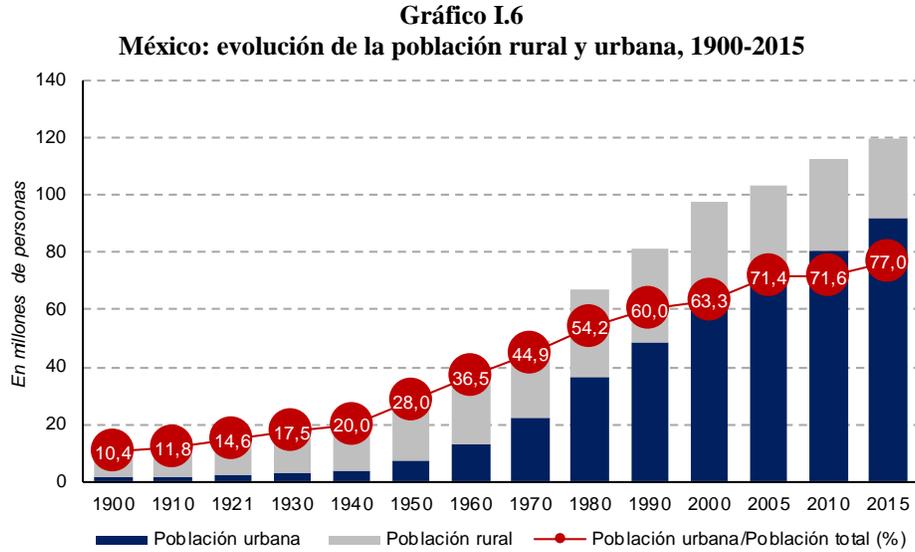


**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y CONAPO.

De acuerdo con el documento *Estado de las ciudades de México 2011* desarrollado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la oficina ONU-HABITAT México del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, México se considera un país con una sociedad principalmente urbana. Se calcula que 384 ciudades concentran alrededor de tres cuartas partes de la población, de las que 56 forman parte de zonas metropolitanas y en conjunto constituyen el sistema urbano nacional (SUN)<sup>23</sup>. Asimismo, en la Estrategia Nacional de Movilidad Sustentable de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), se reconoce que las ciudades en México concentran gran parte de la población y la actividad económica del país. Durante 2010 se efectuó el último censo de población y vivienda donde se recorrió todo el país, y se cuantificó que siete de cada diez personas vivían en alguna ciudad, en tanto para 2015, se estima que el indicador se incrementó a casi ocho (véase el gráfico I.6).

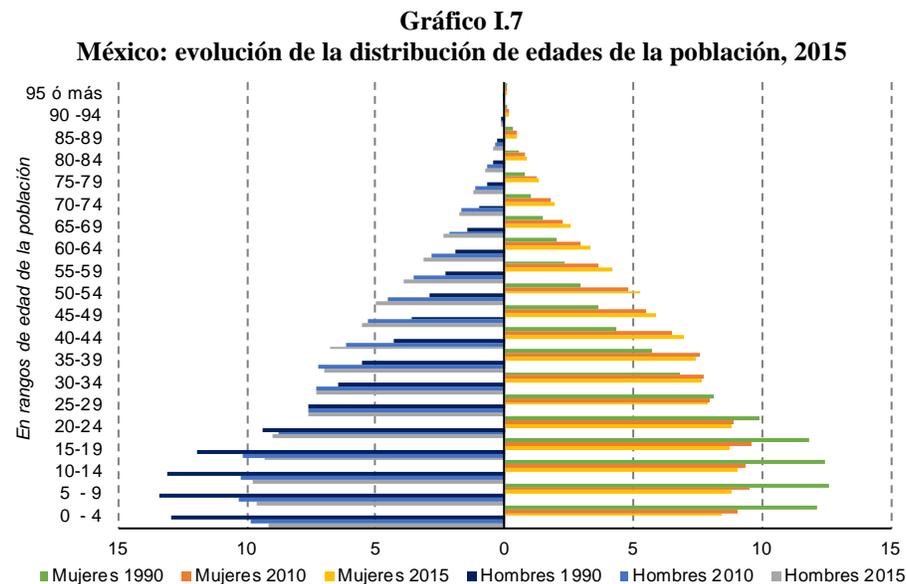
Si bien el fenómeno de formación y crecimiento de zonas metropolitanas del país ha creado centros de actividad económica y de prestación de servicios a nivel regional que acercan a la población al desarrollo económico, social y tecnológico, también ha creado estructuras territoriales complejas para el sistema energético del país. Destaca que desde el año 2000 se observa un renovado incremento de la migración interna hacia las ciudades (véase el gráfico I.6).

<sup>23</sup> El SUN se divide en dos subsistemas: ciudades con una población mayor a 50.000 habitantes y ciudades entre 15.000 y 49.999 habitantes.



**Fuente:** Censos de población y vivienda de varios años, y Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

México es un país joven con un promedio de edad de 27 años en 2015. Actualmente se cuenta con una mayor proporción de población en edad de trabajar que aquella que es dependiente económicamente, por lo que se cuenta con el llamado “bono demográfico”. La población entre 15 y 59 años representó el 62,1% del total en 2015. De esta manera, se observa una transición de la base poblacional hacia la parte central y alta de la pirámide de distribución de edades (véase el gráfico I.7). Vista como motor de la demanda de energía, la estructura poblacional de México puede incidir a través del bono demográfico ya que, como en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, se espera que esto se traduzca en un mayor volumen de actividad económica, nuevos puestos de trabajo, generación de ingresos y un incremento en la demanda de servicios energéticos.

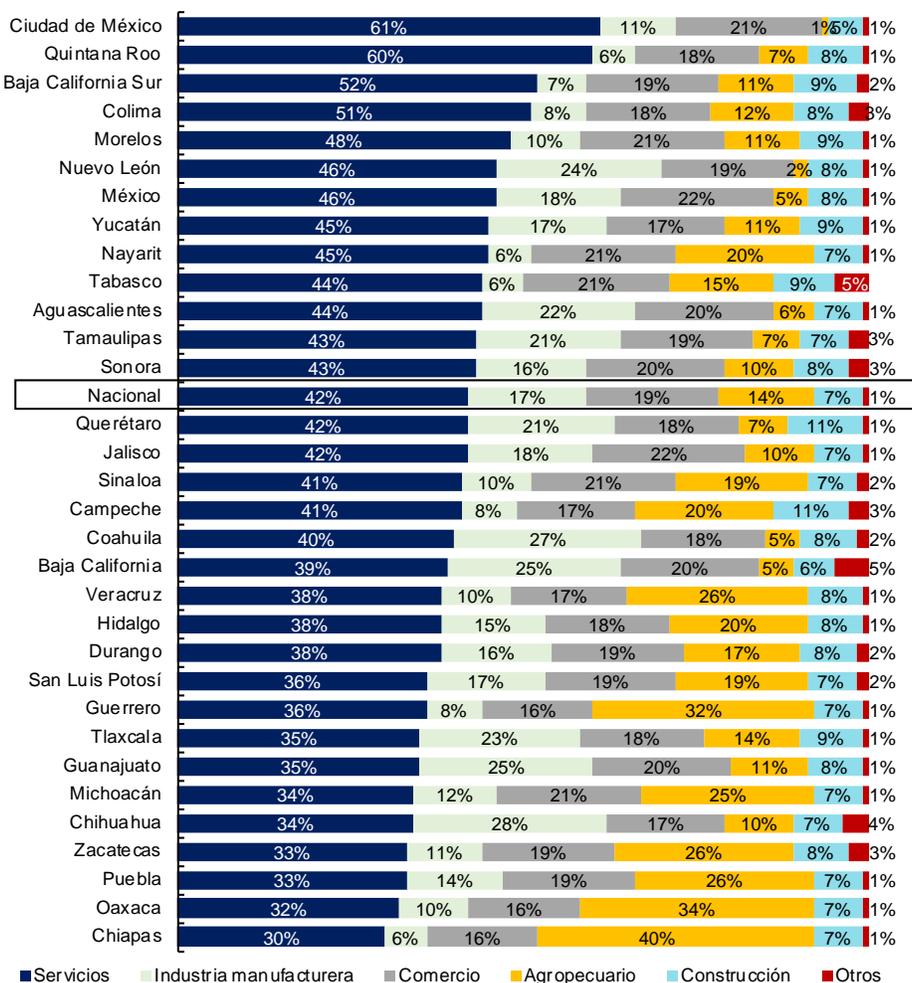


**Fuente:** Censo de Población y Vivienda 1990, 2010 y Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

De acuerdo con el INEGI, al cierre de 2015 se encontraban empleadas 51,6 millones de personas en el país, respecto al total de la población económicamente activa, de los que 38,4% eran mujeres. Al asociar la población ocupada con la actividad económica a la que se dedica, se observa que existe una gran

diversidad de infraestructura productiva que incide directamente en el consumo de energía en cada estado (véase el gráfico I.8).

**Gráfico I.8**  
**Distribución de la población ocupada por actividad económica durante 2015**



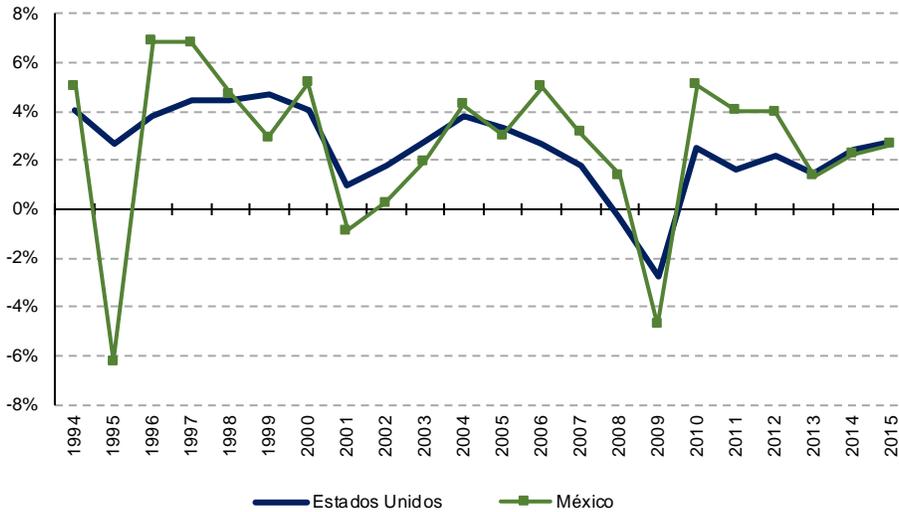
Fuente: Encuesta Nacional de Población y Empleo, INEGI.

### 3. Aspectos económicos

Los principales motores de crecimiento del lado de la demanda de la actividad económica de México provienen del consumo privado, así como de la exportación de bienes y servicios, que ha sido el factor más dinámico pues creció a una tasa media de 6% de 1995 a 2015. Sin embargo, la composición de las exportaciones se modificó drásticamente; en 1995 las exportaciones petroleras representaban 51,5% del total del envío de bienes al exterior, mientras que para el último año solo significaron 9,7%. Este proceso de transformación se guio por el auge de las manufacturas que representaron 86% de las exportaciones de México en 2015.

El principal socio comercial de México son los Estados Unidos; durante 2015, ocho de cada diez dólares obtenidos por actividades de exportación se realizaron con este país (81,2%), y además cerca de la mitad de las importaciones mexicanas provienen de este país (47,3%). La economía mexicana se encuentra estrechamente vinculada al ciclo económico de este socio comercial, lo que es más evidente al dar seguimiento al crecimiento anual del PIB de ambos países (véase el gráfico I.9).

**Gráfico I.9**  
**México y Estados Unidos: crecimiento anual del PIB, 1994-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y del Bureau of Economic Analysis.

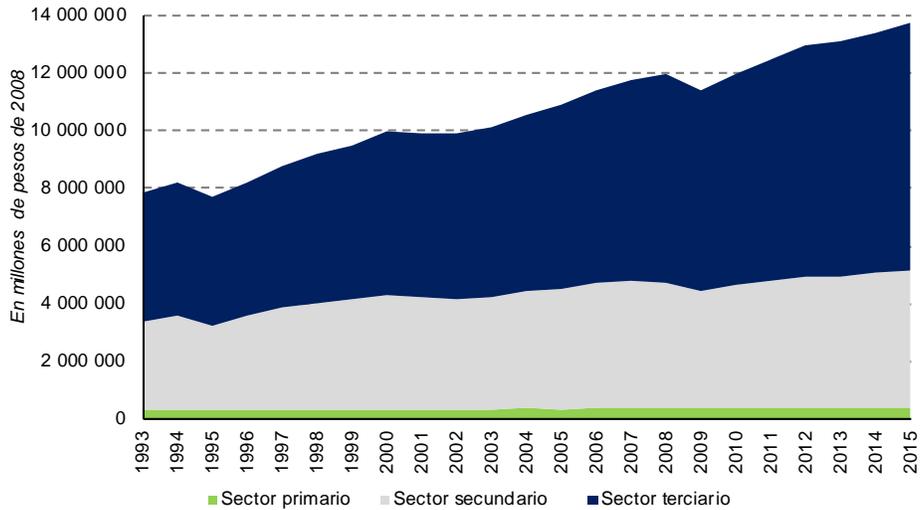
Una de las decisiones de política económica más relevante que influyó en esta ruta de crecimiento para México fue la entrada en vigor en 1994 del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), firmado con los Estados Unidos y Canadá. Si bien el flujo comercial de México ya se concentraba en esta región antes de dicho acuerdo, su volumen creció cerca de cuatro veces (COLMEX, 2010).

Las empresas o ramas económicas vinculadas al comercio internacional en México son aquellas que muestran mayores niveles de competitividad y generan la mayor parte del valor agregado de sus respectivos sectores. Por ejemplo, en el caso del sector agropecuario resalta la exportación de hortalizas, frutas y carne, mientras que, en el sector secundario, la manufactura automotriz, así como de equipos y bienes electrodomésticos, son los que tienen un nivel de exportación más alto. De esta manera, son las actividades con vínculo al sector exportador las que explican en mayor medida la dinámica de crecimiento sectorial del país.

Históricamente, el sector primario ha representado una baja participación en el total de la economía, ya que el grueso de las unidades económicas se enfoca a la producción de autoconsumo, mientras que un menor segmento es el que funciona bajo una lógica empresarial. Esto explica por qué las actividades primarias presentaron una tasa de crecimiento anual menor a las no agrícolas durante el período 1993-2015, de 1,5% respecto a 2,6%.

El sector secundario de México incluye cuatro componentes: minería; generación, transmisión y distribución de electricidad, agua y gas; y construcción e industria manufacturera. Estos componentes presentaron tasas medias de crecimiento respectivas de 0,6%, 5,0%, 2,8% y 2,7% entre 1993 y 2015, todas ellas menores a la expansión del sector terciario, excepto las actividades vinculadas con la provisión de servicios energéticos, como electricidad y gas. El sector manufacturero de México ha mantenido su peso relativo en el conjunto de la economía, ya que en 1993 representaba 17,5% y para 2015 significó 17,1% (véase el gráfico I.10).

**Gráfico I.10**  
**México: crecimiento del PIB por sector productivo, 1993-2015**

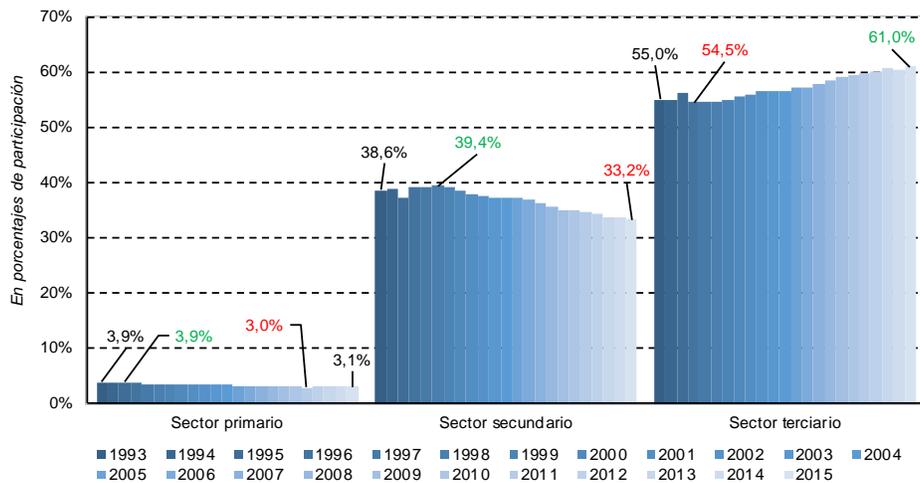


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

Nota: no incluye impuestos a los productos.

Por su parte, el sector terciario creció a una tasa media de 3,4% entre 1993 y 2015, por lo que fue el sector productivo con más crecimiento en la economía nacional. Las ramas de este sector que contribuyen en mayor medida a dicho desempeño son comercio al por mayor y al por menor; transporte, correo y almacenamiento; servicios financieros; y servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes. Estas cuatro actividades representaron seis de cada diez pesos generados por el PIB (62,1%) en 2015 (véase el gráfico I.11).

**Gráfico I.11**  
**México: evolución de la estructura del PIB, 1993-2015**



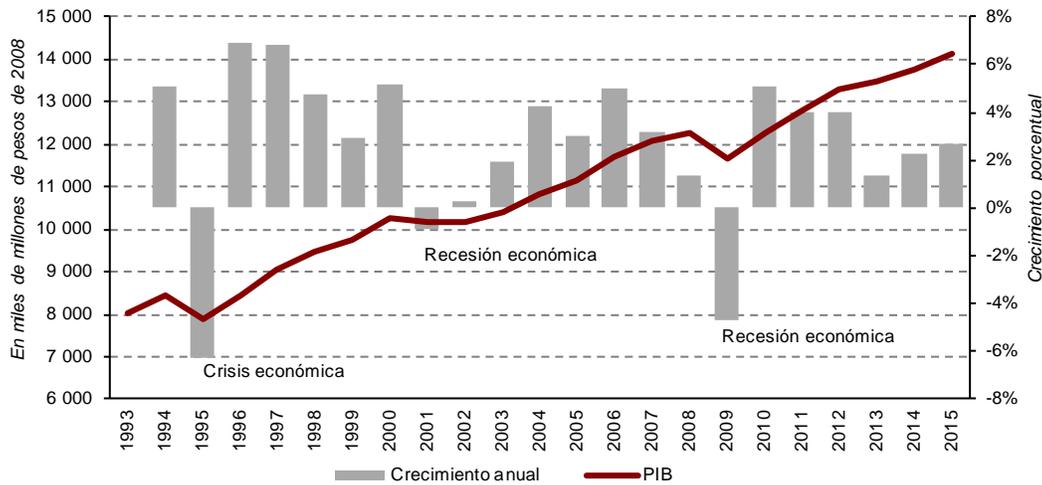
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

La economía mexicana se ha ido tercerizando cada vez más, es decir, ha experimentado una transformación de su estructura económica basada cada vez más en el sector comercial-servicios en contraste con los otros dos sectores. La principal causa de la terciarización de la economía ha sido el incremento de la renta y crédito de las familias que les permite un mayor consumo de servicios de salud, educación, turismo, hoteleros, seguros, transporte, entre otros. Así, la estructura económica del país y su desarrollo se asocian directamente con el comportamiento de la matriz energética de México. Esta

tercerización de la actividad explica por qué el consumo de energía del sector transporte se ha convertido en el más significativo de la matriz energética.

Al abordar la dinámica de la estructura económica reciente de México también hay que remitirse a las crisis y recesiones económicas sucedidas, y los efectos que han llevado a la baja el consumo nacional de energía —resultado de una reducción de la actividad económica— y que se deben diferenciar de los progresos de la eficiencia energética. México ha experimentado estos efectos negativos en 1995, 2001 y 2009 (véase el gráfico I.12).

**Gráfico I.12**  
**México: crisis y recesiones económicas, 1993-2015**



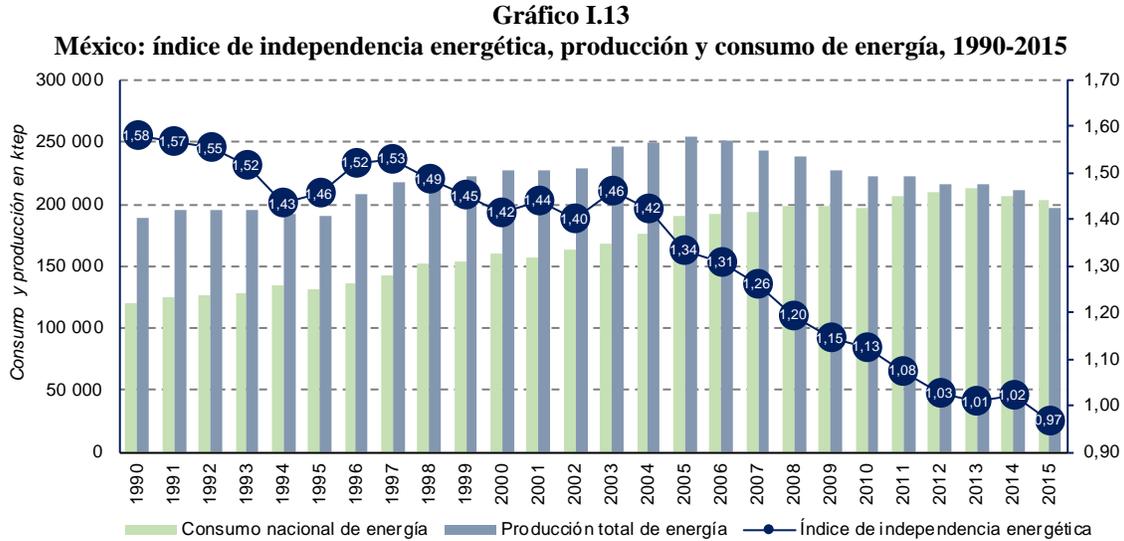
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

## 4. Suministro de energía

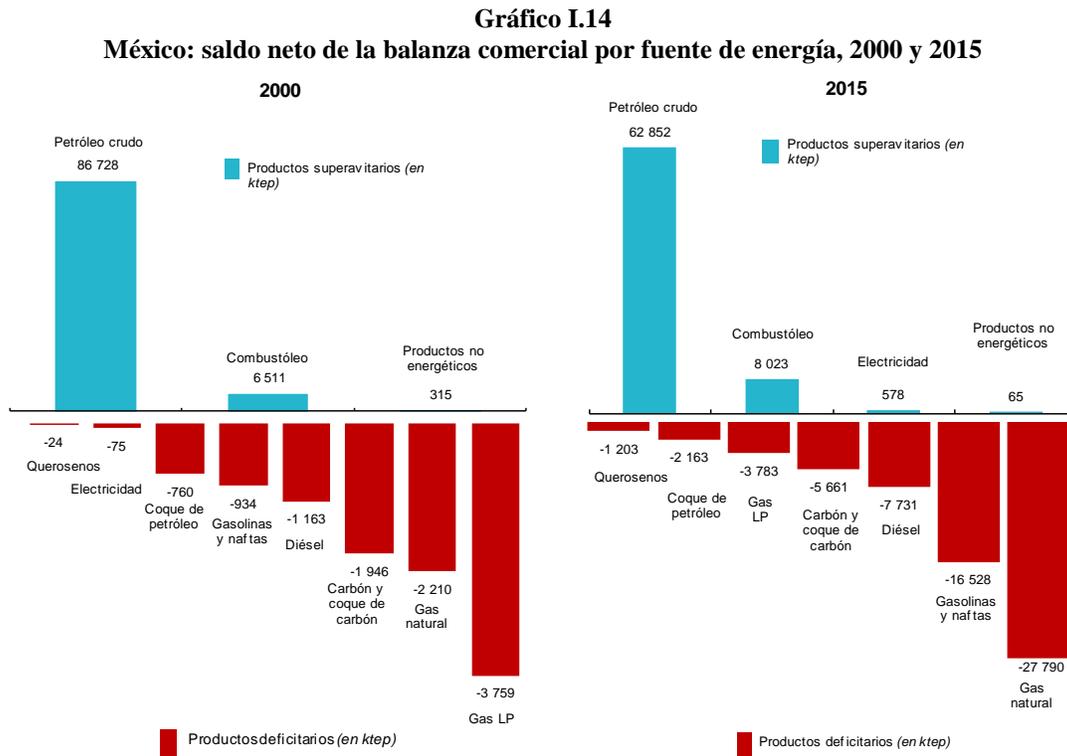
En los últimos 25 años México había sido autosuficiente en su producción nacional de energía primaria, que tenía alta dependencia de los hidrocarburos. Sin embargo, la producción nacional comenzó a declinar constantemente a partir de 2005 debido a la caída inercial de la producción de petróleo (véase el gráfico I.13). Durante el mismo período el consumo de energía se mantuvo al alza hasta 2013. Lo anterior afectó la balanza comercial de energía tanto primaria como secundaria, ya que se incrementaron las importaciones. Bajo esta dinámica, el índice de independencia energética<sup>24</sup> comenzó a reducirse a partir de 2003.

En este contexto, México ha mantenido la producción de petróleo y combustóleo en un estatus superavitario (véase el gráfico I.14). El petróleo se mantuvo en esta condición en las últimas décadas, dado que no se incrementó significativamente la capacidad de refinación en territorio nacional, y se desarrolló una dinámica de exportación de petróleo e importaciones incrementales de gasolinas. Por otra parte, el combustóleo que se producía en México fue sustituido por otros energéticos que comenzaron a importarse en forma creciente tales como el gas natural, carbón y coque de petróleo. Además, no se han podido reconfigurar completamente las refinerías nacionales para disminuir la oferta de este petrolífero.

<sup>24</sup> Corresponde a la relación entre producción y consumo nacional de energía.



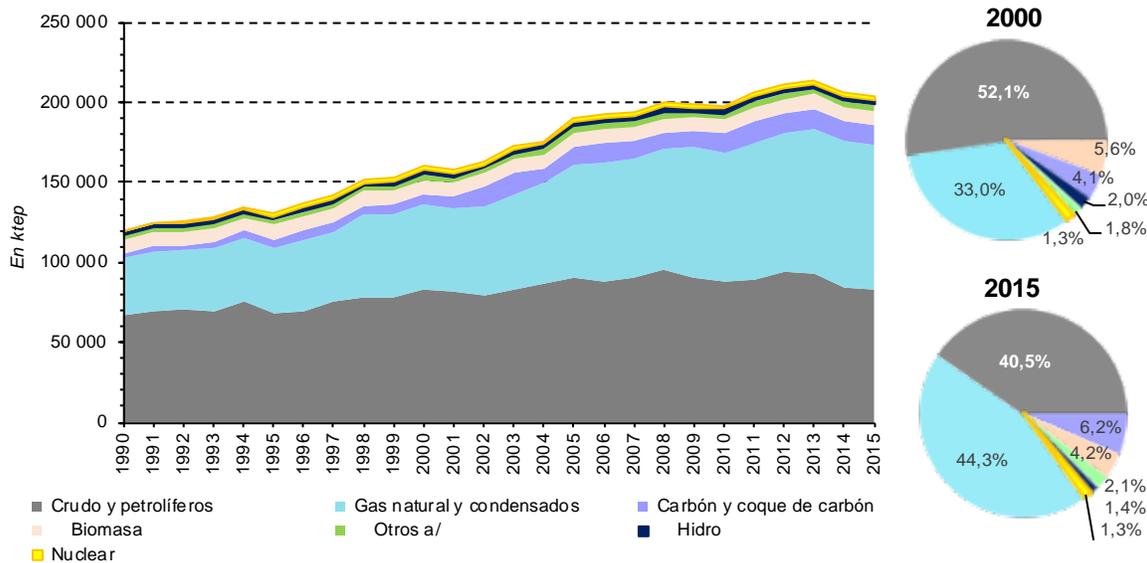
Fuente: Elaboración propia con información de SENER.



Fuente: Elaboración propia con información de la SENER.

De esta manera, el consumo nacional de energía ha sido abastecido por combustibles fósiles de origen nacional e importado, y otras fuentes de energía no fósil tales como bioenergía, hidroenergía, geotermia y energía nuclear, solar y eólica (véase el gráfico I.15).

**Gráfico I.15**  
**México: oferta interna bruta de energía, 1990-2015**



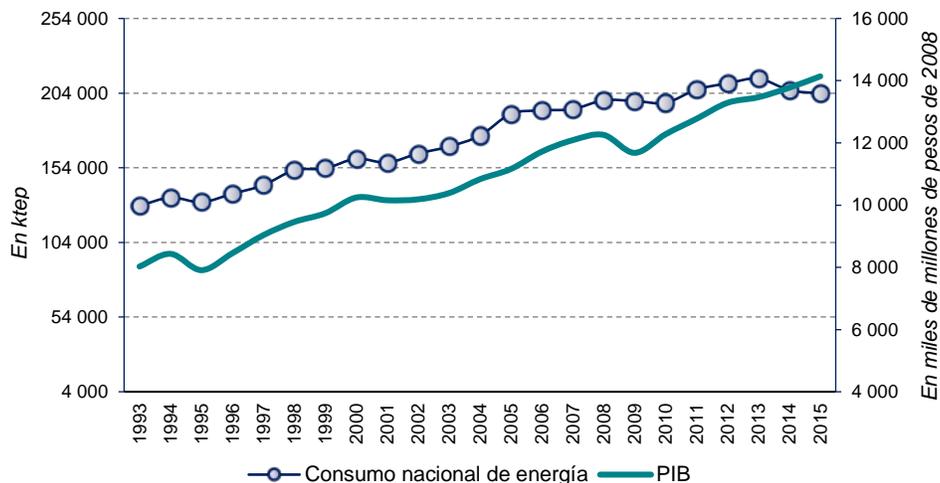
**Fuente:** Elaboración propia con información de la SENER.

<sup>a</sup> Incluye las energías geotérmica, eólica y solar.

### C. Tendencias del consumo de energía

La tendencia del consumo de energía en México ha obedecido a la dinámica y estructura de la economía nacional y a la demanda creciente de servicios energéticos que ha requerido la sociedad. En años recientes la brecha de crecimiento entre el consumo nacional de energía y la actividad económica se fue cerrando, ya que el consumo de energía se estabilizó pese a que la población continuó en aumento (véase el gráfico I.16).

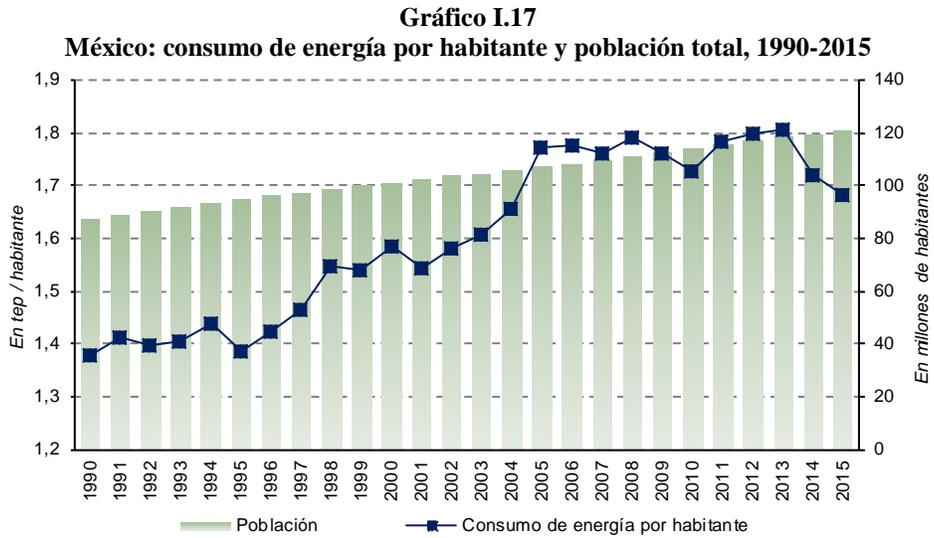
**Gráfico I.16**  
**México: consumo nacional de energía y producto interno bruto, 1993-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y SENER.

La energía es considerada como un factor esencial en el desarrollo económico y su acceso mejora la calidad de vida de la sociedad, por lo que se puede medir a través del incremento del consumo de energía por habitante, ya que refleja las pautas de uso de la energía de una sociedad. En este sentido, el consumo de energía por habitante de México se ha estabilizado en los últimos diez años e incluso viene a la baja en

los más recientes (véase el gráfico I.17). El comportamiento de este indicador refleja que se ha mantenido un ritmo de desarrollo y prosperidad entre la población, en donde la eficiencia energética y la transición hacia la utilización de opciones energéticas respetuosas con el medio ambiente han influido en la dinámica de la matriz energética.



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONAPO y SENER.



## II. Tendencias en el consumo de energía por combustible y sector

Este apartado tiene la finalidad de mostrar las tendencias históricas que han presentado el consumo nacional y el consumo final de energía entre 1990 y 2015. Al mismo tiempo, describe la estructura de los rubros que componen el consumo nacional de energía e identifica los procesos relevantes de sustitución de energéticos que ocurrieron en el sector energía y los sectores de uso final, y que han transformado la matriz energética de México. Asimismo, el capítulo presenta los sectores de mayor importancia en el consumo final de la energía y las fuentes de energía que son utilizadas en cada uno de ellos en orden de importancia.

### A. Estructura y tendencias del consumo nacional de energía

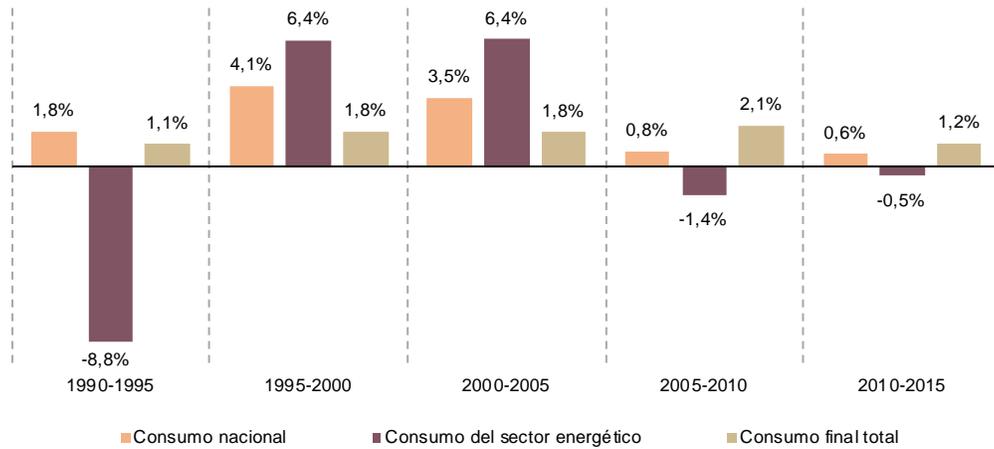
De acuerdo con el Balance Nacional de Energía, el consumo nacional de energía se compone básicamente del consumo del sector energético<sup>25</sup> y el consumo final total de energía<sup>26</sup>, aunque se incluyen también las recirculaciones de gas a pozos petroleros y otras diferencias estadísticas para fines de balanceo. En México, el consumo nacional de energía se incrementó 74,1% en los últimos 25 años, en tanto que el consumo del sector energía aumentó 12,1% y el consumo final de energía total creció 47,5% en el mismo período. Sin embargo, el dinamismo de los años intermedios entre 1990 y 2015 fue muy diferente. El gráfico II.1 muestra que el crecimiento promedio anual del consumo nacional de energía ha crecido a un ritmo menor en los últimos diez años respecto al período 1990-2005. Destaca que el consumo final de energía ha presentado niveles de crecimiento anuales más homogéneos e incluso muy similares en varios períodos.

---

<sup>25</sup> El consumo del sector energético se integra por la energía requerida en centros de transformación, es decir, aquella energía primaria que ingresa a los procesos de refinación, coquización y procesamiento de gas, y la energía primaria o secundaria que ingresa a las centrales eléctricas para obtener energía secundaria útil. Asimismo, se considera el consumo propio, que corresponde a la energía primaria y secundaria que el propio sector energético utiliza para el funcionamiento de sus instalaciones. Por último, también se consideran las pérdidas por transmisión, transporte y distribución, que son mermas que ocurren al llevar la producción de energía al consumo final.

<sup>26</sup> El consumo final de energía total contabiliza la energía que se destina al mercado interno o a las actividades productivas de la economía nacional, ya sea como materia prima (consumo final no energético) o como insumo energético (consumo final energético). El consumo final energético se refiere a la energía primaria o secundaria destinada a satisfacer las necesidades energéticas de los sectores residencial, comercial y servicios públicos, transporte, agropecuario e industrial.

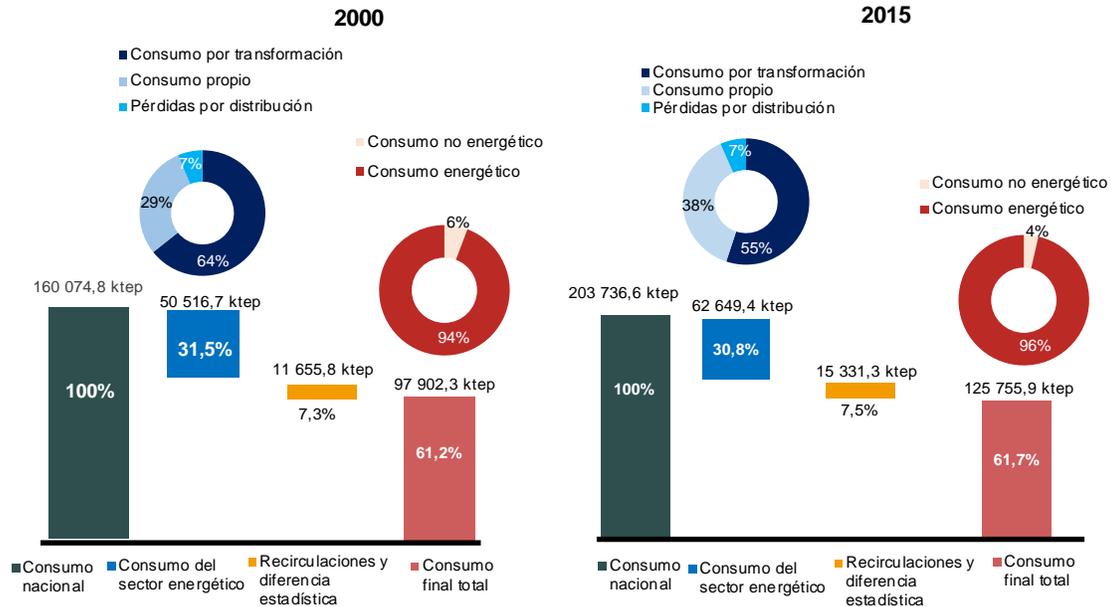
**Gráfico II.1**  
**México: crecimiento promedio anual del consumo nacional de energía, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

El gráfico II.2 muestra la estructura del consumo nacional de energía en los últimos 15 años. Se observa que se mantuvo la distribución de los consumos del sector energético y consumo final total, pero se presentan algunos cambios en el uso de la energía en ambos segmentos. Dentro del consumo final total cada vez se tiene menor participación del consumo no energético debido a la pérdida de productividad de las industrias petroquímica y química para elaborar productos de uso no energético que utilizan principalmente gas natural, gas LP, gasolinas y naftas como materias primas.

**Gráfico II.2**  
**México: distribución del consumo nacional de energía, 2000 y 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

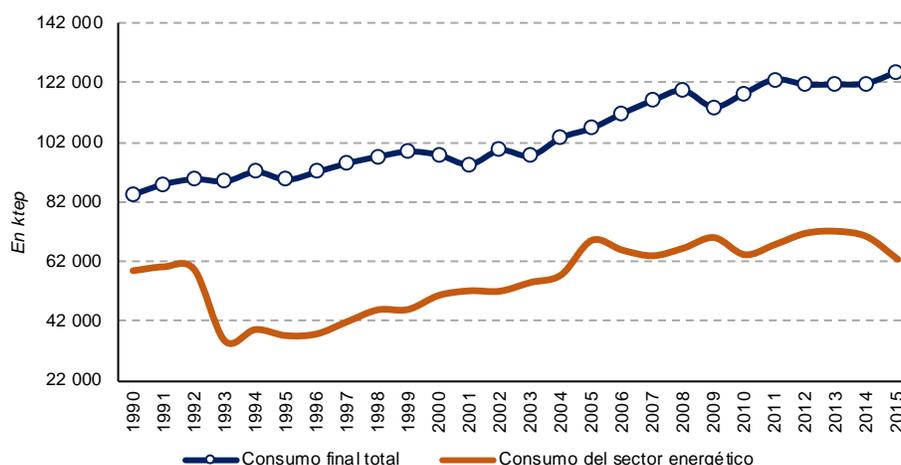
Los precios de mercado de estos energéticos fueron al alza en varios lapsos del período de análisis, lo que dejó fuera de competencia a esas industrias nacionales respecto a sus similares en otras regiones del mundo. Asimismo, la industria del papel dejó de utilizar bagazo de caña como insumo en sus procesos productivos, lo que también mermó el consumo no energético del país. Adicionalmente, la dinámica de

crecimiento del sector transporte en el consumo energético final contribuyó al desplazamiento del consumo no energético en el consumo final total.

En el caso de la estructura del consumo del sector energético, la caída en la producción de las refinerías, centros procesadores de gas y coquizadoras en los últimos años provocó una disminución de 64% a 55% en la participación del consumo para transformación entre 2000 y 2015. Sin embargo, dado que estos centros de transformación y algunas centrales termoeléctricas de respaldo deben mantener un consumo mínimo de energía para sus operaciones, se incrementó la participación del consumo propio del sector energía de 29% a 38% en el mismo período.

Durante el período 1990-2015 la participación del consumo final total promedió 63,5% respecto al total del consumo nacional de energía, es decir, históricamente este segmento consume la mayor cantidad de energía del país (véase el gráfico II.3). La pérdida de los niveles de producción en los centros de transformación de petróleo y gas natural, así como las casi nulas inversiones para instalar nueva infraestructura de procesamiento en el subsector hidrocarburos, ha mermado y limitado el crecimiento del consumo en el sector energía. Esta situación ha provocado la necesidad de recurrir a crecientes importaciones de hidrocarburos para abastecer la demanda de energéticos de las centrales de generación eléctrica y los sectores de consumo final.

**Gráfico II.3**  
**México: tendencia del consumo del sector energético y consumo final, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

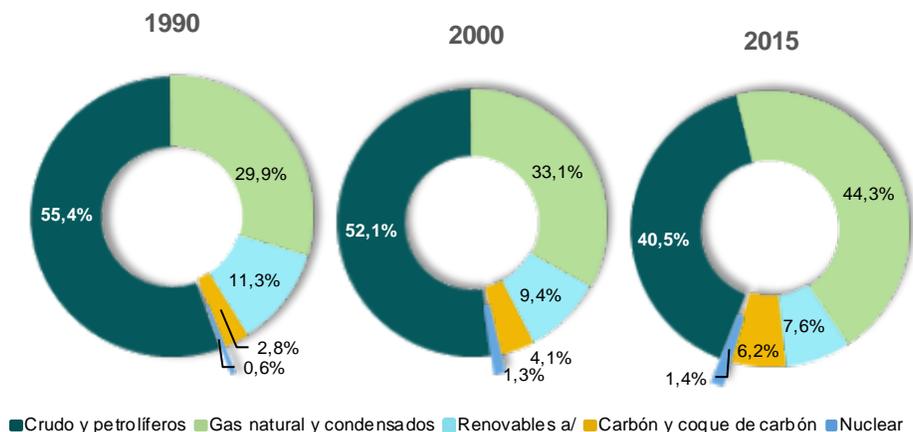
## B. Estructura del consumo nacional de energía y consumo final por energético

Otra forma de analizar la estructura del consumo nacional de energía es a partir de las fuentes de energía utilizadas para satisfacer las necesidades energéticas del país. México sigue siendo un país altamente dependiente de hidrocarburos; en los últimos 25 años prácticamente el 85% del consumo nacional ha dependido del petróleo, gas natural y sus respectivos derivados. Pese al auge de las energías renovables en la última década —y a que México ha desarrollado infraestructura para aprovechar fuentes como la geoenergía, hidroenergía, bagazo de caña, energía eólica, energía solar y biogás— su participación en el consumo nacional de energía viene a menos.

Aún con la caída de la producción petrolera nacional, la dependencia de energías de origen fósil continuó incrementándose en el consumo nacional de energía, ya que el carbón y el coque de carbón aumentaron su participación en el total nacional de 2,8% a 6,2% entre 1990 y 2015. Es decir, el peso

específico que el carbón y el coque de carbón adquirieron en la matriz energética nacional es muy similar al registrado por las energías renovables en los últimos años (véase el gráfico II.4).

**Gráfico II.4**  
**México: estructura porcentual del consumo nacional de energía por tipo de energético, 1990, 2000 y 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

<sup>a</sup> Incluye hidroenergía, geoenergía, biogás, eólica, solar, bagazo de caña y leña.

La estructura del consumo nacional de energía presentó cambios en la mezcla de fuentes de energía requeridas, independientemente de que los hidrocarburos mantuvieron la misma participación en la matriz energética. Hacia finales de la década de 1990 comenzó un proceso de sustitución de derivados del petróleo por gas natural. La apertura de los segmentos de transporte, distribución y almacenamiento en la cadena de valor del gas natural a mediados de la década de 1990, así como los planes estratégicos del gobierno para explotar los recursos gasíferos del país y el auge por el uso de tecnologías de ciclo combinado para generación eléctrica, dieron como resultado una transformación gradual de la matriz energética nacional que hoy en día posee una alta dependencia al gas natural.

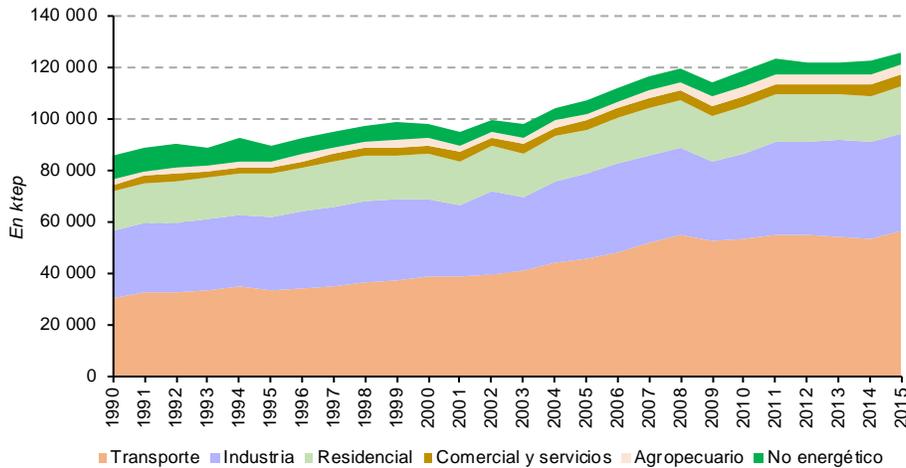
El proceso de sustitución de derivados del petróleo por gas natural se presentó principalmente en los sectores energético e industrial. Por el lado del sector energía, el Gobierno promovió un proceso de sustitución de tecnologías termoeléctricas convencionales por ciclos combinados para generar electricidad y desplazó al combustóleo. Asimismo, la apertura al sector eléctrico privado y los precios de los energéticos hicieron atractivo sustituir combustóleo por gas natural en el sector industrial, tanto para autoproducir electricidad como para hacer más eficientes sus procesos productivos.

En los últimos 25 años todos los sectores del consumo energético final incrementaron su demanda de energía, lo que se reflejó en el aumento progresivo del consumo final total de energía ante la caída constante del consumo no energético. Así, durante este período de análisis los incrementos del consumo de energía de estos sectores fueron los siguientes: transporte 85,2%; industria 44,8%; residencial 17,7%; comercial-servicios 99,3%; y agropecuario 93,5%. El sector transporte ha sido el más importante en la demanda del consumo energético final (véase el gráfico II.5). En 25 años este sector ha promediado una participación de 43,6% del consumo energético final, seguido del sector industrial con 32,2% y el sector residencial con 17,9%. Otros sectores menos intensivos en el consumo son el comercial-servicios, y el agropecuario, cuyos promedios son 3,4% y 2,9%, respectivamente.

Los cambios de la matriz energética del consumo final total han respondido a dos coyunturas, el dinamismo de los sectores donde algunas fuentes de energía son predominantes y los sectores cuyos cambios tecnológicos y estructurales propiciaron la sustitución de fuentes de energía que resultaron técnica y económicamente más eficientes. En el primer caso se encuentran las gasolinas y el diésel como ejemplo, pues reflejan la dinámica del sector transporte (véase el gráfico II.5). Más del 90% del consumo de este sector lo hace el autotransporte, lo que explica por qué las gasolinas y naftas incrementaron su

participación en el consumo final energético de 25,8% a 29,4% entre 2000 y 2015. De igual manera, el diésel experimentó un incremento en su participación de 14,8% a 17,1% en el mismo período, pese a que este energético también puede ser consumido en otros sectores que presentaron menor dinamismo y donde no es el energético principal.

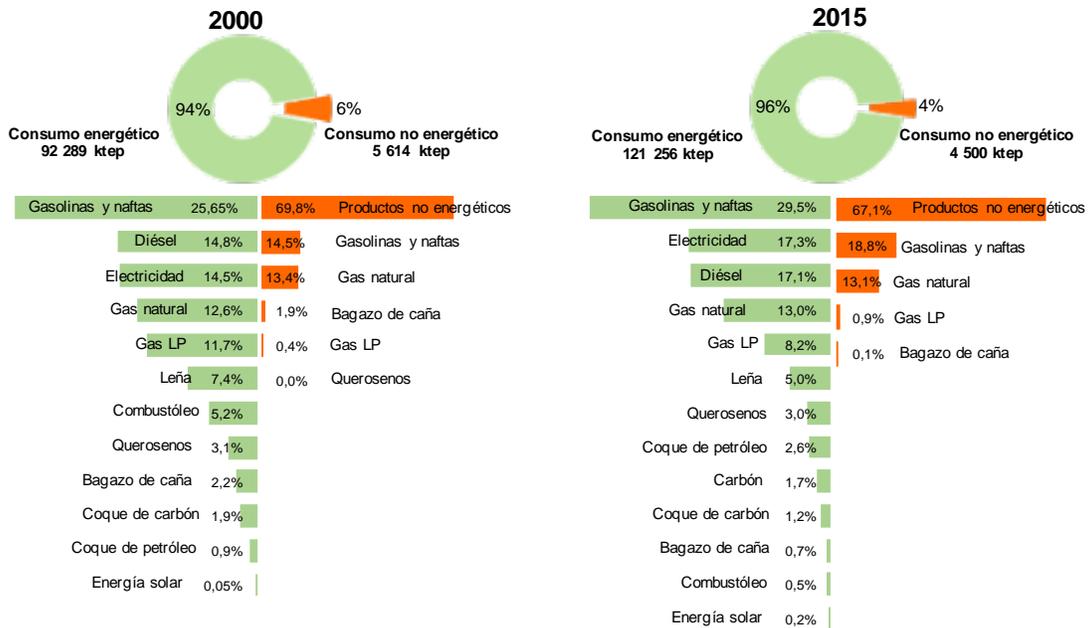
**Gráfico II.5**  
**México: tendencia del consumo final total de energía por sector, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

Un cambio relevante que muestran las transformaciones tecnológicas y estructurales de México es el desplazamiento del diésel por la electricidad como la segunda fuente más importante del consumo energético final durante el período 2000-2015. Entre los factores que provocaron esta dinámica se encuentra el incremento de la actividad del sector comercial-servicios, provocado por la tercerización de la economía, y el cambio tecnológico en procesos del sector industrial que resultan más eficientes y que utilizan más electricidad (véase el gráfico II.6).

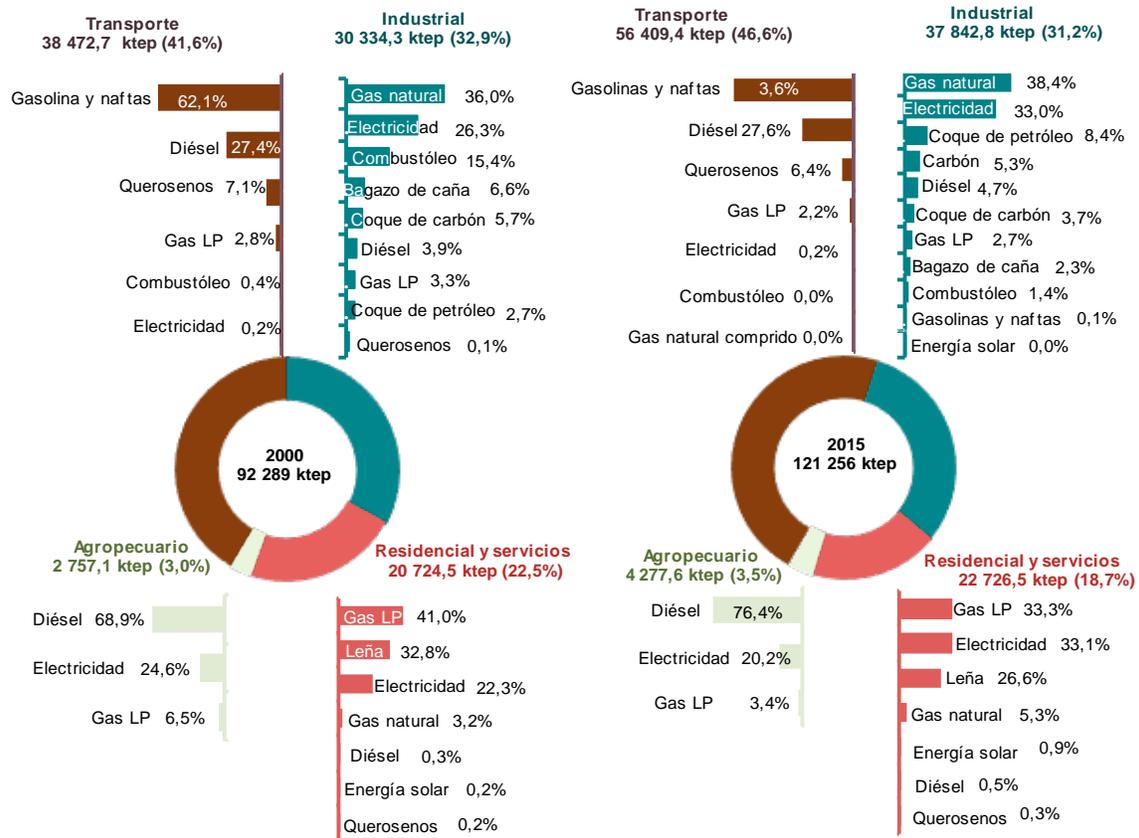
**Gráfico II.6**  
**México: estructura del consumo final total por tipo de energético, 2000 y 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

Finalmente, al analizar la estructura del consumo energético final por fuente en los últimos 15 años, también se observan procesos de sustitución que han dado origen a la matriz energética de México actual (véase el gráfico II.7).

**Gráfico II.7**  
**México: consumo final energético por sector y fuente, 2000 y 2015<sup>a</sup>**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

<sup>a</sup> Se agrupó a los sectores residencial y comercial-servicios, dadas las similitudes de usos finales y los energéticos utilizados.

En el caso del sector transporte, la distribución de energéticos no presentó mayores cambios, salvo la aparición del gas natural comprimido (GNC), que comenzó a ser utilizado principalmente en vehículos privados y de pasajeros en algunas ciudades del país, al ser considerado una alternativa para solucionar problemas de contaminación. Asimismo, la pérdida de participación del combustóleo en el sector tuvo su origen en la sustitución parcial en el transporte marítimo y ferroviario, en favor del diésel.

A diferencia del sector transporte, la transformación del sector industrial en los últimos 15 años se hace evidente en los cambios de su matriz energética. Si bien el gas natural y la electricidad se hicieron predominantes, surgieron otras alternativas energéticas como el coque de petróleo y el carbón, que también desplazaron el uso de combustóleo en varios subsectores de la industria como resultado de la limitada expansión de gasoductos en el territorio nacional y la alta volatilidad del precio del gas natural hasta antes de la aparición del *shale gas* en los Estados Unidos. El precio de este energético en México se ha indexado históricamente a valores comerciales en gasoductos del sur de este país.

Muchas industrias ubicadas en diversos estados del país no tuvieron acceso al gas natural, por lo que optaron por otras alternativas ante las restricciones ambientales del uso de combustóleo. Asimismo, ante el déficit de la producción nacional de gas natural, algunas empresas del sector cementero y

siderúrgico que incluso podrían acceder al gas natural optaron por combustibles como el coque de petróleo y carbón, dada la mayor estabilidad de precios en el mercado internacional.

Los sectores residencial y comercial-servicios también presentaron cambios en el uso de los energéticos durante los últimos 15 años. En este sentido, la electricidad se convirtió en el segundo energético más utilizado después del gas LP, desplazando al tercer lugar el consumo de leña. Asimismo, durante el período de análisis destaca la penetración que tuvo el gas natural en el consumo de dichos sectores, así como el mayor uso de la energía solar para el calentamiento de agua sanitaria en el país.



### III. Tendencia general de la eficiencia energética

Los indicadores de eficiencia energética miden la cantidad de energía utilizada para realizar una actividad o bien para obtener un nivel de servicio requerido, y el nivel de actividad realizada o servicio obtenido suele expresarse en unidades físicas o monetarias, según la naturaleza del análisis 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 aplican en análisis a nivel subsectorial, plantas individuales, procesos productivos, equipos o tecnologías consumidoras de energía.

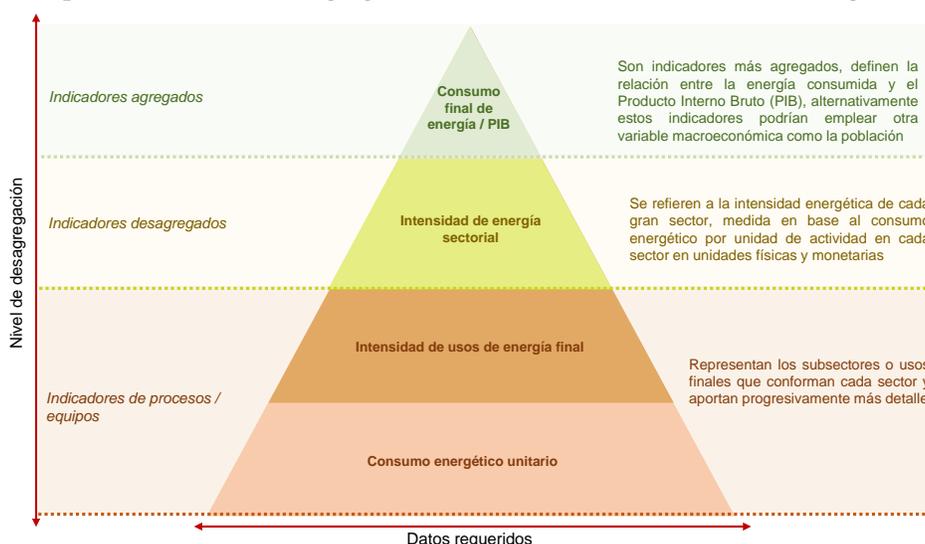
Los indicadores de eficiencia energética pueden elaborarse con formulaciones variadas, y cada una de ellas utilizarse para responder a preguntas específicas o generales relacionadas con la eficiencia energética. De esta manera, los indicadores formulados pueden tener distintos objetivos, tales como dar 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 puedan usarse los indicadores formulados está condicionada a la disponibilidad y la calidad de los datos. Por un lado, la disponibilidad de datos limita 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 a través de una estructura piramidal como se muestra en el gráfico III.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.

En este capítulo se analizan los indicadores de eficiencia energética de México a nivel agregado. El nivel macroeconómico representa el nivel más alto de la agregación y existen pocos indicadores de eficiencia energética que se pueden construir. Estos indicadores 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 son 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 social 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.

**Gráfico III.1**  
**Esquema del nivel de desagregación de los indicadores de eficiencia energética**



**Fuente:** *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, International Energy Agency.

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, como en 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 y procurar conocer sus ventajas y limitaciones.

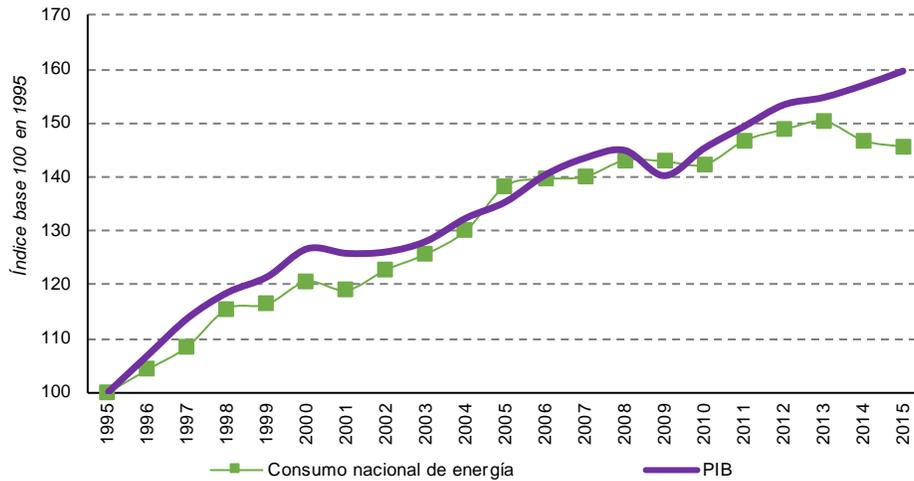
A medida que el nivel de agregación disminuye (bajando la pirámide en el gráfico III.1), la influencia de los efectos estructurales y otros factores también disminuyen. Lo anterior significa que cada descenso permite una mejor medida de los impactos de la eficiencia energética, ya sea para un determinado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

## A. Intensidad energética primaria

La intensidad energética primaria (o intensidad energética total) provee un panorama general del desempeño de la eficiencia energética con base en la relación entre el consumo energético total del país y 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 a 2,9% en promedio por año, en tanto que el consumo de energía promedió una tasa de crecimiento de 2,2% en el mismo período. En este sentido el gráfico III.2 muestra el crecimiento acumulado de las principales variables que componen la intensidad energética en México.

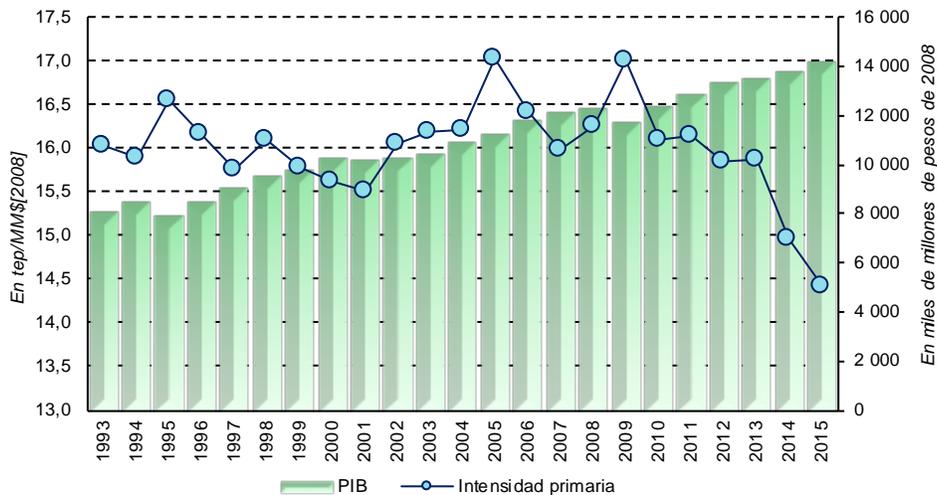
**Gráfico III.2**  
**México: tendencia del crecimiento acumulado del consumo nacional de energía y el producto interno bruto, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con base en información de INEGI y SENER.

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 períodos, es notorio que entre 2012 y 2015 se ha comenzado un proceso de desacoplamiento del crecimiento económico respecto al consumo nacional de energía. 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, al reducir 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 un millón de pesos a precios de 2008 (tep/MM\$(2008)) producidos en el PIB del último año (véase el gráfico III.3).

**Gráfico III.3**  
**México: evolución de la intensidad energética primaria y el producto interno bruto, 1993-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con base en información de CONUEE, INEGI y SENER.

La intensidad energética de México se vio afectada por las crisis económicas de 1995 y 2009. El punto 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 CFE respecto al año anterior, aunado a la baja del consumo de gas natural en ciclos combinados de CFE.

Si bien 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 para aprovechar 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.

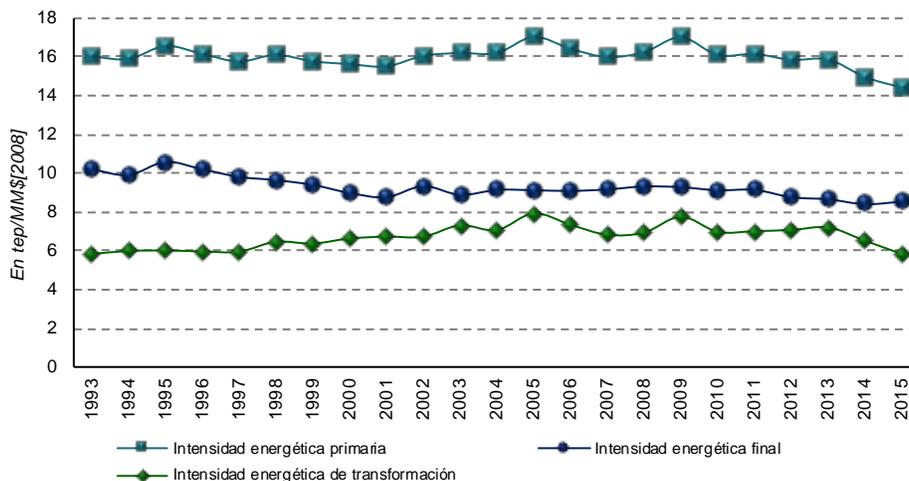
Por otra parte, una parte de la tendencia de reducción de la intensidad energética de México ha estado influenciada por una tercerización cada vez mayor de la economía, así como por el crecimiento más dinámico de actividades económicas del sector industrial que son menos intensivas en consumo energético respecto a las que predominaban en la década de 1990. En cuanto al consumo energético nacional, los aspectos clave para analizar son la entrada en vigor de normas de eficiencia energética a mediados de la década de 1990 dirigidas principalmente a sectores de consumo final; la creciente entrada de tecnologías de ciclo combinado para producir electricidad; y finalmente, el auge por las energías renovables en los últimos años. Estos últimos dos aspectos tienen mayor impacto en el consumo del sector energético, principalmente por la generación de electricidad.

## B. Intensidad energética por transformación y consumo 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 consumo 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%, en tanto que la intensidad del sector energético ha bajado apenas 0,2%. Sin embargo, esta última muestra una tendencia a la baja desde 2013 (véase el gráfico III.4).

Gráfico III.4

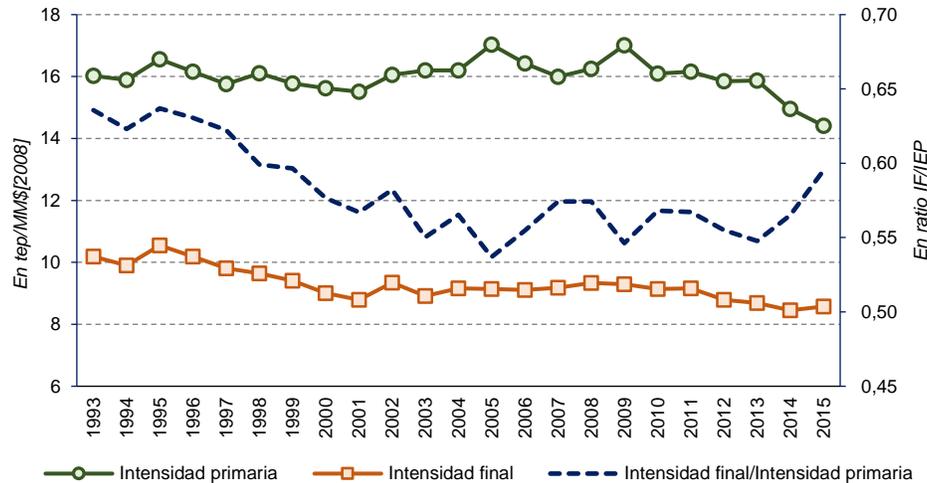
México: evolución de las intensidades energéticas primaria, final y de transformación, 1993-2015



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y 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 (véase el gráfico III.5).

**Gráfico III.5**  
**México: relación de intensidad final respecto a la intensidad primaria, 1993-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, INEGI y SENER.

El alejamiento notorio entre las tendencias de dichas intensidades durante mediados de la década de 1990 y hasta 2001 refiere a 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 2000 este parámetro se estabilizó y la intensidad primaria se separó en sentido contrario debido a ineficiencias en el sector energético, principalmente vinculado a la mezcla de generación de electricidad, uso creciente de gas natural para reinyección a pozos petroleros a campos maduros y al aumento de pérdidas en transformación y distribución, lo que aumentó la brecha entre las intensidades final y primaria.

En el gráfico III.5 se puede observar a través del indicador de relación intensidad final/intensidad energética primaria (ratio IF/IEP) lo sucedido en México. Cuando la relación disminuye existe una mayor eficiencia del consumo final, ya que tiene un menor peso en el consumo energético nacional. Un factor que promueve el acercamiento de las tendencias entre las dos intensidades e incrementa el ratio IF/IEP en los últimos años no se debe a una mayor eficiencia en el sector transformación, sino 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 que tiene un efecto que disminuye las pérdidas por transformación y reduce la brecha entre las dos intensidades.

## C. Productividad energética

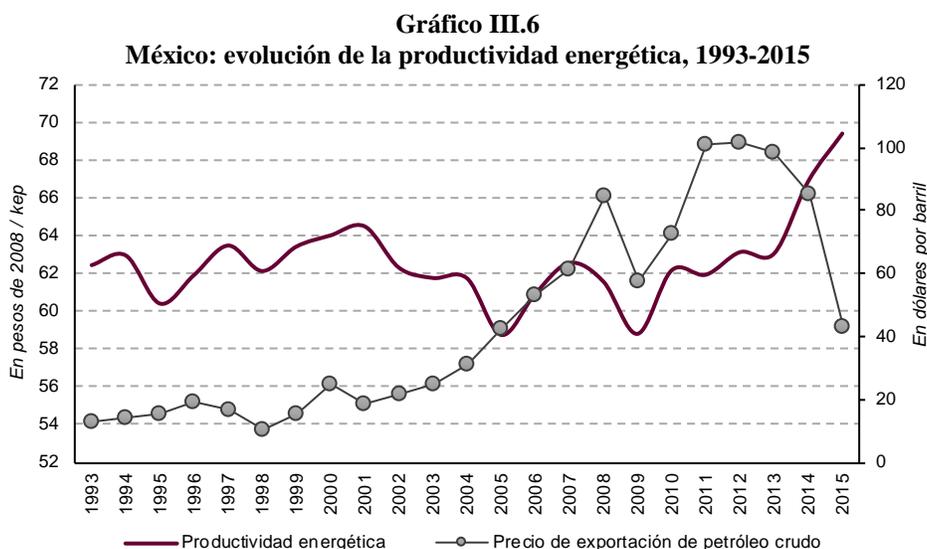
Algunos organismos internacionales como el American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) o el World Energy Council (WEC) dan seguimiento al indicador macroeconómico denominado productividad energética. Esto refiere a la cantidad de servicio o trabajo útil producido por una unidad de energía. 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

de una reducción de los insumos energéticos requeridos para producir un mismo nivel de servicios o al incrementar la cantidad o calidad de los bienes y servicios obtenidos.

La productividad energética depende fundamentalmente de cuatro factores: a) nivel de ingresos; b) política energética; c) oferta energética, y d) 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 (véase el gráfico III.6):

- i) La primera etapa entre 1993 y 2001 presentó una ligera tendencia al alza con un par de períodos que afectaron el incremento de la productividad energética. Sin embargo, mostró signos de recuperación a la crisis de mediados de la década de 1990 al promediar una productividad de 62,8 pesos por cada kg equivalente de petróleo crudo consumido en México (pesos/kep), pese a que durante ese intervalo de tiempo se presentó el período más bajo de los precios de la mezcla mexicana de petróleo.
- ii) La segunda etapa entre 2001 y 2012 se caracterizó por ser muy irregular y sufrir dos crisis económicas, lo que provocó la productividad energética más baja del país en las últimas tres décadas, que promedió 61,7 pesos/kep, aun cuando los precios del crudo mexicano fueron mayores que en la década anterior.
- iii) Finalmente, durante el período 2012-2015 se ha presentado la mayor productividad energética del país en tres décadas, con un promedio de 65,6 pesos/kep, pese a la caída constante en el precio de la mezcla de exportación de crudo mexicano desde 2012.

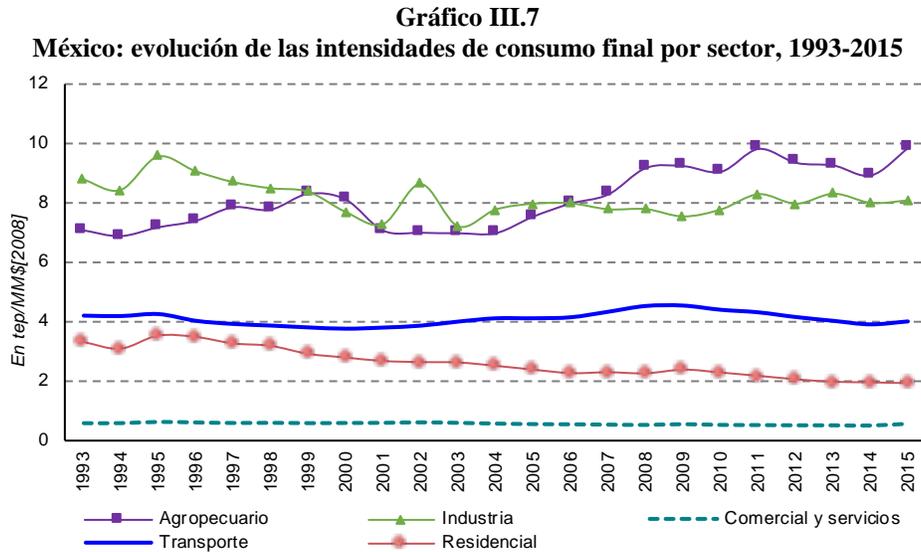


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

## D. Intensidades de consumo 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 industrial, comercial-servicios, 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<sup>27</sup>, 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, y que el residencial ha sido el más destacado (véase el gráfico III.7).



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, INEGI y SENER.

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 y servicios se redujo 10,9%
- Transporte se redujo 5,6%
- Agropecuario aumentó 37,7%

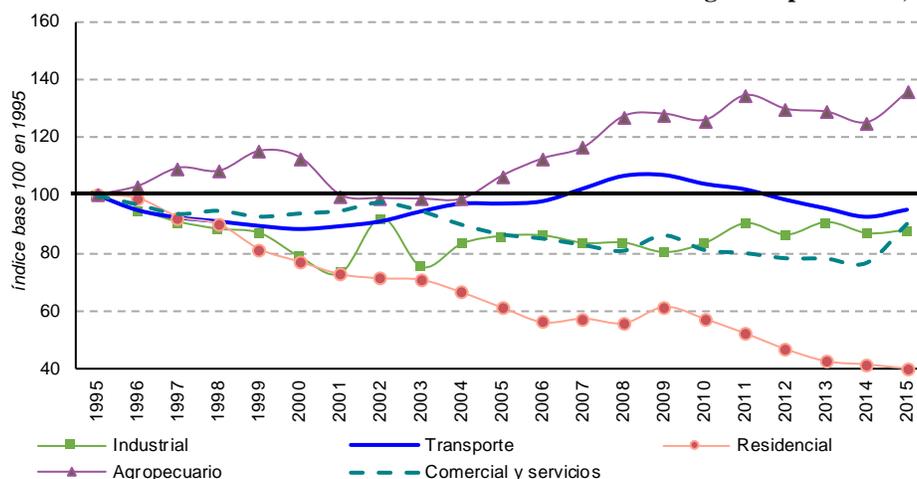
Las principales políticas públicas en materia de eficiencia energética se han enfocado al sector residencial y han reducido su intensidad energética de manera progresiva. Las más importante por su alcance e impacto han sido las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER) que entraron en vigor desde mediados de la década de 1990<sup>28</sup>. De igual manera, desde inicios de la década de 1990 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-ENER de última generación (véase el gráfico III.8).

<sup>27</sup> 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.

<sup>28</sup> Que regulan los límites de consumo y/o las eficiencias de los equipos más importantes en usos térmicos y eléctricos del hogar.

Gráfico III.8

## México: tendencia del crecimiento acumulado de las intensidades energéticas por sector, 1995-2015



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

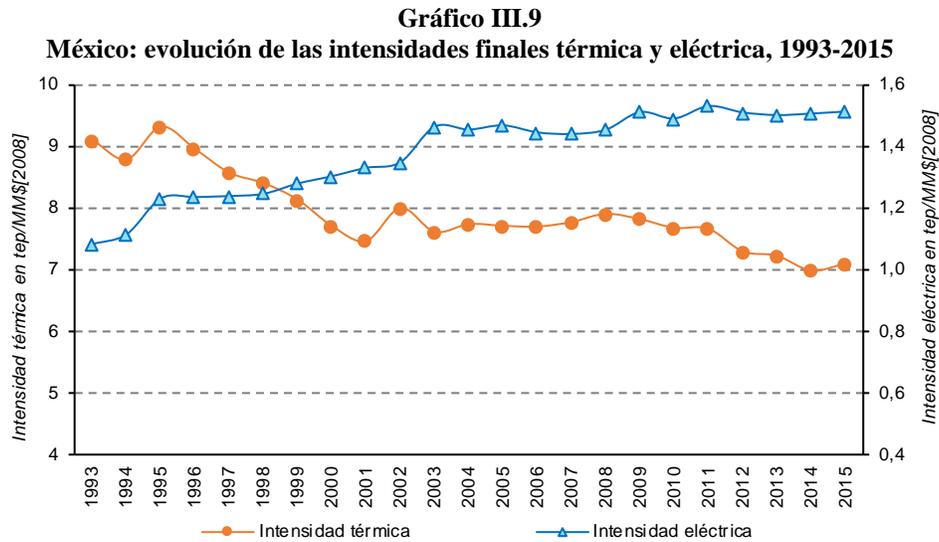
El sector industrial se ha colocado como el segundo en disminuir su intensidad de consumo final, después del sector residencial. Entre los factores que han influido en dicho comportamiento se encuentran:

- i) la mejora tecnológica de los procesos industriales intensivos (producción del acero, cemento, papel y vidrio);
- ii) 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;
- iii) 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; y
- iv) mitigar los costos de los energéticos para elevar la productividad y competitividad de sus actividades, mediante la diversificación de combustibles alternativos.

Estas acciones de mejora en la eficiencia energética del sector industrial reflejan el gran interés de las empresas que se ubican en territorio mexicano por mantener la competitividad no solo en el mercado interno, sino también en los mercados internacionales. Por otra parte, la composición de la intensidad energética de consumo final ha cambiado en las últimas dos décadas. Cada vez aumenta más la dependencia a la energía eléctrica y disminuye o se hace más lenta la participación de fuentes de energía térmica<sup>29</sup> (véase el gráfico III.9).

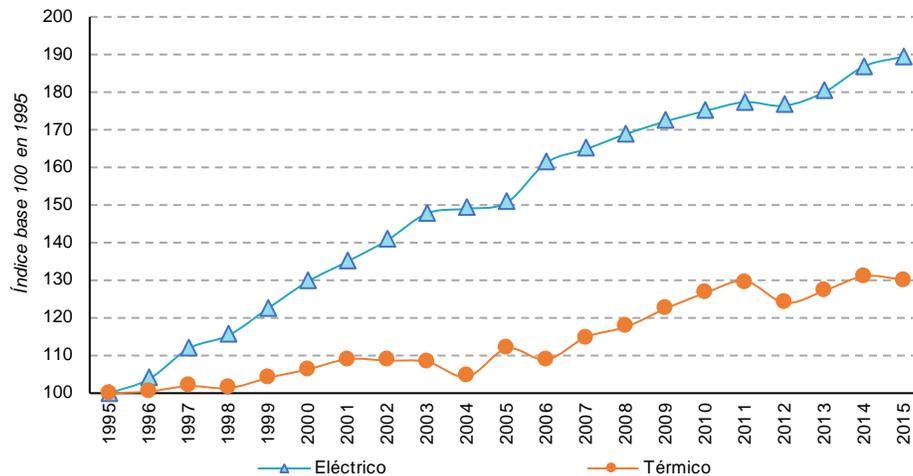
La intensidad de energía eléctrica final se ha incrementado 1% anual entre 1995-2015, en tanto que la intensidad de energía térmica ha disminuido 1,4% por año considerando la suma de todos los combustibles usados en los sectores transporte, residencial, industrial, comercial-servicios y agropecuario. Tomando como referencia los valores del consumo final de energía eléctrica y térmica en 1995, la variación acumulada del índice de consumo de energía eléctrica se ha incrementado 90% hasta 2015, en tanto que la energía térmica se incrementó a 30% el mismo año (véase el gráfico III.10).

<sup>29</sup> Las fuentes térmicas se refieren al uso de energía en forma de un combustible sólido, líquido o gaseoso para diferenciar del uso de la electricidad.



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

**Gráfico III.10**  
**México: tendencia del crecimiento acumulado del consumo final eléctrico y térmico, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

La electricidad casi ha duplicado su participación en el consumo final energético de los sectores residencial e industrial entre 1995 y 2015, en tanto que en el sector comercial-servicios se incrementó 20% en el mismo período. Por el contrario, la participación de los hidrocarburos en los usos finales en los sectores 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, la sustitución de tecnologías y automatización de procesos industriales a base de electricidad, el crecimiento acelerado de industrias menos intensivas en el consumo de energía térmica, mayor incremento paulatino de actividades del sector comercial-servicios que favorecen el consumo de electricidad.



## **IV. Tendencias de la eficiencia energética en el sector energético**

El consumo del sector energético está integrado por la cantidad de energía procesada en los centros de transformación, la utilizada en instalaciones propias del sector y las pérdidas por las actividades de distribución, transporte y almacenamiento. Se debe distinguir entre el consumo de los centros de transformación y el consumo propio. El primero se refiere a la cantidad de energía primaria que ingresa a los centros de transformación para convertirla en energía secundaria, y que posteriormente será consumida en los sectores productivos y social, en tanto que el consumo propio se refiere a la energía primaria y secundaria que utilizan las instalaciones del sector energético para su funcionamiento.

Los centros de transformación del sector energético mexicano incluyen refinerías y despuntadoras, plantas de gas y fraccionadoras, centrales eléctricas, y coquizadoras de carbón mineral. Si al consumo de estos centros de transformación se adiciona la cantidad de gas natural inyectada a los pozos petroleros en forma de recirculaciones, se obtiene que la energía utilizada por actividades del sector ha representado en promedio cerca del 40% del consumo nacional, al menos en los últimos 20 años.

En este capítulo se analizarán los principales indicadores obtenidos a partir de la información disponible en los subsectores hidrocarburos y electricidad, considerando las etapas de su cadena de valor, respectivamente. Los indicadores en este sector suelen monitorear el aprovechamiento de los recursos energéticos, el progreso en la conversión y distribución de la energía, así como los avances de algunas opciones tecnológicas más eficientes y sustentables en la oferta de energía.

### **A. Subsector hidrocarburos**

Históricamente, Petróleos Mexicanos (PEMEX) había sido la empresa estatal responsable de realizar de manera exclusiva las actividades estratégicas en materia de hidrocarburos reservadas al Estado mexicano en la Constitución. En las últimas cuatro décadas se han presentado distintas reformas energéticas que transformaron la arquitectura institucional y operacional de la industria petrolera en el país y han generado apertura a la inversión de capitales privados a partir de modificaciones constitucionales sobre la definición de las actividades estratégicas.

Si bien las reformas energéticas han promovido cambios orientados a maximizar el valor de la renta petrolera y mejorar los índices de productividad de PEMEX, los indicadores presentados en este informe no pretenden cuestionar la efectividad o justificar cada una de ellas, sino que buscan mostrar el

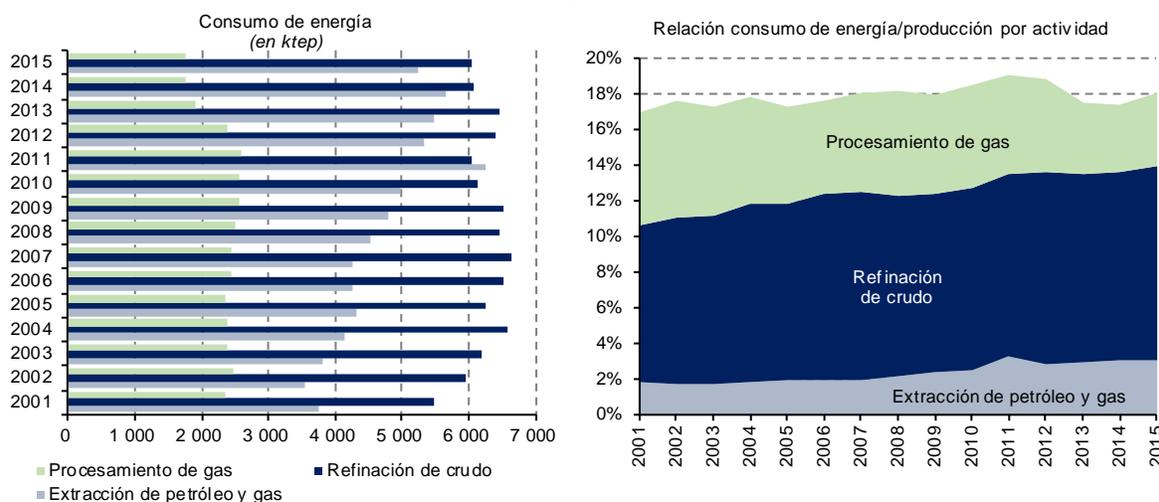
desempeño energético en los eslabones de la cadena de valor de la industria petrolera nacional<sup>30</sup>. Para analizar la industria petrolera no se desarrollaron índices de eficiencia energética que evalúen el transporte y la distribución de hidrocarburos, en tanto que la industria petroquímica se incluyó dentro del capítulo del sector industrial.

Las actividades productivas del sector petrolero son intensivas en el uso de energía, ya sea para explorar o extraer los hidrocarburos, o bien para transformarlos dentro de las refinерías o centros procesadores de gas. Los indicadores del uso eficiente de energía en la industria petrolera se enfocan a cuantificar la energía utilizada o aprovechada al desarrollar tres actividades: a) extracción de petróleo y gas; b) refinación del crudo, y c) procesamiento del gas natural.

Cada actividad de la industria petrolera requiere un nivel de consumo de energía diferente en sus procesos productivos. La refinación del petróleo presenta los consumos energéticos más significativos del sector petrolero, seguido de las actividades de extracción de petróleo y gas, y el procesamiento de gas. Las refinерías consumieron 46,3% del total del subsector hidrocarburos durante 2015, en tanto que los activos de producción de petróleo y gas, y los centros procesadores de gas representaron 40,2% y 13,5%, respectivamente.

La relación entre la energía requerida respecto a la energía producida en cada actividad de la industria petrolera suele ser un indicador de seguimiento muy significativo, ya que la diferencia al 100% representa lo que queda disponible para otros sectores de transformación como energía primaria después de las actividades de extracción de petróleo y gas, o como energía secundaria después de la refinación de crudo y el procesamiento de gas. En general, la industria petrolera total tiene una relación energía requerida/energía producida que promedia 17,9% en los últimos 15 años (véase el gráfico IV.1). Este indicador se ha modificado en el tiempo, por lo que a continuación se analizan las distintas causas en cada segmento del subsector petrolero.

**Gráfico IV.1**  
**México: relación de la energía requerida y la energía producida en las actividades petroleras, 2001-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

<sup>30</sup> Los indicadores presentados en esta sección tienen dos orígenes, el primero corresponde a los indicadores propuestos en la plantilla del proyecto BIEE de la CEPAL, y otros fueron desarrollados a partir de la literatura internacional de índices de la industria petrolera vinculados al uso eficiente de energía promovidos por organismos como la Asociación Mundial del Sector del Petróleo y el Gas (IPIECA, por sus siglas en inglés), especializada en cuestiones medioambientales y sociales, y la Asociación Regional de Empresas del Sector Petrolero, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL).

## 1. Extracción de petróleo y gas

Los indicadores de eficiencia energética en la extracción de petróleo y gas sirven para evaluar una gestión adecuada de un recurso no renovable, a fin de monitorear la sostenibilidad de las actividades a lo largo de la cadena de valor y minimizar los impactos ambientales. En general, para extraer petróleo y gas de los pozos se necesitan grandes cantidades de energía para una variedad de actividades como el bombeo para extraer los hidrocarburos; la reinyección de agua a los yacimientos; el calentamiento de las corrientes de producción para la separación del aceite, gas y agua; la producción de vapor y reinyección de gas como métodos de recuperación mejorada de petróleo; la compresión y el bombeo para transportar el petróleo y el gas a través de ductos de recolección hasta las refinerías, plantas de procesamiento o puertos de exportación; la alimentación a turbinas para generar electricidad y calor necesario para operaciones en sitio, entre otras.

Los requerimientos de energía en las actividades de extracción de petróleo y gas varían ampliamente según las circunstancias locales y las condiciones operacionales de los yacimientos en explotación. En el caso de México, el consumo de energía y la intensidad energética de la actividad de extracción de petróleo y gas se ha incrementado en los últimos años como consecuencia de:

- i) La creciente madurez de los campos de petróleo y gas, ya que la producción de hidrocarburos disminuye a medida que los yacimientos se agotan, sin embargo, la cantidad de trabajo y, por lo tanto, la energía requerida para producir esos volúmenes permanece igual o se incrementa. El mayor uso de técnicas de recuperación secundaria o mejorada también ha incrementado las necesidades energéticas de los activos de producción en México.
- ii) La transición de la dependencia de un yacimiento supergigante con pozos muy productivos como Cantarell hacia yacimientos más complejos, no convencionales, de menor volumen de producción, y que requieren una mayor cantidad de energía.

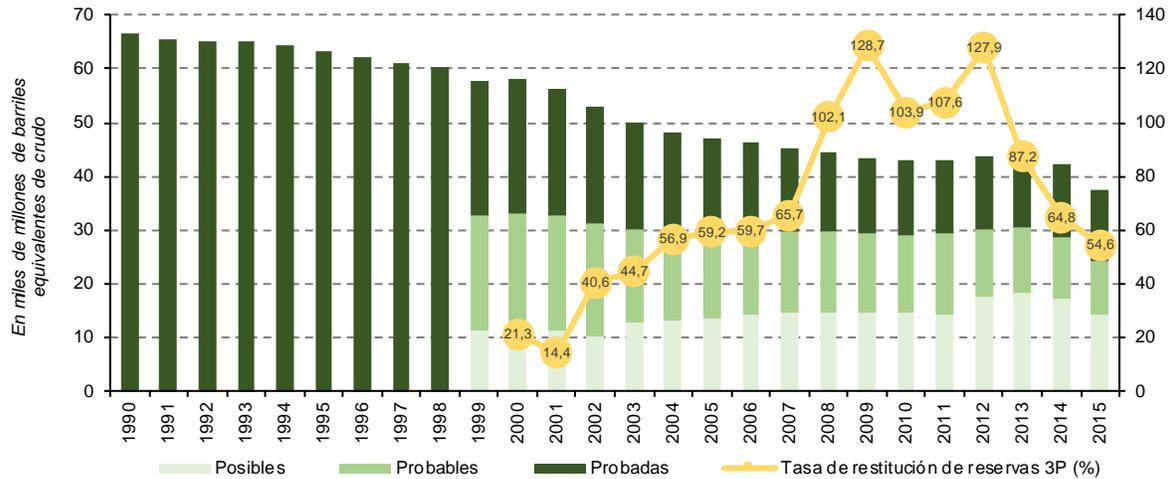
Estas condiciones estuvieron vinculadas con las políticas de administración de las reservas de hidrocarburos adoptadas en la actividad exploratoria. En México, debido a la aplicación de nuevos conceptos económicos para aprobar las localizaciones de exploración a inicios de la década de 1990, la actividad de perforación de pozos exploratorios se concentró en las áreas de bajo riesgo geológico, priorizando las actividades de delimitación de yacimientos e incorporación de reservas probadas a la producción, disminuyendo la evaluación del potencial petrolero, que si bien tiene un mayor riesgo geológico, también constituye la base de la actividad de extracción de petróleo y gas a mediano y largo plazos.

Esta decisión tuvo como resultado una reducción de 43,7% en las reservas totales de hidrocarburos (3P) entre 1990 y 2015. La evaluación del potencial petrolero reflejó una caída en el indicador conocido como tasa de restitución de reservas 3P<sup>31</sup>, cuyos registros arrojaron valores menores a 100% a partir de 2000, cuando empezó a dársele seguimiento<sup>32</sup>. Esto significó que cada barril producido anualmente no fue restituido por la incorporación de las reservas totales, lo que incrementó el riesgo de una caída en el nivel de producción de hidrocarburos hacia los años siguientes, y provocó una dependencia mayor de las cuencas maduras en el mediano y largo plazos (véase el gráfico IV.2).

<sup>31</sup> Suma de las reservas probadas, probables y posibles de hidrocarburos.

<sup>32</sup> Después de tres años, en 1998 concluyó el proceso de revisión de las reservas del país que aplicó definiciones, métodos y procedimientos aceptados por la industria petrolera internacional. El resultado con la información detallada del desglose de las reservas de cada yacimiento con la información detallada se dio a conocer en abril de 1999, dando cumplimiento al propósito establecido en 1996 de propiciar una transición estadística ordenada de las reservas estimadas mediante la aplicación de criterios y definiciones tradicionales hacia reservas evaluadas y clasificadas de acuerdo con las normas y procedimientos de la Sociedad de Ingenieros Petroleros y los Congresos Mundiales del Petróleo.

**Gráfico IV.2**  
**México: evolución de las reservas de hidrocarburos**  
**y tasa de restitución de reservas totales, 1990-2015**

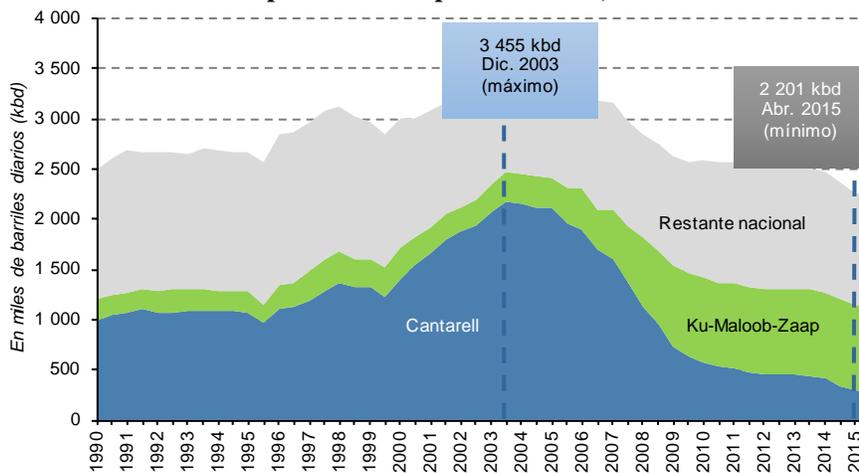


**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

El proyecto integral Cantarell se concibió a inicios de 1996, aun cuando el yacimiento se conocía desde décadas atrás. Con la evaluación de las reservas existentes de este yacimiento marino súper gigante situado en el Golfo de México, PEMEX procedió a integrar un plan maestro documentado en sus aspectos técnicos y económicos, mismo que fue presentado a la Comisión Intersecretarial de Gasto y Financiamiento, y aprobado para su ejecución en noviembre de 1996.

La ejecución del proyecto Cantarell comenzó en febrero de 1997 con una explotación ascendente del yacimiento que contribuyó a que México alcanzara su producción máxima histórica de petróleo en diciembre de 2003, cuando extrajo 3.455 miles de barriles diarios (kbd). Posteriormente se registró una constante disminución en la producción petrolera nacional. Durante 2003 y 2004 la producción del yacimiento representó 63% del total nacional, y a partir de 2005 inició su proceso de declinación natural a tasas decrecientes aceleradas, hasta llegar a representar únicamente 10% de la producción nacional en 2015 (véase el gráfico IV.3).

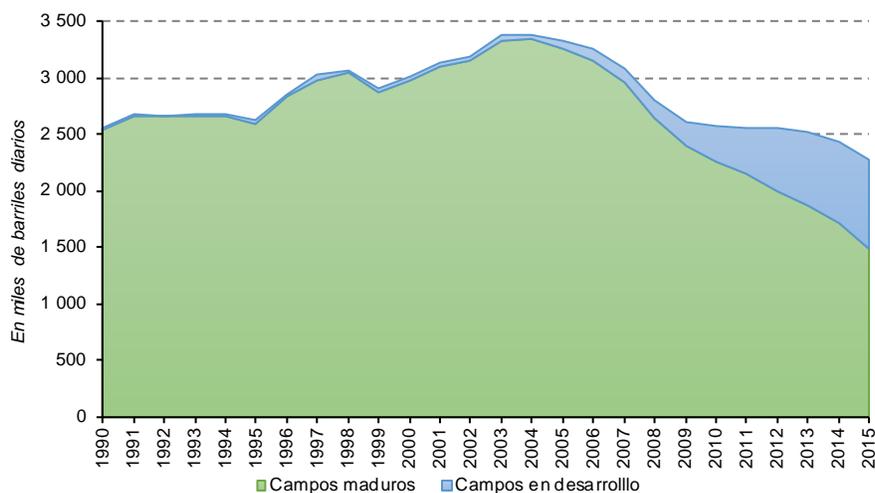
**Gráfico IV.3**  
**México: producción de petróleo crudo, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

Hoy en día México es considerado una provincia petrolera madura en la que cada vez se descubren menos yacimientos. En 2015 cerca del 65,5% de la producción de petróleo provino de campos maduros<sup>33</sup> que están en una meseta o en declive en su ciclo de vida. El incremento en la dependencia de la producción proveniente de campos maduros requirió de una inyección de gas natural cada vez mayor a los pozos petroleros, a fin de mejorar los factores de recuperación de los yacimientos<sup>34</sup> y contrarrestar la caída de la presión natural de los mismos (véase el gráfico IV.4).

**Gráfico IV.4**  
**México: producción de petróleo crudo proveniente de campos maduros, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX y CNH.

Por otra parte, PEMEX emprendió una diversificación en la cartera de proyectos de inversión que buscaba incrementar la oferta extractiva de gas natural e invertir en otros proyectos de extracción de petróleo para compensar la caída de Cantarell. Esto llevó a que los consumos de energía también se incrementaran debido a una mayor perforación de pozos de gas no asociado y al desarrollo de nuevos campos productores de petróleo y gas asociado en los últimos 15 años, como ocurrió con Ku-Maloob-Zaap.

En materia de extracción de gas natural se planeó y desarrolló el Programa Estratégico de Gas<sup>35</sup> desde mediados de la década de 1990 con el objetivo de cubrir la demanda en los siguientes años, bajo la expectativa de una posible expansión de la industria eléctrica nacional a partir de tecnologías de generación de ciclo combinado, que ofrecía una mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental respecto a los combustibles usados.

La producción de los activos Cantarell, Ku-Maloob-Zaap y Aceite Terciario del Golfo incrementó la disponibilidad de gas asociado en la década pasada. Sin embargo, el nivel de aprovechamiento de gas natural<sup>36</sup> ha sido muy inestable por la falta de infraestructura oportuna para conectar la producción gasífera a las plantas de procesamiento, lo que ha ocasionado incrementos en las cantidades de quema y venteo por razones de costos de inversión incrementales y seguridad de los activos.

La quema y venteo es un indicador muy visible de las actividades en la industria de petróleo y gas, y a menudo forma parte no solo del sistema de gestión ambiental de una empresa petrolera, sino

<sup>33</sup> El concepto de madurez es dinámico, es decir, puede ser temporal en función de las condiciones del mercado y nivel de costos de extracción y producción. También se definen como campos maduros aquellos que han alcanzado el pico máximo de su producción y empiezan su etapa de declinación.

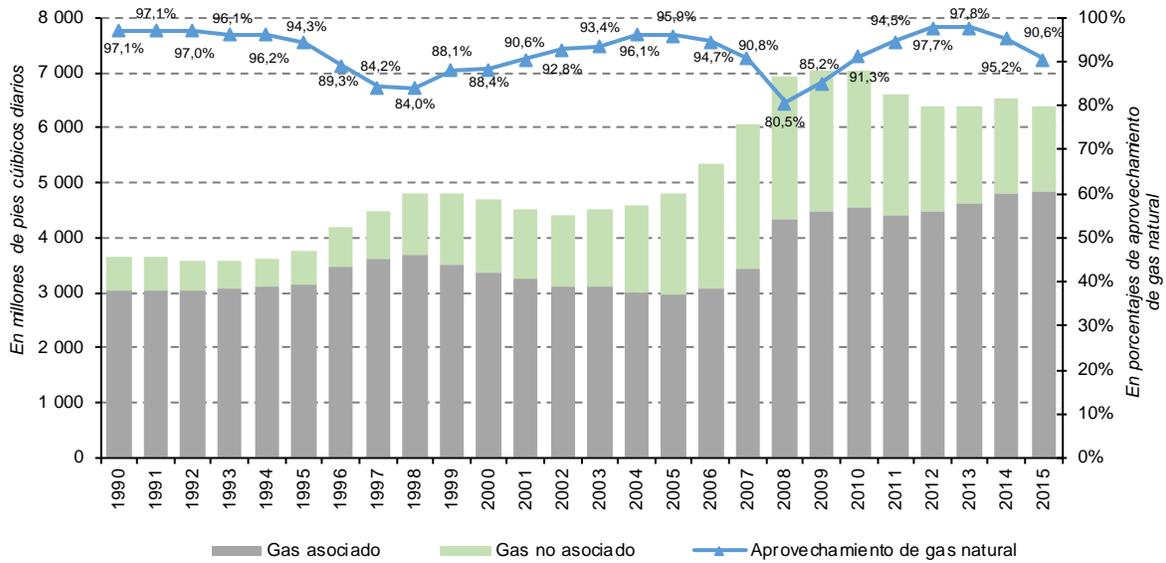
<sup>34</sup> Corresponde a la relación de producción acumulada y el volumen original del yacimiento.

<sup>35</sup> Este programa consideró actividades exploratorias y de producción de varios proyectos como Crudo Ligero Marino, Macuspana, Veracruz, y Tampico-Misantla-Sur de Burgos.

<sup>36</sup> Se refiere a la cantidad de gas aprovechado derivado de las actividades de extracción, ya que es la diferencia entre la producción bruta de gas y la quema y venteo de gas en términos porcentuales.

también del sistema de gestión de energía, ya que refiere a la eficacia de las operaciones de la empresa en función de los costos de sustentabilidad comercial (véase el gráfico IV.5).

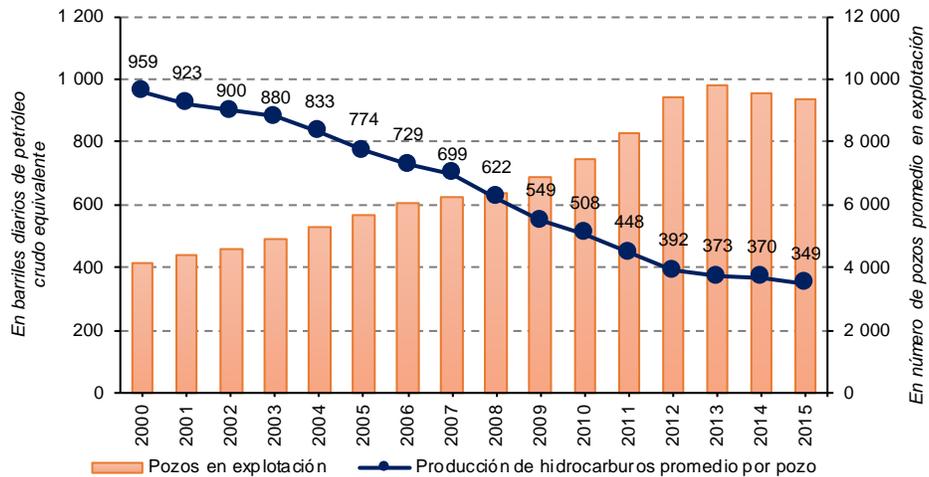
**Gráfico IV.5**  
**México: producción de gas natural y su aprovechamiento, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

Pese al incremento del número de pozos productores de petróleo y gas en el país, la productividad por pozo ha descendido entre 2000 y 2015 debido a que los pozos con alta productividad en las cuencas maduras han declinado su nivel de producción petrolera, y los pozos en los campos no convencionales producen un menor volumen de hidrocarburos respecto a los primeros, en tanto que el número de pozos productores de gas no asociado se incrementó en los últimos años (véase el gráfico IV.6).

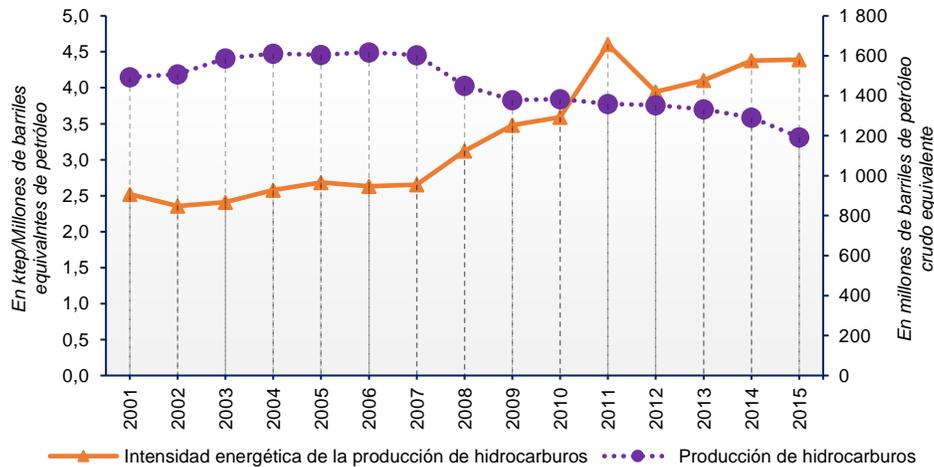
**Gráfico IV.6**  
**México: productividad de los pozos de hidrocarburos en explotación, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

La extracción de gas natural ha suavizado la caída de la producción petrolera, y ha desfasado, en términos equivalentes, la caída de la producción de hidrocarburos. Producir un barril equivalente de petróleo hoy requiere casi 75% más energía que hace 15 años. Este incremento en la intensidad energética en las actividades de extracción de petróleo y gas estuvo asociado a mayores requerimientos de energía en pozos petroleros en las cuencas maduras que requirieron procesos de recuperación mejorada para incrementar el factor de recuperación de hidrocarburos, en el desarrollo de campos complejos y en la incorporación de una mayor cantidad de pozos en explotación de gas no asociado (véase el gráfico IV.7).

**Gráfico IV.7**  
**México: intensidad energética de la producción de petróleo y gas natural, 2001-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

## 2. Refinación de crudo

Al igual que la complejidad de un yacimiento, la complejidad de la configuración de cualquier refinería tiene incidencia en el consumo de energía. Las refinerías con instalaciones muy complejas normalmente tienen altos niveles de consumo de energía por unidad de carga, y además modifican la relación entre la operabilidad del proceso y la calidad de los productos. Lo anterior ha ocurrido en el Sistema Nacional de Refinación (SNR)<sup>37</sup> en los últimos 25 años.

El SNR totalizó una capacidad instalada de destilación atmosférica para el procesamiento de petróleo de 1.640 kbd en 2015, es decir, 120 kbd más de los disponibles en 1995. Cuando ocurren transformaciones en las instalaciones de las refinerías se debe tener cuidado en citar conclusiones definitivas sobre el desempeño energético, ya que solo se observa la tendencia de la intensidad energética, y se pueden cometer errores en la valoración al no considerar la evolución de la complejidad de las instalaciones<sup>38</sup>.

La transformación de la complejidad del SNR ha tenido dos etapas. En la primera etapa, PEMEX desarrolló el proyecto Plantas paquete ecológico que permitió instalar 28 plantas adicionales en las distintas refinerías entre 1993 y 1997, con la finalidad de mejorar la calidad de las gasolinas, diésel y combustóleo. En esta etapa se incorporó mayor capacidad mediante nuevas plantas de desintegración catalítica y térmica, reducción de viscosidad, reformación de naftas e hidrodesulfuración. Estas acciones propiciaron que la gasolina Nova con 78 octanos dejara de producirse a partir de enero de 1998 y fuera

<sup>37</sup> El SNR está integrado por seis refinerías: Salina Cruz, Madero, Cadereyta, Tula, Salamanca y Minatitlán.

<sup>38</sup> Dada la complejidad de las instalaciones de refinación de petróleo, existen varios sistemas de indicadores para cuantificar el desempeño energético en una refinería. Entre los más destacados se encuentran los indicadores de Solomon y los de Nelson, que con el tiempo se han vuelto referentes al momento de comparar instalaciones entre compañías a nivel internacional, ya que este tipo de indicadores son los únicos puntos de referencia que recopilan datos de diversas empresas del sector en forma confidencial. Si bien no se abordan por motivos de derechos de autor, se reflejan en el apartado algunos parámetros considerados en su elaboración.

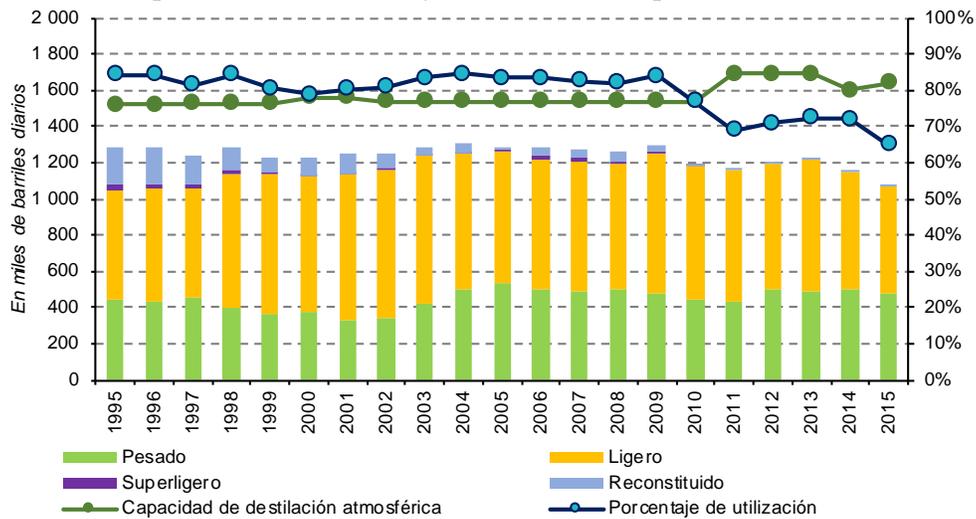
sustituida por la PEMEX Magna y la PEMEX Premium de 87 y 93 octanos, respectivamente. Además, las adiciones de capacidad permitieron una reducción significativa del contenido de azufre en el diésel en 0,5% a 0,05% en su contenido.

La segunda etapa ha formado parte de una estrategia de modernización del SNR que empezó en 1997 y continúa hasta hoy. PEMEX inició la reconfiguración del SNR en 1997, mediante un programa que buscó elevar la capacidad para procesar crudos pesados, modificar la estructura de la producción hacia productos con mayor valor agregado y satisfacer la demanda de combustibles con un menor impacto ambiental. Entre 1997 y 2015 el proceso de reconfiguración del SNR tuvo como resultado un incremento de 66% en la capacidad instalada de hidrodesulfuración. Esta infraestructura ha permitido lograr la producción de gasolinas y diésel de ultrabajo azufre en los últimos años. Otro resultado de esta segunda etapa es la conclusión de las reconfiguraciones de tres de las seis refinerías, mismas que hoy en día cuentan con procesos de conversión profunda y han incorporado trenes de coquización e incrementado la obtención de destilados provenientes del residuo de vacío. Esta infraestructura se empezó a aprovechar en Cadereyta y Madero en 2003, y posteriormente en Minatitlán en 2012.

La habilitación y estabilización de la infraestructura adicionada para la conversión de los procesos del SNR no ha sido fácil. Si bien entre 2011 y 2015 se ha incrementado la capacidad de destilación primaria de crudo, también ha existido un menor procesamiento de crudo en las refinerías, lo que ha reflejado niveles de utilización de hasta 65% en 2015. Entre los factores que han provocado la menor utilización de las instalaciones se encuentran la ejecución de trabajos de mantenimiento y rehabilitación no previstos relacionados a la calidad del crudo recibido de las áreas productoras, así como al menor proceso programado derivado de la optimización del SNR. Por otra parte, entre las principales causas que han provocado el crecimiento de los paros no programados del SNR en los últimos años se encuentran la falta del suministro de hidrógeno, las reparaciones en equipos y procesos y el déficit del suministro de servicios como vapor, agua o electricidad en las instalaciones. Sin embargo, entre los aspectos positivos de la reconfiguración del SNR se encuentra el incremento notable del procesamiento de crudo pesado de 34,9% a 45,3% entre 1995 y 2015 (véase el gráfico IV.8).

Gráfico IV.8

México: crudo procesado en refinerías y utilización de la capacidad instalada, 1995-2015 <sup>a</sup>



Fuente: Elaboración propia con información de PEMEX.

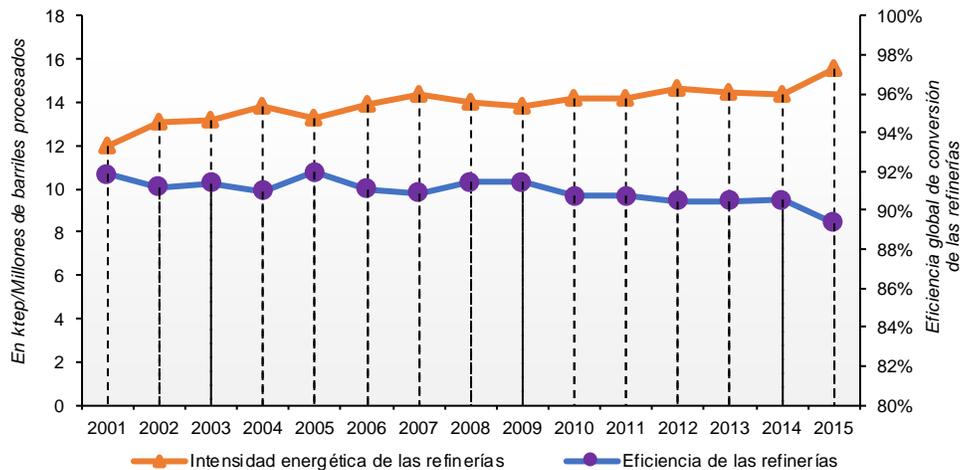
<sup>a</sup> El reconstituido incluye crudo despuntado, pentanos, nafta ligera de Cangrejera, nafta ligera de Cactus, gasolina de Poza Rica y gasolina de Madero.

Los cambios en las instalaciones del SNR para responder a regulaciones ambientales han generado una mayor utilización de energía al aumentar la necesidad de más equipos de procesamiento y electricidad para los servicios auxiliares. Así, la intensidad energética del SNR se incrementó 30% entre 2001 y 2015.

Entre los elementos que se combinaron para este resultado se encuentran la elaboración de combustibles más limpios y compatibles con reglamentos ambientales más exigentes, principalmente las gasolinas, diésel y combustóleo pesado cuyo contenido de azufre disminuyó gradualmente; la instalación de nuevos procesos para maximizar la utilización del crudo pesado, tales como la coquización, el hidrotratamiento o la desintegración catalítica y térmica, entre otros; la utilización de combustibles más limpios para las operaciones de las refinerías, como el gas natural; la reformulación de combustibles que permitieron la sustitución de gasolinas con plomo, la disminución del contenido de aromáticos de la gasolina y diésel, o la sustitución de los oxigenantes de las gasolinas.

Otro indicador típico que mide la productividad de las refinerías corresponde a la participación de consumo de energía utilizado respecto a la cantidad de energía procesada. Este indicador de eficiencia energética evalúa la eficacia del uso de energía secundaria utilizada para procesar la cantidad de crudo en las refinerías entendiéndose que, a mayor valor relativo del indicador, las refinerías requieren menos energía para procesar el mismo barril de crudo. El SNR registra eficiencias anuales en un rango entre 89% y 91% durante el período 2001-2015. Este comportamiento muestra que, pese al incremento de la intensidad energética por una mayor complejidad en la configuración de las refinerías, la eficiencia de conversión se ha mantenido en un rango estrecho (véase el gráfico IV.9).

**Gráfico IV.9**  
**México: intensidad energética de las refinerías y eficiencia de conversión en el SNR, 2001-2015**



Fuente: Elaboración propia con información de PEMEX.

### 3. Procesamiento de gas

Las plantas de gas o centros procesadores de gas (CPG) tienen la función de procesar, comercializar y transportar gas natural, hidrocarburos líquidos (como el gas licuado del petróleo o gas LP) y productos petroquímicos básicos, tales como etano, gasolinas naturales y azufre. En México las plantas de gas cuentan con los siguientes procesos básicos: endulzamiento de gas y condensados, recuperación de licuables vía plantas criogénicas, recuperación de azufre y fraccionamiento de hidrocarburos.

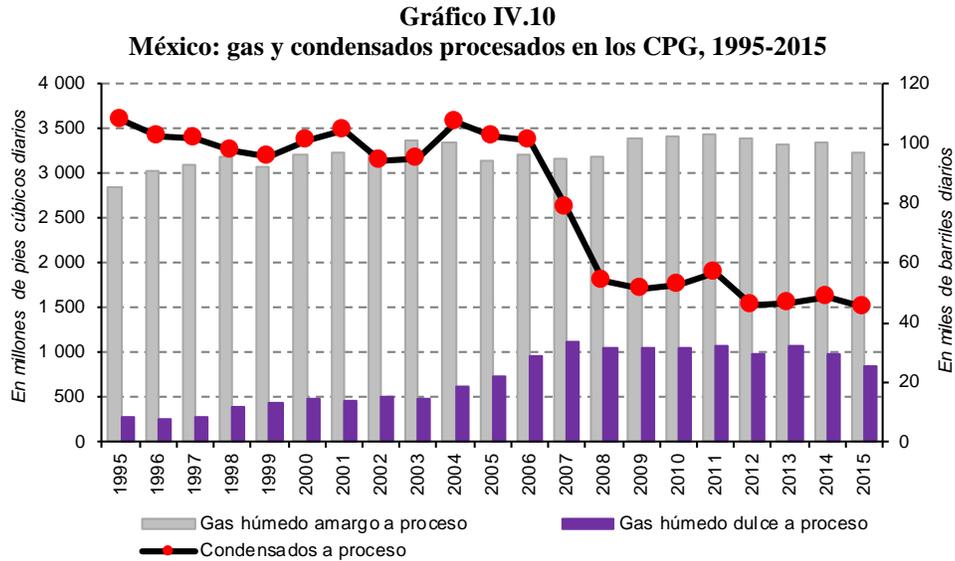
Los cuatro procesos de los CPG son muy eficientes en la separación de los productos deseados. Sin embargo, su nivel de actividad y productividad depende de la naturaleza y composición de los hidrocarburos recibidos desde los campos petroleros. Estas instalaciones reciben y procesan gas húmedo amargo y húmedo dulce, así como condensados dulces y amargos. La composición de estas corrientes depende del origen de la producción de gas asociado en los campos petroleros y suele variar en el tiempo.

En total, los nueve CPG<sup>39</sup> del país disponen de una capacidad instalada de endulzamiento de gas amargo de 4.523 millones de pies cúbicos diarios (Mpcd) y de condensados de 144 kbd, una capacidad

<sup>39</sup> Los nueve CPG en México son Arenque, Burgos, Cactus, Ciudad Pemex, Matapionche, Nuevo Pemex, Poza Rica, La Venta y Área Coatzacoalcos.

instalada de recuperación de licuables de 5.912 Mpcd, una capacidad instalada de fraccionamiento de líquidos de 569 kbd y de recuperación de azufre de 3.256 toneladas por día<sup>40</sup>.

En el procesamiento de gas se debe tener cuidado al interpretar los índices de utilización de las plantas, ya que la variación en la recepción de un tipo de materia prima puede afectar los resultados. En este sentido, la recepción de condensados al igual que las corrientes de gas húmedo dulce ha disminuido en las plantas de gas, en tanto que el gas húmedo amargo se ha mantenido. Esto representa un reto fuerte en las operaciones para sincronizar en el tiempo la producción de gas con una calidad determinada desde los pozos o baterías de separación hasta las plantas de gas (véase el gráfico IV.10)

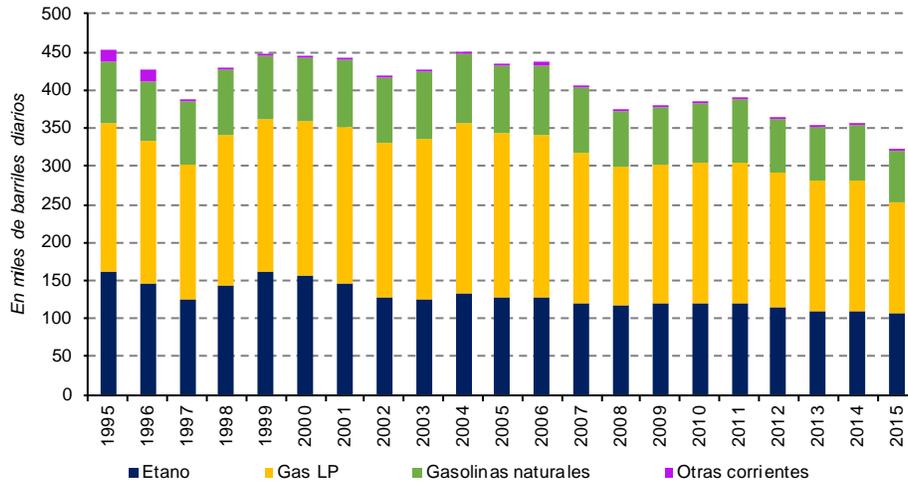


**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

Si bien el volumen de gas húmedo a proceso se ha incrementado en las últimas décadas y con ello la elaboración de gas seco, destaca que ante la caída de los condensados a proceso y una variación en la calidad del gas húmedo, las fracciones de los líquidos del gas han venido a menos, principalmente en los hidrocarburos de cadenas más largas como los que componen al gas LP y las gasolinas naturales (véase el gráfico IV.11).

<sup>40</sup> El endulzamiento de gas y condensados consiste en la separación de gases ácidos de la corriente de hidrocarburos y se obtienen dos productos intermedios: gas húmedo dulce o condensado dulce y gas ácido. En la recuperación de azufre los gases ácidos son convertidos a través de reacciones térmicas y catalíticas a azufre elemental. En la recuperación de licuables el gas húmedo dulce es separado en dos corrientes, una correspondiente a un producto intermedio líquido, conocido como licuables del gas o líquidos criogénicos y otra gaseosa, correspondiente a gas seco. En el fraccionamiento de hidrocarburos los licuables del gas son separados en tres productos terminados: etano, gas licuado del petróleo y gasolinas naturales (naftas).

**Gráfico IV.11**  
**México: obtención de licuables en fraccionadoras, 1995-2015**

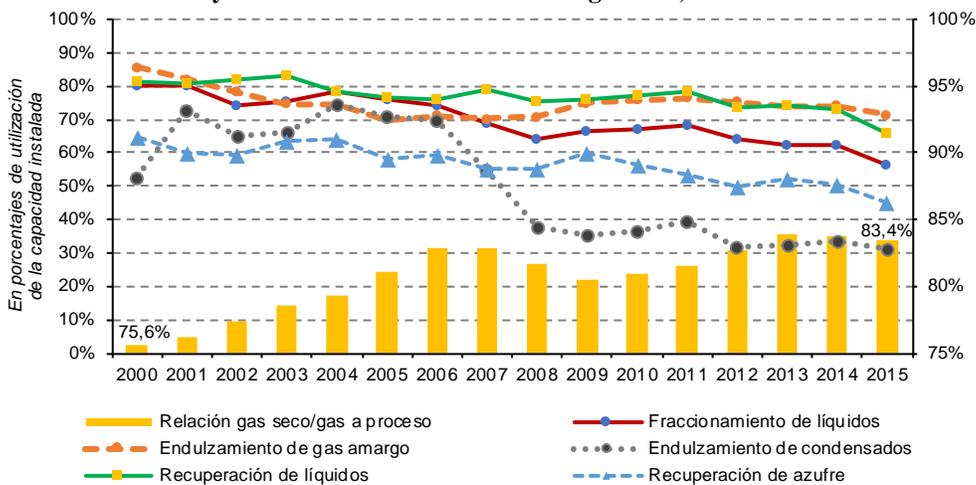


**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

El porcentaje de utilización de la capacidad instalada en cualquiera de los procesos suele ser un indicador muy subjetivo en las plantas de gas, ya que el resultado puede estar determinado por la composición de las corrientes procesadas. Todos los procesos en las plantas de gas vienen a menos en su porcentaje de utilización de la capacidad instalada en los últimos 15 años, como consecuencia de la cantidad y calidad de los insumos recibidos.

Así, entre 2000 y 2015, la menor cantidad de gas húmedo amargo y condensados amargos afectó el porcentaje de utilización de la capacidad de endulzamiento de gas amargo, endulzamiento de condensados y por ende la recuperación de azufre. De igual manera, la caída de la recepción de gas húmedo dulce y la baja de condensados procesados de corrientes intermedias, afectaron los porcentajes de utilización de la recuperación de líquidos del gas, y con ello se afectó el fraccionamiento de líquidos (véase el gráfico IV.12).

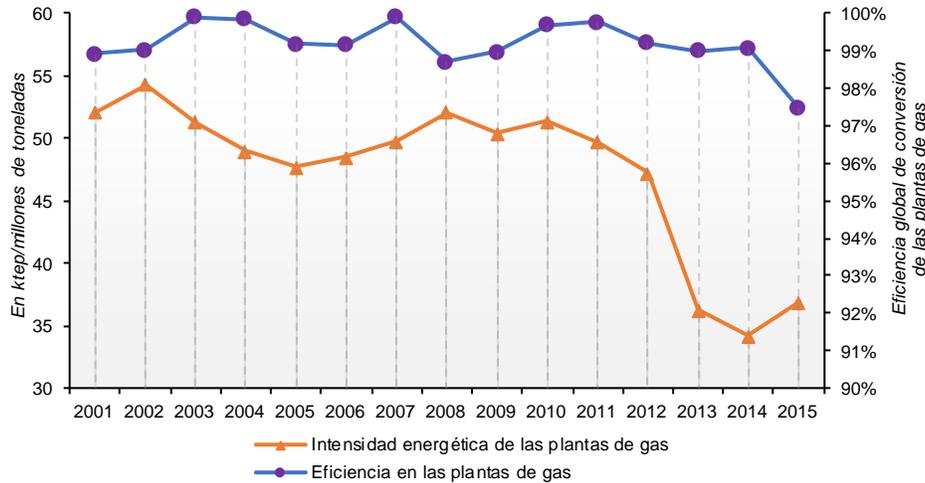
**Gráfico IV.12**  
**México: utilización de la capacidad instalada en plantas de gas y rendimiento en la obtención de gas seco, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

En general, se observa que la composición de líquidos del gas húmedo a proceso ha disminuido, por lo que el rendimiento de gas seco en los CPG se incrementó. En 2000 por cada unidad de gas húmedo procesado, 75,6% se convertía en gas seco, en tanto que para el 2015 la relación se incrementó a 83,4%. Pese a los cambios de composición en los insumos, las plantas procesadoras de gas y condensados han mantenido una eficiencia de conversión elevada, misma que entre 2002 y 2014 se mantuvo en niveles de 99%, con intensidades energéticas a la baja. Sin embargo, en 2015 ambos indicadores fueron afectados por la caída en la recepción de materias primas (véase el gráfico IV.13).

**Gráfico IV.13**  
**México: intensidad energética y eficiencia de conversión de las plantas de procesamiento de gas, 2001-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX.

## B. Subsector eléctrico

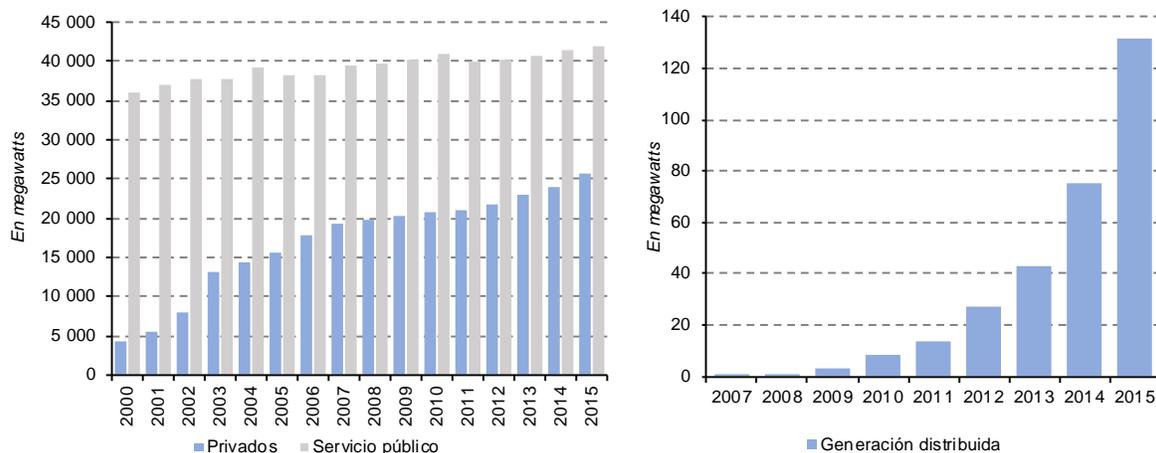
Hoy en día la industria eléctrica está integrada por diversos actores públicos y privados que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica, aunque la transmisión y distribución para el servicio público son actividades reservadas para el Estado Mexicano. La reforma energética de 1992 impulsó formas de participación de los privados en actividades que no se consideraban parte del servicio público. Así, la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) promovió un esquema parcial de apertura para que los particulares participaran en la industria eléctrica nacional bajo las modalidades de Producción Independiente de Energía (PIE), autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción y usos propios y continuos, así como de importación y exportación de energía eléctrica, previo permiso otorgado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

Con la reforma energética iniciada en 2013, la LSPEE fue abrogada en 2014 y apareció la Ley de la Industria Eléctrica (LIE). Los permisos otorgados por la CRE antes de la aprobación de la LIE siguen vigentes al amparo de la LSPEE y pueden solicitar su modificación por permisos de carácter único de generación acorde a lo establecido en la nueva ley. Adicionalmente, la regulación mexicana facilitó la generación distribuida y los contratos de interconexión en pequeña y mediana escala a partir de 2007, y ha promovido la generación a partir de fuentes de energía renovable.

## 1. Capacidad instalada

La capacidad instalada para la generación de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) tuvo un crecimiento promedio de 3,5% anual en el período 2000-2015, al pasar de 40.504 MW a 67.703 MW. Durante este período, la participación del sector privado en la capacidad instalada total aumentó considerablemente. Así, de representar 10% en 2000, equivalentes a 4.339 MW, pasó a 38% en 2015 con 25.830 MW; el resto correspondió a centrales de generación de servicio público. El gráfico IV.14 muestra la capacidad total instalada en el territorio nacional en el SEN, así como la capacidad de generación distribuida de pequeña y mediana escala al cierre de 2015.

**Gráfico IV.14**  
**México: capacidad instalada de generación eléctrica, 2000-2015<sup>a</sup>**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE, CRE y SENER.

<sup>a</sup> El servicio público solo considera la generación de CFE y la extinta Luz y Fuerza del Centro.

Durante el período 2000 a 2015 los cambios más significativos en cuanto al crecimiento de la capacidad instalada ocurrieron dentro del sector privado; la modalidad de los PIE fue la que tuvo el mayor incremento al pasar de 532 MW a 12.953 MW. Esta modalidad promovida desde la LSPEE sirvió para complementar los esfuerzos de desarrollo de la industria eléctrica nacional. En tanto las centrales en modalidad de autoabastecimiento aumentaron su capacidad de 3.807 a 12.746 MW. Por su parte, la cogeneración pasó de 1.121 MW a 3.648 MW durante el período.

Por otra parte, la generación distribuida, aquella que se encuentra interconectada a un circuito de distribución con altas concentraciones de centros de carga y generadores exentos con capacidad menor a 0,5 MW, ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años<sup>41</sup>. Si bien la capacidad instalada es poca en comparación con las centrales grandes, esta pasó de tres kilowatts (kW) instalados en 2007 a 132 MW en 2015, lo que significó un crecimiento promedio anual de más de 280,5%.

México cuenta con un enorme potencial de recursos renovables y la matriz energética de generación está integrada por una diversidad importante de tecnologías para su aprovechamiento. Entre las energías renovables, las centrales hidroeléctricas son las de mayor participación en la capacidad instalada, seguidas de las centrales geotermoelectricas<sup>42</sup>, eólicas y solar fotovoltaica. Estas últimas dos fuentes han tenido el mayor crecimiento en los últimos años.

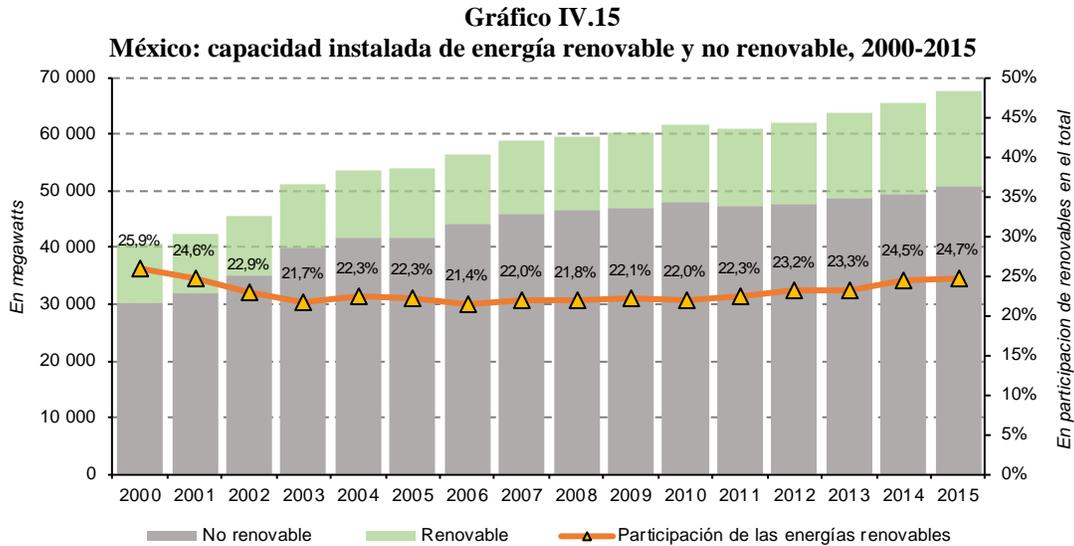
Así, la capacidad instalada de centrales renovables pasó de 10.475 MW a 16.762 MW entre 2000 y 2015. Si bien la mayor parte de esa capacidad proviene de centrales hidroeléctricas, el ritmo de

<sup>41</sup> La capacidad instalada de generación distribuida está conformada por centrales solares fotovoltaicas en pequeña y mediana escala, centrales de biogás, centrales de biomasa, eólica en pequeña escala y sistemas híbridos.

<sup>42</sup> De acuerdo con la Red de Políticas de Energías Renovables para el Siglo XXI (REN 21, por sus siglas en inglés), 2016, México se ubica dentro de los primeros cinco países con mayor capacidad instalada de centrales geotermoelectricas, junto con los Estados Unidos, Filipinas, Indonesia y Nueva Zelanda.

crecimiento más acelerado lo presentó la eólica, de 2 MW en 2000 a 2.805 MW en 2015. Por su parte, la geotermia se incrementó de 855 MW a 883 MW entre 2000 y 2015, pese a que alcanzó su máximo en 2008 cuando se dispuso de una capacidad de 965 MW, sin embargo, la salida de operación de algunas unidades de generación mermó este registro. Destaca que la solar fotovoltaica llegó a 170 MW de capacidad instalada al final del período, de estos, el 67% correspondió a pequeñas y medianas centrales en la modalidad de generación distribuida.

La participación de las energías renovables en la capacidad instalada del SEN se ha mantenido prácticamente constante durante el período 2000-2015, con un promedio de 22% respecto al total. La capacidad instalada de las energías renovables y las convencionales han tenido un ritmo de crecimiento similar durante el período de 3,2% y 3,6%, respectivamente (véase el gráfico IV.15).



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE, CRE y SENER.

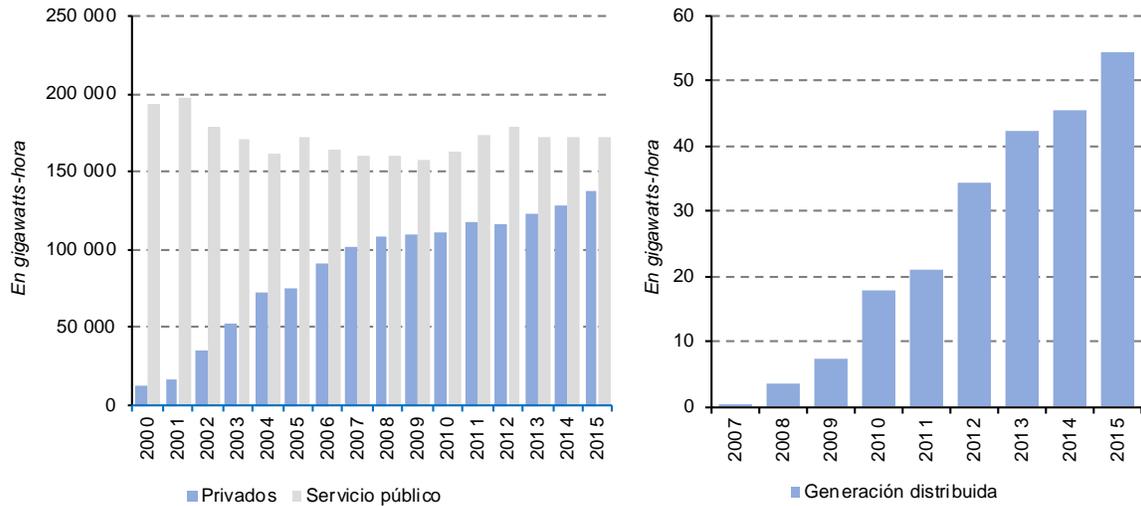
## 2. Generación de electricidad

Entre 2000 y 2015, la generación de electricidad proveniente de centrales públicas y privadas interconectadas al SEN presentó un crecimiento promedio anual de 2,8% al pasar de 205.728 Gigawatts-hora (GWh) para cerrar con 309.364 GWh al final de dicho período. La participación de las centrales de servicio público decreció, mientras en 2000 se reportaron 192.761 GWh, para el cierre de 2015 se llegó a una cifra de 171.910 GWh. Lo anterior a consecuencia de una participación importante en la entrada en operación de centrales eléctricas privadas, y también por la compra de electricidad a los productores independientes de energía.

La generación de energía eléctrica del sector privado tuvo una tasa promedio de crecimiento anual del 17% entre 2000 y 2015, al pasar de 12.967 GWh a 137.454 GWh. Esta dinámica de crecimiento permitió que la participación del sector privado en la generación total del SEN aumentara de 6% a 45% en dicho período. El aumento en la generación de electricidad del sector privado se ha dado por una migración de usuarios hacia las sociedades de autoabastecimiento, el otorgamiento de nuevos permisos de cogeneración en la industria, así como la mayor participación de productores independientes de energía (véase el gráfico IV.16).

Asimismo, el auge por las energías renovables hacia finales de la década anterior provocó un interés creciente por la generación de electricidad mediante generación distribuida, incrementándose exponencialmente de 0,001 GWh a 54 GWh entre 2000 y 2015. Destaca que la mayor contribución fue la de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, seguida del biogás y en menor proporción la biomasa, los sistemas híbridos y la eólica de pequeña escala (véase el gráfico IV.16).

**Gráfico IV.16**  
**México: generación de energía eléctrica, 2000-2015 <sup>a</sup>**

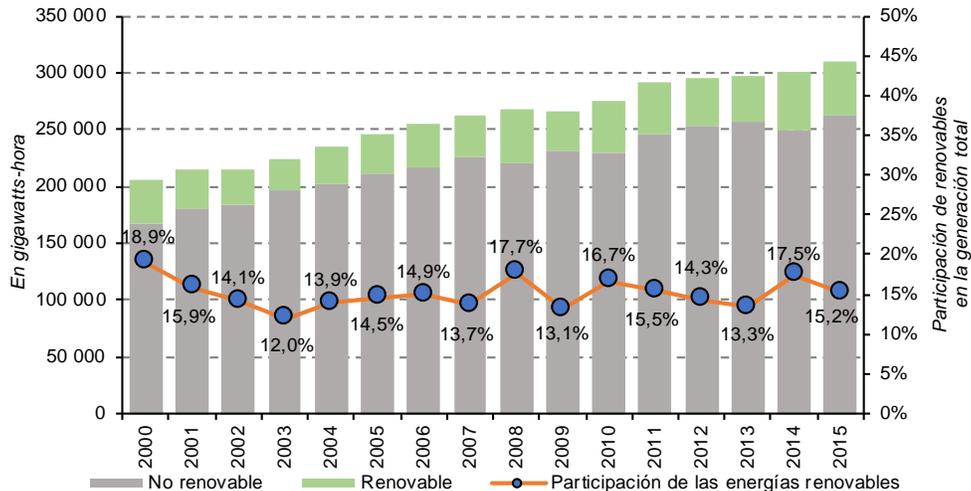


**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE, CRE y SENER.

<sup>a</sup> El servicio público solo considera la generación de CFE y la extinta Luz y Fuerza del Centro.

Por otra parte, la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables de energía creció de 38.984 GWh a 47.133 GWh entre 2000 y 2015. Esta evolución fue 2,8% en promedio anual, en comparación al 3,1% correspondiente de las energías no renovables. El efecto de la variabilidad de los recursos renovables y los fenómenos climáticos, como El Niño y La Niña, han tenido incidencia directa en la variación de la generación eléctrica, en particular, los niveles de precipitación afectan la generación hidroeléctrica del país y, en conjunto hacen que el porcentaje de participación oscile entre el 12% y 18% (véase el gráfico IV.17).

**Gráfico IV.17**  
**México: generación de energía eléctrica renovable y no renovable, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE, CRE y SENER.

### 3. Indicadores de eficiencia energética de centrales térmicas para servicio público

Dentro del sector eléctrico, el indicador de eficiencia energética más aceptado y aplicado en las centrales térmicas de generación es la relación de la electricidad bruta generada respecto a la cantidad de combustible empleado en proceso. A menudo este indicador es conocido como eficiencia térmica de la central, y puede variar en la eficiencia de conversión debido a que existe una gran diversidad de tecnologías, que a su vez consumen uno o más combustibles.

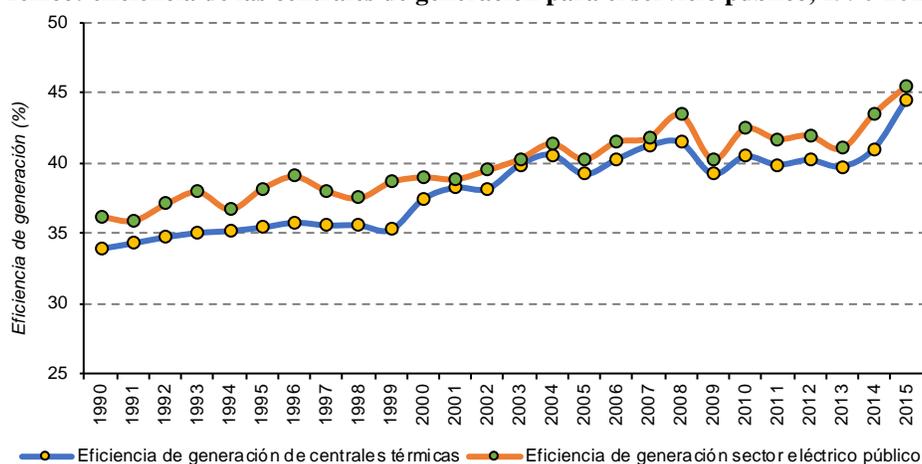
En México se usan unidades de generación termoeléctrica con las siguientes tecnologías: ciclos combinado, turbogás, combustión interna, térmica convencional a vapor, dual, carboeléctrica y lecho fluidizado<sup>43</sup>. Ante el uso de dichas tecnologías, los combustibles fósiles más utilizados en el proceso de generación eléctrica son gas natural, combustóleo, carbón, coque de petróleo y diésel.

Al igual que en el apartado del subsector hidrocarburos, en esta sección se usan unidades de medida más afines a la industria eléctrica mexicana, a diferencia del resto de los capítulos que siguen la convención del informe establecida por la CEPAL. Para diferenciar la eficiencia de la conversión térmica de las centrales en operación en México, se mostrarán dos bloques, uno para el sector público y otro para el privado. En el caso de la generación de los PIE se considera dentro del bloque del sector público.

En general, el gas natural se convirtió en el principal combustible para generación de electricidad y desplazó al combustóleo en las últimas dos décadas. Asimismo, el carbón térmico se mantuvo como un combustible estratégico del servicio público dado que sus precios presentaron menor volatilidad que los derivados del petróleo y el gas natural, y a que este sector operó con el criterio económico de generación a mínimo costo durante décadas. El coque de petróleo también se hizo atractivo al sector privado por los precios del mercado.

Al analizar los procesos de transformación de las centrales térmicas para el servicio público, la eficiencia de generación promedio para el período 1990-2015 ha sido del 38,2%, es decir, se observa un incremento gradual debido al mayor uso de gas natural. Si en este indicador se considera la eficiencia de otras centrales que usan fuentes limpias y renovables el promedio se incrementa a 39,9% durante el período mencionado (véase el gráfico IV.18).

**Gráfico IV.18**  
**México: eficiencia de las centrales de generación para el servicio público, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE, CRE y SENER.

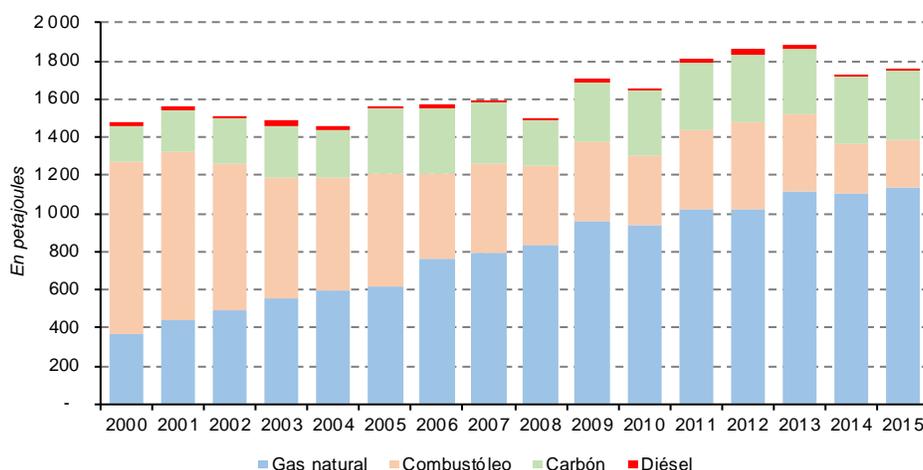
<sup>43</sup> Este indicador de eficiencia energética no aplica a las tecnologías renovables, ya que por convención se asume que dichas centrales tienen una transformación del 100%.

Dentro del servicio público, el gas natural incrementó su participación de 24,6% a 64,5% en la matriz de combustibles de generación entre 2000 y 2015. Este crecimiento fue resultado de la reforma energética de 1992, que abrió la participación a los sectores privado y social para impulsar el crecimiento del sector eléctrico. Asimismo, la aplicación del criterio de costo mínimo para el despacho de energía en CFE reflejó en una mayor participación de los PIE, que impulsaron principalmente adiciones de capacidad de generación a base de ciclos combinados.

En complemento a lo anterior, la CFE comenzó procesos de reconversión en varias centrales termoeléctricas convencionales a vapor, que entre otras cosas promovieron también la sustitución del combustóleo por el gas natural. Incluso estas políticas detonaron que los proyectos de la CFE fueran clave para el desarrollo de tres plantas de regasificación de gas natural licuado (GNL) y nuevos proyectos de gasoductos en el país. Así, el combustóleo dejó de ser el protagonista en la matriz de combustibles de generación del servicio público, y su participación en total bajó de 61% a 14% entre 2000 y 2015, respectivamente (véase el gráfico IV.19).

**Gráfico IV.19**

**México: consumo de combustibles en centrales de generación para el servicio público, 2000-2015**

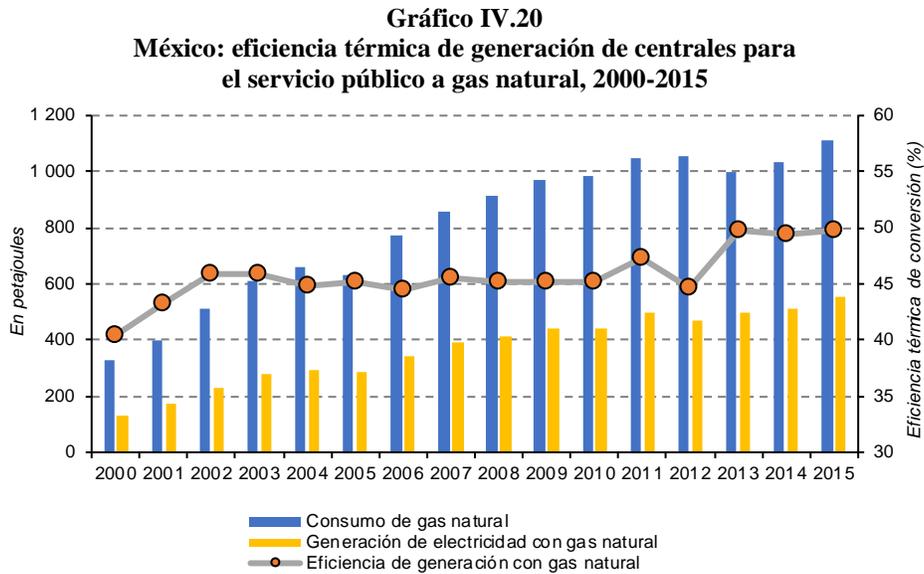


**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE, CRE y SENER.

El indicador de eficiencia energética de las centrales eléctricas para el servicio público a base de gas natural ha presentado una mejoría constante en el período de análisis. Conforme fue incrementando la participación de los PIE a base de ciclos combinados a inicios de 2000, la tendencia del indicador de eficiencia térmica de generación fue al alza, dado el mayor peso específico que esta tecnología fue ganando en la generación total del servicio público. Así, el indicador de eficiencia térmica de las centrales eléctricas que usan gas pasó de 40,5% en 2000 a 49,7% en 2015 (véase el gráfico IV.20).

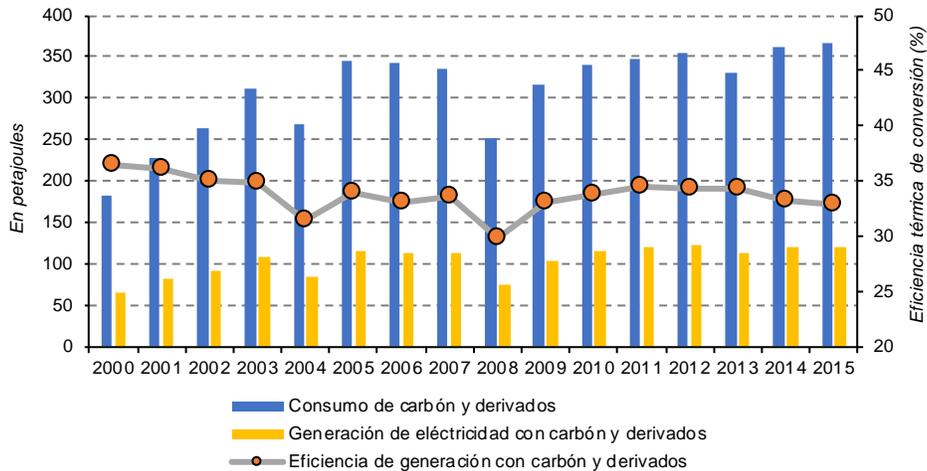
Al inicio del período de análisis las eficiencias eran relativamente bajas, debido a que la generación a base de este combustible tenía una mayor participación de centrales turbogás a ciclo abierto con bajas eficiencias. Hacia el final del período, ya se encontraban 23 centrales de ciclo combinado de los PIE, y la CFE había concluido varias repotenciaciones de sus centrales, lo que hizo que esta tecnología generara el 51,5% de la electricidad total producida para el servicio público.

Por otra parte, México cuenta con tres centrales habilitadas para el uso del carbón. Dos son carboeléctricas dedicadas y una más que es considerada dual, podría utilizar combustóleo o una combinación. En total suman una capacidad instalada de 5.378 MW (SENER, 2015), y la eficiencia de conversión de estas centrales se ha mantenido en un rango que oscila entre los 29,9% y los 36,5%, sin presentar cambios significativos, con excepciones en 2004 y 2008 donde el consumo de carbón disminuyó por problemas de suministro (véase el gráfico IV.21).



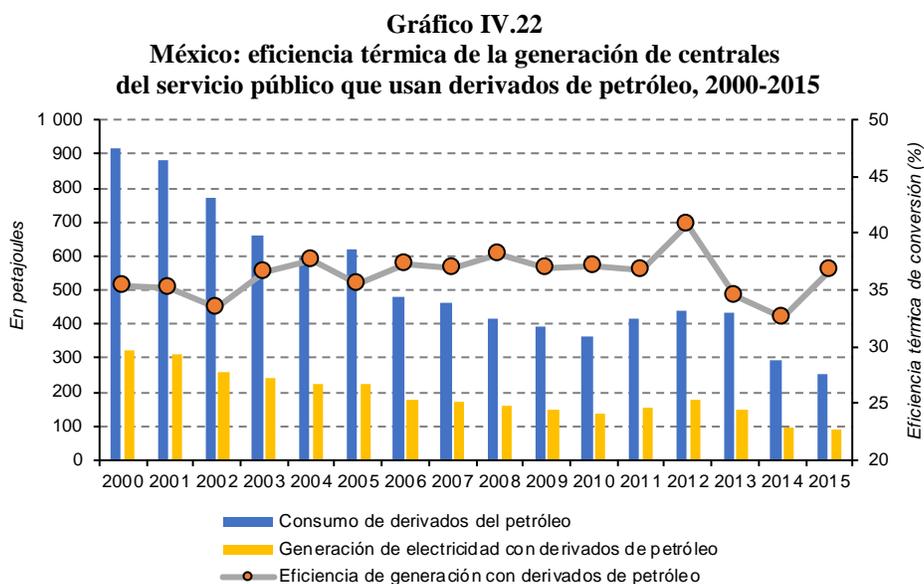
**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE y SENER.

**Gráfico IV.21**  
**México: eficiencia térmica de generación de centrales para el servicio público a carbón, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE y SENER.

Entre las tecnologías que usan como combustible a los derivados del petróleo (combustóleo y diésel) se encuentra las de combustión interna, térmica convencional y turbinas de vapor, en los últimos años, varias de ellas se han sustituido por otras de mayor eficiencia, sujetas a menores costos de combustibles y con una operación más sustentable. Muchas de estas plantas se caracterizan por tener altos costos de generación, por lo que se utilizan para satisfacer la demanda pico o en lugares donde se dificulta el acceso a combustibles más baratos y limpios por restricciones de infraestructura y costos. El gráfico IV.22 presenta la disminución del consumo de derivados de petróleo a causa de lo antes planteado. El promedio de eficiencia térmica de conversión es de 36,3%. Durante el período 2011-2013 se presentaron situaciones críticas de abasto de gas natural en ciertas zonas en el país, lo que provocó un aumento del consumo de estos combustibles (véase el gráfico IV.22).



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE y SENER.

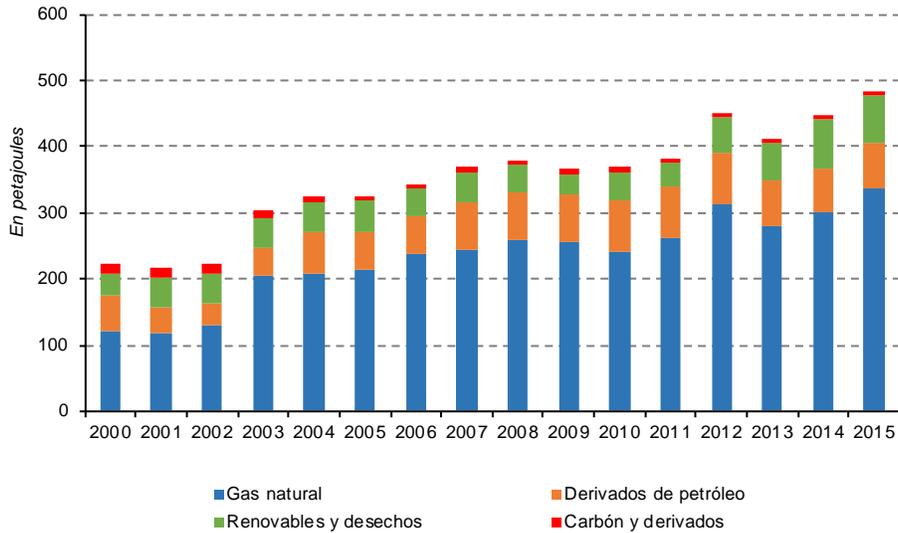
#### 4. Indicadores de eficiencia energética de centrales térmicas para servicio privado

Con la reforma energética de 1992, los privados o autoprodutores empezaron a tener una participación importante, se instalaron tecnologías de ciclo combinado, turbinas de gas, combustión interna, motogeneradores, lecho fluidizado y turbinas de vapor. La mayoría de estas unidades de generación utilizan más de un combustible, incluso combustibles de origen renovable como el bagazo de caña, bagazo de malta, licor negro, entre otros. Además, dependiendo de la configuración de la central, en algunos casos se utilizan más de un tipo de tecnología, acorde a la modalidad permitida, tal como autoabastecimiento, cogeneración, cogeneración con acreditación de cogeneración eficiente, servicios propios y continuos, pequeña producción y exportación.

El combustible más utilizado es el gas natural, con un crecimiento promedio anual de 7,9% entre 2000 y 2015, al final de este período su participación llegó al 70%; por el contrario, los derivados del petróleo (combustóleo, diésel y coque de petróleo) disminuyeron su participación de un 24% en 2000 a 14% en 2015. Lo mismo sucede con el carbón y sus derivados cuya participación pasó de 7% a 1% en el mismo período (véase el gráfico IV.23).

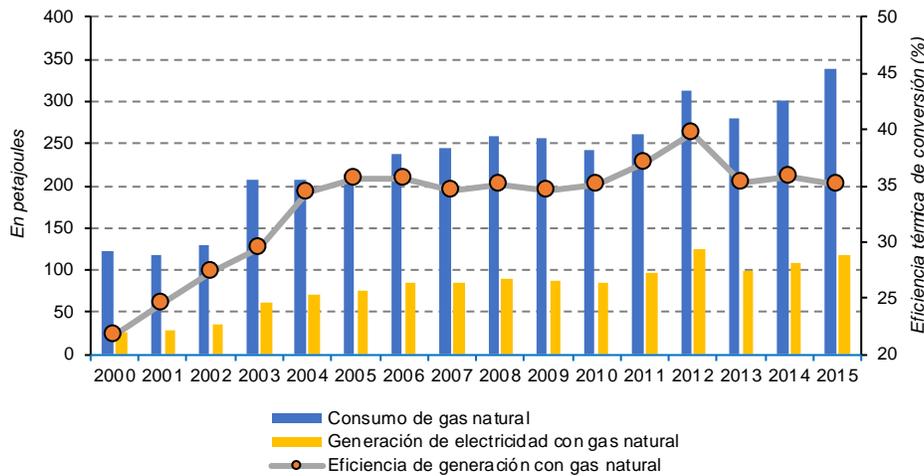
El promedio de la eficiencia térmica de generación a base de gas natural por parte de los autoprodutores es de 33,2%, y depende de la intensidad de uso de cada tecnología y el tamaño de la planta de generación. Los autoprodutores difícilmente utilizan ciclos combinados, ya que preferentemente usan turbinas de vapor o de gas en arreglos de plantas separadas, lo que merma la eficiencia total e incrementa el consumo del gas natural (véase el gráfico IV.24).

**Gráfico IV.23**  
**México: consumo de combustibles en unidades de autogeneración, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CRE y SENER.

**Gráfico IV.24**  
**México: eficiencia térmica de unidades de autogeneración que usan gas natural, 2000-2015**

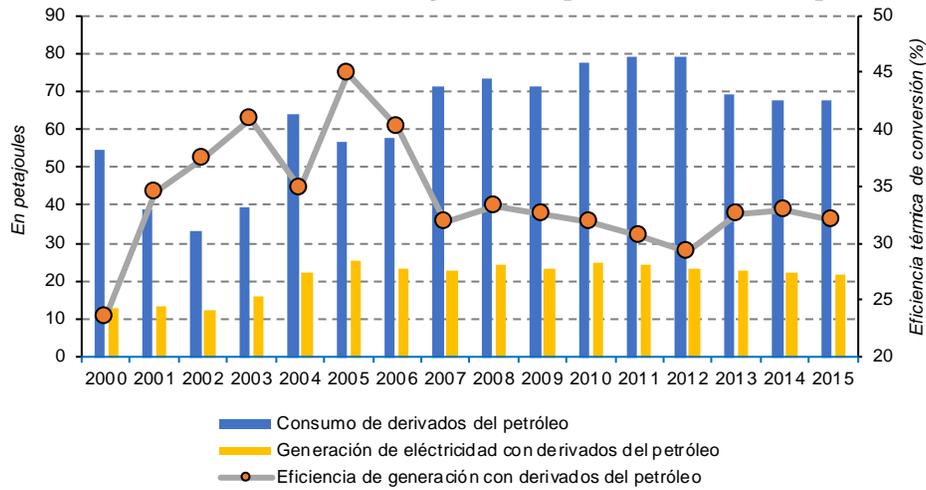


**Fuente:** Elaboración propia con información de CRE y SENER.

El promedio de la eficiencia térmica de centrales que utilizan derivados del petróleo (diésel, combustóleo y coque de petróleo) es de 34% en el período 2007-2015 debido, en buena parte, a que desde 2006 entraron en operación centrales a base de combustóleo y diésel, que suavizaron las eficiencias registradas con respecto al periodo 2000-2006 (véase el gráfico IV.25).

**Gráfico IV.25**

**México: eficiencia térmica de unidades de autogeneración que usan derivados de petróleo, 2000-2015**

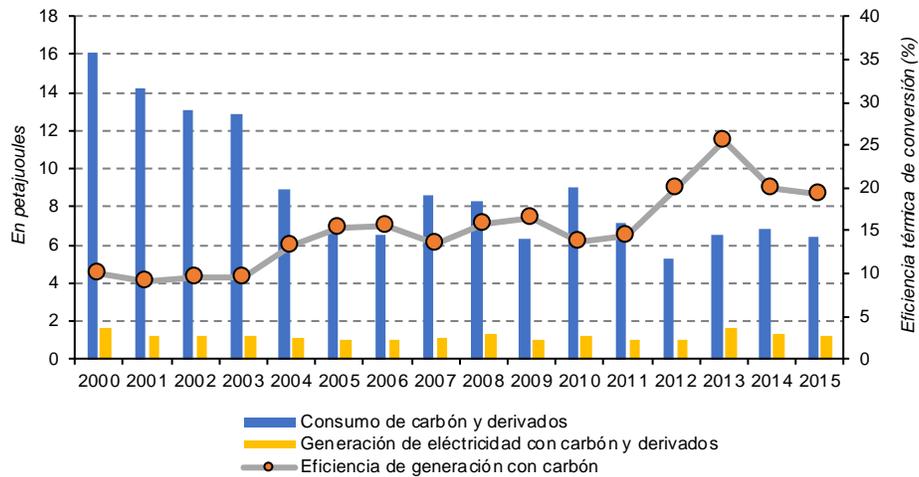


**Fuente:** Elaboración propia con información de CRE y SENER.

El consumo de carbón y sus derivados es usualmente utilizado en la industria siderúrgica para generación de electricidad; la eficiencia térmica de conversión es baja en comparación con otras tecnologías, pues el promedio observado es de 15,1% (véase el gráfico IV.26).

**Gráfico IV.26**

**México: eficiencia térmica de unidades de autogeneración que usan carbón y sus derivados, 2000-2015**



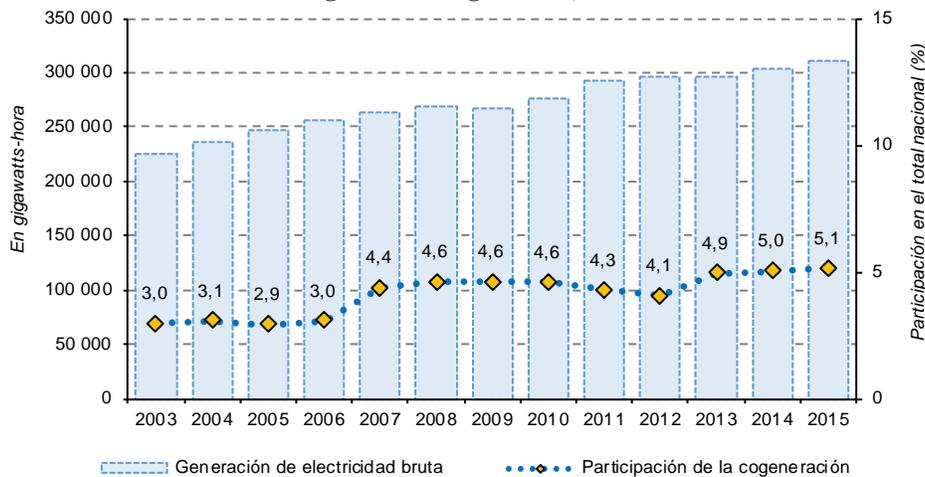
**Fuente:** Elaboración propia con información de CRE y SENER.

## 5. Cogeneración

La cogeneración definida como la producción secuencial de energía eléctrica o mecánica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales y comerciales a partir de una misma fuente de energía primaria es una alternativa que aporta una serie de beneficios relacionados con la conservación de la energía. En México, los primeros permisos en la modalidad de cogeneración fueron otorgados por la CRE en 1994, con más de 20 años de antigüedad, estos permisos siguen aportando capacidad y generación de energía eléctrica. Al cierre de 2015 la CRE reportó 87 permisos en la modalidad de cogeneración. En comparación con los 29 reportados en 2003, esto representó un incremento en la capacidad instalada de poco más del 150%, al pasar de 1.424 MW a 3.648 MW instalados, diversificados en sectores como el petrolero, paplero, servicios municipales, petroquímico, químico, servicios, textil, minero, farmacéutico, azucarero, alimentos, comercio, industrias diversas y manufacturero.

El aporte de la cogeneración respecto a la generación bruta de energía eléctrica del SEN ha aumentado en los últimos 12 años, observándose tres períodos con variaciones poco significativas, el primero de ellos comprendido entre 2003 y 2006, la participación de la cogeneración respecto de la generación bruta de energía eléctrica se mantuvo entre el 2,9% y 3,1%; en el segundo período entre 2007 y 2012, alcanzó un máximo de 4,6% y un mínimo de 4,1% ocurrido en 2012, año en que los sectores textil, municipal, paplero y petroquímico reportaron una generación por debajo de la esperada; finalmente en el tercer período comprendido entre 2013 y 2015, la participación alcanzó un máximo de 5,1% en el último año (véase el gráfico IV.27).

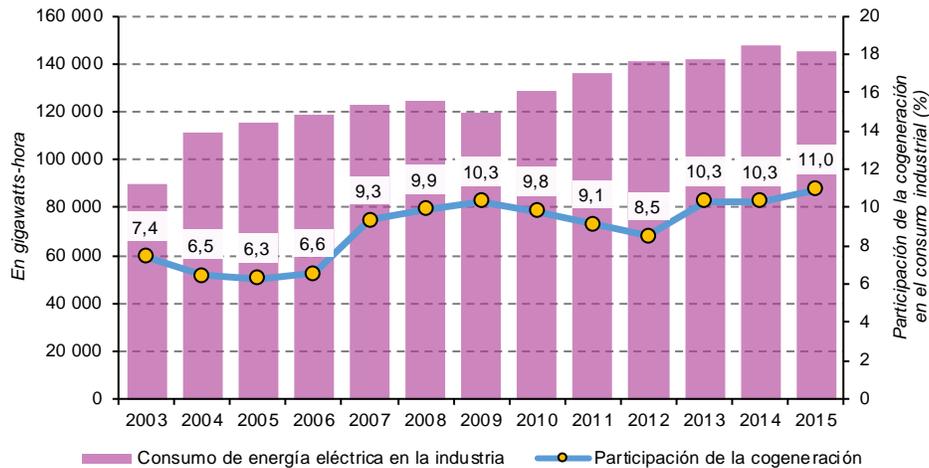
**Gráfico IV.27**  
**México: participación de la cogeneración en el total nacional de energía eléctrica generada, 2003-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CRE y SENER.

Por otra parte, la demanda de electricidad en la industria ha crecido a razón de un 4,2% anual, pasando de 89.945 GWh a 145.122 GWh en el período 2003-2015. La contribución de la cogeneración ha sido significativa en términos del autoconsumo, pues en 2015 cerró en 11%. En 2007 se adicionaron 1.100 MW y en 2013 otros 370 MW, lo que provocó que la generación de energía eléctrica creciera a 8% promedio anual, el doble con respecto al comportamiento de la demanda de la industria (véase el gráfico IV.28).

**Gráfico IV.28**  
**México: participación de la cogeneración respecto al consumo de electricidad de la industria, 2003-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE y CRE.

## 6. Cogeneración eficiente

En México, la LIE considera como energía limpia la energía generada por centrales de cogeneración eficiente en términos de los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y de emisiones establecidos por la SEMARNAT. La Ley de Transición Energética (LTE) determina que, en el caso de cogeneración solamente se considerará energía limpia la generación neta de electricidad por encima de la mínima requerida para que la central califique como cogeneración eficiente, en términos de la regulación que al efecto expida la CRE. La generación eléctrica mediante ciclos combinados no se considera como cogeneración eficiente.

La CRE ha emitido una serie de resoluciones para determinar la eficiencia, criterios y metodología de cálculo de energía libre para los sistemas de cogeneración eficiente:

- i) RES/003/2011. Resolución por la que la CRE expide la metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente<sup>44</sup>.
- ii) RES/291/2012. Resolución por la que la CRE expide las disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente<sup>45</sup>.
- v) RES/206/2014. Resolución por la que se modifica la diversa por el que se emitió la metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente<sup>46</sup>.
- vi) RES/1838/2016. Resolución de la CRE por la que se expiden las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia y establecen la metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustible en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica<sup>47</sup>.

A partir de las resoluciones emitidas, en 2013 la CRE acreditó los primeros sistemas de cogeneración eficiente por una capacidad de 379 MW, en 2014 otros de 180 MW y para 2015 otro por 24 MW. Con ello, y bajo el nuevo marco legal de la LIE se tiene un total de 583 MW de capacidad

<sup>44</sup> Véase <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5178907&fecha=22/02/2011](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5178907&fecha=22/02/2011)>.

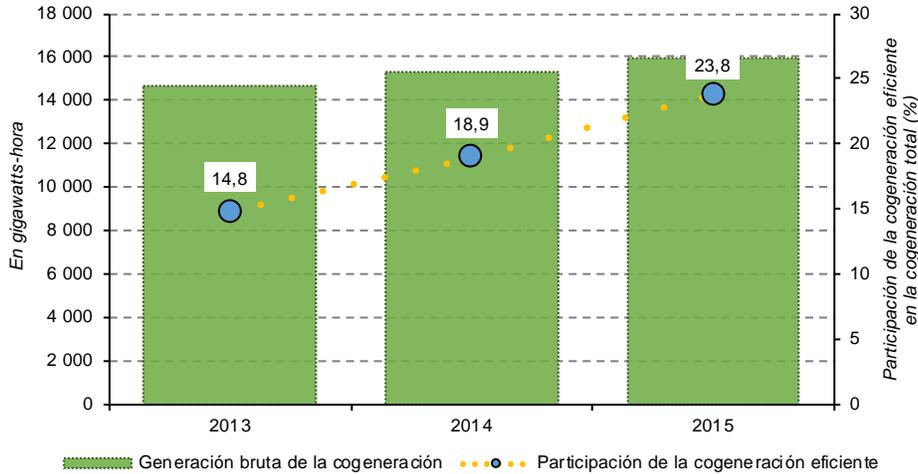
<sup>45</sup> Véase <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5270224&fecha=26/09/2012](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5270224&fecha=26/09/2012)>.

<sup>46</sup> Véase <[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5348183](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5348183)>.

<sup>47</sup> Véase <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5466651](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5466651)>.

instalada, que aportaron más del 23,8% de la generación de energía eléctrica de los permisos otorgados en la modalidad de cogeneración durante 2015 (véase el gráfico IV.29).

**Gráfico IV.29**  
**México: participación de la cogeneración eficiente acreditada con respecto al total de permisos de cogeneración, 2013-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la CRE.

Como caso particular, PEMEX opera varios permisos de cogeneración autorizados por la CRE. Destaca el CPG de Nuevo PEMEX que, en 2013, inició operaciones con una planta de cogeneración a gran escala con 300 MW, con la finalidad de suministrar energía eléctrica al propio complejo y disponer de los excedentes a otras instalaciones de la empresa que dejaron de producir su electricidad con unidades de combustión interna, vapor o gas menos eficientes. Así, la planta abastece de energía eléctrica mediante porteos a través del SEN a 1.159 establecimientos asociados, y tiene la capacidad de producir 800 toneladas-hora de vapor que se utilizan en el proceso de la instalación.

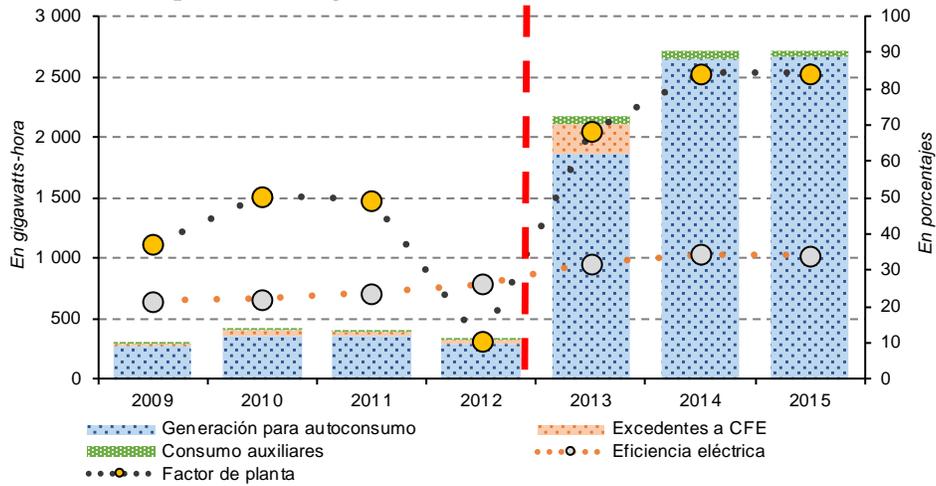
Si bien el complejo contaba con permisos de cogeneración desde 2009 por una capacidad instalada de 92 MW, para el 2013 se reportó una adición por 367 MW y una generación de 400 GWh. Adicionalmente, el proyecto se acreditó como cogeneración eficiente por parte de la CRE durante 2013, con ello la eficiencia eléctrica de la planta pasó de 26% a 32%, como se observa en el gráfico IV.30. Asimismo, destaca que el factor de planta mejoró notablemente, pues pasó de 50% a 84%, sin considerar el mínimo de 10% reportado en 2012.

Por otra parte, la industria azucarera registró un permiso en la modalidad de cogeneración en 2012, que se mantuvo vigente hasta 2015. La mayoría de los permisos otorgados por la CRE están registrados en la modalidad de autoabastecimiento y usos propios y continuos, aun cuando los ingenios azucareros en su mayoría cogeneran mediante la combustión de bagazo de caña. Sin embargo, problemas técnico-económicos asociados a la interconexión impiden el desarrollo de proyectos de expansión. En suma, la cogeneración eficiente y la cogeneración en ingenios azucareros representan un aporte considerable para los años en que fueron acreditados sistemas de cogeneración eficiente, es decir, de 2013 a 2015 (véase el gráfico IV.31).

La acreditación de sistemas como cogeneración eficiente y el reconocimiento de la energía generada en los ingenios azucareros como energía limpia resulta relevante en los últimos años en el sentido de que estos permisos pueden acceder a Certificados de Energía Limpia (CEL) siempre y cuando se cumpla lo establecido en la RES/1838/2016 antes mencionada<sup>48</sup>.

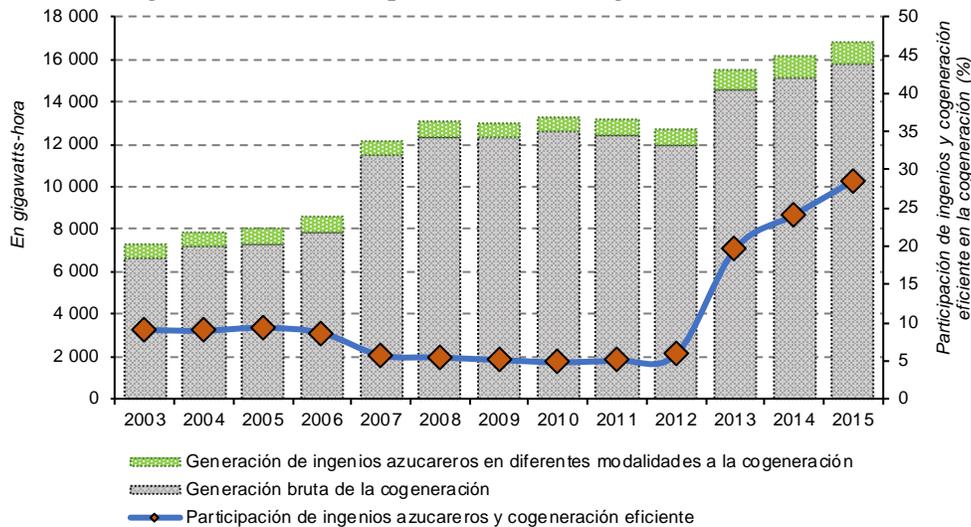
<sup>48</sup> Los CEL son títulos emitidos por la CRE que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de energías limpias y que sirven como requisitos asociados al consumo de centros de carga. Un CEL ampara la generación de 1 MWh de energía eléctrica limpia por un período de 20 años y tienen un valor de mercado que depende de la oferta y la demanda.

**Gráfico IV.30**  
**México: evolución del permiso de cogeneración eficiente en el CPG de Nuevo PEMEX, 2009-2015**



Fuente: Elaboración propia con información de la CRE.

**Gráfico IV.31**  
**México: participación de los permisos de cogeneración eficiente e ingenios azucareros respecto del total de cogeneración, 2003-2015**



Fuente: Elaboración propia con información de la CRE.

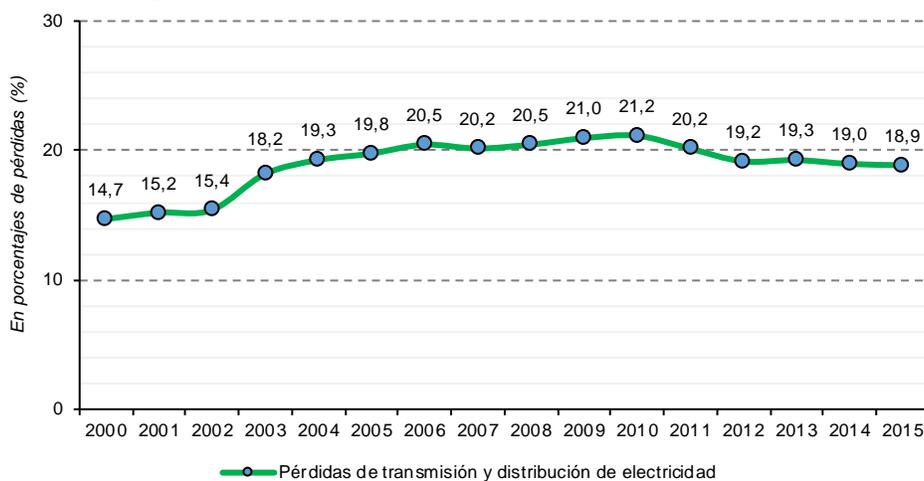
## 7. Pérdidas de transmisión y distribución de electricidad

El proceso de transmisión y distribución de energía eléctrica presenta pérdidas que en México se denominan técnicas, cuando la energía eléctrica se disipa en forma de calor y se acentúan cuando la infraestructura no está en óptimas condiciones. Las pérdidas no técnicas se deben a usos ilícitos, fallas en la medición y errores en la facturación (SENER, 2015). En el proceso de distribución las pérdidas totales (técnicas y no técnicas) han llegado a registrar máximos de 21,2% en el país.

En el gráfico IV.32 se observa que la proporción de pérdidas en los procesos de transmisión y distribución se incrementó gradualmente desde 2000 cuando registró un valor de 14,7% hasta llegar a un máximo de 21,2% en el 2010, fecha en la que empezaron a disminuir las pérdidas, debido principalmente a los programas implementados. Entre las estrategias desarrolladas se encuentran que, para el caso del

nivel de transmisión, se modificaron los criterios para determinar calibre de conductores, y a nivel distribución, se implementaron medidas como la reducción de circuitos primarios y secundarios, recalibración de conductores, instalación de compensación capacitiva en circuitos primarios, instalación de medidores inteligentes, entre otras.

**Gráfico IV.32**  
**México: pérdidas de transmisión y distribución de electricidad, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE y SENER.

## V. Tendencias de la eficiencia energética en el sector industrial

En términos de la economía nacional, el PIB del sector secundario se compone del valor agregado de las actividades de la industria manufacturera, minería, construcción y la generación, transmisión y distribución de electricidad, suministro de agua y gas. Este sector representa algunos retos estadísticos para la vinculación entre la actividad económica y el consumo de energía. Para fines de los indicadores de eficiencia energética, el sector industrial es el que lleva a cabo la fabricación de bienes y productos acabados por convención internacional, y se concentra en el rubro de las industrias manufactureras<sup>49</sup>.

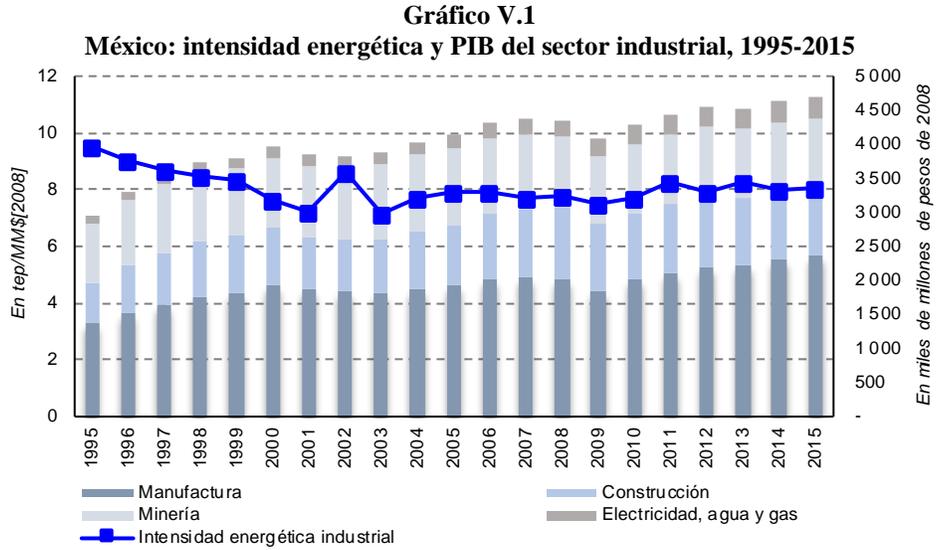
Como convención en sus estadísticas, la Agencia Internacional de Energía excluye al consumo energético derivado de la extracción de materias primas y la construcción dentro del sector industrial. Sin embargo, dentro del proyecto BIEE el primer nivel de indicadores de eficiencia energética refleja las intensidades de la construcción y la minería, por lo que se presentan en este capítulo. Asimismo, en términos de consumo energético, en el análisis se excluyen los consumos derivados de las flotas vehiculares de los subsectores industriales y aquellos usos no energéticos de los combustibles empleados como materia prima.

### A. Tendencias generales

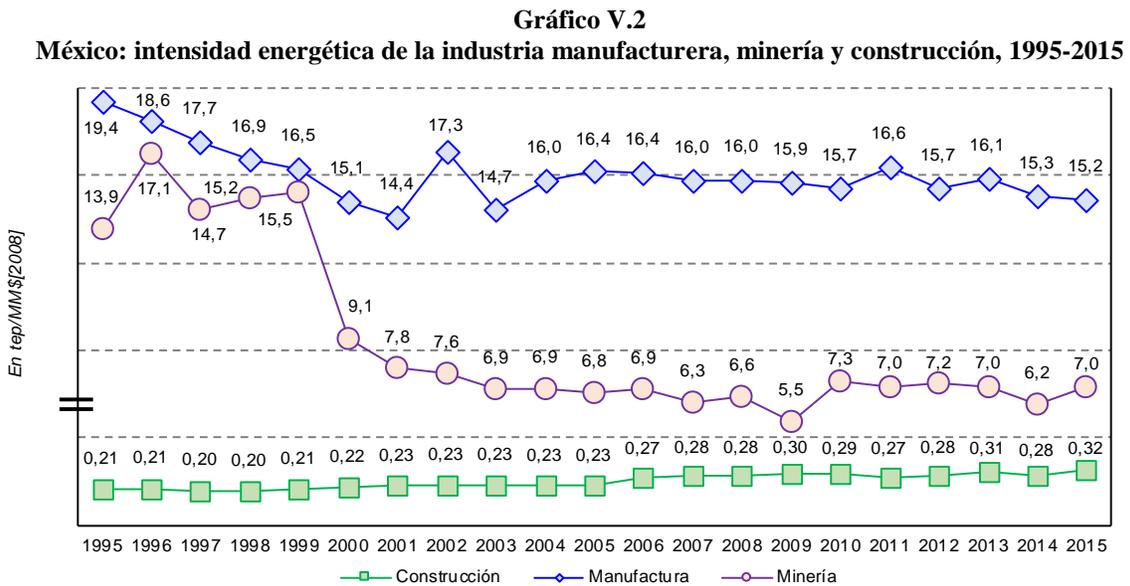
La industria es uno de los sectores principales por su contribución a la economía nacional. El sector secundario representa cerca de un tercio del PIB nacional. Asimismo, la industria ha representado cerca de un tercio del consumo energético final en los últimos 20 años. Analizando el valor agregado de las actividades industriales se observa un crecimiento constante entre 1995 y 2015, en tanto que la intensidad energética del sector industrial disminuyó durante el mismo período. Mientras que la intensidad energética de la industria fue 9,5 tep/MM\$[2008] en 1995, disminuyó a 8,1 tep/MM\$[2008] para 2015, es decir, presentó una disminución de 15,6% (véase el gráfico V.1).

Al ampliar el análisis de las componentes del sector industrial y tomando en cuenta las consideraciones previas, se observa que la intensidad energética de la industria manufacturera es mayor en comparación con la minería y con la construcción (véase el gráfico V.2). Así, entre 1995 y 2015 la industria manufacturera disminuyó en 21,6% su intensidad energética al pasar de 19,4 tep/MM\$[2008] a 15,2 tep/MM\$[2008], en tanto que la minería la redujo de forma contundente en casi la mitad al pasar de 13,9 tep/MM\$[2008] a 7 tep/MM\$[2008] en el mismo período. Por el contrario, la industria de la construcción incrementó 52,4% su intensidad energética en el período de análisis.

<sup>49</sup> Conforme a las recomendaciones internacionales sobre estadísticas energética de las Naciones Unidas (por sus siglas en inglés IRES) se excluyen la generación *upstream* de energía, la refinación y la distribución de electricidad, gas y agua.



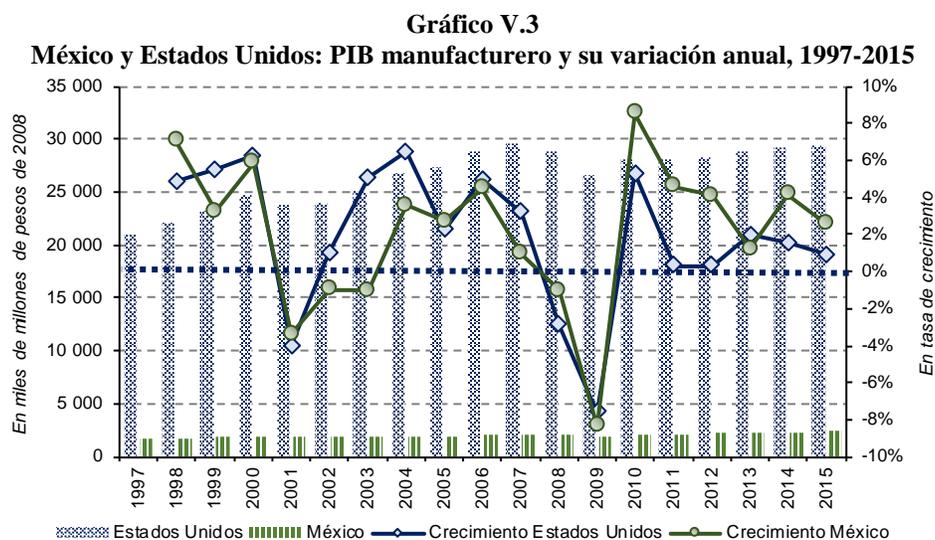
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y SENER.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Como se observa en los dos gráficos anteriores, la tendencia de la intensidad energética del sector industrial es muy parecida al total de las industrias manufactureras. Esto se debe a la aportación del valor agregado que la industria manufacturera tiene en el total del sector secundario, ya que contribuye en más del 50% del PIB del sector secundario y cerca de 16% del PIB nacional.

En general, la industria nacional comenzó una transformación y una fuerte vinculación a la industria manufacturera de los Estados Unidos a partir de la entrada en vigor en 1994 del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entre México, los Estados Unidos y Canadá. Esto ha estrechado los lazos entre la industria estadounidense y la proveeduría mexicana de productos manufacturados e intermedios en las últimas dos décadas y media. De acuerdo con el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas esta correlación de la industria manufacturera se estima aproximadamente en un 80% (véase el gráfico V.3) (CEFP, 2016).



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y Bureau of Economic Analysis (BEA).

Las actividades secundarias de México son muy sensibles a los efectos de la economía de los Estados Unidos, por ello el consumo de energía de la industria mexicana puede afectarse de manera considerable por recesiones y crisis, cambios de cotización del dólar, precios de las materias primas, precios y disponibilidad de combustibles, volumen de exportaciones, por mencionar algunos factores.

Esta vinculación ha generado que en México haya dos tipos de industria que se mueven a diferentes velocidades, una de rápido crecimiento con multinacionales competitivas a escala mundial y con plantas de fabricación de última generación que aumentan la productividad constantemente, y otras industrias con empresas pequeñas de crecimiento lento con una productividad que cae o apenas subsiste cada año.

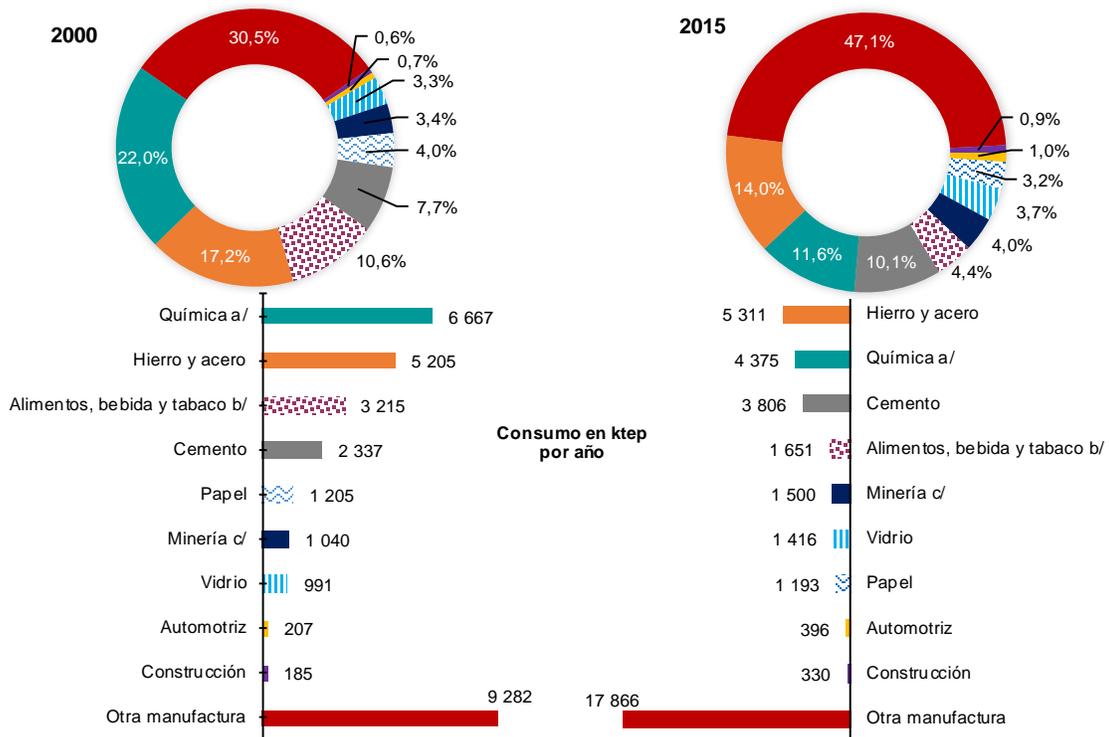
La combinación de este tipo de empresas ha configurado el sector industrial de México, mismo que experimentó dos transformaciones que modificaron la evolución de su intensidad energética en las últimas dos décadas. Por un lado, existió un cambio estructural de la configuración del aparato productivo del sector y, por otro y como consecuencia, se dio una transformación de su matriz energética.

En el primer caso, las industrias de intensidad energética alta y media que predominaban en la década de 1990 disminuyeron su participación en el consumo total de energía del sector (véase el gráfico V.4). Lo anterior fue resultado de dos situaciones contrastantes, algunas industrias emprendieron grandes transformaciones en sus procesos productivos e hicieron más eficientes sus consumos de energéticos, y otro grupo de industrias sufrió una pérdida de capacidad productiva por condiciones de mercado, lo que mermó su consumo de energía.

Por otra parte, los cambios descritos transformaron la matriz energética del sector industrial en las últimas décadas en México. Mientras que en 1995 el gas natural y la electricidad representaban el 60,9% del consumo de energía del sector, hacia 2015 la participación de estas fuentes de energía se incrementó considerablemente a 71,4% del total del sector (véase el gráfico V.5). Muchas de las ramas del sector industrial comenzaron un proceso de sustitución del combustible por otras fuentes como el gas natural, el coque de petróleo y el bagazo, entre los más importantes.

El incremento de la electricidad en la matriz energética del sector industrial puede estar sobreestimado en la contabilidad energética nacional, debido a que muchos de los consumos eléctricos en realidad corresponden al consumo de grandes comercios y servicios, que incluso ha incrementado la categoría de "Otras ramas" del sector industrial en el Balance Nacional de Energía. También se identifica un uso incremental de la energía eléctrica en subsectores que han hecho más eficientes sus procesos productivos, tales como las industrias del hierro y acero, cemento, celulosa y papel, azúcar y minería, y otros que han crecido rápidamente como la industria automotriz y de fabricación de maquinaria y equipo.

**Gráfico V.4**  
**México: distribución del consumo de energía por subsector industrial, 2000 y 2015**



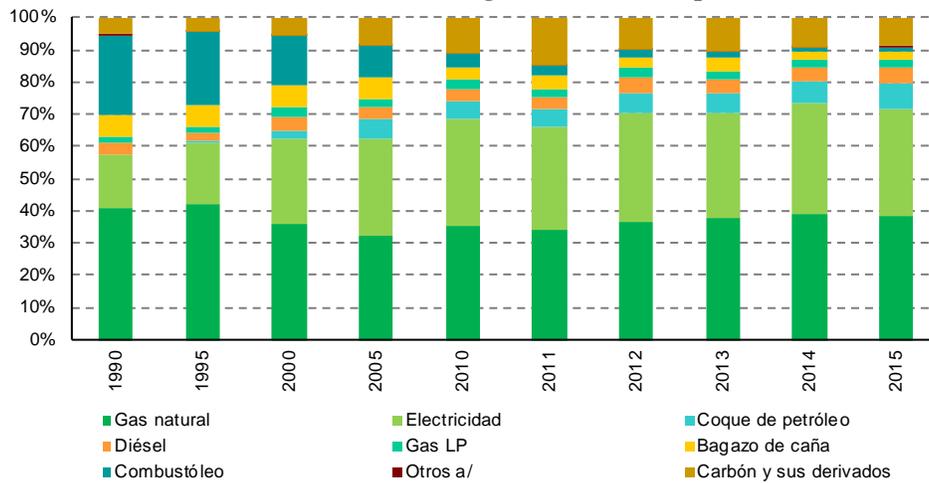
**Fuente:** Elaboración propia con información de la CONUEE y SENER.

<sup>a</sup> La industria química incluye el total de química, petroquímica de Pemex, fertilizantes y hules.

<sup>b</sup> Los alimentos bebidas y tabaco incluyen consumo de azúcar.

<sup>c</sup> La minería se refiere a los minerales metálicos y no metálicos.

**Gráfico V.5**  
**México: distribución del consumo de energía en la industria por fuente, 1990-2015**



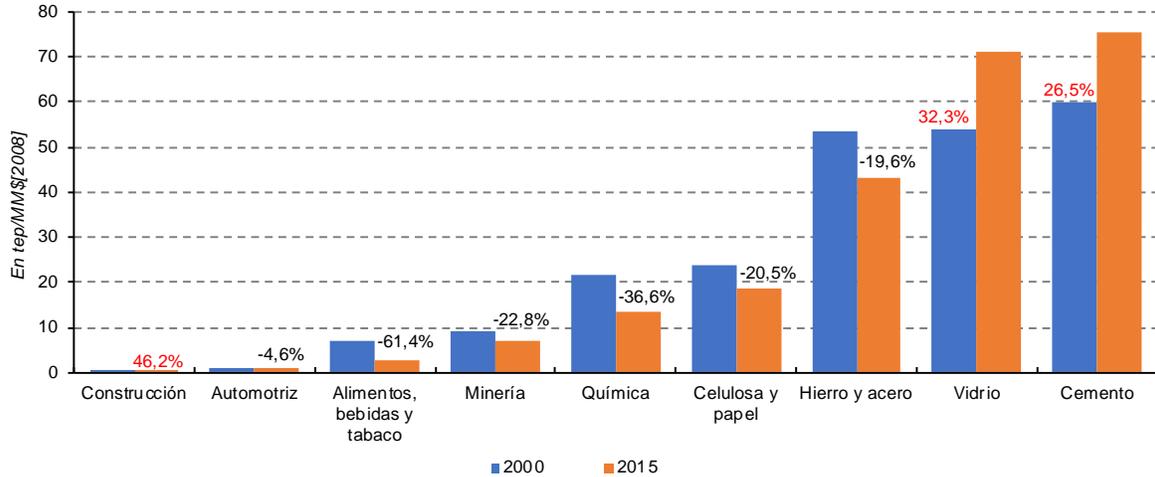
**Fuente:** Elaboración propia con información de la CONUEE y SENER.

<sup>a</sup> Otros incluye querosenos, gasolinas y naftas, y energía solar.

En general la industria mexicana cada vez es menos intensiva en el consumo de energía; sin embargo, los efectos en sus segmentos individuales han sido diferentes. Algunos subsectores como el cementero, el vidrio y la construcción, han incrementado su intensidad energética en términos económicos entre 2000 y 2015, lo que significa que en el último año consumieron más energía para producir el mismo valor económico. Por el contrario, otros subsectores como el hierro y acero, celulosa y papel, química, minería, automotriz y alimentos, bebidas y tabaco, han generado el mismo valor económico con una menor cantidad de energía en el mismo período (véase el gráfico V.6).

Gráfico V.6

México: variación de las intensidades energéticas del sector industrial por segmento, 2000 y 2015



Fuente: Elaboración propia con información de la CONUEE, INEGI y SENER.

## B. Análisis por segmento de la industria

A continuación, se muestra un análisis por rama del sector industrial mexicano. Los indicadores de segundo y tercer nivel desarrollados por la CONUEE contaron con insumos estadísticos de las cámaras y asociaciones más importantes de la industria. En esta sección se muestran los análisis de aquellas ramas de la industria donde se obtuvieron valores de producción física, tales como la siderúrgica, química, cemento, papel, vidrio, azúcar, automotriz y minería.

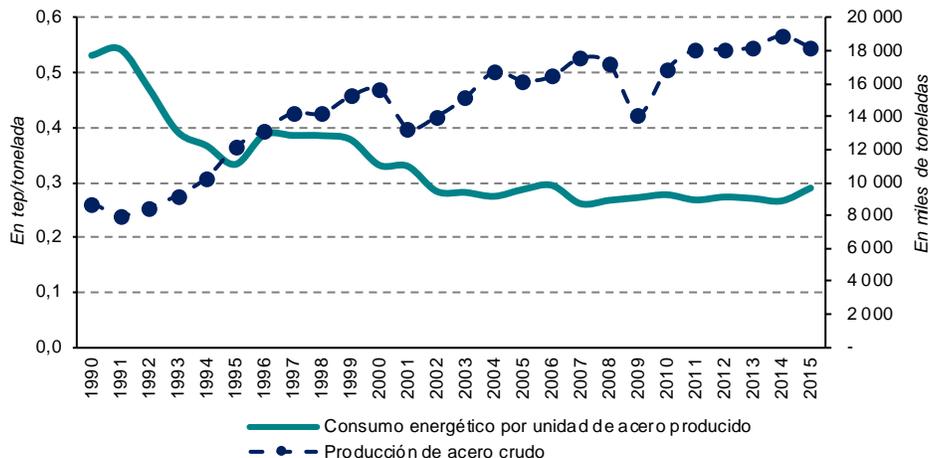
### 1. Industria del hierro y acero

La industria del hierro y acero en México se ha convertido en una de las más productivas del sector industrial, y de las más competitivas a nivel internacional. En términos de su productividad energética, esta rama realizó transformaciones sustantivas en sus procesos durante las últimas décadas, lo que la llevó a disminuir su intensidad energética.

En general, la producción de acero ha mantenido un crecimiento constante a una tasa de 3% en promedio anual entre 1990 y 2015. Así, la producción de acero crudo pasó de 8.734 a 18.255 miles de toneladas en este intervalo de tiempo. Durante este período el consumo unitario de energía para producir una tonelada de acero crudo disminuyó 45%, de 0,53 a 0,29 tep/ton, lo que significó que por cada tonelada producida cada vez se fue requiriendo una menor cantidad de energía (véase el gráfico V.7).

Gráfico V.7

## México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de acero crudo, 1990-2015



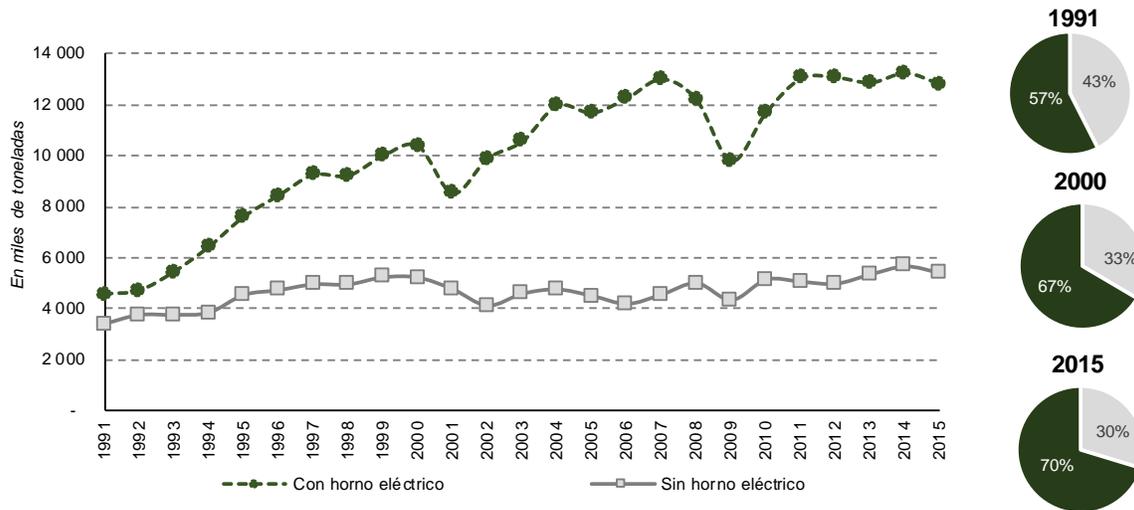
**Fuente:** Elaboración propia con información de la Asociación Mundial de Acero.

La transformación de la intensidad energética de la industria siderúrgica se atribuye al cambio en la infraestructura para la producción de acero. En las últimas décadas, esta industria transformó el origen de la producción nacional de acero a partir de procesos primarios a secundarios (estos últimos incluyen el reciclado). La producción primaria de acero utiliza típicamente un alto horno para producir hierro fundido a partir de mineral de hierro, carbón coquizable y piedra caliza; el hierro fundido se convierte entonces en acero mediante un convertidor básico al oxígeno. La producción secundaria de acero se basa en el uso de la tecnología del horno de arco eléctrico que utiliza como insumos principales chatarra de acero y hierro esponja reducido directamente con gas natural. Estos materiales son mezclados y refinados en hornos de arco eléctrico utilizando electricidad. Como referencia, en México el reciclaje representa 34% de la producción nacional de acero.

La intensidad energética de un horno de arco eléctrico para producir acero es significativamente menor que la de un convertidor básico al oxígeno. Hoy en día ambos procesos coexisten en las plantas de acero en México, sin embargo, la producción a partir del horno de arco eléctrico ha tenido cada vez mayor participación; mientras en 1991 dicha producción representó 57% del total, para 2015 ascendió a 70,3% (véase el gráfico V.8). La modernización tecnológica y expansión del uso del horno de arco eléctrico comenzada desde la década de 1980 contribuyó a la reducción significativa de la intensidad energética en la industria siderúrgica mexicana.

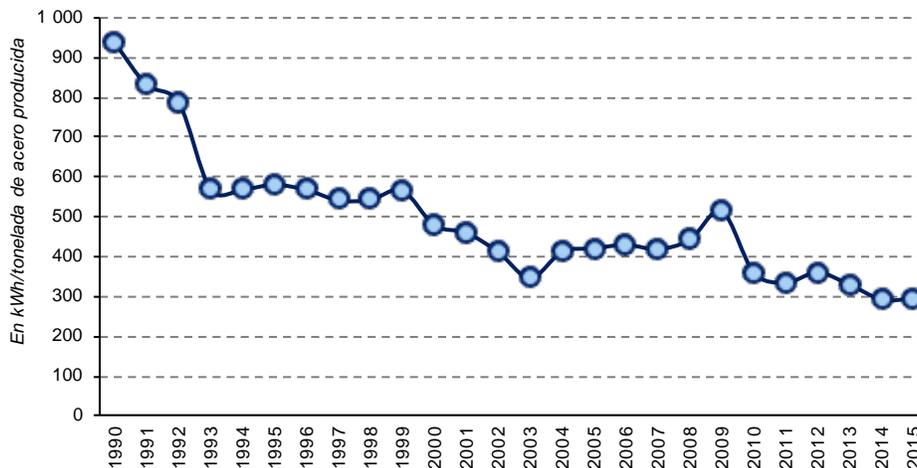
Los hornos de arco eléctrico se usan para fundir chatarra, hierro de reducción directa o arrabio. La flexibilidad de esta tecnología ha permitido hacer más eficientes los consumos de energía de la industria del hierro y acero. Así, la industria nacional ha logrado reducir en 68,7% el consumo de energía eléctrica para producir una tonelada de acero crudo entre 1990 y 2015 (véase el gráfico V.9).

**Gráfico V.8**  
**México: producción de acero por tipo de proceso, 1991-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la Asociación Mundial de Acero.

**Gráfico V.9**  
**México: consumo unitario de electricidad por tonelada de acero producida, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la Asociación Mundial de Acero y SENER.

## 2. Industria química

El sector químico demanda insumos de más de treinta ramas industriales y es un proveedor indispensable para otros cuarenta sectores de la economía nacional. En términos de valor agregado, este rubro incluye los subsectores de la industria química, del plástico y del hule, y en 20 años se incrementó 28%, durante 2015 representó 2,3% del PIB, 6,8% del total industrial y 13% de la industria manufacturera.

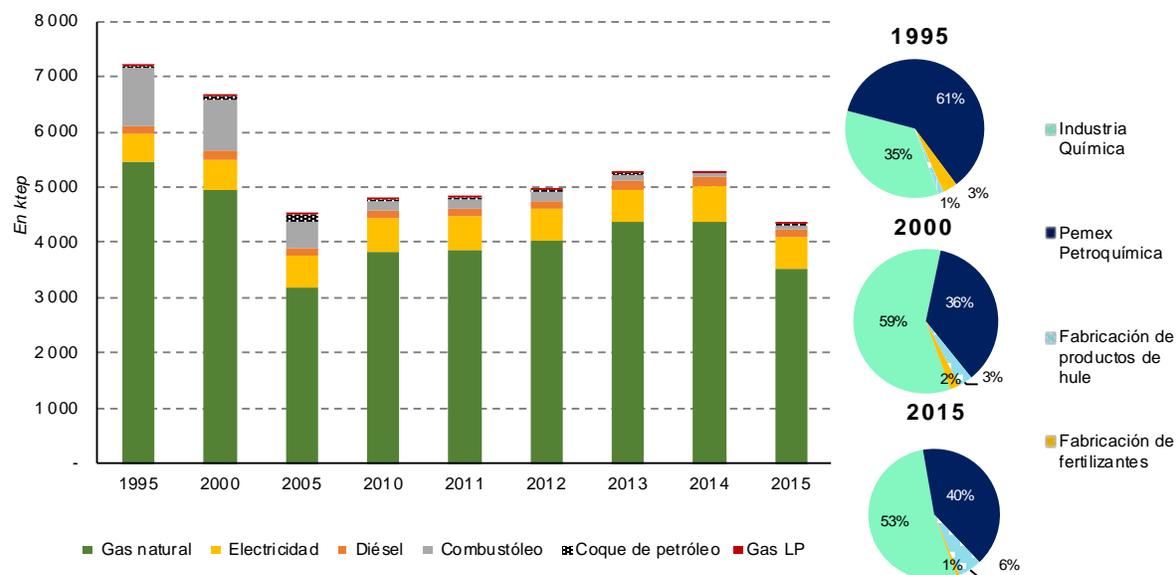
La industria química se divide en una serie de subsectores de acuerdo con el origen, destino y naturaleza de las materias primas y productos terminados: químicos inorgánicos, adhesivos, gases industriales, fertilizantes y agroquímicos, petroquímica, resinas sintéticas, hules sintéticos, pigmentos y colorantes, y lubricantes y grasas.

Para fines de este trabajo, y considerando el codificador de actividades económicas de México, el consumo de energía de la industria química incluye la petroquímica de PEMEX, así como la fabricación de productos de hule y fertilizantes. En 20 años el consumo de energía de la industria química ha disminuido 39%; aun así, continúa siendo la segunda rama más intensiva del sector industrial. La principal

causa que explica la disminución en el consumo de energía del subsector químico es una baja en la producción de la industria petroquímica.

El gas natural es el principal combustible consumido en la industria química y entre 1995 y 2015 su participación disminuyó en 36%, lo que está correlacionado a la disminución de la producción en la petroquímica de PEMEX. Actualmente el gas natural representa el 80% del consumo total de energía de la industria química, que consume el mayor volumen del combustible dentro de la industria manufacturera (véase el gráfico V.10).

**Gráfico V.10**  
**México: consumo de energía de la industria química, 1995-2015**

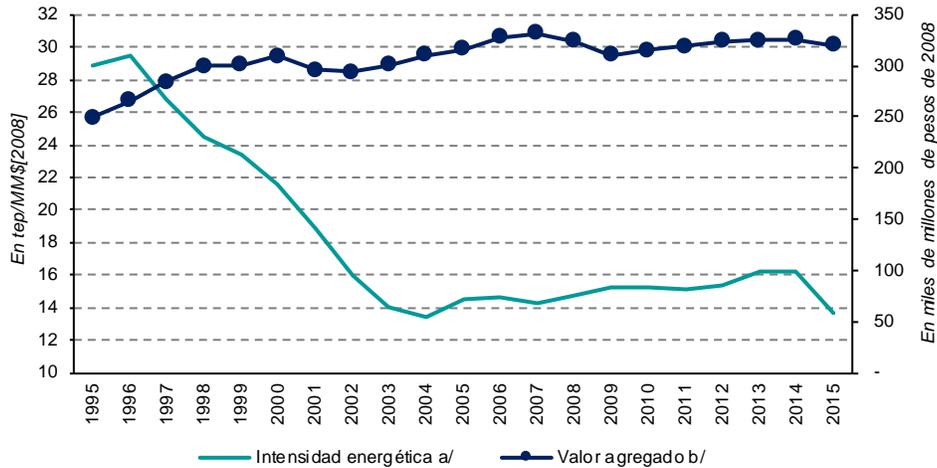


**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

La industria química ubicó su intensidad energética en 13,7 tep/MM\$[2008] en 2015, lo que representa una disminución de 53% comparada con 1995, cuando el indicador registró un valor de 28,8 tep/MM\$[2008]. Usualmente una caída en la intensidad energética, aun en términos económicos, indicaría una mejora en la eficiencia energética. Sin embargo, la caída del índice en este sector está asociada a una pérdida de la capacidad productiva principalmente de la industria petroquímica. Pese a que el consumo de energía se redujo a una tasa media anual de 2% en este período, el valor agregado se incrementó 1,2% en promedio anual (véase el gráfico V.11).

El gráfico V.12 demuestra cómo la caída de la producción de la petroquímica de PEMEX influyó en la caída de consumo de energía del total de la industria química durante los últimos 25 años. Esta situación influyó directamente en la competitividad de otros segmentos de la industria química nacional, ya que la petroquímica y la industria de resinas sintéticas son las principales ramas que dinamizan el mercado químico nacional. Si bien no toda la industria petroquímica del país depende de PEMEX, las exportaciones nacionales de la industria petroquímica provienen de actividades productivas del sector privado, en tanto que la producción de PEMEX suele consumirse en el mercado nacional.

**Gráfico V.11**  
**México: intensidad energética y valor agregado de la industria química, 1995-2015**

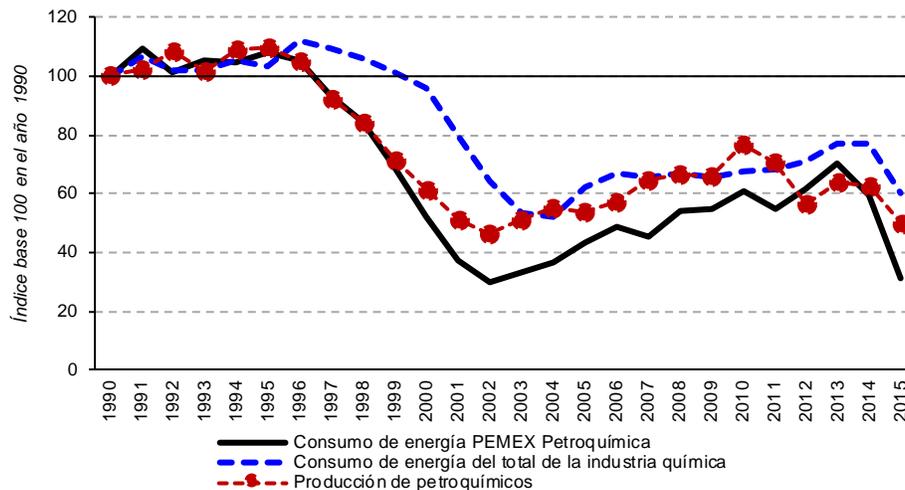


**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y SENER.

<sup>a</sup> El consumo de energía incluye la industria química, petroquímica, hules y fertilizantes.

<sup>b</sup> Incluye toda la industria química, hules y plástico.

**Gráfico V.12**  
**México: consumo de energía de la industria química y producción de petroquímicos, 1990-2015**

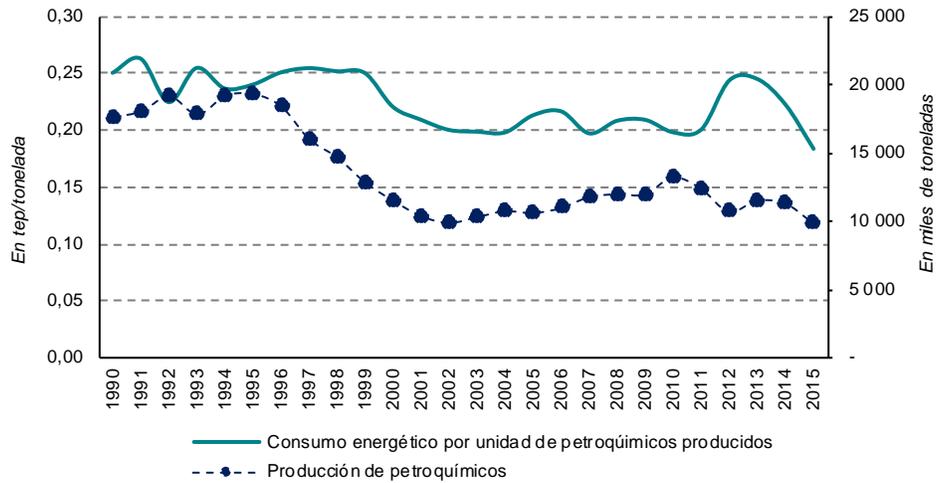


**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX y SENER.

La pérdida de competitividad de la petroquímica de PEMEX afectó la producción de varias cadenas de petroquímicos principalmente los derivados del metano, etano y aromáticos. Lo anterior tuvo otro efecto negativo dado que la industria de resinas sintéticas comenzó a sufrir desabasto de materias primas, ya que muchos de sus productos dependen de petroquímicos como el óxido de etileno, xileno, benceno y etileno, por lo que esta industria comenzó a importar cada vez más este tipo de materias primas para llevar a cabo sus procesos productivos.

Pese a esta situación, la petroquímica de PEMEX disminuyó 27% su consumo de energía unitario por tonelada producida al pasar de 0,250 a 0,183 tep/ton entre 1990 y 2015, lo que significó una disminución de 1,2% en promedio anual. Asimismo, en este período la producción de petroquímicos disminuyó prácticamente a la mitad (43,8%). En 1990 se produjeron 17.592 mil toneladas y 9.887 mil toneladas en 2015 (véase el gráfico V.13).

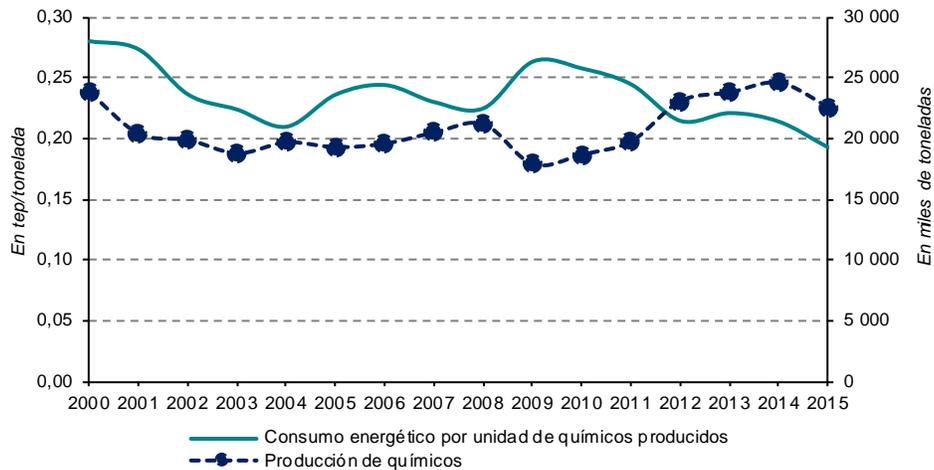
**Gráfico V.13**  
**México: producción y consumo unitario por tonelada de petroquímicos, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PEMEX y SENER.

La producción de la industria química nacional en el período de 2000 a 2015 ha sido en promedio de 21 millones de toneladas anuales, y la que corresponde a la industria privada se ha visto impactada por el desabasto de materias primas e insumos energéticos, situación que ha inhibido la inversión y el desarrollo del sector, y ha estancado la contribución al PIB de esta industria. Pese a esta situación, en cuanto al uso de la energía por tonelada de químicos producidos, la industria nacional presenta una mejora del 30,9% entre 2000 y 2015, cuando el indicador de consumo energético unitario de la industria química pasó de 0,28 a 0,19 tep/ton producida entre dichos años. La industria química en 2014 presentó el máximo de producción de los últimos 15 años, cuando se alcanzó un valor 24.577 miles de toneladas de químicos producidos (véase el gráfico V.14).

**Gráfico V.14**  
**México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de productos químicos, 2000-2015**



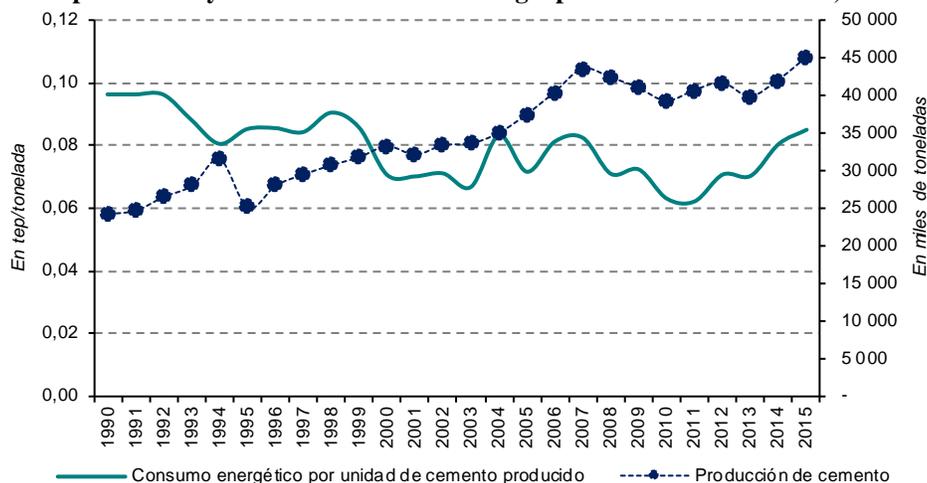
**Fuente:** Elaboración propia con información de ANIQ y SENER.

### 3. Industria del cemento

En 25 años la producción de cemento se incrementó 84,8%, al pasar de 24.289 a 44.875 miles de toneladas entre 1990 y 2015. Por su parte, el consumo unitario de energía por tonelada producida disminuyó 11,8% entre estos años, al pasar de 0,096 a 0,0848 tep/ton (véase el gráfico V.15). Esta disminución en la

intensidad energética de la industria cementera se originó por una estrategia de sustitución del combustóleo, que requirió adaptaciones en los procesos térmicos, así como mejoras tecnológicas en la molienda del clínker.

**Gráfico V.15**  
**México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de cemento, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la CANACEM, INEGI y SENER.

La elaboración de cemento tiene tres grandes etapas, preparación de la materia prima, producción del clínker<sup>50</sup> (clinkerización) y la molienda final. La producción del clínker es la etapa de mayor consumo de energía<sup>51</sup>. La producción puede tener lugar en diferentes tipos de procesos: el proceso húmedo, el proceso seco y algunas formas intermedias (semihúmedo o semiseco). El nombre se refiere al procesamiento de inicio de las materias primas. En el proceso húmedo, las materias primas se mezclan con agua, que se evapora en hornos, después tienen lugar las reacciones químicas implicadas en la producción de clínker. En el proceso seco las materias primas se mezclan, se secan, se muelen y se alimentan al horno en forma de polvo (harina cruda) o en forma de gránulos. En los procesos modernos la mezcla de materia prima puede precalentarse y la caliza puede ser precalcificada antes de alimentarse al horno.

Desde finales de la década de 1980 todas las plantas integradas de cemento en México cuentan con procesos de vía seca, que son más eficientes en su consumo de energía y en costos de operación en comparación con los de vía húmeda, semihúmeda y semiseca. Esto significa que las plantas de cemento en México ya no requieren calor para la evaporación de la humedad contenida en la materia prima del cemento desde inicios de la década de 1990.

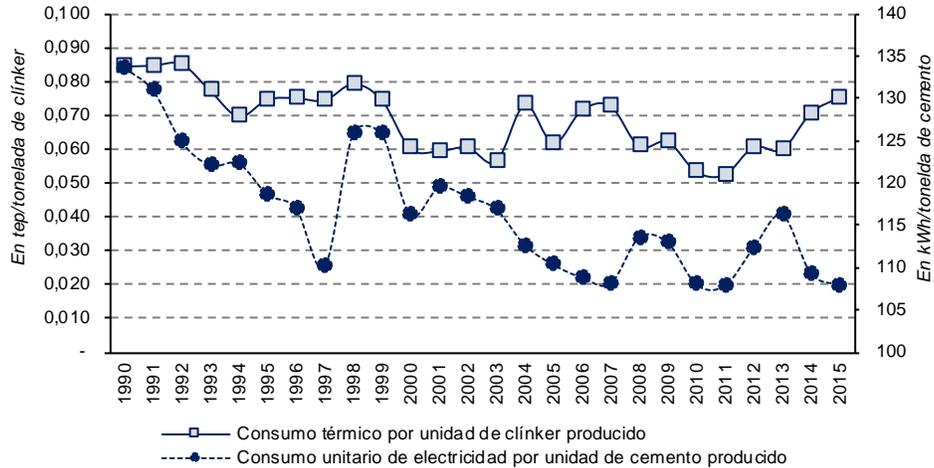
El consumo de energéticos se distribuye principalmente en la quema y molienda de clínker. La primera etapa mencionada consume prácticamente toda la energía térmica obtenida de combustibles, en tanto que la molienda es la etapa más intensiva en el uso de energía eléctrica. En este sentido, la industria cementera mexicana presenta una mejora en la eficiencia energética en la producción del clínker de 10,8% entre 1990 y 2015. La mejora en el rendimiento térmico de las plantas se ha logrado mediante conversiones de los hornos para la utilización de coque de petróleo y combustibles alternativos (como llantas, solventes y aceites, entre otros), así como mejoras en los quemadores. La utilización del coque de petróleo y los combustibles alternos ha permitido abaratar los costos de producción de esta industria. Las mejoras en las etapas de molienda y de equipos eléctricos han llevado a la industria cementera a reducir en 19,3% el

<sup>50</sup> El clínker se produce quemando una mezcla de piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), óxidos de silicio, aluminio y óxidos de hierro (de arcilla y lutita bituminosa).

<sup>51</sup> Esto se debe a que el crudo sufre un conjunto de reacciones fuertemente endotérmicas en serie que van desde el secado a 150°C, eliminación de agua de la arcilla a 500°C, descarbonatación a 1.100°C y hasta la clinkerización que llega a cerca de 1.500°C.

consumo de electricidad para producir una tonelada de cemento en los últimos 25 años (véase el gráfico V.16).

**Gráfico V.16**  
**México: consumo térmico unitario del clínker producido y consumo eléctrico unitario por tonelada de cemento, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la CANACEM, CONUEE, INEGI y SENER.

## 4. Industria de celulosa y papel

En México algunos fabricantes de celulosa y papel están integrados<sup>52</sup> en la fabricación de producto terminado. Actualmente la industria del papel se conforma por grupos empresariales y empresas que se agrupan en la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel (CNICP), que generan más de 65.000 empleos directos y 235.000 indirectos a través de 54 plantas de papel y ocho plantas de papel y celulosa en 20 estados de la república mexicana<sup>53</sup>.

En 20 años el valor agregado de la industria papelera se incrementó 67% y ha mantenido una tendencia en ascenso de forma constante, excepto en 2009 debido a la recesión que se presentó en ese año. Durante 2015 la industria del papel representó el 0,45% del PIB, 1,3% del total industrial y el 3% de la manufactura. En términos de crecimiento acumulado, esta es una industria que ha crecido por arriba de los niveles del PIB desde la década de 1990. Por otra parte, el consumo de energía de esta rama industrial aumentó 14% durante el mismo período, no obstante, a partir de 2000 comenzó a decrecer a una tasa de -0,1% en promedio anual (véase el gráfico V.17).

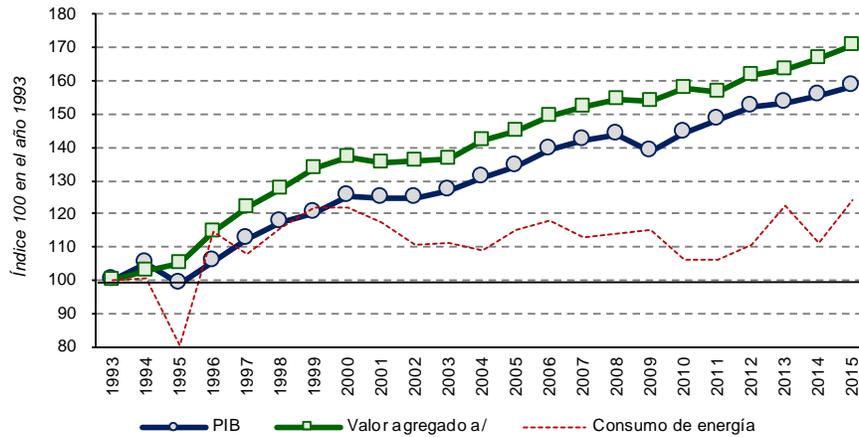
El uso de energía en la industria de la celulosa y papel se puede distribuir según los procesos que estén integrados, pero básicamente se dividen en la producción de la celulosa y la producción del papel. Por un lado, la producción de la celulosa o pasta puede provenir de un proceso mecánico, un proceso químico o una combinación de ambos, y pueden incluir algunos procesos de reciclado de papel. Usualmente, la materia prima para la fabricación del papel, así como el proceso de extracción o preparación de la pasta influyen en la calidad del papel producido<sup>54</sup>. Posteriormente, la producción de papel incluye procesos de preparación de la pulpa (mecánica o química), formación de la lámina, prensado y secado, y algunas veces otros tratamientos a la superficie del papel.

<sup>52</sup> Se refiere a plantas cuya producción de papel se encuentra en el sitio de producción de la pasta (celulosa), y a estas se les conoce como fábricas de papel integradas.

<sup>53</sup> Información de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel (CNICP).

<sup>54</sup> De acuerdo con la CNICP, en la actualidad en México se fabrica papel a partir de madera, de bagazo de caña y de desperdicio de papel y de cartón, por razones económicas, de calidad y de disponibilidad.

**Gráfico V.17**  
**México: tendencia de crecimiento del PIB, valor agregado y consumo de energía de la industria del papel, 1993-2015**



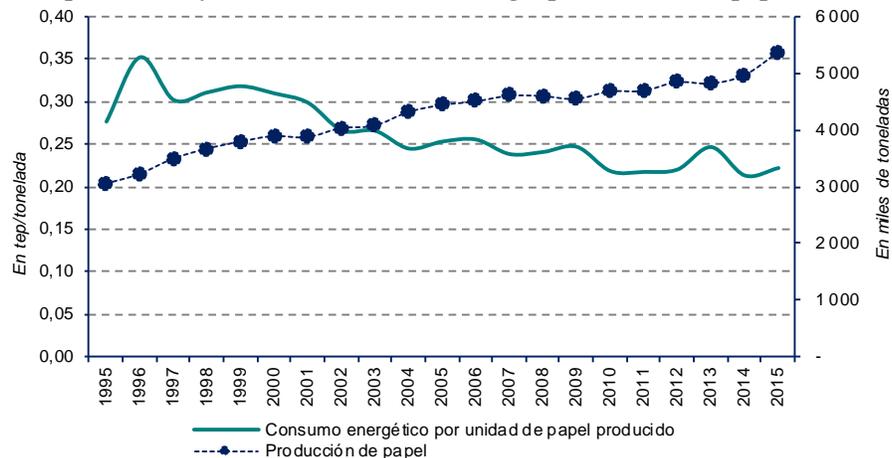
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

<sup>a</sup> Incluye solamente fabricación de pulpa, papel, cartón y la fabricación de productos de cartón y papel.

En esta industria, la energía se utiliza principalmente para la generación de vapor y el calentamiento de procesos, y para hacer funcionar los motores eléctricos utilizados para conducir maquinaria del proceso. El consumo total de energía requerido para fabricar papel depende del tipo de proceso de fabricación de pulpa utilizado. El despulpado mecánico es más intensivo en el uso de vapor y electricidad respecto al proceso *Kraft* mediante el que se obtiene la pulpa química, y además este último produce licor negro como subproducto, que se puede utilizar en una caldera para producir calor y electricidad.

En 20 años la producción de papel en México se incrementó 76,6% al pasar de 3.047 a 5.381 miles de toneladas entre 1995 y 2015, en tanto el consumo de energía por tonelada producida disminuyó 19,6% al pasar de 0,276 tep/ton a 0,222 tep/ton (véase el gráfico V.18). Lo anterior está relacionado con una mayor eficiencia en los procesos productivos derivada de diferentes estrategias seguidas por esta industria. Entre las más importantes se encuentran la sustitución de combustóleo por gas natural, un mayor desarrollo de la cogeneración y el mayor reciclaje de papel. Un factor que influyó momentáneamente en la disminución de la intensidad energética fue el incremento en las importaciones de celulosa para dejar de producirla en algunas fábricas de papel.

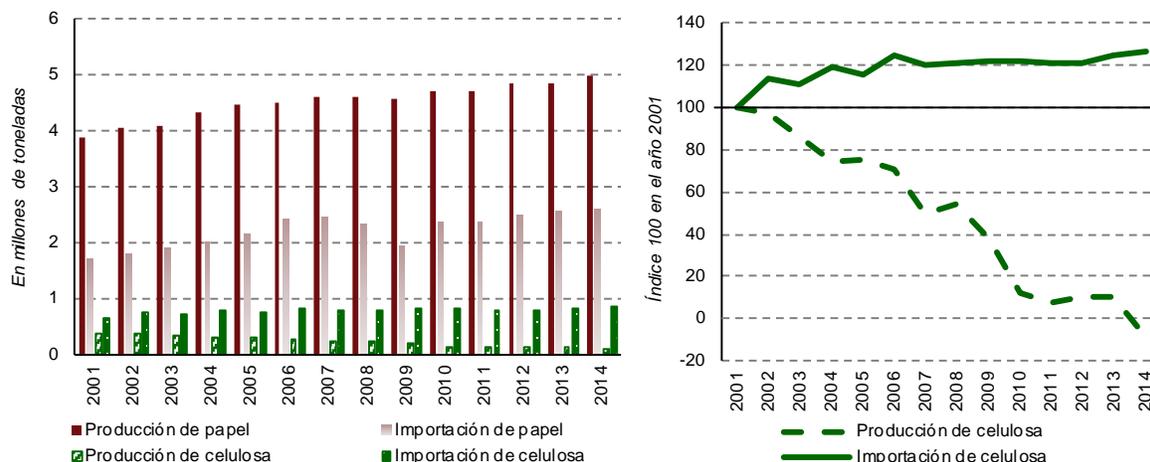
**Gráfico V.18**  
**México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de papel, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la CNICP y SENER.

En la década de 1980 la producción de celulosa alcanzó niveles superiores a un millón de toneladas anuales, pero poco a poco se fue reduciendo esta capacidad y en 1994 concluyó actividades una de las plantas productoras más grandes del país, con lo que el promedio de la década se redujo a 500 mil toneladas anuales. La planta cerrada fue adquirida y puesta en operación, pero nuevamente volvió a cerrar junto con otras seis que paulatinamente redujeron la fabricación de celulosa (Centro Mario Molina, 2008). Así, para 2015 la producción nacional de celulosa registró niveles de 136 mil toneladas con la consecuencia de tener que cubrir la demanda nacional con importaciones, tanto de papel como de celulosa. Anualmente la importación de papel representa el 52% de la producción, y, por otra parte, la producción de celulosa representa el 14% del volumen de importación (véase el gráfico V.19).

**Gráfico V.19**  
**México: tendencia de la producción e importación de celulosa y papel, 2001-2014**

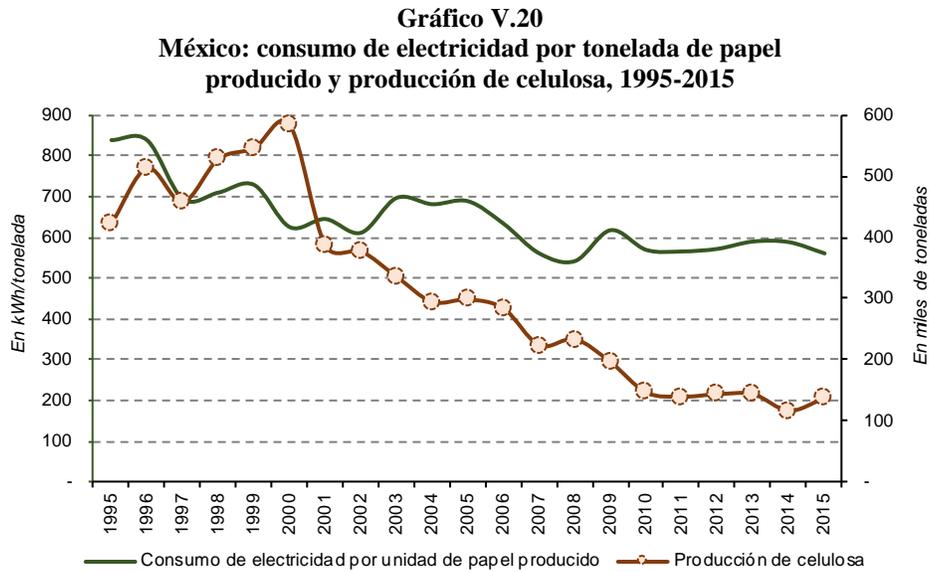


**Fuente:** Elaboración propia con información de la CNICP.

Este efecto coyuntural de la industria trajo consigo una disminución del consumo de energía por tonelada producida del papel, ya que la mayor importación de la celulosa contribuyó a aminorar la intensidad energética de la industria. Asimismo, el reciclaje ha mejorado el uso de energéticos en la industria. De acuerdo con la CNICP, actualmente México ocupa el cuarto lugar de los países recicladores de papel en el mundo, pues reutiliza más de 4,9 millones de toneladas de papel en desuso, lo que representa que 88,1% de la materia prima fibrosa utilizada anualmente corresponda a fibra secundaria en la fabricación del total de papel producido.

Durante la producción de diferentes tipos de papel se utilizan fibras vírgenes o recicladas como materia prima principal. En la actualidad, la composición de la materia prima utilizada para papel se ve influenciada por el costo de los componentes individuales, y sobre todo por el tipo de papel de mayor consumo en el mercado nacional. Actualmente el papel de mayor producción en México es el de tipo empaque con más del 60% seguido por el sanitario con aproximadamente un 20%, escritura e impresión 12% y finalmente periódico y especiales un 4%.

Lo anterior es determinante en el uso de electricidad, ya que la intensidad de este energético estará en función de la preparación del tipo de papel producido. La industria de papel en México presenta una mejora en su eficiencia energética eléctrica de 33% en 20 años, ya que mientras en 1995 se requerían 840 kilowatts-hora por tonelada (kWh/ton) de papel producida, para 2015 solo se requirieron 562,7 kWh/ton (véase el gráfico V.20). Dicha mejora se ha logrado con la cogeneración de electricidad y calor, lo que ha contribuido a reducir las necesidades energéticas de esta industria, en muchos casos utilizando sistemas de ciclo combinado a gas natural diseñados para cumplir con los requisitos de electricidad y una parte de la energía térmica requerida, y suministrando el calor restante con una caldera de bajo costo que utiliza licor negro u otros combustibles.



**Fuente:** Elaboración propia con información de la CNICP y SENER.

## 5. Industria del vidrio

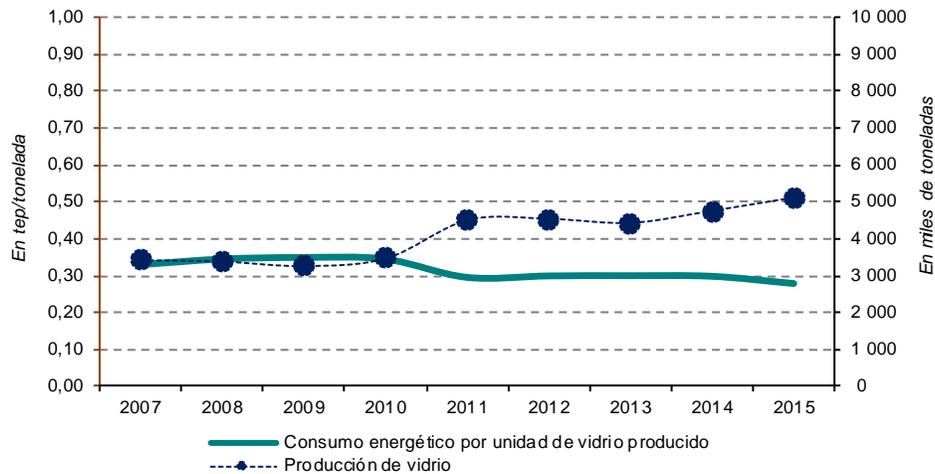
En México existen ocho principales compañías productoras de vidrio, así como otras de menor tamaño. El crecimiento de esta industria va de la mano con otros sectores productivos como alimentos, bebidas alcohólicas, cosméticos, perfumería, farmacéuticos, automotriz y arquitectónica. En 2015 la industria del vidrio representó el 0,14% del PIB, el 0,42% del total industrial y con relación a la manufactura el 1%. El consumo de energía de la industria del vidrio representa el 3,9% del total de la manufactura y en 20 años su consumo de energía se triplicó. Históricamente, el gas natural ha sido el combustible de mayor uso en este subsector, donde ha representado el 90% de su consumo; el restante se distribuye entre electricidad y combustóleo, y en menor medida diésel y gas LP.

En ocho años, el consumo de energía por tonelada producida de vidrio disminuyó 15,7% al pasar de 0,328 tep/ton en 2007 a 0,277 tep/ton en 2015; en tanto, la producción de vidrio se incrementó 48,9% al pasar de 3.434 a 5.113 miles de toneladas (véase el gráfico V.21). Es decir, por cada tonelada producida la industria del vidrio requiere menos energía. A lo largo del tiempo la industria del vidrio ha mejorado su tecnología para optimizar los procesos de fundición y refinamiento, lo que ha permitido ahorrar energía, aumentar la producción, disminuir el uso de combustibles y por ende los costos energéticos.

El diseño y mejora en la operación de los hornos para maximizar la eficiencia en la combustión, la recuperación del calor residual para los procesos de cocción por combustión de oxígeno y en mayor medida el reciclaje son las medidas que han mejorado la intensidad energética de esta industria en México.

Gráfico V.21

## México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de vidrio, 2007-2015



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI y SENER.

## 6. Industria automotriz

La industria automotriz en México desempeña un papel estratégico en la actividad económica del país, pues representa una plataforma para la producción y exportación a nivel internacional. Asimismo, es relevante debido a su alta contribución a la producción tanto nacional como manufacturera, además de que integra un elevado encadenamiento productivo con otras ramas industriales, incluso a nivel internacional, creando así un efecto multiplicador al valor agregado nacional y al empleo, además de su importancia como generador de divisas para el país. En 2015, México se colocó como el séptimo productor de vehículos ligeros y pesados a nivel mundial y el cuarto como exportador en las mismas categorías (CEFP, 2017).

Con la entrada en vigor del Tratado de Libre de Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994, se incentivó el establecimiento y crecimiento de grandes firmas transnacionales en territorio nacional; a lo largo de este tiempo el marco normativo y el clima de negocios ha favorecido a las empresas automotrices mexicanas en la planeación de las actividades comerciales y de inversión, así como al fortalecimiento de la integración del sistema de producción de la industria automotriz estadounidense, europea y asiática.

La industria automotriz en México se encuentra segmentada en la producción de vehículos pesados y ligeros y en la fabricación de autopartes. La participación de estas ramas en el PIB del país representaba, antes de la entrada en vigor del TLCAN, tan solo el 1,4% y 8,1% del PIB manufacturero. La inserción de la industria automotriz al mercado externo, así como su integración a las cadenas productivas globales, le permitieron expandir sus niveles productivos de tal forma que, al cierre de 2015, la participación de esta industria en el PIB total se elevó a 3% y al PIB manufacturero contribuyó a 17,6% (CEFP, 2017).

Así, en 20 años el valor agregado de esta industria se incrementó 336%. La recesión que se presentó en 2009 afectó de forma considerable la actividad. Sin embargo, a partir de 2010 comenzó su recuperación y aunado a las inversiones que se hicieron en el país, el valor agregado aumentó 64% en tan solo cinco años.

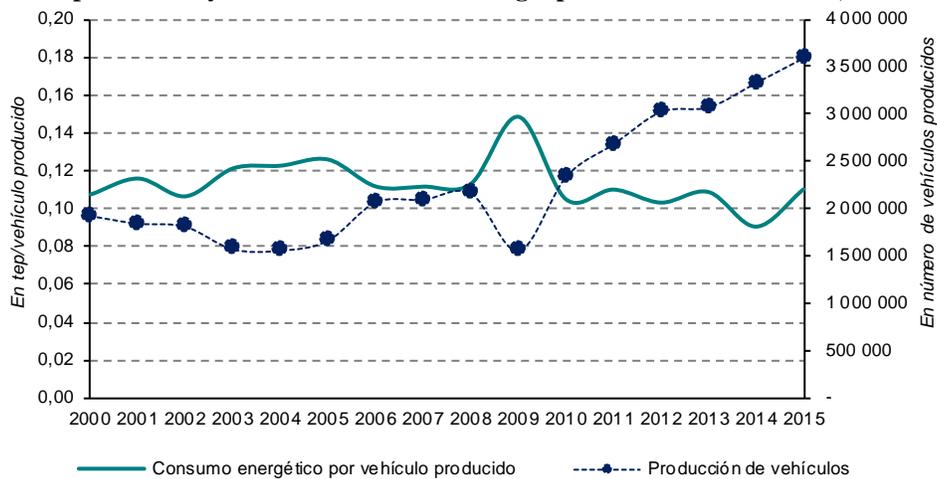
En los últimos 20 años, la actividad económica de este sector industrial provocó un cambio estructural que influyó en el consumo de energía. En el primer lustro de la década de 1990, la industria de autopartes contribuyó en mayor medida al total del valor agregado de la industria automotriz con alrededor del 60%, y a partir de 2006 esta proporción se invirtió, con lo que la fabricación de vehículos (industria terminal o ensamble) representó más del 50%. Es decir, la industria de ensamblado creció en mayor

medida que la industria de autopartes. Actualmente esta relación es de 54,6% ensamblado y 45,4% autopartes, como resultado del auge de las inversiones de ensambladoras que se instalaron dentro de territorio mexicano a partir de 2010 (CEFP, 2017).

Durante el período de análisis el consumo de energía de la industria automotriz se incrementó 3,3 veces y está correlacionado al incremento en la producción nacional de vehículos. Hace 20 años, cuando la industria automotriz era mayoritariamente productora de autopartes, el 52% del consumo de energía era térmico y requería principalmente gas natural, gas LP y en menor medida diésel en sus procesos. Sin embargo, al transformarse la industria automotriz en favor de actividades de ensamblado, los requerimientos energéticos también se modificaron, y al cierre de 2015 el consumo de electricidad alcanzó el 56% del total de esta industria.

De 2000 a 2015 la producción de vehículos se incrementó 86,3%, lo que significó que la producción aumentó de 1.927 miles de vehículos en 2000 hasta alcanzar 3.590 miles de vehículos producidos en 2015. En este mismo período el consumo unitario de energía por vehículo ensamblado aumentó 2,6% al pasar de 0,107 a 0,110 tep/vehículo producido. Sin embargo, tomando como referencia el año 2006 cuando la industria automotriz se dedicó mayoritariamente hacía el ensamblaje de vehículos, se observa que disminuyó su intensidad de energía respecto a la producción. Así, el consumo unitario por vehículo producido disminuyó 1,3% entre 2006 y 2015, al pasar de 0,112 a 0,110 tep/vehículo producido, en tanto que la producción de vehículos se incrementó 73% (véase el gráfico V.22).

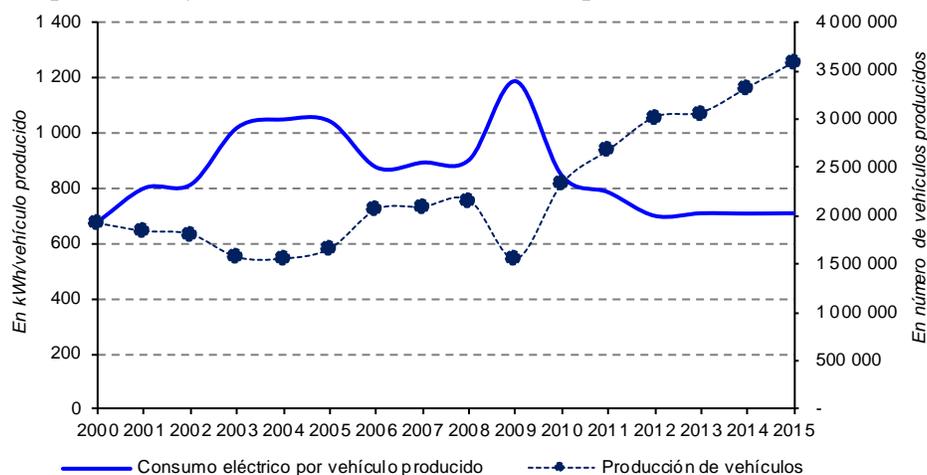
**Gráfico V.22**  
**México: producción y consumo unitario de energía por vehículo ensamblado, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y SENER.

Dado que el ensamble requiere como principal energético a la electricidad, la disminución en el consumo unitario de este energético es más notable, dado que esta industria posee procesos altamente automatizados y eficientes para la fabricación de vehículos en México. Así, en promedio entre 2006 y 2015 el consumo eléctrico por vehículo producido disminuyó 18,8% al pasar de 877,2 kWh a 712,5 kWh/vehículo producido (véase el gráfico V.23).

**Gráfico V.23**  
**México: producción y consumo unitario de electricidad por vehículo ensamblado, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y SENER.

## 7. Industria de alimentos, bebidas y tabaco

En México el consumo de energía del sector industrial y su desagregación es publicado por la SENER a través de su Sistema de Información Energética (SIE) y el Balance Nacional de Energía, en tanto que el valor agregado por ramas industriales que componen el PIB es publicado por el INEGI, y se encuentra relacionado con base en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN)<sup>55</sup>.

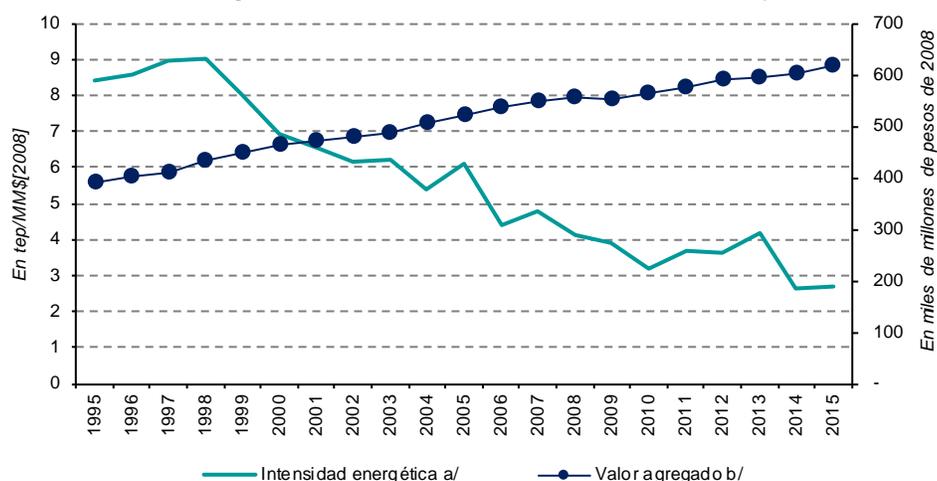
En este sentido, los comparativos internacionales suelen dar seguimiento a indicadores de eficiencia energética de la rama de alimentos, bebidas y tabaco. Sin embargo, homologar el valor agregado respecto al consumo de energía no es tarea fácil, ya que, si bien el valor agregado es posible a partir de sumar lo correspondiente a la industria alimentaria con la industria de las bebidas y tabaco, no ocurre lo mismo en el consumo de energía, ya que se da seguimiento a las ramas de elaboración de cerveza, refrescos, hielo y otras bebidas no alcohólicas, agua embotellada, tabaco y elaboración de azúcares. Lo anterior puede subestimar el efecto del consumo de energía, ya que solo se considera una parte de las ramas que son consideradas en el total del valor agregado.

Así, el valor agregado de la fabricación de alimentos, bebidas y tabaco en 20 años se incrementó 58%. Durante 2015, esta industria representó el 4,4% con respecto al PIB, el 13% del total industrial y en relación con la manufactura representó el 26% (véase el gráfico V.24). Por otra parte, y con la consideración previa, en 20 años el consumo de energía de la industria de los alimentos, bebidas y tabaco se redujo a una tasa media anual de 3,4%, en tanto, el valor agregado se incrementó 2,3% en promedio anual, por lo que la intensidad energética disminuyó 68%, al pasar de 8,4 tep/MM\$[2008] en 1995 a 2,7 tep/MM\$[2008] en 2015.

<sup>55</sup> Es un clasificador empleado por Canadá, los Estados Unidos y México, usado como base por el INEGI para la presentación, recopilación y difusión de todas las estadísticas económicas con el fin de homologar la información y contribuir a la generación de estadísticas para la región de América del Norte. Este sistema de clasificación fue adoptado a raíz de la entrada del TLCAN.

Gráfico V.24

México: intensidad energética de la industria de los alimentos, bebidas y tabaco, 1995-2015



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI y SENER.

<sup>a</sup> El consumo de energía incluye azúcar, refrescos, cerveza y tabaco.

<sup>b</sup> Incluye industria alimentaria, de las bebidas y del tabaco.

## 8. Industria azucarera

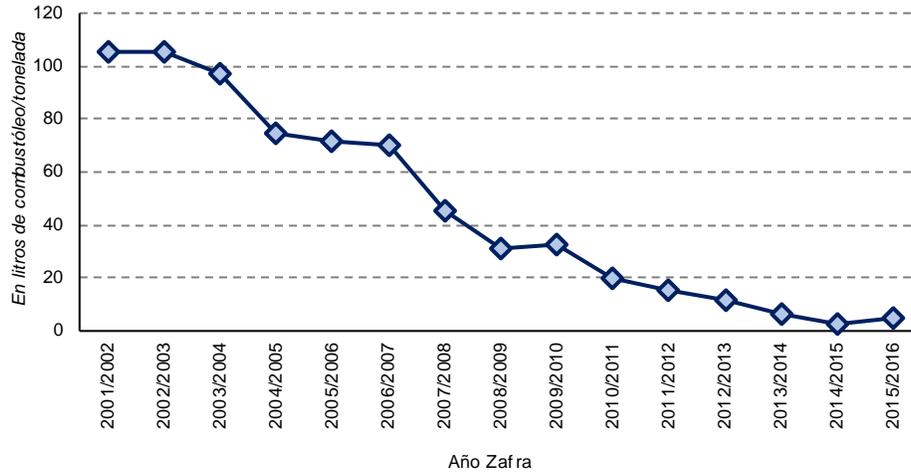
La industria azucarera es de gran importancia en el país, y en términos del consumo de energía del sector industrial es una de las más transparentes en sus cifras, por lo que la CONUEE pudo desarrollar y dar seguimiento a algunos indicadores de eficiencia energética. De acuerdo con la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA), en esta industria operan 51 ingenios en 15 estados de la república mexicana, cuyas actividades económicas se expanden en 227 municipios, generando un total de 490.774 empleos directos, de los que 34.606 son trabajadores de fábricas de azúcar durante la zafra y el período de mantenimiento; 189.495 son productores de caña; 154.204 son jornaleros; 80.080 son cortadores y 32.389 son transportistas.

La industria azucarera tiene participación tanto en el PIB agropecuario (29,15%), como en el PIB de la industria alimentaria (9,86%). En la clasificación de productores mundiales de azúcar, México se ubicó en el sexto lugar durante el ciclo de producción 2015-2016, y en el continente americano es el tercer productor después del Brasil y los Estados Unidos<sup>56</sup>.

En cuanto al consumo de energía, esta industria optó por sustituir paulatinamente en las últimas décadas el consumo de combustóleo por el bagazo de caña, debido a los costos del energético y su volatilidad de precios. El bagazo de caña como subproducto de la elaboración de azúcar se utilizó en los ingenios azucareros para abastecer en promedio el 70% de las necesidades energéticas durante la década de 1990, este promedio ascendió a 77% en la década de 2000 y actualmente representa 88%. Por lo que el combustóleo dejó de representar cerca del 30% del consumo energético de esta industria para terminar solo con el 2% al último año del análisis. Asimismo, mientras que en la zafra 2001-2002 se utilizaron en fábrica 105 litros de combustóleo por tonelada producida de azúcar (L/ton), para la zafra 2015-2016 únicamente se requirió de 4,5 L/ton (véase el gráfico V.25).

<sup>56</sup> Datos proporcionados por la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica.

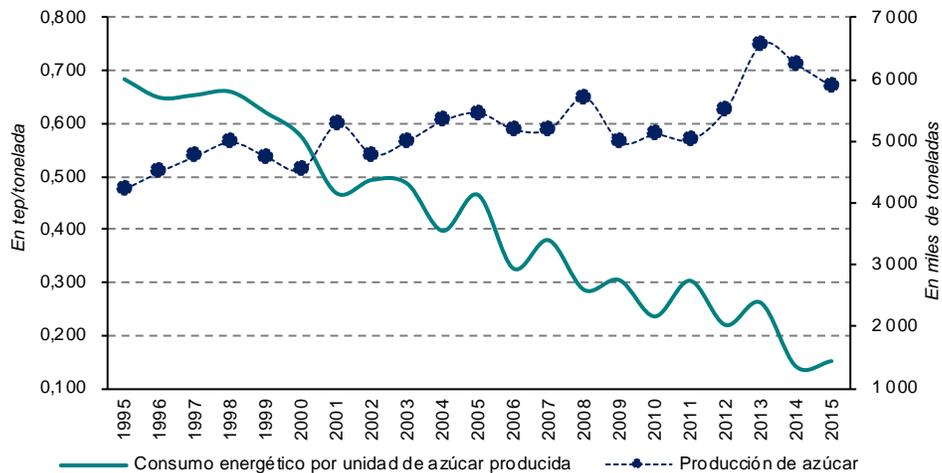
**Gráfico V.25**  
**México: consumo de combustóleo por tonelada de azúcar producida en zafra, 2001-2016**



**Fuente:** Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA).

Por otra parte, la producción de azúcar en México se incrementó 39% entre 1995 y 2015, ya que el total de la industria pasó de producir 4.221 miles de toneladas anuales en 1995 a 5.877 miles de toneladas anuales de azúcar en 2015. En cuanto a la intensidad energética de la industria azucarera, durante el mismo período hubo una mejora importante, ya que el consumo unitario de energía para producir una tonelada de azúcar disminuyó 78% al pasar de 0,685 a 0,151 tep/ton entre 1995 y 2015 (véase el gráfico V.26).

**Gráfico V.26**  
**México: producción y consumo unitario de energía por tonelada de azúcar, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la CNIAA, INEGI y SENER.

Pese a que la mayor parte de los ingenios azucareros cuentan explícitamente con permisos de autoabastecimiento emitidos por la CRE, sus procesos corresponden a una cogeneración a partir del bagazo de caña, que es utilizado para producir vapor de proceso y electricidad. Esta característica es importante, ya que al menos 85% de los ingenios azucareros cogeneran y producen cerca del 80% de la electricidad que consumen, y el resto proviene de compras a la CFE. Actualmente 48 ingenios azucareros se encuentran acreditados por la CRE y en conjunto representan una capacidad de generación de alrededor de 642 MW<sup>57</sup>. No obstante, en el país hay algunos ingenios azucareros que han realizado las acciones para el porteo de excedentes de energía eléctrica a la red.

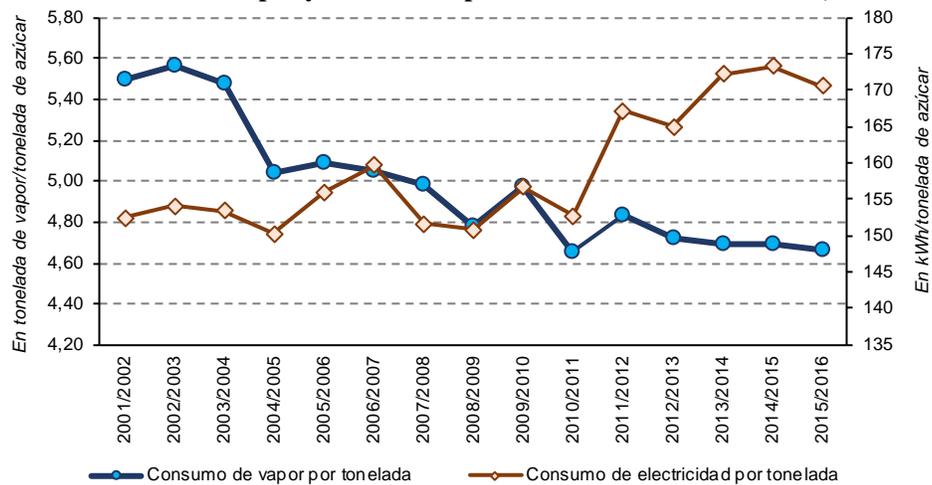
<sup>57</sup> Información de la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica.

Los ingenios azucareros han tomado medidas que planteen esquemas de recuperación de bagazo para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica, como parte de una reducción en la dependencia de los combustibles fósiles; sin embargo, esto ha tenido doble efecto en el consumo de energía, lo que debe ser analizado a más detalle en términos de indicadores de eficiencia energética, antes de aseverar que la mejora en el consumo energético unitario es un valor neto.

Por un lado, cada vez se requiere menos cantidad de vapor para producir una tonelada de azúcar, y por otro se están incrementando los requerimientos en el consumo de electricidad para producirla. Esto puede ser resultado de que algunos ingenios han sustituido sus equipos que utilizaban vapor por motores eléctricos. Así, mientras que en la zafra 2001-2002 se requirieron 5,5 toneladas de vapor para producir una de azúcar, para la zafra 2015-2016 se redujo a 4,7 toneladas de vapor, lo que significó una reducción del 15,1%. Por el contrario, para producir la misma tonelada de azúcar se incrementó 11,9% la demanda de electricidad, al pasar de 152,4 a 170,5 kWh/ton entre las mismas zafras de referencia (véase el gráfico V.27).

**Gráfico V.27**

**México: consumo de vapor y electricidad por tonelada de azúcar en zafra, 2001-2016**



**Fuente:** Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA).

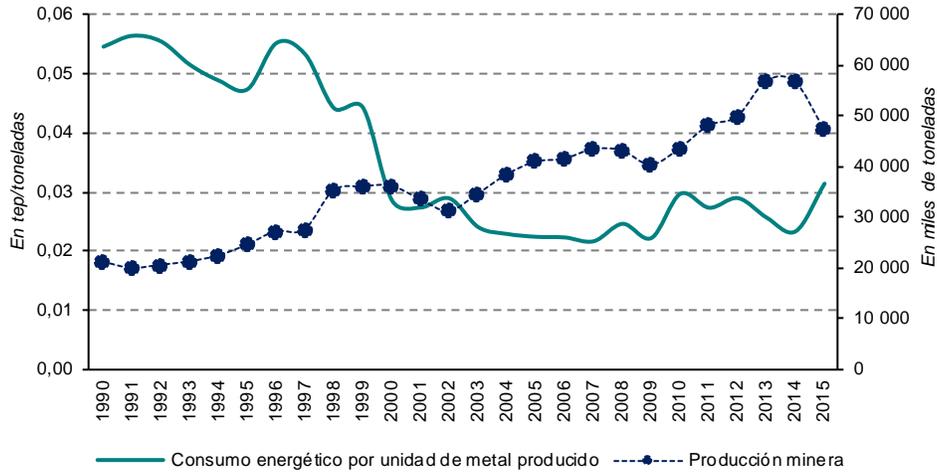
## 9. Minería

La industria minera de México cuenta con una diversidad de productos pertenecientes a distintas categorías, tales como metales preciosos, metales industriales no ferrosos, metales y minerales siderúrgicos y minerales no metálicos. Actualmente, el agregado total de esta producción proviene de 1.558 minas en operación y de 19 plantas metalúrgicas.

En términos de valor agregado conforme al SCIAN, la industria minera incluye la extracción de petróleo y gas, la minería de minerales metálicos y no metálicos y los servicios relacionados con la minería. Para fines del análisis, si solo se considera la minería de minerales metálicos y no metálicos y los servicios relacionados con la minería, el valor agregado de este subsector se incrementó 155% en 20 años y durante 2015 representó el 1,5% del total del PIB y el 4,5% del total industrial.

De acuerdo con el INEGI, la producción minera<sup>58</sup> creció de 21.133 miles de toneladas en 1990 a 47.532 miles de toneladas en 2015, por ende, esta industria tuvo un incremento de 125% en los últimos 25 años. El consumo unitario de energía por tonelada producida de esta industria disminuyó de 0,055 tep/ton en 1990 a 0,032 tep/ton en 2015, es decir, presentó una reducción significativa de 42% (véase el gráfico V.28).

**Gráfico V.28**  
**México: producción y consumo unitario de energía de la industria minera, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI, CAMIMEX y SENER.

<sup>58</sup> Incluye oro, plata, plomo, cobre, zinc, antimonio, arsénico, bismuto, estaño, cadmio, selenio, tungsteno, molibdeno, carbón mineral no coquizable, coque de carbón, pellets de hierro, manganeso, azufre, grafito, barita, dolmita, fluorita, arena sílica, yeso, fosforita, wollastonita, celestita, feldespato, caolín, sal, diatomita, sulfato de sodio y sulfato de magnesio.

## **VI. Tendencias de la eficiencia energética en el sector transporte**

### **A. Tendencias del consumo energético del sector transporte en México**

El sector transporte juega un papel crucial en la economía ya que permite el intercambio de mercancías y la movilidad de personas. Además, es un sector clave en la determinación de costos para los distintos bienes y servicios y, por tanto, relevante para la competitividad. En términos macroeconómicos, las unidades económicas dedicadas a los servicios de transporte tuvieron una participación porcentual del 5,7% respecto del PIB en 2015<sup>59</sup>.

El sector transporte es el sector que más energía consume en México. En 2015 el consumo total final de energía ascendió a 121.256 ktep; de este total el transporte representó el 46,6%. La cantidad total de energía final utilizada en el sector incluye a la demanda energética de los vehículos de motor que circulan dentro del territorio nacional y que son necesarios para el traslado de personas y bienes por tierra, aire y agua. Este consumo se divide en cuatro modos o subsectores: transporte carretero, ferroviario, marítimo y aéreo.

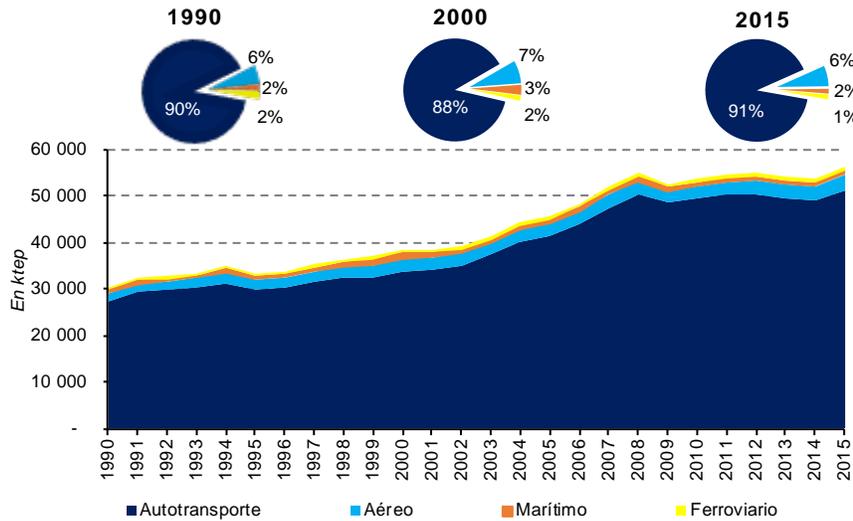
La tendencia de la demanda de energía de este sector muestra un crecimiento a un ritmo constante. Sin embargo, la demanda se estabilizó entre 2009 y 2014, para incrementarse nuevamente en 2015 a los niveles previos. Es importante resaltar que el subsector del autotransporte demanda el 90% del total de la energía, situación que no ha mostrado cambios sustantivos a lo largo del período de estudio (véase el gráfico VI.1). Del total de energía que el sector consumió en 2015, el 99,8% se abasteció con derivados del petróleo (gas licuado de petróleo, gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo y gas natural) y el resto apenas 0,2% con energía eléctrica. La demanda energética del sector ha tenido un crecimiento promedio anual de 2,6% desde 2000; en términos reales el consumo de energía final de 2015 es 46,6% mayor que el consumo observado durante el año 2000.

De los factores que determinan el consumo de energía del sector transporte, la flota vehicular es la variable que mayor crecimiento ha tenido en los últimos años, incluyendo los vehículos pesados de carga y transporte de personas y mercancías (autobuses y camiones de carga), vehículos privados a pasajeros (automóviles, camionetas ligeras y motocicletas) (véase el gráfico VI.2). El número de vehículos automotores que en 2015 circulaban en el territorio mexicano es aproximadamente 2,5 veces mayor que el que se encontraba en circulación en 2000.

---

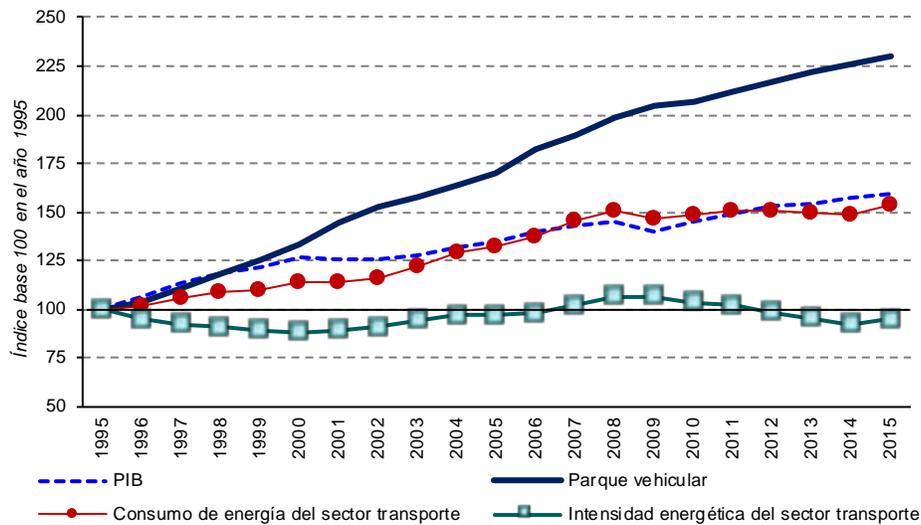
<sup>59</sup> Incluye los servicios del transporte aéreo, transporte por ferrocarril, transporte por agua, autotransporte de carga, transporte terrestre de pasajeros (excepto ferrocarril), y transporte turístico.

**Gráfico VI.1**  
**México: consumo de energía del sector transporte por modalidad, 1990-2015**



Fuente: Elaboración propia con información de SENER.

**Gráfico VI.2**  
**México: tendencia de las variables relevantes del sector transporte, 1995-2015**



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Este alto crecimiento del parque vehicular puede ser explicado principalmente por el incremento en el número de vehículos privados de pasajeros, que representan el 97,8%<sup>60</sup> del total del parque vehicular y cuya tasa de crecimiento promedio anual fue de 6,5% para el período 2000-2015. Las altas tasas de crecimiento de estos vehículos pueden explicarse, entre otros factores, por los cambios en el ingreso por habitante del país, que han aumentado 13% (INEGI) en términos reales desde 2000; el crecimiento en el número de créditos automotrices, que solo en el último quinquenio aumentó 28% (Banco de México, varios años); el acceso a mercados secundarios, como el de vehículos importados usados, que durante el período 2008-2016 ha sido equivalente al 50% (IMP, 2016; BIE-INEGI, en línea) de las ventas anuales de vehículos nuevos en México; y a políticas que modifican el uso y tenencia de los vehículos, principalmente en las grandes ciudades, tal y como fue el caso del Programa Hoy no Circula de la Ciudad de México,

<sup>60</sup> Incluye automóviles, camionetas ligeras y motocicletas.

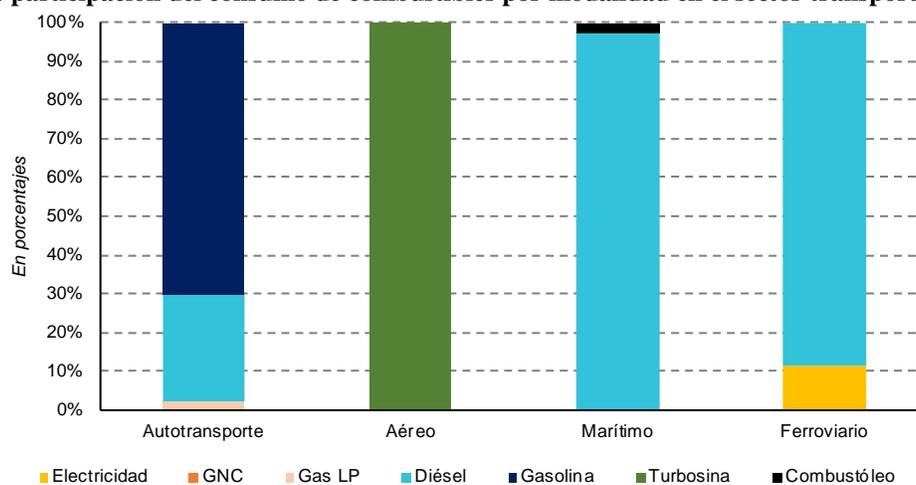
cuya implementación empujó a la compra de un segundo vehículo en algunos hogares de ingreso medio, e incrementó la flota en aproximadamente un 3% (Centro Mario Molina, 2014).

Además, el transporte público es insuficiente para las necesidades de movilidad de la población, y su uso depende de una buena o mala percepción del usuario que en muchas ocasiones lo considera inseguro. Por su parte los vehículos pesados de carga y pasajeros tuvieron una tasa de crecimiento promedio anual más baja (2,3% de 2000 a 2015). En la sección del subsector autotransporte se describirá a mayor detalle el crecimiento de la flota por categoría vehicular y su relación con las distintas variables asociadas a su actividad.

El gráfico VI.2 también muestra la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía. La alta correlación entre ambas variables es la expresión de la demanda de transporte, que, a su vez, es un reflejo de los requerimientos de movilidad de los mexicanos. Esta necesidad mantiene una relación causal con respecto al nivel de ingreso y, al mismo tiempo, la cantidad de viajes incide en el consumo y por tanto en la actividad económica. La relación entre PIB y consumo de energía final se encuentra correspondida por un índice de intensidad energética que no ha sufrido cambios considerables en el tiempo. Para comprender mejor la tendencia de la intensidad energética del sector transporte se debe desagregar por modo de transporte y por tipo de actividad.

En este sentido, cada una de las modalidades del transporte está vinculado a un energético predominante. Así, las gasolinas<sup>61</sup> y el diésel son los principales combustibles empleados en el autotransporte, la turbosina en el aéreo, el diésel y el combustóleo en el marítimo, y en el transporte ferroviario, el diésel y la electricidad (véase el gráfico VI.3).

**Gráfico VI.3**  
**México: participación del consumo de combustibles por modalidad en el sector transporte, 2015 <sup>a</sup>**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

<sup>a</sup> En transporte aéreo se incluye un consumo mínimo de gasolina.

Los cuatro modos de transporte referidos suelen ser utilizados para la elaboración de indicadores de eficiencia energética, en tanto que para analizar las tendencias de energía y eficiencia dichos indicadores suelen desglosarse en los segmentos de pasajeros y carga (mercancías). La distinción entre transporte de carga y pasajeros es esencial para el análisis energético, dado que ambos se basan en gran medida en diversas modalidades, y cuentan con diversos factores que impulsan el uso de energía.

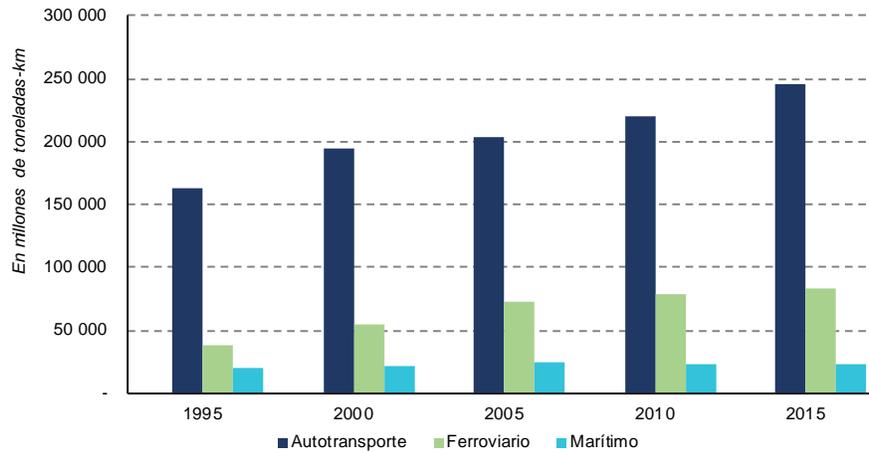
Como se explicó en capítulos previos un indicador de eficiencia energética suele relacionar un nivel de consumo o uso de energía con un nivel de producción o actividad. Así, para el caso de todas las modalidades del sector transporte de pasajeros y mercancías, la actividad se suele configurar dentro de los

<sup>61</sup> En México existen dos tipos de gasolinas, la de 87 octanos denominada *Magna*, y la de 92 octanos denominada *Premium*.

indicadores utilizando los parámetros de pasajero por km recorrido (pasajero-km) y tonelada por km transportado (ton-km), respectivamente.

Durante 2015 el transporte de mercancías se distribuyó de la siguiente forma: 69,7% se trasladó por la red carretera del país, 23,7% lo hizo mediante transporte ferroviario y el 6,6% restante por vía marítima (véase el gráfico VI.4). Considerando las toneladas por km recorrido como parámetro de actividad, se observa que el flujo de mercancías por carretera se incrementó 50,6% entre 1995 y 2015, cuando el total nacional pasó de 162.827 a 245.136 millones de toneladas por km transportado (Mton-km). Por su parte, la actividad del transporte ferroviario de carga creció 121,7% en el mismo período, en tanto que el transporte marítimo de mercancías aumentó 17,5%.

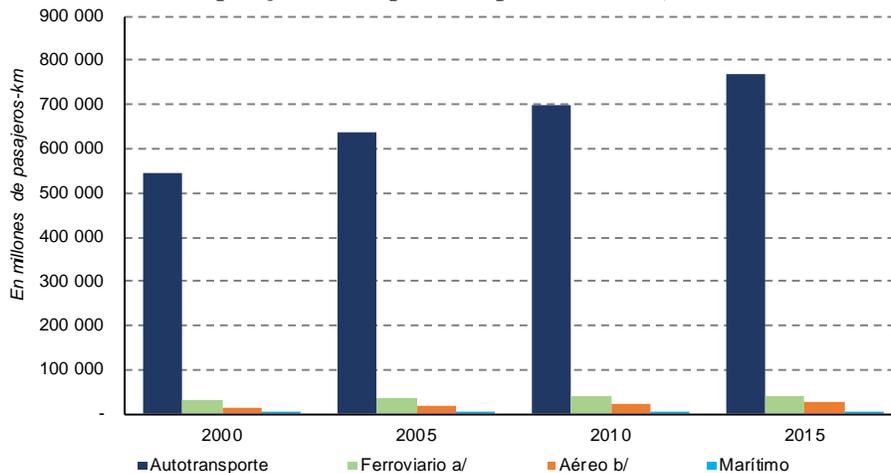
**Gráfico VI.4**  
**México: carga transportada por modalidad, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del IMT y SCT.

Por su parte la actividad del transporte de pasajeros se refiere a las personas que realizan traslados locales y de largas distancias haciendo uso de las diferentes modalidades de transporte, también tiene una alta dependencia al transporte carretero. Considerando el parámetro de actividad de pasajeros trasladados por km (pasajero-km), durante 2015 el 91,7% de las personas se transportaron vía carretera, en tanto que el 4,9% por rieles, el 3,3% vía aérea y el 0,04% restante lo hizo vía marítima (véase el gráfico VI.5).

**Gráfico VI.5**  
**México: pasajeros transportados por modalidad, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del IMT y SCT.

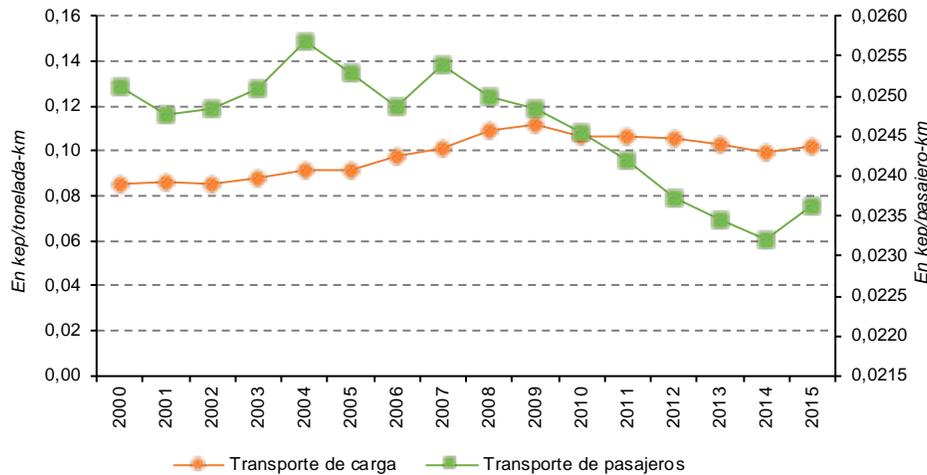
<sup>a</sup> Ferroviario incluye trenes, metros y suburbanos.

<sup>b</sup> Aéreo se refiere a la actividad en vuelos nacionales.

Así, al agrupar los niveles de actividad y consumo de energía de todas las modalidades del sector transporte, se puede estimar una eficiencia para el uso de la energía en el ámbito de la movilidad de personas y de la distribución de bienes en el país. La tendencia de las intensidades energéticas agregadas para el transporte de pasajeros y de carga son un indicador conciso, y su valor resultante depende tanto de la combinación de los modos de transporte, como de las intensidades de los vehículos conforme a las categorías empleadas por tipo de transporte.

De esta forma, en términos nacionales, el transporte de pasajeros muestra una mejora en su consumo unitario de energía, tan solo entre 2004 y 2015 disminuyó 8% (véase el gráfico VI.6). Este indicador está influenciado por la mejora en los rendimientos de las tecnologías del subsector autotransporte y la velocidad de recambio del parque vehicular en circulación, aunque puede estar subestimado por el efecto del robo de combustibles en los últimos años. El consumo unitario de energía para el transporte de carga se incrementó 12,3% entre 2000 y 2015, principalmente como resultado de un crecimiento limitado del transporte ferroviario de carga y la alta dependencia al transporte carretero para llevar bienes de consumo a todos los destinos del país.

**Gráfico VI.6**  
**México: consumo unitario de energía para transporte de carga y pasajeros en todas las modalidades, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del IMT, SCT y SENER.

## B. Tendencias del consumo energético por modo de transporte

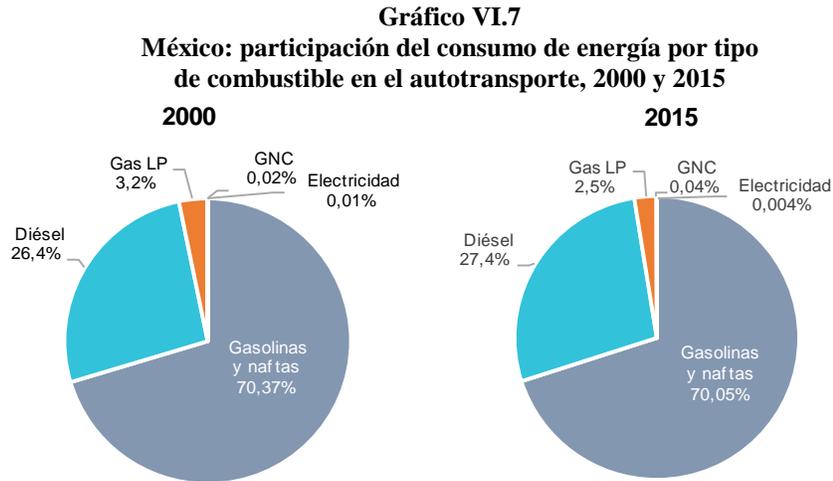
La demanda de energía para cada subsector está determinada por distintos factores tales como el crecimiento económico y poblacional, el desarrollo de infraestructura, las inversiones en el sector, la eficiencia económica, el precio de los energéticos y la regulación existente. Este apartado tiene como objetivo analizar las tendencias de consumo energético por modo de transporte y describir las principales causas que inciden en su comportamiento.

### 1. Autotransporte

El autotransporte se emplea para el traslado de personas y bienes, dependiendo de las características particulares se clasifica en automóviles, camionetas ligeras, motocicletas, autobuses y camiones. El autotransporte tiene efectos tanto positivos como negativos en la economía, en el medio ambiente y en la sociedad. El subsector autotransporte representa el 91% del total de la energía que el sector demanda y ha tenido el mayor crecimiento anual promedio entre todos los subsectores (2,8%) en los últimos 15 años; en

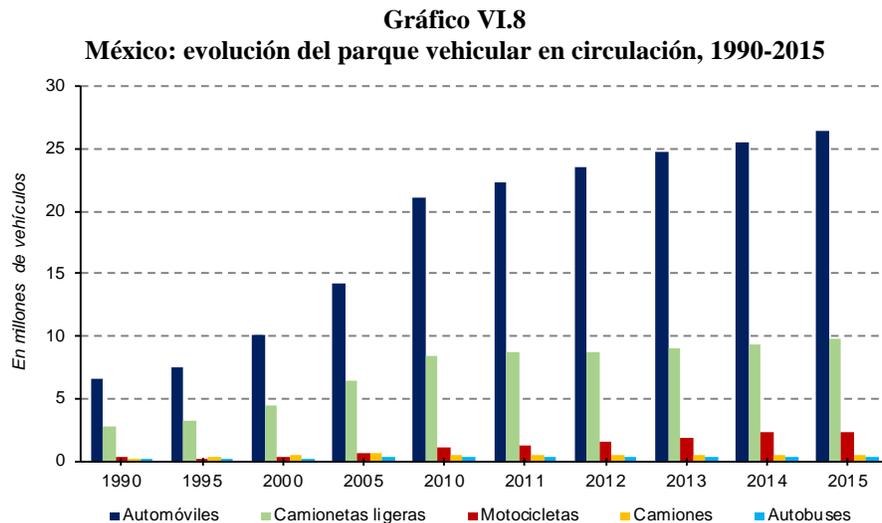
términos reales la demanda de energía de este sector es 51% mayor al 2015, comparada con la de 2000, es decir, pasó de 33.859 ktep a 51.073 ktep.

Respecto a los tipos de combustibles que el subsector demanda, en 2015 el 70% se cubrió con gasolinas y naftas, el 27,4% con diésel y el 2,5% con gas LP (véase el gráfico VI.7). El gas natural y la electricidad no son significativos en el consumo del sector, aunque han aumentado su participación. El consumo de gas natural fue 3,7 veces mayor en 2015 respecto al observado en 2000 y la electricidad 0,5 veces en el mismo intervalo.



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

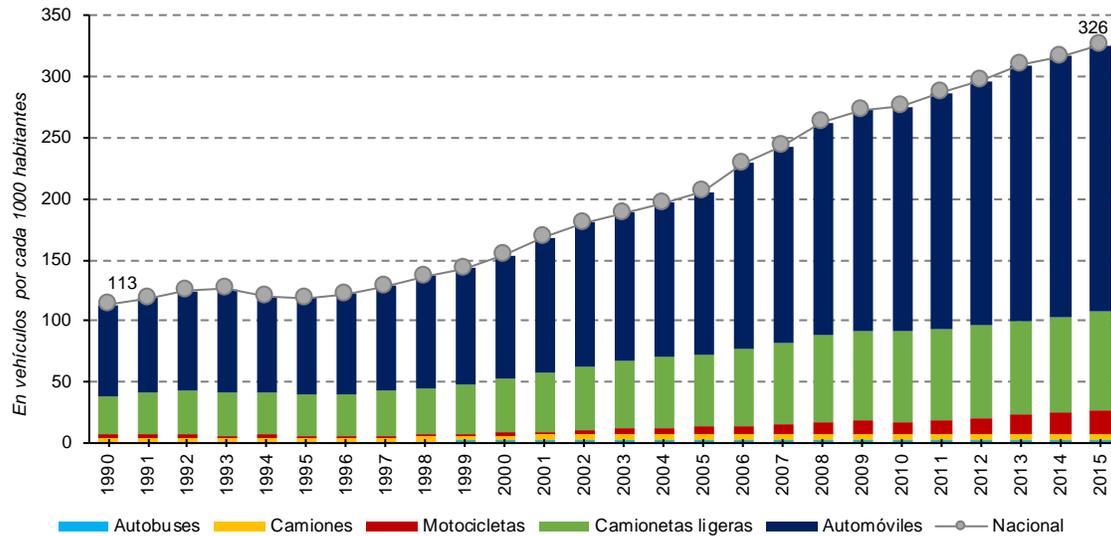
La principal causa del aumento de la demanda de energía de este subsector es el incremento en el número de vehículos automotores. En el período comprendido entre 2000 y 2015, la flota vehicular ha crecido a ritmos de 6,4% anual, lo que representa un crecimiento de 154% en el número de vehículos en circulación (véase el gráfico VI.8). Durante 2015 los automóviles representaron la mayor participación en número dentro de la flota vehicular con 67%, las camionetas ligeras 25%, las motocicletas 6%, y el resto corresponde a los camiones y autobuses en circulación. De acuerdo con el INEGI, en 25 años la flota de automóviles se cuadruplicó al pasar de 6,6 a 26,4 millones de unidades y las camionetas ligeras crecieron 3,6 veces pasando de 2,7 a 9,8 millones de unidades. Los camiones se incrementaron de 0,2 a 0,5 millones de unidades al último año, y destaca que las motocicletas ascendieron a 2,4 millones de unidades en 2015, es decir, diez veces más que las registradas en 1990.



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

Asimismo, el índice de motorización en el país ha aumentado de 155 vehículos por cada mil habitantes en 2000, a 326 en 2015, lo que evidencia el rápido crecimiento del subsector (véase el gráfico VI.9). Esto es más evidente si se compara este incremento del índice de motorización respecto a lo sucedido entre 1990 y 2000, cuando dicho índice pasó de 113 a 155 vehículos por cada mil habitantes. Lo anterior significa un incremento del 187% del índice entre 1990 y 2015.

**Gráfico VI.9**  
**México: índice de motorización del autotransporte por categoría, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propio con información de CONAPO e INEGI.

A nivel desagregado, se observa que la población ha dado prioridad al uso de los automóviles particulares, ya que estos pasaron de 75 a 218 por cada mil habitantes en 25 años. En menor medida las camionetas ligeras pasaron de 31 a 81 por cada mil habitantes, las motocicletas de 3 a 20 por cada mil habitantes, los camiones de 3 a 4 por cada mil habitantes y los autobuses de 1 a 3 por cada mil habitantes.

El crecimiento de las motocicletas durante la última década ha sido elevado y en los últimos cinco años se ha incrementado a una tasa promedio del 15,5% anual. No existe suficiente información que permita establecer un análisis más detallado de este fenómeno, debido a que este tipo de vehículos aún no se encuentran regulados a nivel federal. Una de las posibles razones asociada a este incremento es el beneficio fiscal que tienen, ya que las motocicletas están exentas de pagar tenencia vehicular y los desplazamientos se realizan en menos tiempo<sup>62</sup>, así como el bajo costo de adquisición y el alto rendimiento de combustible que hacen de las motocicletas una opción cada vez más atractiva para los habitantes del país.

Por otra parte, hay dos variables complejas que complementan el análisis del uso de energía del transporte carretero, los recorridos típicos por categoría y el rendimiento promedio nacional de los vehículos en circulación. Para ello, con el apoyo de la CEPAL mediante una consultoría especializada, la CONUEE desarrolló una herramienta que estima un promedio de los rendimientos de combustibles de los vehículos en circulación considerando distintas fuentes tales como AMIA, CONUEE, INEGI, INECC, IMP y Melgar de México. Sin embargo, se reconoce que es necesario mejorar las estadísticas referentes al parque nacional de vehículos automotores en circulación, así como de las características técnicas de la flota en circulación, nivel de actividad por tipo de tecnologías y área geográfica, curvas de supervivencia y encuestas origen-destino para conocer el rendimiento o consumo energético de cada modo (privado o

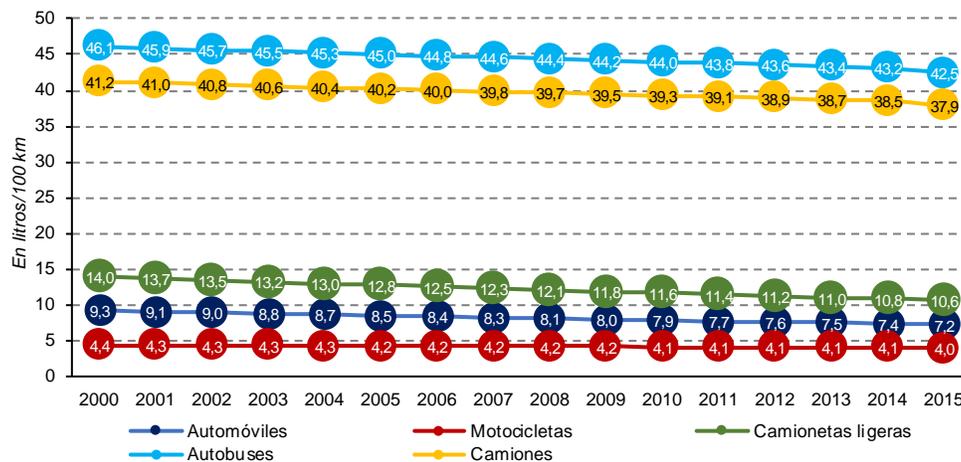
<sup>62</sup> La tenencia vehicular es un impuesto dirigido a las personas que están registradas como propietarios de automotores. Este gravamen dejó de ser de alcance nacional en 2011 y actualmente es de alcance estatal, es decir, cada entidad federativa puede definir su aplicación. Para 2016, 15 de las 32 entidades federativas cobraban este impuesto y en ellas se encontraba registrado aproximadamente el 58% de los vehículos de la flota en circulación del país, de acuerdo con estadísticas del PIB y cuentas nacionales del INEGI.

público), y relacionarlo con la dinámica social del sistema de movilidad, urbana y rural, privada, pública y comercial, tanto de pasajeros como de mercancías.

Así, a partir de la colección de datos de parque vehicular histórico en circulación que toma en cuenta las categorías, el tipo de combustible, la edad, la ubicación geográfica en circulación y los rendimientos de combustible por marca de vehículos nuevos, se asignaron y calibraron los rendimientos en circulación considerando los recorridos típicos anuales referidos en dos estudios desarrollados por el INECC, llevados a cabo en distintas ciudades tanto para transporte ligero como pesado, y que distinguen vehículos de pasajeros y carga.

De esta manera se obtuvieron los resultados del rendimiento de combustibles promedio ponderado de la flota vehicular en circulación por categoría por cada 100 km de recorrido (L/100 km). Al obtener los resultados, se observa que este rendimiento ha mejorado significativamente en los últimos 15 años. Los automóviles y las camionetas ligeras, que representan alrededor del 90% de la flota total, son los que han mejorado en mayor medida su consumo específico aproximadamente en 20%, las motocicletas 8% y, los autobuses y camiones alrededor de 7% (véase el gráfico VI.10).

**Gráfico VI.10**  
**México: rendimiento promedio de combustible de la flota en circulación por categoría, 2000-2015**

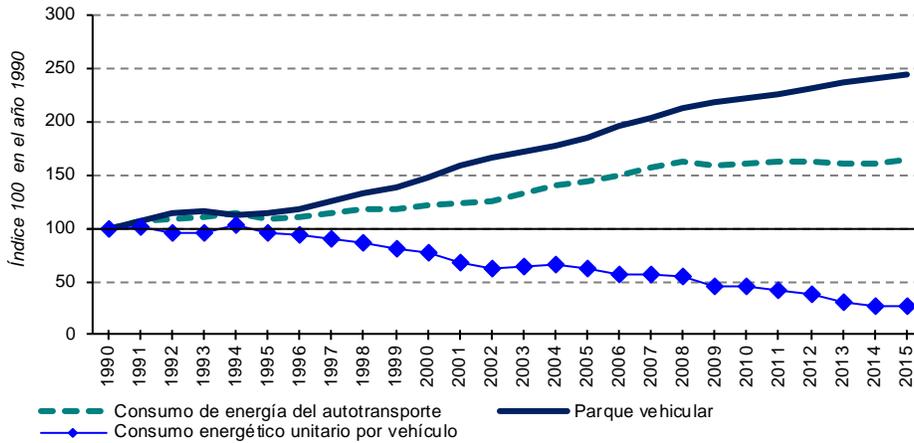


**Fuente:** Elaboración propia con información de AMIA, CONUEE, INECC, IMP, INEGI y Melgar de México.

Las tendencias que muestra el gráfico VI.10 son el resultado de que, por un lado, los vehículos nuevos deben mejorar su eficiencia para cumplir estándares mínimos ambientales y por otro, la flota vehicular en circulación ve afectado su rendimiento con el paso del tiempo; parte de esta última sale de circulación. Al comparar la flota vehicular y el consumo total de energía del subsector (asociado a los factores antes expuestos) se observa que la flota se ha incrementado en mayor medida que el consumo de energía (véase el gráfico VI.11). Otra variable determinante en el consumo energético del sector es la cantidad de energía demandada por cada tipo de vehículo.

De forma general, se pueden desarrollar indicadores de consumo medio por vehículo real y por automóvil equivalente con la finalidad de analizar el desempeño energético de las distintas categorías vehiculares. Al dividir el consumo de energía del autotransporte entre la flota vehicular obtenemos el consumo unitario de energía de toda la flota vehicular, que para el caso de México muestra una tendencia a la baja, como lo ilustra el gráfico VI.11. Lo anterior significa que en 25 años el consumo unitario de energía por vehículo pasó de 2,7 a 1,3 tep/vehículo entre 1990 y 2015, por lo que se observa el efecto que ha tenido la mejora de los consumos específicos.

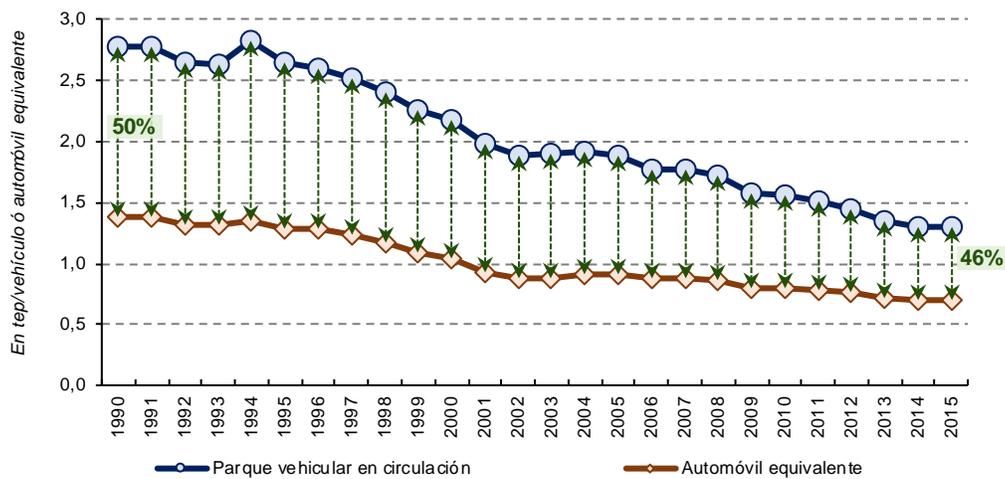
**Gráfico VI.11**  
**México: tendencia de las principales variables del autotransporte, 1990-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI, CONUEE y SENER.

A través de los indicadores de eficiencia energética que relacionan los consumos unitarios por vehículo respecto al consumo unitario por automóvil equivalente se pueden evaluar ambos indicadores para conocer si hay un cambio en la composición del parque vehicular, ya sea nacional, a gasolina o diésel, hacia vehículos más ligeros o más pesados, y en la medida en que existe la cercanía de ambos indicadores se puede evaluar la eficiencia del inventario total de vehículos y el uso de energía del combustible más adecuado. Al comparar el consumo unitario de los vehículos totales en circulación respecto a los automóviles equivalentes, se observa que la brecha en el tiempo se cierra de 50% de diferencial en 1990 a 46% en 2015 (véase el gráfico VI.12).

**Gráfico VI.12**  
**México: consumo unitario de energía de la flota vehicular y automóvil equivalente, 1990-2015**



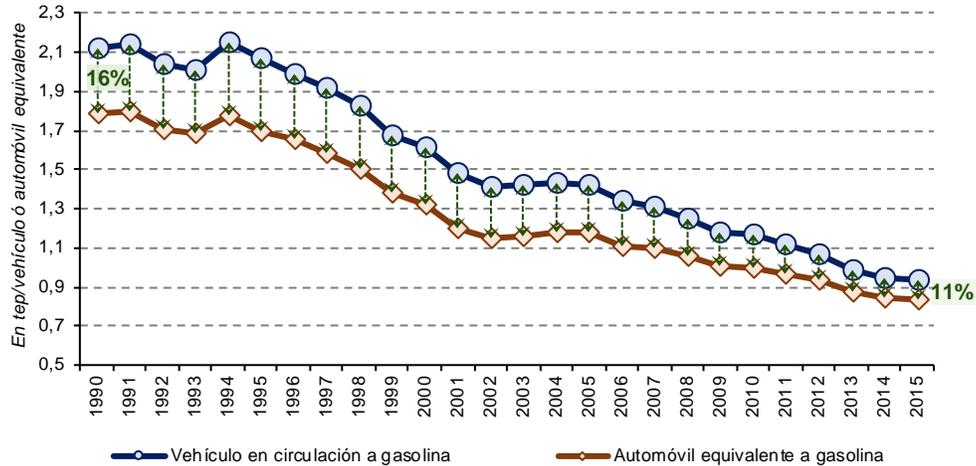
**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, INEGI y SENER.

En un mayor nivel de desagregación, al comparar los consumos unitarios de la flota vehicular a gasolina en circulación<sup>63</sup> respecto a la misma flota equivalente a gasolina, pero en términos de un automóvil equivalente a gasolina, se observa que hay una cercanía que refleja un mejor consumo de la

<sup>63</sup> Se refiere a todos los consumos reales de vehículos que consumen gasolina tales como automóviles, camionetas ligeras, motocicletas, autobuses y camiones.

gasolina en el parque vehicular nacional, ya que el diferencial bajó de 16% en 1990 a 11% en 2015 (véase el gráfico VI.13).

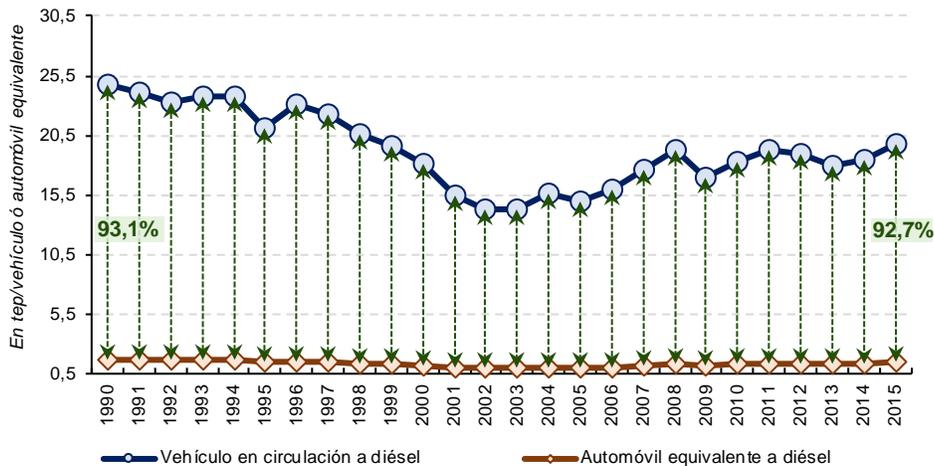
**Gráfico VI.13**  
México: consumo unitario de energía de la flota vehicular  
y automóvil equivalente a gasolina, 1990-2015



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, INEGI y SENER.

De igual manera, al comparar los consumos unitarios de la flota vehicular a diésel en circulación respecto a la misma flota equivalente a diésel en términos de un automóvil equivalente a diésel, se observa que hay una mejora que se refleja la reducción de los diferenciales de 93,1% en 1990 a 92,7% en 2015 (véase el gráfico VI.14).

**Gráfico VI.14**  
México: consumo unitario de energía de la flota vehicular y automóvil equivalente a diésel, 1990-2015

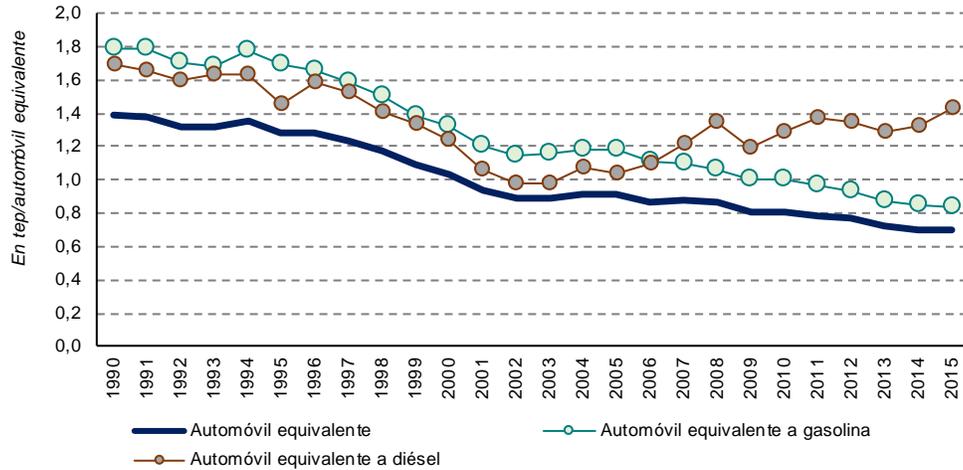


**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, INEGI y SENER.

Finalmente, al comparar en términos de auto equivalente en el período de 1990 a 2006, se observa que mantenían la misma tendencia hasta 2005, tanto los de diésel como los de gasolina. A partir de 2006, el consumo de combustible unitario de vehículo equivalente a gasolina mejoró respecto al diésel; esta tendencia se mantuvo hasta el final del período de estudio. No obstante, el diésel incrementó su consumo debido a una mayor flota en circulación de vehículos pesados, particularmente de camiones que tienen bajos rendimientos, lo que se comprueba en la tendencia de ambos indicadores (véase el gráfico VI.15).

Gráfico VI.15

México: consumo unitario de automóviles en términos de automóvil equivalente, 1990-2015



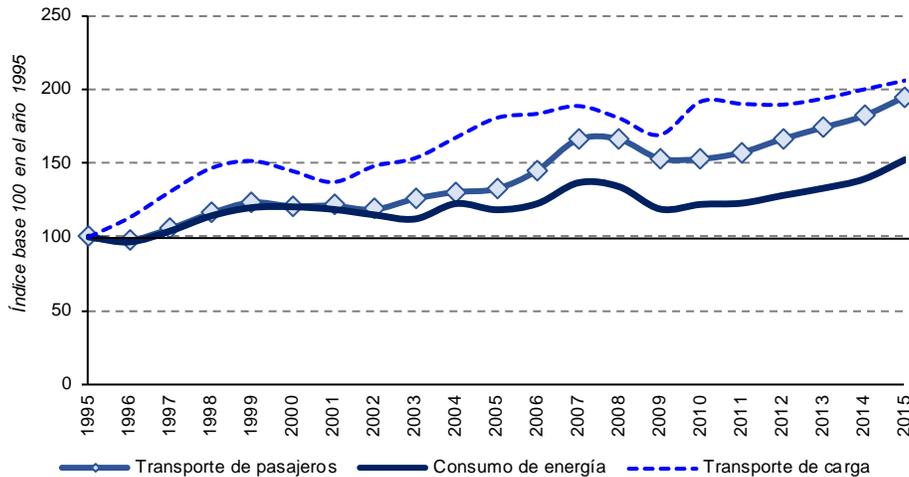
Fuente: Elaboración propia con información de CONUEE, INEGI y SENER.

## 2. Transporte aéreo

El consumo energético del sector aéreo se ha incrementado en cerca de 60% entre 1995 y 2015. De acuerdo con información de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), en el mismo intervalo se ha observado un incremento de 2,6 veces en el número de pasajeros transportados, lo que significa un promedio anual de 4,8% en 20 años. Del total de pasajeros transportados en 2015, el 65% correspondió a pasajeros nacionales y el 35% a extranjeros. Este aumento en el número de pasajeros incrementó en 1,5% (en promedio anual) el número de vuelos, que pasó de 1.345.422 en 1995 a 1.821.604 en 2015<sup>64</sup> (véase el gráfico VI.16).

Gráfico VI.16

México: tendencia de las principales variables del transporte aéreo, 1995-2015



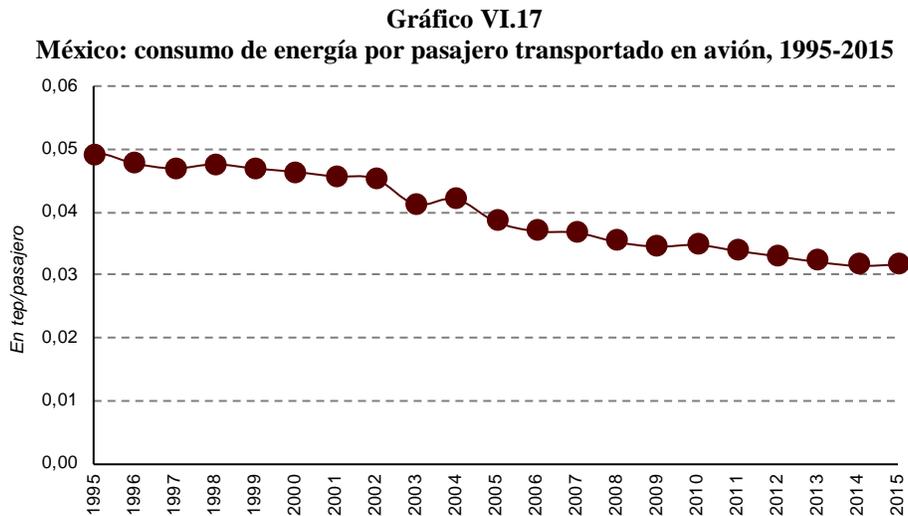
Fuente: Elaboración propia con información del IMT, SCT y SENER.

Por otra parte, el transporte de carga aérea aumentó 160% en 20 años, aunque la participación porcentual de las mercancías trasladadas por este medio aún es baja, ha continuado en crecimiento. Sin embargo, el transporte de pasajeros es el que tiene la correlación más alta con el consumo de energía del

<sup>64</sup> Se refiere a las operaciones nacionales e internacionales por tipo de aviación, comercial, privada, oficial, extranjera y exclusiva de carga.

sector aéreo (véase el gráfico VI.16). A partir de la caída mundial en los precios internacionales del petróleo, las líneas aéreas se han beneficiado gracias a una reducción en el precio de los combustibles aéreos, lo que ha permitido una disminución de tarifas comerciales en algunas rutas y ha hecho más accesible el costo de viaje. Por tanto, la brecha existente entre los precios del transporte aéreo comparado con el transporte terrestre ha tendido a reducirse en últimos años, y las líneas aéreas de bajo costo se convirtieron en una opción más accesible al consumidor, dadas las condiciones de un menor precio y tiempo de viaje, así como mayor comodidad, entre otros factores.

Como resultado se presentó un incremento en el número de pasajeros transportados por km en esta modalidad, y la estadística nacional muestra que en 20 años disminuyó un 35% el consumo de energía por pasajero transportado en avión en vuelos nacionales, al pasar de 0,049 tep/pasajero a 0,032 tep/pasajero entre 1995 y 2015 (véase el gráfico VI.17).



**Fuente:** Elaboración propia con información del IMT, SCT y SENER.

### 3. Transporte marítimo

El transporte marítimo es un medio fundamental y eficiente para llevar a cabo el intercambio comercial de productos ya sea en mercados internacionales o nacionales, ya que tiene gran capacidad de carga y volumen, así como adaptabilidad para transportar cualquiera de ellos. México posee una localización geográfica privilegiada debido a que es de los pocos países con acceso a dos océanos (Pacífico y Atlántico) y 11.122 km de litoral, en los que se encuentran 117 puertos nacionales (SCT, 2016).

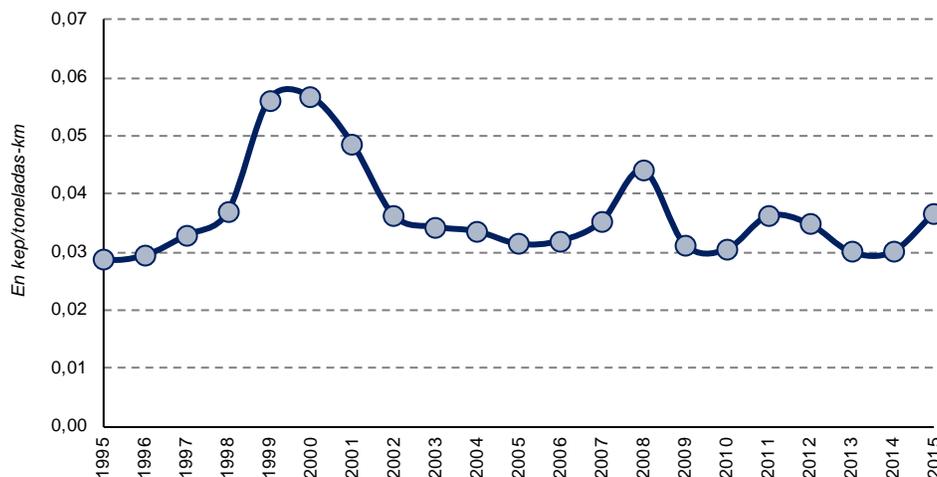
De acuerdo con la SCT, durante 2015 México participó en el comercio marítimo internacional con 491 destinos geográficos en el mundo y se vinculó comercialmente con 131 países a través de 91 líneas navieras que arriban a nuestro país, y que están representadas por 34 agencias consignatarias con servicios en los cinco continentes. De las 91 líneas navieras que llegan a puertos mexicanos, 76 atracan en 10 puertos del Golfo de México y 40 lo hacen en ocho puertos del Océano Pacífico. Destaca el intercambio comercial entre México y América del Norte, que se lleva a cabo mediante 61 líneas navieras con 43 destinos y contabiliza cinco servicios diarios en promedio. El puerto de Veracruz predomina en el Golfo de México con un registro de 37 líneas navieras y cuatro servicios diarios en promedio, en tanto que, en el Océano Pacífico, el puerto de Manzanillo se distingue con 32 líneas navieras e igual número de servicios diarios (SCT, varios años).

Las personas se transportan en dos ámbitos, en travesías cortas (pequeñas distancias entre islas o dos orillas de un río) y en cruceros turísticos. Ambos servicios transportaron 13.685.019 personas en 2015, sin embargo, en esta modalidad sucede lo contrario que en la aérea debido a que es más importante la carga que la actividad de pasajeros, quienes privilegian otro tipo de transporte. En este sentido, el

transporte marítimo en navegación de cabotaje movilizó más de 293 millones de toneladas en 2015, es decir, 57% más que las transportadas 20 años atrás, y además estas mercancías movilizadas representaron poco más del 30% del total que se distribuyó entre los diferentes modos de transporte ese año. Así, el consumo de energía por tonelada-kilómetro transportada se incrementó 27% entre 1995 y 2015, al pasar de 0,029 tep/ton-km a 0,037 tep/ton-km (véase el gráfico VI.18).

Gráfico VI.18

México: consumo unitario de energía por tonelada movilizada en transporte marítimo, 1995-2015



Fuente: Elaboración propia con información del IMT, SCT y SENER.

#### 4. Transporte ferroviario

El transporte ferroviario se divide en dos grandes subcategorías, transporte de carga y transporte de pasajeros, la mayor parte se dedica al traslado de mercancías. La red ferroviaria de carga es considerablemente mayor, comparada con las distancias recorridas por los trenes dedicados al traslado de personas. El Sistema Ferroviario Mexicano sufrió una transición importante en las últimas dos décadas al dejar de ser propiedad del Estado Mexicano y convertirse en un sistema privado con diversos competidores.

De acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) entre 1986 y 1991 el sistema ferroviario sufrió una severa crisis operativa, derivada de las políticas estatales proteccionistas. A partir de 1992 comenzó la restructuración del servicio, cuyo fin último fue la transición hacia un nuevo esquema de operación de ferrocarril concesionado a particulares. Este nuevo esquema tuvo como consecuencia la reducción del servicio de pasajeros, la integración vertical del servicio, así como incrementos en la productividad operativa y financiera. El proceso de concesión se llevó a cabo en el período de 1992-1999 y el nuevo sistema ferroviario quedó integrado por ocho empresas (IMT, varios años).

Desde la privatización del sistema ferroviario mexicano, la longitud de las vías férreas no ha mostrado cambios importantes, mientras que en 2000 se tenían 26.655 km, en 2015 la cifra ascendió a 26.727 km. Del total de vías férreas del país, el 64,3% se encuentra concesionado a cinco compañías privadas. Los sectores con mayor participación en el movimiento total de la carga son el industrial, particularmente automotriz, cemento, acero y agrícola.

Los principales energéticos utilizados en el transporte de pasajeros y mercancías son la electricidad y el diésel, ya que el combustóleo prácticamente ha desaparecido del transporte ferroviario. En 25 años, el consumo de electricidad se incrementó en mayor medida que el consumo de diésel, aunque en términos porcentuales la electricidad solo representó el 11% del consumo total ferroviario, de acuerdo con cifras de 2015.

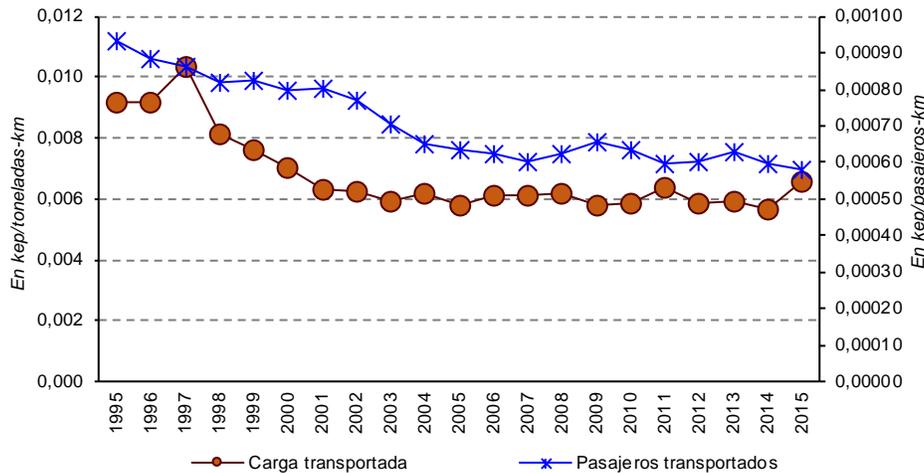
El consumo de energía eléctrica está destinado únicamente al transporte de pasajeros en trenes y metro, y ha tenido un incremento del 87% en términos de pasajeros-km durante el período 1995-2015.

Así, el consumo de energía eléctrica de esta modalidad corresponde al reportado por cinco sistemas de transporte colectivo de las principales ciudades del país: tren ligero de la ciudad de Guadalajara, Metrorrey de la ciudad de Monterrey, tren ligero y Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México y el tren suburbano de la zona conurbada de la Ciudad de México.

Estos trenes atienden una demanda anual estimada de 40.959 millones de pasajeros-km. El Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México es el más importante con un 80% de los pasajeros trasladados, seguido del Metrorrey de la ciudad de Monterrey (11%), el tren ligero de Guadalajara (4%), el tren suburbano (3%) y el tren ligero de la Ciudad de México (2%). Por otra parte, el transporte de mercancías por ferrocarril pasó de 52,5 millones de toneladas en 1995 a 119,6 millones en 2015, lo anterior implicó un crecimiento porcentual de 128%.

En términos del uso de energía utilizada para transportar mercancías y pasajeros, se observa que durante el período 1995 a 2015 se redujo la intensidad energética del subsector, para el traslado de pasajeros disminuyó 38% y para el de mercancías 28% (véase el gráfico VI.19). Esta disminución se debe a que los concesionarios del transporte férreo han llevado a cabo inversiones destinadas a la modernización de la infraestructura y a la implementación de mejores tecnologías en los trenes, lo que ha mejorado las condiciones de eficiencia de operación y ha provocado una disminución real del consumo de combustible.

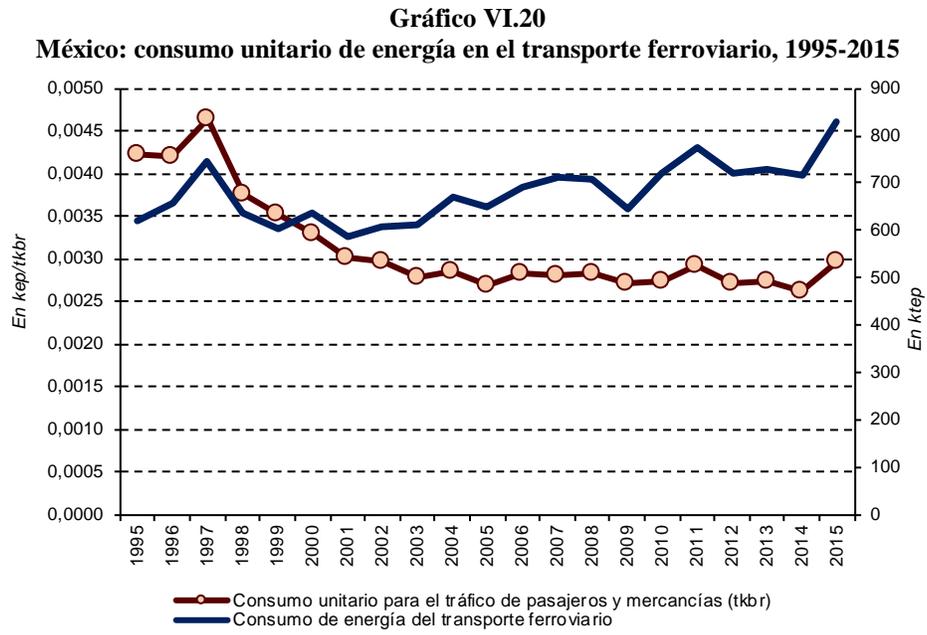
**Gráfico VI.19**  
**México: consumo de energía por tonelada y pasajeros<sup>a</sup> transportados vía ferroviaria, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI, SCT y SENER.

<sup>a</sup> Considera el consumo eléctrico de los sistemas de metro, tren ligero y suburbano.

Por otra parte, el indicador de consumo unitario de combustible en el transporte ferroviario representa el consumo de energía por unidad de tráfico, el tráfico total se mide en toneladas-km bruto que es la unidad de medida habitual del tráfico total de mercancías y pasajeros (tkbr); se utiliza para agregar el tráfico tanto de pasajeros como de mercancías. En términos generales el consumo unitario del transporte ferroviario ha decrecido 30% en 20 años, lo que indica que tanto el transporte de mercancías y pasajeros ha disminuido su consumo unitario en el tiempo aun cuando el consumo total de combustible del sector ha mantenido un comportamiento creciente (véase el gráfico VI.20).



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI, SCT y SENER.



## VII. Tendencias de la eficiencia energética en el sector residencial

En términos de intensidad energética en el sector residencial de México se refleja un gran proceso estructural en los últimos 25 años, donde las regulaciones técnicas aplicables a equipos y sistemas de uso final y el cambio tecnológico han empujado a una notable reducción del consumo de energía necesaria para una variedad de servicios energéticos de los hogares, incluyendo iluminación, confort, preparación y conservación de alimentos, e higiene personal. Junto con programas de alcance más limitado, desde 1995 a la fecha, la CONUEE (antes CONAE) ha implantado un número importante de Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER), que establecen valores de desempeño energético en equipos y sistemas más utilizados en los hogares.

Este programa de normalización de la eficiencia energética regula la entrada y comercialización de equipos y sistemas consumidores de energía al mercado nacional, propicia una mejora continua de niveles de rendimiento energético de los equipos normalizados y ha sido la base técnica para el desarrollo de los programas de sustitución de electrodomésticos y tecnologías de iluminación en los hogares, promovidos por el Gobierno federal en los últimos años.

Para comprender los resultados de la eficiencia energética alcanzados en más de 20 años a partir de las políticas públicas, se deben abordar diferentes aspectos tales como la tendencia general del consumo de energía en el sector, el acceso a servicios energéticos modernos, el nivel de equipamiento promedio de los hogares, la estructura de los usos finales de la energía, la penetración de las tecnologías eficientes, así como la evolución del gasto que las familias destinan a la factura de energéticos<sup>65</sup>. También se debe conocer el nivel de aplicación de prácticas de ahorro de energía que la población lleva a cabo.

En este apartado se han preparado diferentes tipos de indicadores de eficiencia energética, dado que entre los usos típicos de la energía en el hogar figuran la preparación de alimentos, el calentamiento de agua, el acondicionamiento térmico de espacios cerrados, la iluminación, refrigeración de alimentos, aparatos de entretenimiento e higiene, sistemas de comunicación, computadoras, un sinnúmero de dispositivos electrodomésticos, entre otros. De esta manera, el nivel de actividad de algunos indicadores de eficiencia energética se presenta en términos por habitante, por hogar o por vivienda habitada, dependiendo de la variable que demuestre directamente el desempeño energético. En otros casos se muestran porcentajes de penetración de tecnologías eficientes y prácticas recurrentes de la población.

---

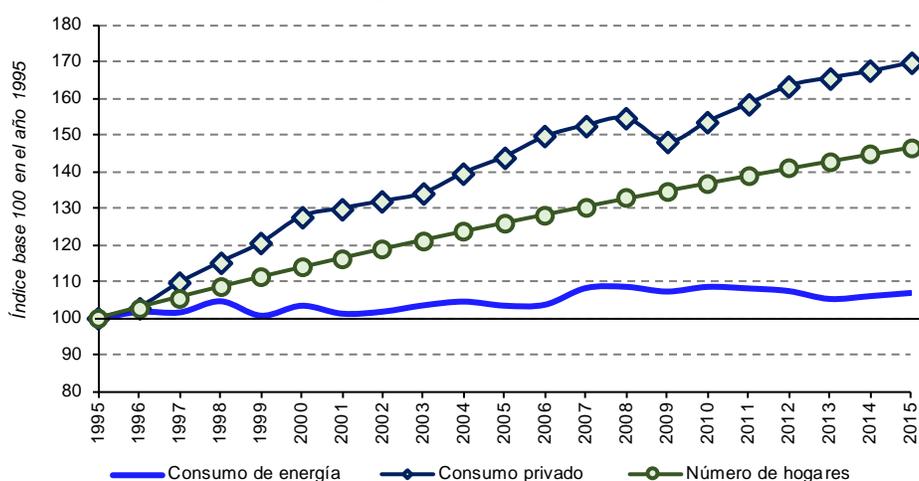
<sup>65</sup> Por convención internacional los consumos energéticos y gastos originados para el traslado de los integrantes de las familias no se consideran dentro del sector residencial, sino que se deben analizar en el sector transporte.

## A. Tendencias generales del consumo

El sector residencial representa el tercer lugar del consumo de energía en México, después del sector transporte y del sector industrial. El consumo de energía en los hogares abarca la energía utilizada en los edificios residenciales, incluidos aquellos localizados en zonas urbanas y rurales. Si bien mucho se ha dicho si la energía es imprescindible para potenciar el bienestar social y económico, y es un medio para aliviar la pobreza y elevar el nivel de vida, para analizar esto en el sector residencial es necesario partir de la tendencia de tres variables: El consumo de energía del sector, el crecimiento poblacional y el consumo privado<sup>66</sup>.

Estas tres variables presentaron tendencias de crecimiento diferentes entre 1995 y 2015 (véase el gráfico VII.1). El consumo de energía del sector residencial aumentó 6,6%, mientras que el consumo privado de los hogares creció 97,1%, en tanto el número de hogares se elevó en 58,9% durante el período de análisis. El número de hogares presenta un crecimiento constante, como consecuencia del crecimiento de la población, mientras en 1995 había 20,3 millones de hogares conformados por 94,5 millones de habitantes, para 2015 se registró un incremento de 32,3 millones de hogares a partir de una población de 119,5 millones de habitantes. Por otra parte, el consumo privado ha tenido el mayor crecimiento de las tres variables, lo que significa que los hogares gastan más en la compra de bienes y servicios de consumo conforme crece la economía nacional. Sin embargo, en los años de crisis y recesión económicas (tales como 2001 y 2009) presenta una disminución considerable. Por su parte, el consumo de energía prácticamente se ha mantenido constante en los últimos 20 años.

**Gráfico VII.1**  
**México: tendencia de las principales variables del sector residencial, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONAPO, INEGI y SENER.

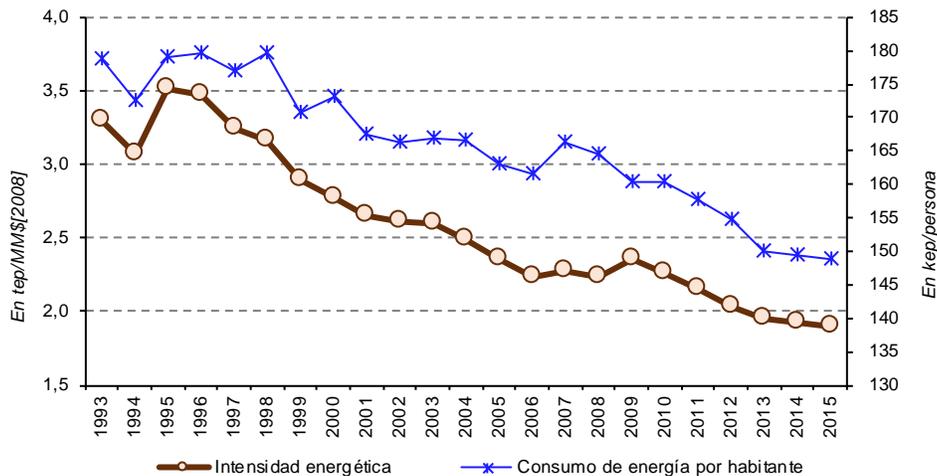
Los indicadores de eficiencia energética permiten evaluar el desempeño energético de los hogares si se observan en el tiempo. Algunos de estos indicadores son un instrumento inequívoco para medir los progresos realizados por la eficiencia energética, y a medida que van evolucionando, se convierten en marcadores del progreso de la eficiencia energética y de los cambios subyacentes relacionados al uso de energía en los hogares. De esta manera, para evaluar de forma global el impacto de todos los programas de eficiencia energética en el sector residencial se pueden usar la intensidad energética sectorial y el consumo de energía por habitante.

<sup>66</sup> Se refiere al valor del gasto total que las familias residentes en el país disponen en la compra de bienes y servicios de consumo.

La intensidad energética del sector residencial es un índice que relaciona la cantidad de energía usada por el sector entre el consumo privado de los hogares. En el caso del consumo de energía por habitante del sector residencial refleja un promedio de la energía necesaria para la satisfacción de los servicios energéticos por habitante del país. Cualquier disminución de estos indicadores significa un impacto positivo de la eficiencia energética, ya que el primero explica que cada vez se destina menos ingreso familiar al pago de los servicios energéticos, siempre que el valor monetario del consumo privado esté a un valor constante en el tiempo. En el segundo caso, significa que los residentes del país requieren, en promedio, menos cantidad de energía para satisfacer los mismos o más servicios energéticos necesarios en su vida cotidiana.

En complemento a lo anterior, siempre es deseable que el acceso a los energéticos modernos y el acceso a nuevas y mejores tecnologías sea mayor en general, ya que refleja un incremento en la calidad de vida de los habitantes. La caída constante de estos indicadores del sector residencial está vinculada a la entrada en vigor de las primeras normas de eficiencia energética a mediados de la década de 1990. Los hogares del país muestran una reducción tanto de su intensidad energética como del consumo de energía por habitante entre 1995-2015, del orden de 45,9% y 16,7%, respectivamente (véase el gráfico VII.2).

**Gráfico VII.2**  
**México: evolución de la intensidad energética y consumo de energía por habitante del sector residencial, 1993-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONAPO, INEGI y SENER.

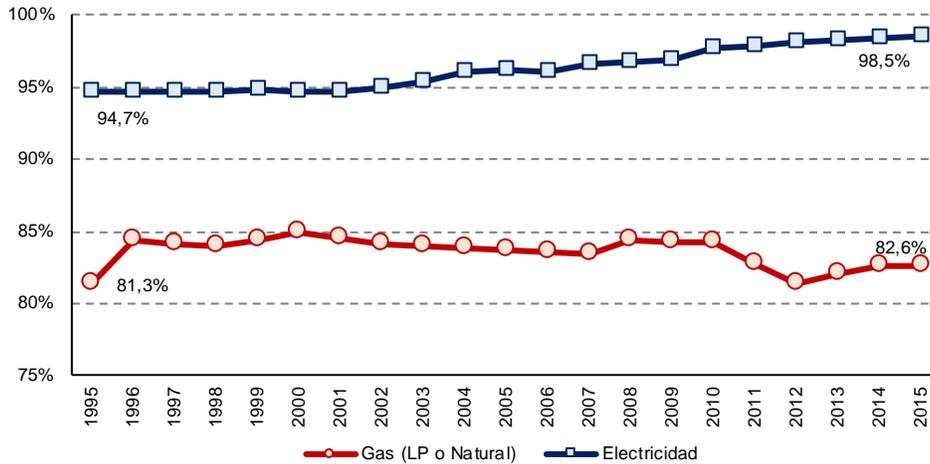
Los cambios en la intensidad energética del sector se ven afectados por otros factores, además de la eficiencia energética, por ello el análisis de las tendencias de la intensidad proporciona una valiosa perspectiva de cómo la eficiencia energética y otros factores repercuten sobre el uso de la energía. Aun así, estos indicadores son aceptados internacionalmente para monitorear el valor de la eficiencia energética. De igual manera, ayudan a cuantificar sus impactos y progresos, sobre todo cuando el ahorro de energía representa la ausencia de la misma y el ahorro debe ser estimado considerando su intangibilidad e imposibilidad de medición.

La interpretación resulta más fácil cuando se analizan otros elementos diferentes a la eficiencia energética que pueden incrementar el consumo de energía. La evidencia estadística demuestra que hoy en día no solo se incrementó el número de hogares en el país respecto a la década de 1990, sino que progresivamente las familias poseen un promedio mayor de equipos consumidores de energía (mayores tasas de saturación) y existe un mayor nivel de acceso de los hogares mexicanos a los servicios energéticos básicos y modernos, es decir, a la electricidad y al uso de algún tipo de gas (LP o natural) para la cocción de alimentos.

En el caso del acceso a la electricidad, mientras en 1995 se encontraban electrificados el 94,7% de los hogares totales en México, para 2015 el indicador se incrementó a 98,5%. De igual manera, los

hogares que tenían acceso a gas para cocinar en 1995 representaban 81,3% del total, en tanto que para 2015 este indicador se incrementó ligeramente a 82,6% (véase el gráfico VII.3).

**Gráfico VII.3**  
**México: evolución del porcentaje de hogares con acceso a electricidad y a gas para cocinar (LP o natural), 1995-2015**

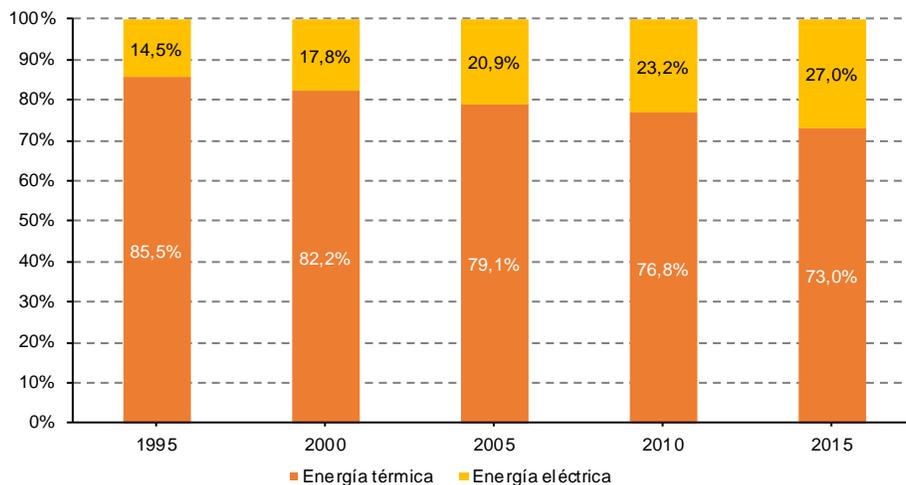


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía, el consumo de energía del sector residencial se integra de seis fuentes (leña, gas LP, electricidad, gas natural, energía solar y querosenos, en orden de importancia en el consumo). Por su parte, las encuestas en los hogares mexicanos aplicadas frecuentemente por el INEGI muestran que el acceso a algún tipo de gas se ha visto limitado por el crecimiento de otras fuentes como la leña, el carbón vegetal, electricidad y algunos petrolíferos, especialmente en los últimos años.

Al agrupar los consumos del sector por fuentes en energía térmica y eléctrica, se observa que se ha incrementado la participación de la electricidad en el total de los usos del sector residencial, lo que indica una transformación en el uso final de las fuentes de energía por parte de las familias. Así, mientras en 1995 la electricidad consumida en el sector representaba 14% del total, para 2015 su participación se incrementó a 27% (véase el gráfico VII.4).

**Gráfico VII.4**  
**México: porcentaje del consumo de energía térmica y eléctrica en el sector residencial, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

Históricamente, los usos térmicos representan la mayor parte del consumo de energía en el sector residencial mexicano, especialmente por el uso de leña para cocción de alimentos, calentamiento de espacios y de agua. Sin embargo, una mayor cobertura de acceso a la electricidad derivada de la incorporación de hogares periurbanos y rurales al servicio eléctrico, el incremento en el nivel de equipamiento promedio de los hogares rurales y urbanos para obtener mayores servicios energéticos, y un efecto parcial de sustitución de fuentes térmicas en la preparación de alimentos por el uso del horno de microondas ha llevado a un mayor consumo de electricidad.

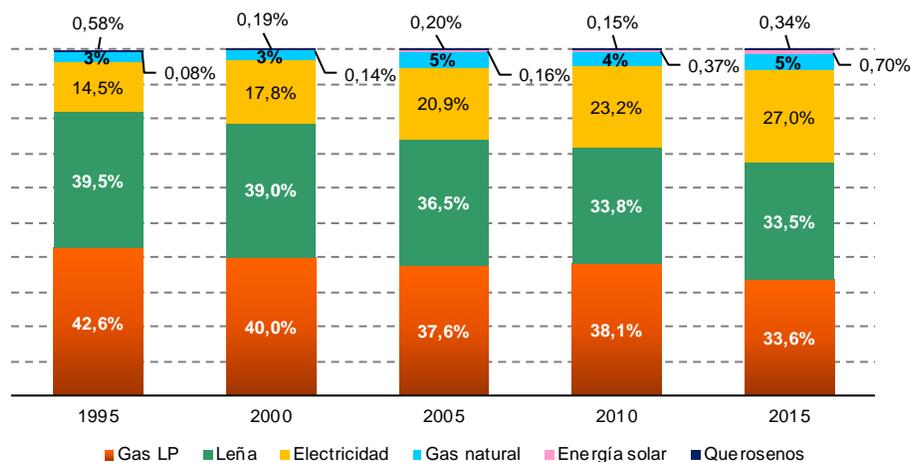
El uso de electricidad depende del número personas por hogar, la cantidad de aparatos electrodomésticos, el tamaño y el rendimiento energético de los equipos que poseen las familias y las características de la envolvente en las viviendas habitadas. A medida que desciende el número de personas por hogar, disminuye el consumo energético de las familias. Sin embargo, el consumo de electricidad por habitante se eleva en la medida en que las personas poseen una mayor cantidad de aparatos en el hogar, ya sean nuevas tecnologías o tecnologías de mayores tamaños respecto a los tradicionales. Lo anterior, se relaciona con progreso en la calidad de vida ya que se tiene acceso a más servicios energéticos.

## B. Consumo de energía por usos finales

Como se mencionó anteriormente, la energía que se consume en el sector residencial tiene diferentes usos y proviene de diferentes fuentes, aunque se divide de manera general en usos finales térmicos y eléctricos. La mayor cantidad de energía consumida en los hogares mexicanos que corresponde a usos térmicos proviene de fuentes como leña, gas LP y gas natural, y se ocupa en dos usos finales principalmente, cocción de alimentos y calentamiento de agua (véase el gráfico VII.5). La energía solar ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años y ha sustituido parcialmente un segmento del consumo del gas LP y el gas natural destinado al calentamiento de agua, sin embargo, en el total de la matriz energética aún es poco significativa.

Gráfico VII.5

México: distribución del consumo de energía del sector residencial por fuente, 1995-2015



Fuente: Elaboración propia con información de SENER.

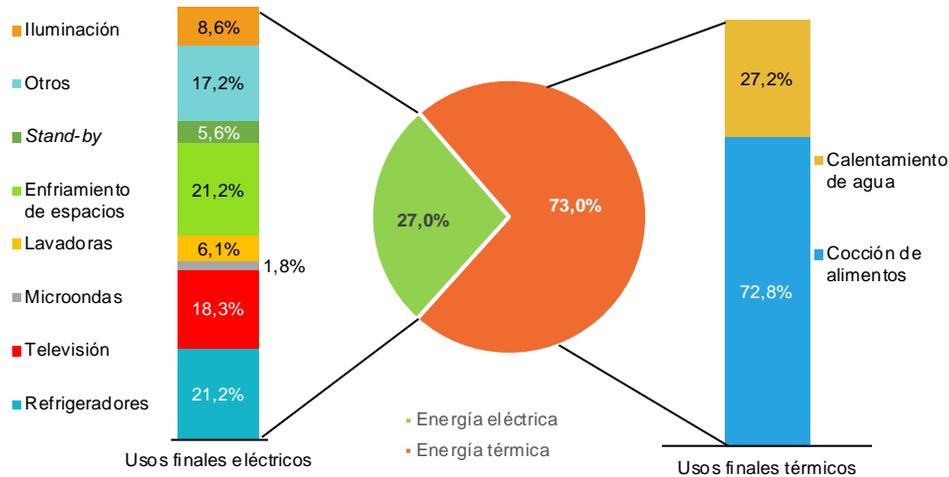
La energía eléctrica, por otro lado, tiene más usos finales ya que la mayor parte de los aparatos electrónicos y electrodomésticos que se tienen en los hogares funcionan con electricidad, como son lámparas, refrigerador, televisión, ventilador, aire acondicionado, lavadora, horno de microondas, computadora, reproductores de video, teléfonos, entre otros.

En este sentido, la energía eléctrica cada vez tiene más usos dentro de los hogares, es decir, el número de aparatos y electrodomésticos que utilizan energía eléctrica ha aumentado y sus usos finales se

han diversificado. Hoy en día hay más aparatos de comunicación, esparcimiento o procesamiento de información que se usan dentro de los hogares mexicanos como computadoras, tabletas, teléfonos inteligentes, pantallas, reproductores de audio y video, consolas de videojuegos, entre otros. Además, muchos de estos aparatos demandan energía cuando se encuentran apagados o en suspensión y consumen energía en espera (*stand by*), que ha aumentado en los últimos años dentro del consumo de electricidad.

En términos de usos finales de la energía del sector residencial se estima que, en promedio nacional para 2015, la energía térmica representó 73% del total del sector, y el consumo eléctrico consumió el 27% restante (véase el gráfico VII.6). De la energía térmica consumida, 72,8% fue destinada a la cocción de alimentos y 27,2% se usó para calentamiento de agua. En el caso de los usos finales eléctricos, los principales fueron la refrigeración de alimentos y el acondicionamiento de espacios, seguido por el consumo de los televisores. También en el caso de los usos finales eléctricos, destaca la incorporación de nuevas y modernas tecnológicas con sistemas de *stand by*<sup>67</sup> que llegó a representar 5,6% del consumo de electricidad en 2015, la importancia creciente en este rubro se debe a que las tecnologías de otros usos de la energía eléctrica se vienen haciendo más eficientes, y tienen menos peso específico en el total.

**Gráfico VII.6**  
**México: distribución del consumo de energía por uso final en el sector residencial, 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, CFE, INEGI, IMP y SENER.

Por la importancia que tienen las condiciones climáticas en las necesidades de confort y en el calentamiento de agua, se requiere diferenciar el consumo de energía dependiendo del clima. Por esta razón y con el propósito de analizarlos, los autores agruparon en tres regiones<sup>68</sup> los estados según su estacionalidad climática predominante, como se muestra en el mapa VII.1.

<sup>67</sup> Para este cálculo se consideró la información del INEGI respecto al número de equipos de decodificadores digitales, computadoras, módem inalámbrico, microondas, DVD, televisores digitales y analógicos con encendido, minicomponente, consola de video juegos e impresoras en los hogares. El factor de consumo provino del catálogo de productos de la CONUEE, en tanto que el factor de actividad provino de los hogares que no suelen desconectar los aparatos electrónicos y electrodomésticos, de acuerdo con encuestas del INEGI.

<sup>68</sup> La región cálida extrema tiene usualmente un clima cálido con incrementos drásticos de temperatura en el verano e incluye a los estados de la norte del país; la región tropical cuenta con clima cálido todo el año que se acentúa comenzada la primavera, y comprende a los estados del sur-sureste del país; y la región templada está conformada por los estados del centro y occidente del país.

**Mapa VII.1**  
**México: regionalización por estacionalidad climática**



**Fuente:** Elaboración propia con información de herramienta grados-día, CONUEE, 2014.

Bajo esta consideración geográfica, la evolución del acceso a la electricidad de los hogares del país ha sido diferente para las distintas regiones y los usos finales prioritarios. Mientras que en 1996 la región cálida extrema era la región más electrificada del país, con el 96,7% de los hogares, en los estados del sur el valor promediaba 90,8%. Al cierre de 2015, la región templada se había convertido en la más electrificada del país, con un nivel de 99,7%, seguida de la cálida extrema con 99,6%, en tanto la región tropical alcanzó un nivel de 99,1%. En cuanto a la participación de los usos finales eléctricos, el consumo eléctrico para enfriamiento de espacios tiene mayor peso específico en las regiones cálida extrema y tropical, ya en 2015 se estima que estas regiones destinaron 36,6% y 21,1% de su consumo eléctrico, respectivamente. Por su parte, en la región templada este uso final solo representó 4,7% del consumo eléctrico en promedio anual.

En cuanto a los usos finales térmicos también existen variaciones regionales, además de que existe una mayor heterogeneidad en el acceso al gas (LP o natural) para cocción de alimentos y calentamiento de agua para higiene. En este sentido, la región cálida extrema ha sido la de mayor acceso al gas y mantiene un promedio de 94% de los hogares en los últimos 20 años. En este índice de acceso le sigue la región templada que promedia 88,2% de acceso. Dada la cercanía con los Estados Unidos y la existencia de gasoductos, la región cálida extrema ha tenido un predominante acceso a gas natural, aunque también hay presencia significativa de uso de gas LP.

En el centro y occidente del país, que corresponden a la región templada, existe mayor uso del gas LP y una menor participación del gas natural. Por su parte, la región tropical presenta rezagos más significativos en el acceso a gas, ya que en esta se encuentran estados con alto nivel de pobreza en general, lo que determina altos índices de uso de leña obtenida por recolección local, carbón vegetal o destilados del petróleo para satisfacer requerimientos energéticos en la cocción de alimentos. Bajo estas consideraciones, el uso final térmico para calentamiento de agua tiene mayor importancia en la región templada respecto a la cocción de alimentos, en tanto en las regiones cálida extrema y tropical sus promedios son más parecidos al promedio nacional.

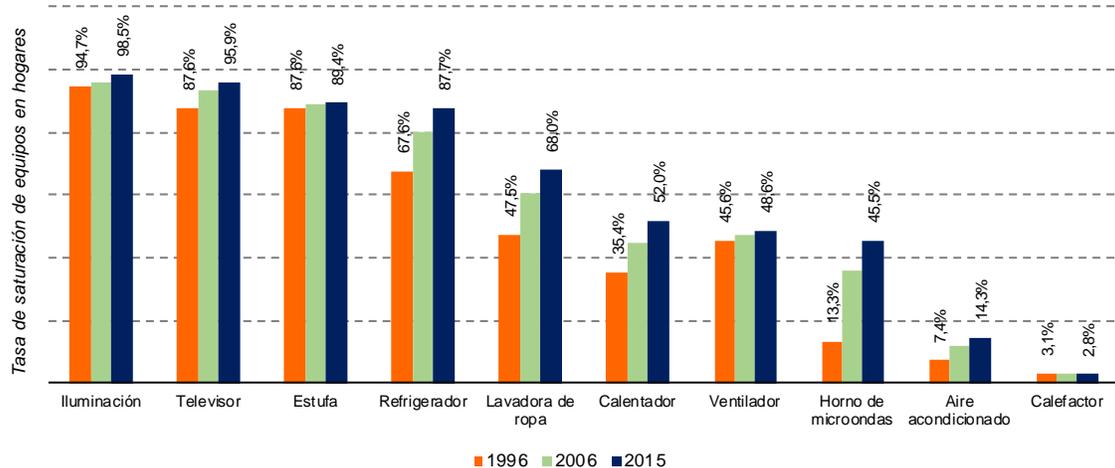
## C. Penetración de equipamiento y electrodomésticos eficientes

De acuerdo con el INEGI, durante los últimos 20 años se ha incrementado la cantidad de hogares que poseen equipos eléctricos y térmicos para obtener distintos usos finales de la energía, lo que se define en términos de una tasa de saturación de equipamiento en los hogares. Asimismo, se ha incrementado el número promedio de equipos por hogar, es decir, para el mismo uso final los hogares poseen más de un equipo en promedio. Una de las políticas de eficiencia energética más efectivas a nivel internacional es la normalización de sistemas y aparatos consumidores de energía. En México es implementada mediante las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER) que elabora y publica la CONUEE.

En los hogares mexicanos se usan dos tipos de equipos y sistemas consumidores de energía, los más intensivos cuyo desempeño energético se encuentra regulado bajo alguna NOM-ENER, y otros equipos eléctricos y electrónicos domésticos para usos más particulares y de consumos menores pero representativos. Muchos equipos del segundo bloque, si bien no se encuentran bajo una NOM-ENER, están sometidos a la norma de energía en espera o *stand by*, entre los que se incluyen las televisiones de pantalla plana, los decodificadores, computadoras, entre muchos otros.

Entre las tecnologías más importantes en usos finales de los hogares que se encuentran bajo una NOM-ENER se tienen las de iluminación (lámparas fluorescentes compactas autobalastadas, LFCA y lámparas de diodos emisores de luz, LED), estufas, refrigeradores, lavadoras de ropa, calentadores de agua, y aires acondicionados. Así, al cierre de 2015 y en orden de importancia, el 98,5% de hogares cuentan con lámparas eléctricas; el 89,4% de los hogares posee al menos una estufa; el 87,7% tiene al menos un refrigerador; 68% de los hogares tiene una lavadora; 52% cuenta con al menos un calentador de agua; y 14,3% posee al menos un equipo de aire acondicionado (véase el gráfico VII.7).

**Gráfico VII.7**  
**México: evolución de la tasa de saturación de los principales equipos<sup>a</sup> consumidores de energía en el hogar, 1996, 2006 y 2015**

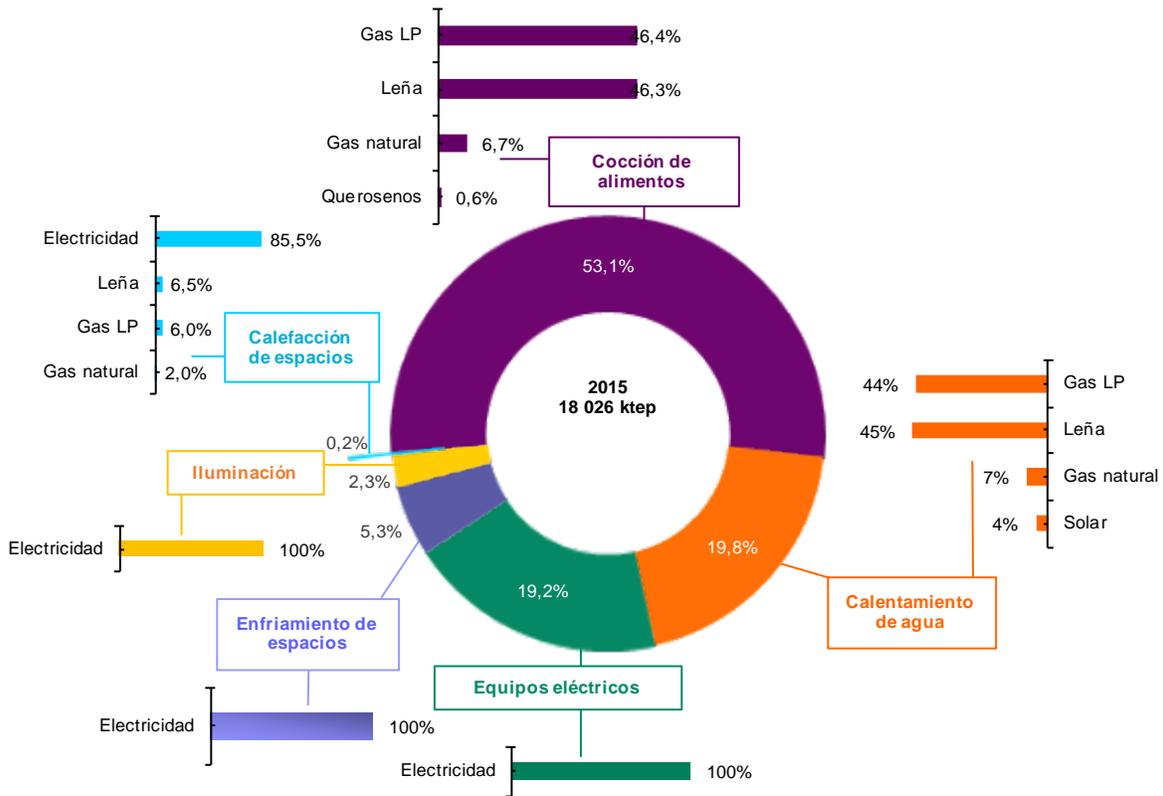


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

<sup>a</sup> La penetración de calentadores de agua incluye los de gas LP, gas natural y energía solar.

Al cierre de 2015 los equipos que cuentan con una NOM-ENER en el mercado nacional son usados en el 86,3% de los usos finales del sector residencial (véase el gráfico VII.8).

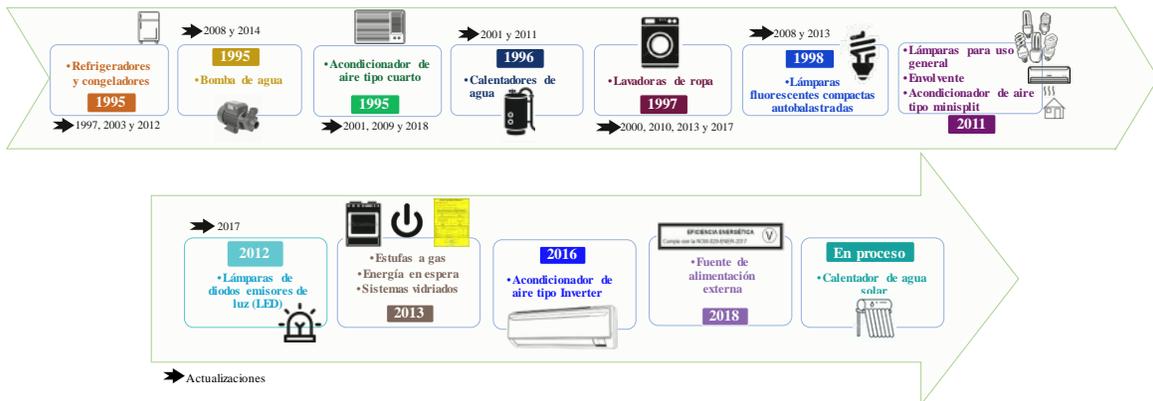
**Gráfico VII.8**  
**México: penetración de equipos eficientes en los usos finales del sector residencial, 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, CFE, INEGI, IMP y SENER.

El gráfico VII.9 muestra las NOM-ENER vigentes dentro del sector residencial en México y una línea del tiempo que indica el año de entrada por primera vez y los últimos años de actualización.

**Gráfico VII.9**  
**México: incorporación de las NOM-ENER aplicadas al sector residencial, 1995-2018**



**Fuente:** CONUEE.

Si bien las NOM-ENER son una política que garantiza la disponibilidad de sistemas y equipos eficientes, también existen otros factores como la vida útil de los aparatos, misma que puede ser muy corta o muy larga, con diferentes implicaciones para la eficiencia energética. Por ejemplo, las lámparas

incandescentes tienen una vida útil muy corta, lo que hace que las lámparas ahorradoras se perciban como más útiles aunque tengan un precio más elevado. Otro ejemplo es el refrigerador, con un promedio máximo de vida de 20 años aproximadamente; los aparatos de refrigeración se han vuelto más eficientes de manera progresiva, pero es muy probable que las familias mexicanas no estén en condiciones de renovarlos o perciban que todavía son útiles, aunque consuman más energía en comparación con los más modernos.

Por ello, para el estudio y estimación de indicadores de eficiencia energética, es de suma importancia conocer el tiempo promedio de vida de los aparatos y equipos, además de su consumo específico de energía, ya que con estos datos se puede obtener información de usos finales a nivel nacional, o incluso regional. A su vez, con esa información es posible evaluar los impactos de las políticas, planear nuevos programas o renovar estrategias en la materia. A lo largo de esta sección y la siguiente, se presentan datos sobre la curva de supervivencia de algunos aparatos eléctricos utilizados en el sector residencial, así como la saturación de estos a nivel nacional.

## 1. Equipo de iluminación

En el caso de los equipos de iluminación, México ha transitado exitosamente al uso de tecnologías eficientes en los últimos 20 años. Como primer paso, en 1995 se desarrolló el *Proyecto de Uso Racional de Iluminación en México* (ILUMEX), en su momento el de mayor dimensión para el reemplazo de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas autobalastadas (LFCA). El programa logró sustituir 2,45 millones de lámparas fluorescentes compactas entre 1995 y 1998 (De Buen Rodríguez, 2007). A su vez, en 1998 entró en vigor la primera NOM-ENER para LFCA que ha contado con dos revisiones, en 2008 y 2013, respectivamente.

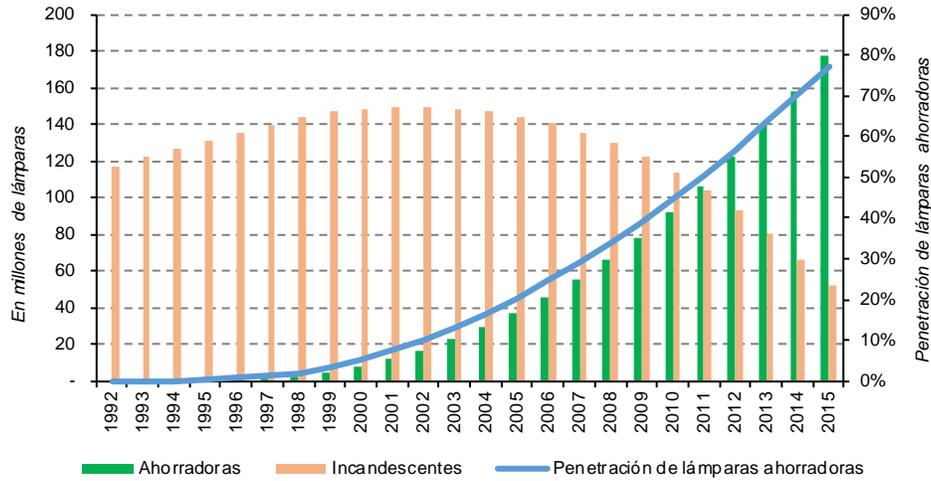
Para 2011, con la publicación de la NOM-ENER de lámparas de uso general, cuyo objetivo fue establecer límites mínimos de eficacia para estos dispositivos, se inició la salida obligatoria del mercado de las lámparas incandescentes. Bajo esta NOM-ENER se fueron eliminando del mercado las lámparas incandescentes de 100 Watts (W) a partir de 2012, de 75 W a partir de 2013, y las de 60 W y 40 W desde 2015. Con los parámetros de eficacia de la NOM-ENER, únicamente algunas tecnologías de incandescentes con halógenos pudieron continuar en el mercado nacional.

Como complemento a esta política pública del Gobierno federal, la SENER y el FIDE ejecutaron el Programa Luz Sustentable en forma conjunta, que logró sustituir de forma gratuita 47,2 millones de focos incandescentes por lámparas ahorradoras en el período 2009 a 2012. También en 2012 la CONUEE emitió una NOM-ENER para lámparas de diodos emisores de luz (LED), a fin de comenzar con las regulaciones correspondientes de esta tecnología.

Para continuar acelerando la salida de las lámparas de 60 W y 40 W establecida en la NOM-ENER de lámparas de uso general, la SENER y el FIDE llevaron a cabo el programa Ahórrate una Luz, que repartió 40 millones de LFCA entre la población de menores ingresos en comunidades con menos de 100 mil habitantes entre 2014 y 2017. De esta manera y de acuerdo con datos del INEGI, al cierre de 2015 en las viviendas particulares habitadas había un total de 230,2 millones de puntos de luz, de los que el 77,2% se ocupaba con lámparas eficientes (LED y LFCA), y el restante 22,8% con focos incandescentes o halógenos como tecnologías de iluminación (véase el gráfico VII.10). Este progreso en la penetración de las tecnologías eficientes de iluminación es muy significativo ya que, dependiendo del tipo de reemplazo según la combinación de tecnologías y tamaños, la CONUEE estima que hay un ahorro de energía entre 46,7% y 85%; la iluminación es el uso final prioritario al acceder al servicio eléctrico en los hogares (CONUEE, 2018).

**Gráfico VII.10**

**México: lámparas incandescentes y ahorradoras instaladas en el sector residencial, 1992-2015**



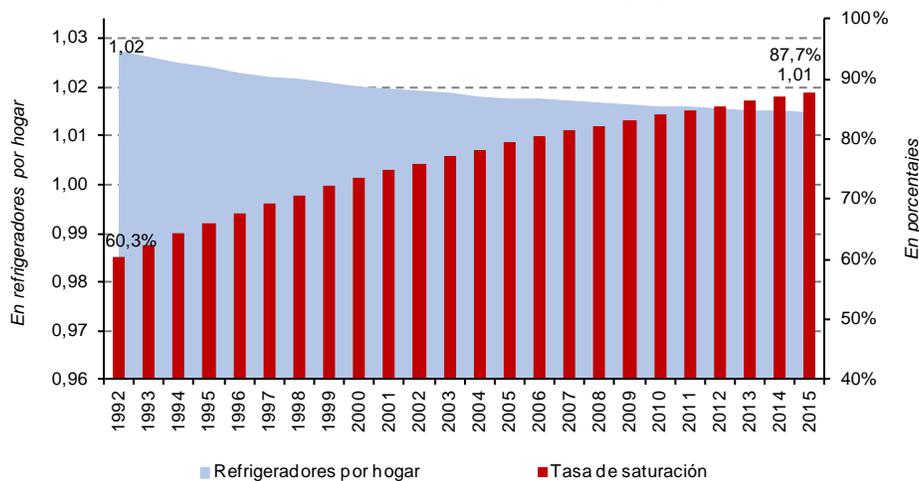
**Fuente:** Elaboración propia con información de CONUEE, SENER, FIDE e INEGI.

## 2. Refrigeradores

El refrigerador se ha convertido en uno de los equipos consumidores que más ha mejorado su eficiencia energética y la importancia de este equipo radica en el peso relativo que tiene en el consumo total de una vivienda y en que usualmente es el segundo más adquirido en los hogares con acceso a electricidad, solo después de la televisión. El porcentaje de hogares con refrigerador en México en 1996 fue de 67% y pasó al 87% en 2015 (véase el gráfico VII.11). La penetración de esta tecnología hizo que el parque de refrigeradores se duplicara de 13,7 a 28,6 millones de equipos instalados en el sector residencial. Por otra parte, el número de equipos por hogar pasó de 1,02 a 1,01 en el mismo período, debido a que en la década de 1990 era común que existieran más hogares por vivienda con respecto a la actualidad. No obstante, la tenencia se mantiene ya que cada vez es menos usual que un hogar ocupe dos o más refrigeradores.

**Gráfico VII.11**

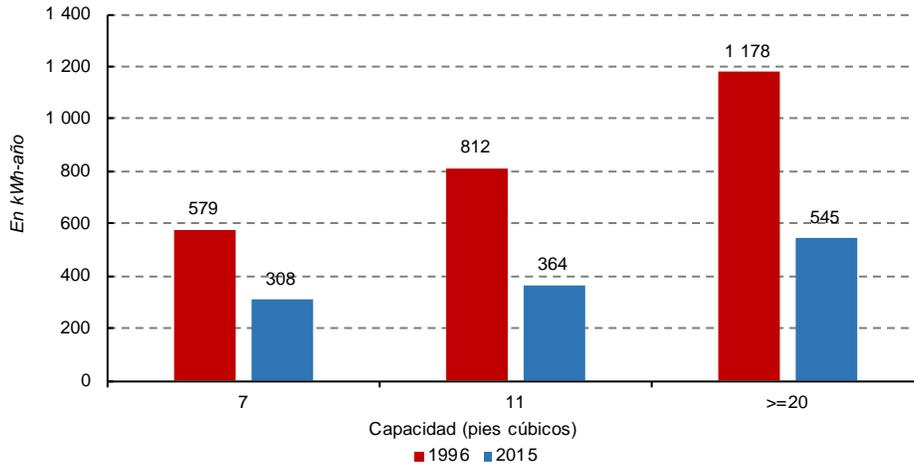
**México: tasa de saturación de refrigeradores y equipo por hogar, 1992-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

La NOM-015-ENER, Eficiencia Energética de Refrigeradores y Congeladores Electrodomésticos, se publicó en 1994 como NOM-072-SCFI y entró en vigor por primera vez en 1995, en tanto que su última actualización corresponde a 2012. Los refrigeradores domésticos han disminuido considerablemente su consumo de energía a partir de las actualizaciones de la NOM-ENER, dependiendo del tamaño, la CONUEE estima que dicho consumo ha decrecido entre 31% y 61,1% (véase el gráfico VII.12).

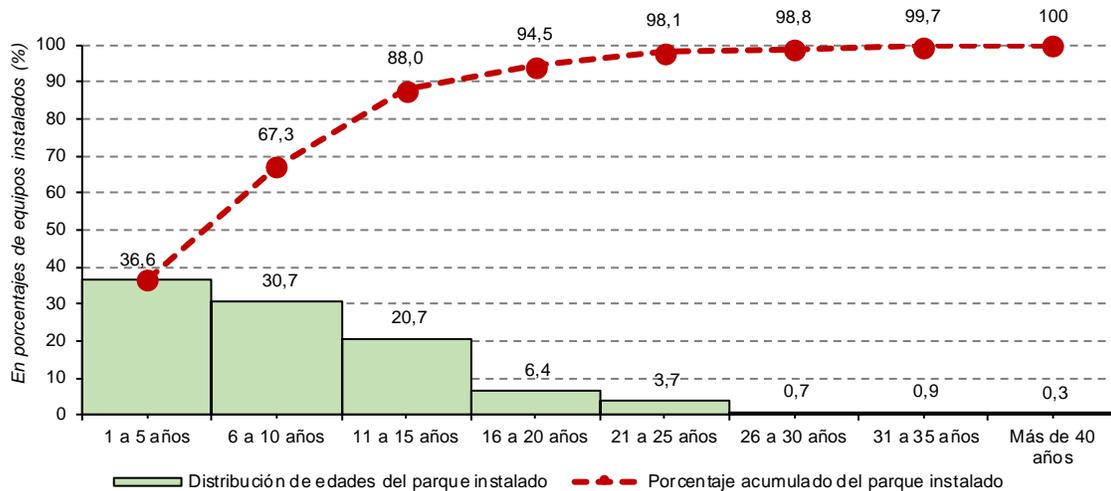
**Gráfico VII.12**  
**México: consumo de energía promedio anual de refrigeradores domésticos, 1996 y 2015**



Fuente: CONUEE.

De acuerdo con datos del INEGI, la CONUEE ha estimado la distribución de la antigüedad del parque de refrigeradores en México. Así, se obtuvo que 94,5% de los refrigeradores tiene entre 1 y 20 años de antigüedad, lo que significa que la mayoría de los equipos que operan en los hogares mexicanos, cumplen con alguna versión de la NOM-ENER de la CONUEE (véase el gráfico VII.13).

**Gráfico VII.13**  
**México: antigüedad estimada de los refrigeradores en operación durante 2015**



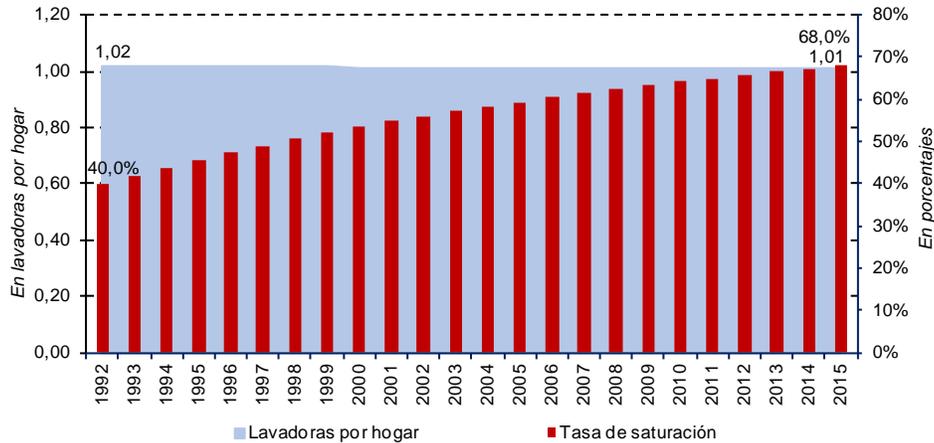
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI.

### 3. Lavadoras de ropa

Al cierre de 2015 existían un total de 22,2 millones de lavadoras en operación en los hogares mexicanos. Entre 1992 y 2015 la tasa de saturación de este equipo pasó de 40% a 68%, mientras que el porcentaje de hogares con lavadora aumentó casi 30%, el número de lavadoras por hogar disminuye de 1,02 a 1,01 equipos (véase el gráfico VII.14). La primera NOM-ENER para este equipo entró en vigor en 1997, ha tenido cuatro revisiones y su última actualización fue en 2016. La CONUEE estima que, durante esta evolución, dependiendo del tipo de sustitución y tamaño de la tecnología, se ha logrado incrementar el ahorro de energía entre 27,4% y 75,8%.

Gráfico VII.14

México: tasa de saturación de lavadoras de ropa y equipo por hogar, 1992-2015

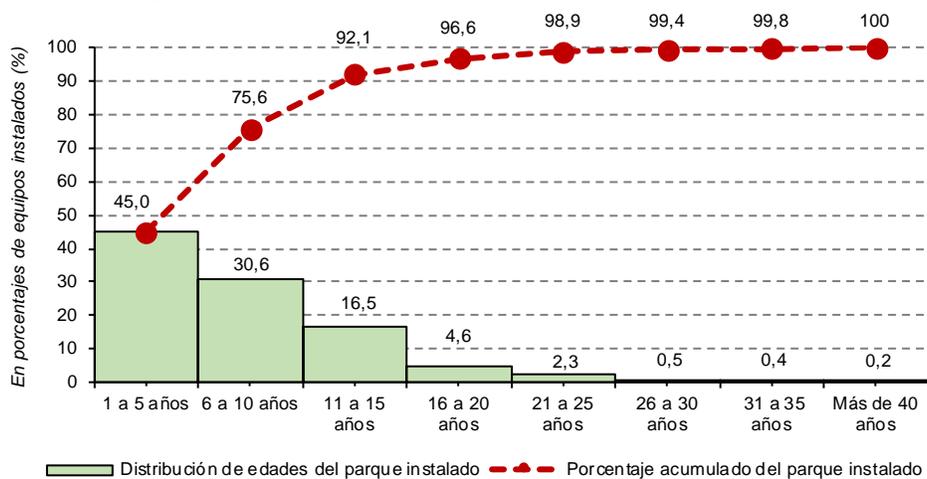


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI.

Con base en datos del INEGI, cerca del 96,6% de las lavadoras de ropa en los hogares mexicanos fue adquirida bajo la correspondiente NOM-ENER, tomando en consideración la antigüedad. Destaca que cerca del 45% de los equipos en operación ya consideran la última actualización de la NOM-ENER (véase el gráfico VII.15).

Gráfico VII.15

México: antigüedad estimada de las lavadoras de ropa en operación durante 2015



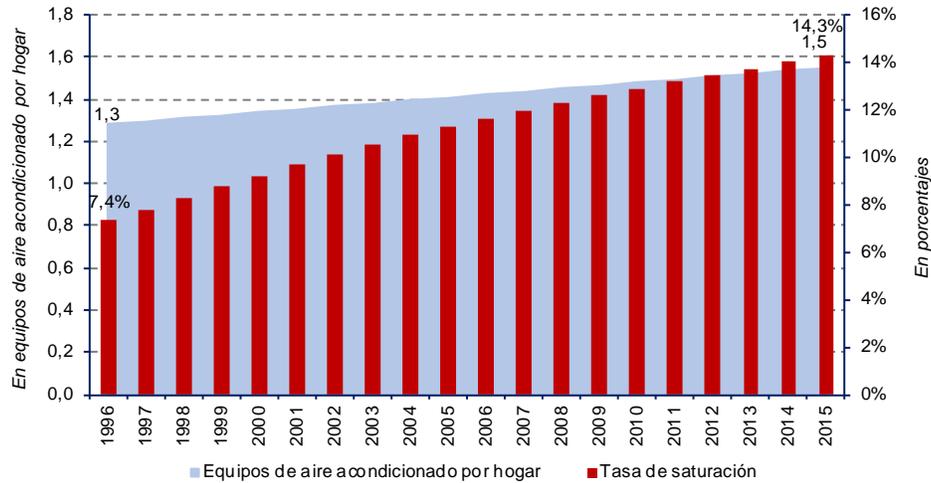
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI.

## 4. Aire acondicionado

De acuerdo con el nivel de saturación presentado por diferentes encuestas del INEGI y las curvas mensuales de demanda de electricidad de la CFE en el sector residencial, muestran que el uso del aire acondicionado está en crecimiento constante en los hogares mexicanos. Mientras que en 1996 se usaban 1,9 millones de equipos de aire acondicionado en el 7,4% de los hogares mexicanos, para el año 2015 se tiene un registro de 7,1 millones de equipos instalados y distribuidos en el 14,3% de los hogares (véase el gráfico VII.16). Lo anterior significa que la tasa de saturación de este equipo casi se duplicó en los últimos 20 años, mientras que el número de equipos por hogar pasó de 1,3 a 1,5 en el mismo período.

Gráfico VII.16

México: tasa de saturación de equipos de aire acondicionado y equipo por hogar, 1996-2015



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI.

Históricamente, en México se usan tres tipos de aires acondicionados para el uso residencial, que son el tipo ventana, tipo *minisplit* y *multisplit*, y tipo central, paquete o dividido. En años recientes se han incorporado al mercado los aires acondicionados tipo *inverter*. Desde 1995, la CONUEE ha emitido regulaciones para estas distintas tecnologías del sector residencial; en muchas de estas revisiones se fue incrementando el valor de la relación de la eficiencia energética (REE) dependiendo del tamaño y los tipos de tecnología.

En México se construyen cerca de 225 mil viviendas al año en regiones de clima cálido a través de desarrolladores de vivienda, en localidades con altas temperaturas en verano (principalmente, en el norte del país) o con calor casi todo el año (como el sur del territorio nacional y las regiones costeras). Por sus necesidades de confort térmico, estas viviendas tienen consumos promedio de electricidad que superan dos y hasta cinco veces a las ubicadas en regiones de clima templado (De Buen, 2018).

Un elemento central que determina la cantidad de energía para confort térmico es la envolvente de la vivienda, es decir, el diseño y los materiales que componen muros, techos, ventanas y puertas. Una vivienda bien diseñada en orientación y con los elementos de envolvente adecuados puede tener mucho menores ganancias de calor y, por lo mismo, facturaciones eléctricas significativamente menores a lo largo de la vida útil de las construcciones.

La CONUEE cuenta una NOM-ENER de envolvente de edificios para uso residencial desde 2011, que incluye, de manera integral, techo, muros, ventanas y puertas. Sin embargo, su aplicación ha encontrado fuerte resistencia de desarrolladores de vivienda por el costo adicional en la construcción. De acuerdo con una encuesta de INEGI realizada en 2015 y que contó con el apoyo de la CONUEE, en México únicamente el 4,7% de los hogares poseen algún aislante térmico en muros o paredes de su vivienda, y que solo 3% de los hogares en promedio nacional cuentan con ventanas aislantes, ya sea con doble o triple capa de vidrio.

Esto último se refleja en dos indicadores de eficiencia energética desarrollados durante el proyecto entre la ADEME, CONUEE y ENERDATA. A partir de las estacionalidades observadas mediante una herramienta de grados-día de calefacción y enfriamiento, en relación con los consumos térmicos y eléctricos, se obtuvo la energía destinada para estos usos finales, y se distribuyó entre el número de equipos que el INEGI registró tanto para aires acondicionados como calefactores. Por otra parte, tomando en cuenta la información del Registro Único de Vivienda (RUV) e INEGI, se estimaron los metros cuadrados construidos en las viviendas habitadas en México, considerando sus características y tipos. Así, se estima que la superficie construida derivada del total de viviendas habitadas se incrementó 53,5% entre 2000 y 2015, y alcanzó un total de 2.396,3 millones de m<sup>2</sup> en 2015.

Como resultado de este análisis, se obtuvo que aun cuando el tamaño promedio por vivienda habitada ha disminuido ligeramente en 15 años, el consumo de energía de los equipos usados en estas viviendas para confort térmico se ha incrementado, tanto para enfriamiento como para la calefacción de las viviendas. De esta manera, el consumo energético para aire acondicionado por metro cuadrado construido en las viviendas habitadas se incrementó 33,4% entre 2000 y 2015, en tanto que para la calefacción (que representa un consumo total notablemente menor que el aire acondicionado) se incrementó 19,6%, en el mismo período (véase el gráfico VII.17). Se debe tomar en cuenta que, según la región climática de que se trate, la demanda de enfriamiento puede durar entre seis y nueve meses durante la primavera, verano y otoño, en tanto que la temporada de invierno puede llegar a incrementar considerablemente la calefacción en los hogares durante algunos días o semanas.

**Gráfico VII.17**  
**México: consumo de energía para enfriamiento y calefacción de espacios por metro cuadrado en las viviendas habitadas, 2000-2015**

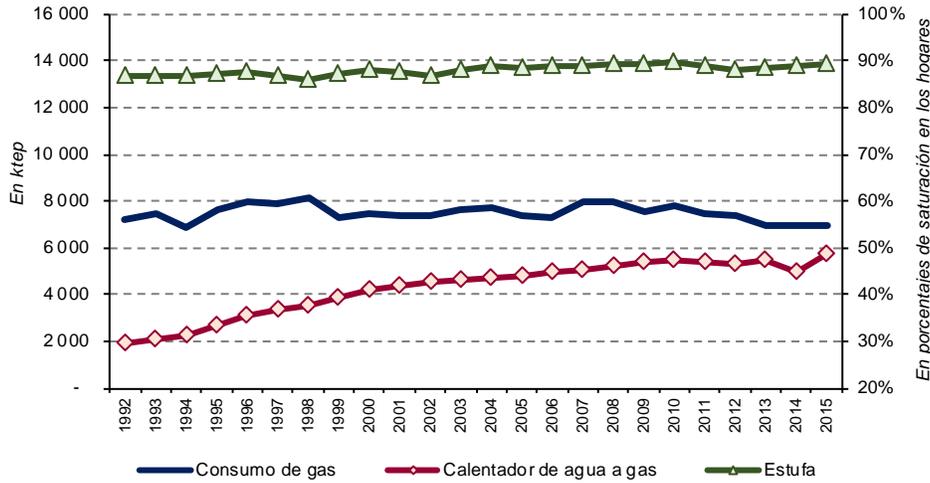


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI, RUV, CONUEE, CONAGUA, CFE e IMP.

## 5. Equipos térmicos

Los principales equipos para los usos térmicos como la cocción de alimentos y el calentamiento de agua en los hogares también se encuentran bajo una NOM-ENER. Estas regulaciones han sido muy efectivas, ya que la estadística oficial de SENER muestra que el consumo del sector residencial de gas LP y gas natural prácticamente se ha mantenido constante por más de 20 años, y que incluso en los últimos años muestra un menor consumo pese al incremento de hogares y equipos de calentamiento de agua y estufas (véase el gráfico VII.18).

**Gráfico VII.18**  
**México: tasas de saturación de equipos térmicos regulados y consumo de gas LP y natural del sector residencial, 1992-2015**

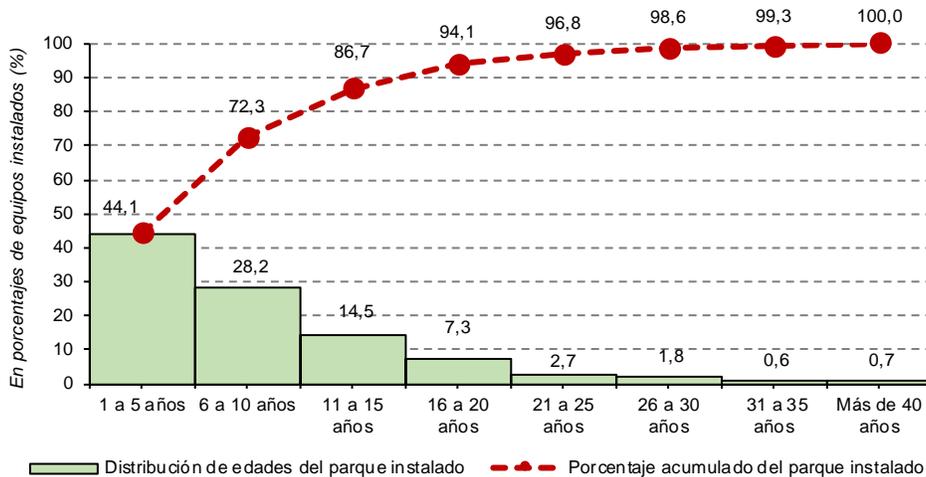


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

En 1992 el 86,8% de los hogares tenían al menos una estufa para cocinar y 29,5% contaba con un calentador de agua, para 2015 la tasa de saturación de estos equipos térmicos se incrementó a 89,4% y 48,8%, respectivamente. En el caso de los calentadores de agua se refiere a la tasa de saturación de calentadores que usan algún tipo de gas (LP o natural).

La CONUEE emitió una NOM-ENER para estufas a gas desde 2013, y ha estimado que al menos se ha mejorado el consumo de energía en 10%. Esta regulación promovió prácticamente la eliminación del piloto de encendido y la modificación de los quemadores, con lo que se redujo el gasto de gas para el uso del equipo. De acuerdo con el INEGI, prácticamente cerca del 44% de los equipos usados en los hogares de México fueron adquiridos cumpliendo esta NOM-ENER (véase el gráfico VII.19).

**Gráfico VII.19**  
**México: antigüedad estimada de las estufas a gas en operación, 2015**

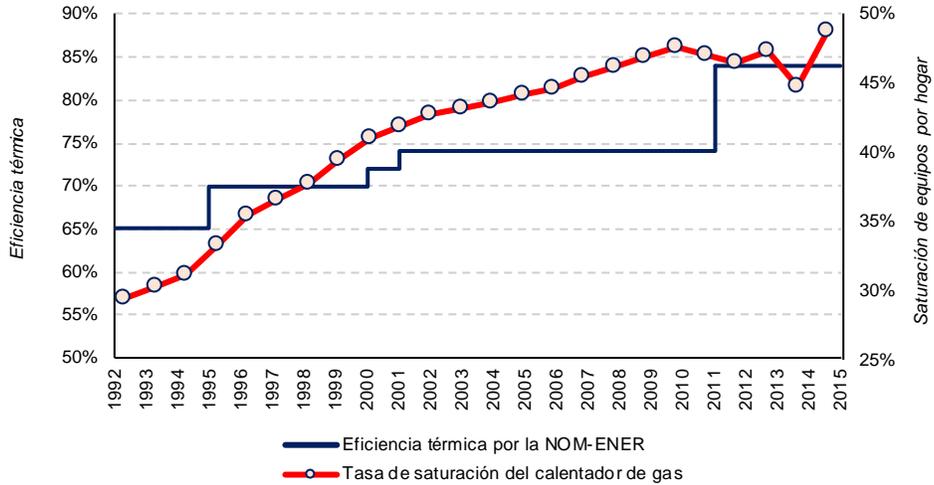


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI

Por otra parte, la tecnología de los calentadores de agua a gas ha aumentado su eficiencia térmica a partir de la publicación de una NOM-ENER que entró en vigor desde 1996, con una última actualización en 2011. La eficiencia térmica de estos equipos se fue incrementando del 65% que tenían antes de su

publicación, hasta un rango de 76% a 84%, dependiendo de si son calentadores de almacenamiento, rápida recuperación o instantáneos (véase el gráfico VII.20).

**Gráfico VII.20**  
**México: evolución de la eficiencia térmica y tasa de saturación de los calentadores de agua a gas, 1992-2015<sup>a</sup>**

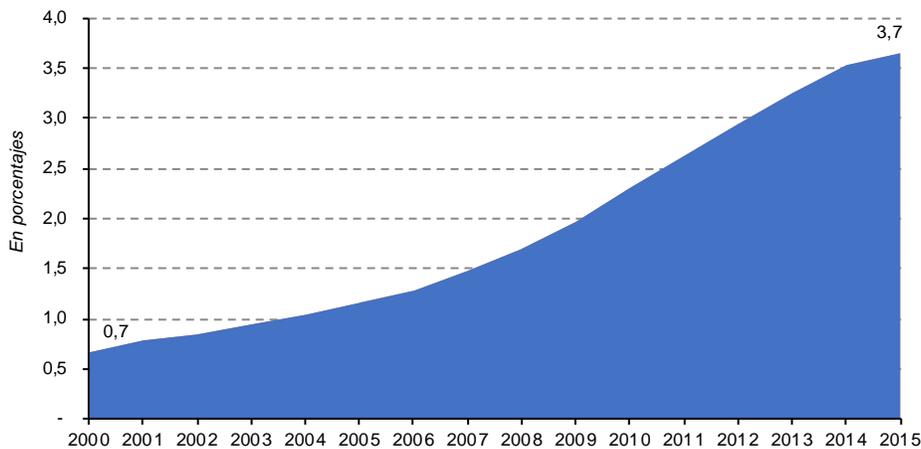


**Fuente:** Elaboración propia con información de la CONUEE e INEGI.

<sup>a</sup> La eficiencia térmica del período 2011-2015 corresponde a los calentadores instantáneos.

Asimismo, los calentadores solares de agua permiten reducir considerablemente el consumo de gas LP o gas natural que se utiliza en el hogar. Sin embargo, el costo del equipo y el desconocimiento de su correcto funcionamiento han limitado su crecimiento en el mercado, aun cuando el interés por esta tecnología en el sector residencial reflejó una mayor penetración de uso en los hogares mexicanos que fue de 0,7% en 2000 a 3,7% en 2015 (véase el gráfico VII.21).

**Gráfico VII.21**  
**México: viviendas habitadas con calentador solar de agua, 2000-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de ANES e INEGI.

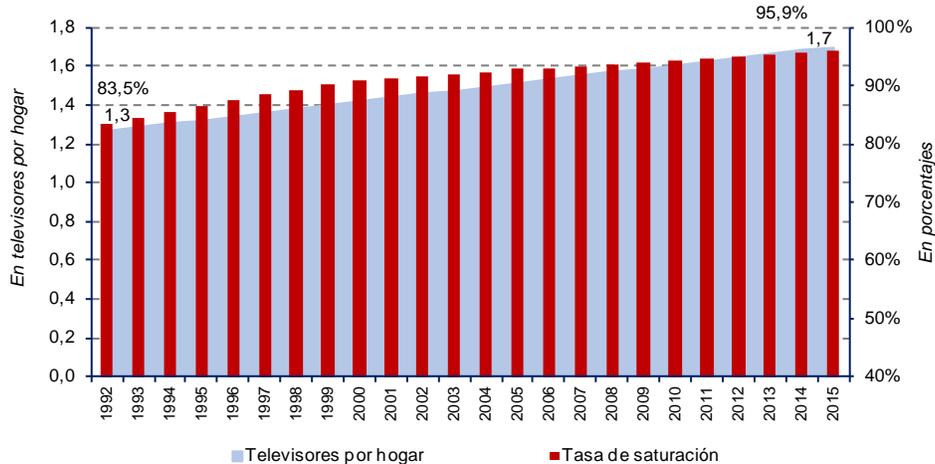
## D. Otros aparatos eléctricos domésticos

Además de los equipos para iluminación, refrigeración, lavado de ropa y aire acondicionado, existen tres aparatos de uso eléctrico que son importantes en los hogares mexicanos: los televisores, el ventilador y el horno de microondas. Si bien los hornos de microondas, así como los aparatos de televisión, no tienen una NOM-ENER específica, sí están regulados en su uso de energía en espera (NOM-032-ENER) desde 2014. Aunado a ello, los televisores y los hornos de microondas han presentado mejoras tecnológicas que permiten un menor consumo. En el caso del ventilador ha aumentado su uso en los hogares en los últimos años, dado el incremento en la demanda de confort térmico.

### 1. Televisores

El televisor es el principal equipo de uso eléctrico que se encuentra en los hogares mexicanos. Al cierre de 2015, se estima un parque de 52,7 millones de televisores. En cuanto a la tenencia del equipo, el INEGI estima que 95,9% de los hogares contaban con al menos un televisor en 2015, cuando en 1992 la tasa de saturación fue de 83,5% (véase el gráfico VII.22). Pese a que se fueron incorporando otros equipos en el hogar, este aparato aumentó su penetración en los hogares y también el número de equipos por hogar de manera significativa. Mientras que en 1992 había 1,3 televisores por hogar, al cierre de 2015 se elevó a 1,7 equipos por hogar. Lo anterior refleja que cada vez más integrantes del hogar cuentan con un aparato de televisión, o que se tiene una televisión en más estancias del hogar (cocina, sala, habitaciones, entre otros).

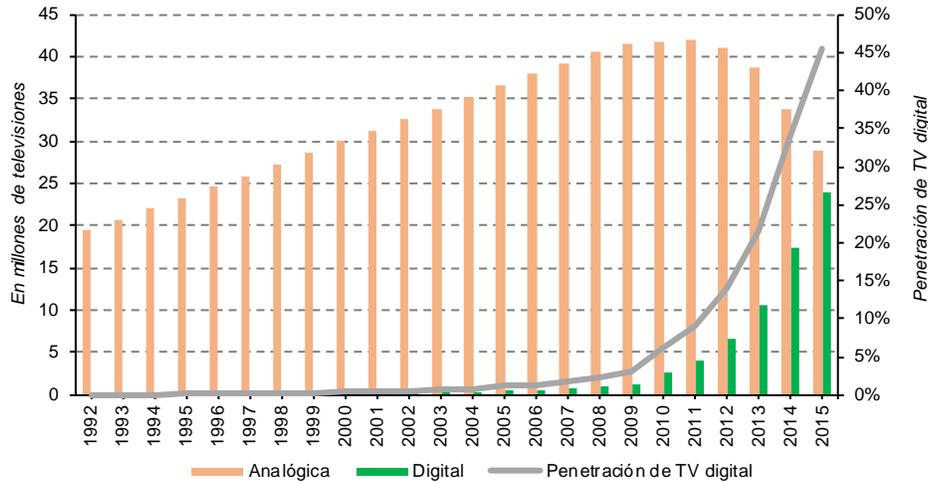
**Gráfico VII.22**  
**México: tasa de saturación de televisores y equipo por hogar, 1992-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

La tecnología de la televisión ha cambiado radicalmente debido a avances tecnológicos y esto se refleja en México. Hasta hace apenas algunos años, la televisión analógica era la más común en México, y en la década de 1990 incluso existía una amplia tenencia de televisores en blanco y negro. Sin embargo, a partir de la generalización de la venta de pantallas planas de plasma, LCD o LED, así como del apagón analógico comenzado en México en 2012, la tendencia de recambio se aceleró. Así, al cierre de 2015 se estima que la distribución entre las tecnologías analógicas y digitales que se usan en los hogares es 54,6% y 45,4%, respectivamente (véase el gráfico VII.23).

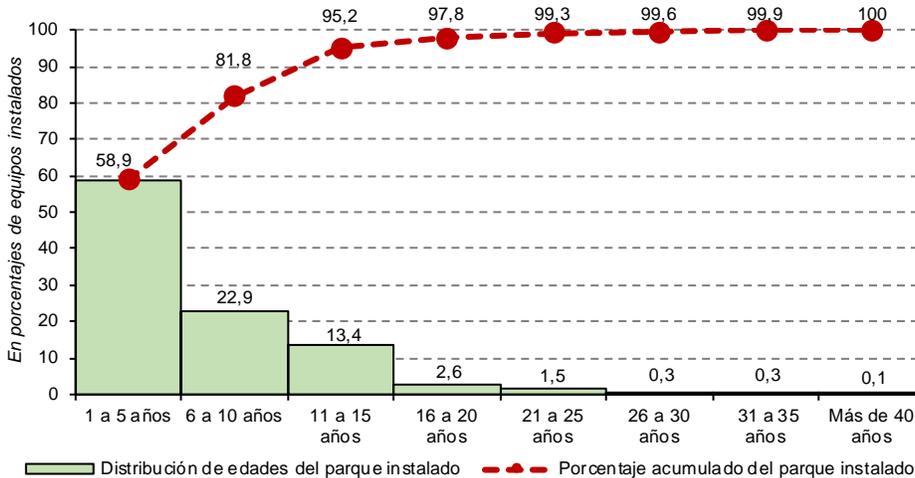
**Gráfico VII.23**  
**México: televisiones analógicas y digitales instaladas en el sector residencial, 1992-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

La velocidad de transformación de la tecnología y la reducción de costos progresivos por economías de escala, han generado recambios más acelerados respecto a otros equipos en el hogar. En conjunto, los datos reflejan que el 95% de las televisiones, tanto digitales como analógicas, tienen una antigüedad entre uno y 15 años (véase el gráfico VII.24). Sin embargo, casi 60% del parque en uso tiene una edad menor a cinco años.

**Gráfico VII.24**  
**México: antigüedad estimada de los televisores en operación durante 2015**

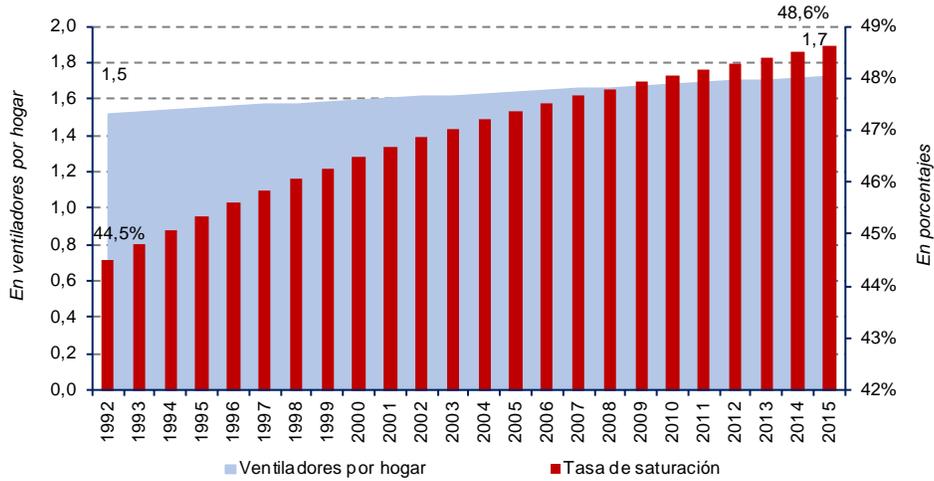


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

## 2. Ventiladores

El número de ventiladores usados en los hogares de México se incrementó de 12,5 a 27 millones de equipos entre 1992 y 2015 (véase el gráfico VII.25). De acuerdo con el INEGI, no solo se incrementó el porcentaje de hogares equipados con ventiladores y equipo de aire acondicionado, sino que también aumentó el número de aparatos por hogar, como evidencia de una mayor necesidad de confort térmico para enfriar espacios dentro del hogar. Mientras que en 1992 cada hogar que contaba con ventilador tenía 1,5 equipos en promedio, para 2015 el índice se incrementó a 1,7 equipos por hogar.

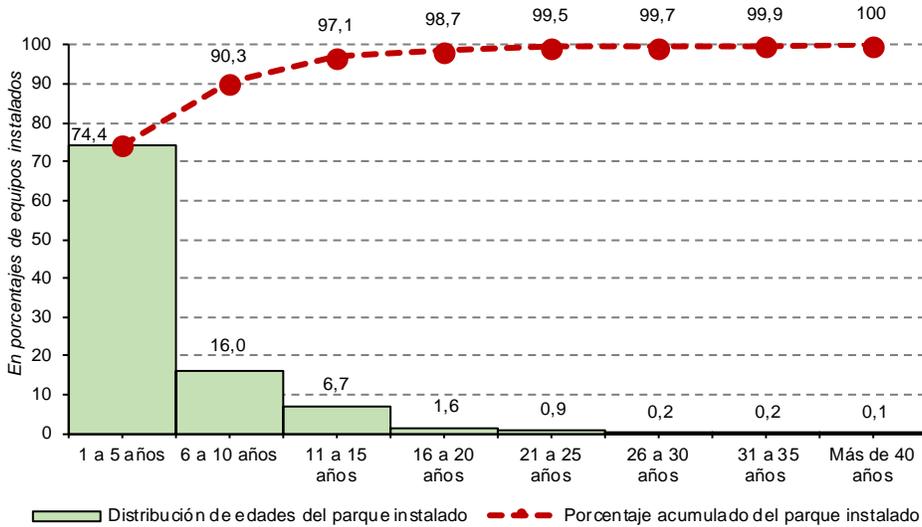
**Gráfico VII.25**  
**México: tasa de saturación de ventiladores de aire y equipo por hogar, 1992-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

Los ventiladores son equipos de vida corta, aunque su edad puede variar según el tipo de mantenimiento que se les da. De acuerdo con el INEGI, el 74% de los ventiladores de aire tiene una antigüedad de entre uno a cinco años, lo que demuestra que son aparatos que se renuevan en un período de tiempo relativamente corto (véase el gráfico VII.26).

**Gráfico VII.26**  
**México: antigüedad estimada de los ventiladores en operación durante 2015**



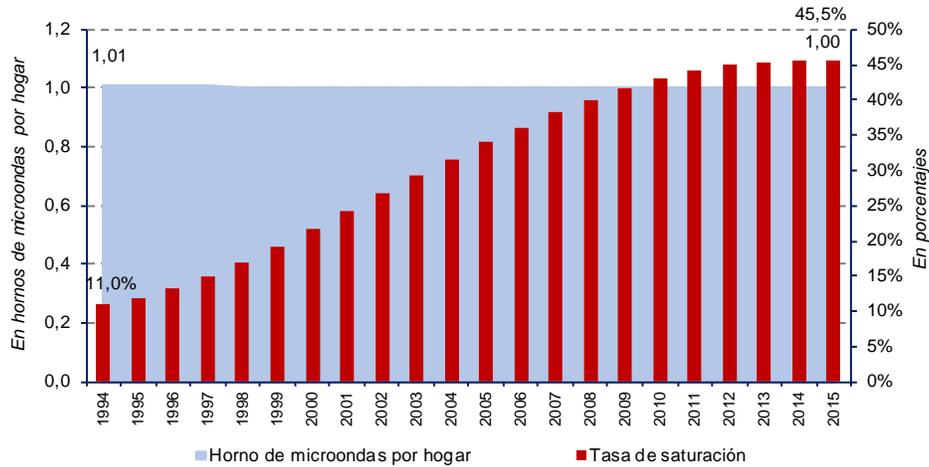
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

### 3. Horno de microondas

Los hornos de microondas fueron considerados en las encuestas del INEGI a partir de 1994; los datos muestran que se ha presentado un crecimiento acelerado en la penetración del uso de estos aparatos en los hogares, de manera que pasó del 11% en 1994 a más del 45% en 2015 (véase el gráfico VII.27). La tendencia más acelerada de crecimiento se dio a partir de 2000 y los datos del INEGI muestran que se comenzó a alcanzar una saturación al llegar a 2010. Por otra parte, el número de equipos por hogar pasó de 1,01 a un horno de microondas por hogar, lo que se vincula al igual que las lavadoras y los refrigeradores

a una disminución de la relación del número de hogares por vivienda en el tiempo, y a la disminución del integrante promedio por hogar, ya que difícilmente se requiere tener más de uno de estos equipos por hogar promedio.

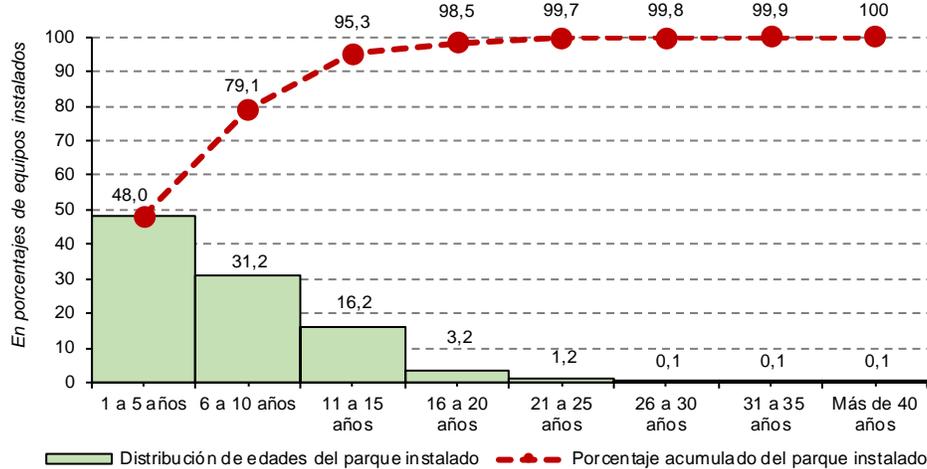
**Gráfico VII.27**  
**México: tasa de saturación del horno de microondas y equipo por hogar, 1994-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

La mayor parte de hornos de microondas del país (79%) tiene una antigüedad menor a diez años, lo que coincide con la curva de saturación de equipos en los hogares mexicanos (véase el gráfico VII.28).

**Gráfico VII.28**  
**México: antigüedad estimada del horno de microondas en operación durante 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

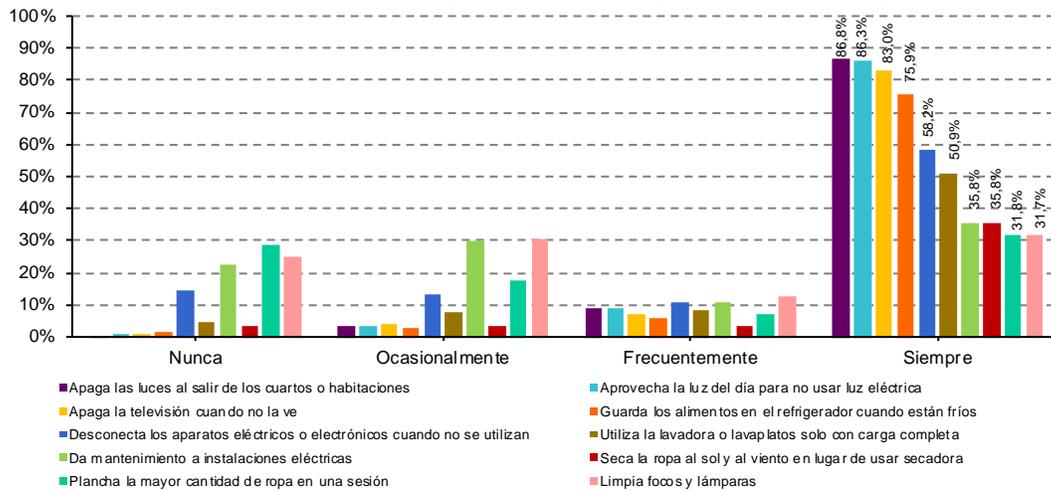
## E. Indicadores de prácticas de ahorro de energía en los hogares

Dentro de la Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) del INEGI realizada en 2015, se incluyó el Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA), con la finalidad de conocer sus prácticas o hábitos relacionados con el consumo y ahorro del agua y la energía, la separación y manejo de la basura, el transporte utilizado, estilo de vida y pautas de consumo, así como conocer la opinión sobre los servicios involucrados en dichos temas y los principales problemas ambientales, además de su compromiso con el

cuidado del medio ambiente. Dicho módulo incluyó preguntas relativas a eficiencia energética sugeridas por la CONUEE.

Los resultados aplicados a hogares con representatividad a nivel nacional muestran algunos indicadores interesantes sobre las prácticas del ahorro de energía en los hogares. Entre los resultados más importantes se encontró que las prácticas más arraigadas en la población son apagar las luces al salir de los cuartos o habitaciones, aprovechar la luz del día para no usar electricidad, y apagar el televisor cuando no lo ven (véase el gráfico VII.29). De igual manera, destaca que más de la mitad de los hogares tiene como práctica guardar los alimentos en el refrigerador cuando están fríos (75,9%) y desconecta los aparatos eléctricos y electrónicos cuando no los usa (58,2%).

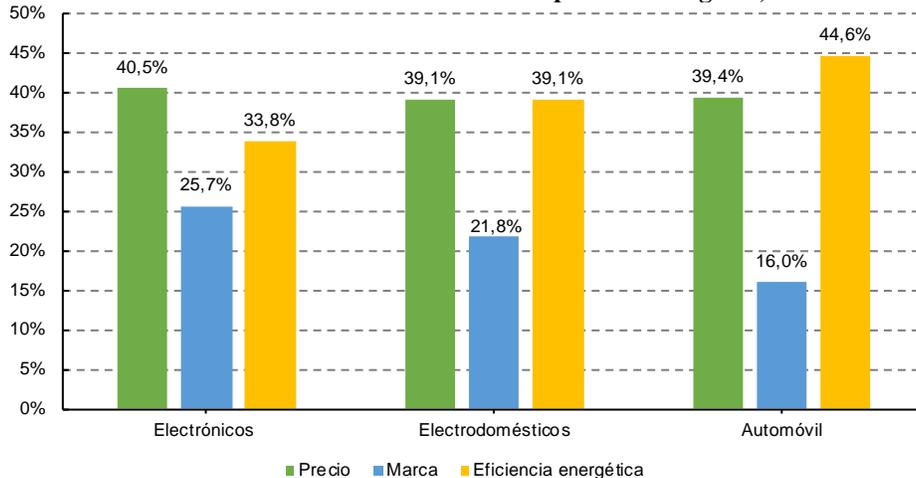
**Gráfico VII.29**  
**México: frecuencia de prácticas para ahorrar energía en el total de hogares, 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

La percepción de valor que la población otorga a la eficiencia energética en México como un criterio de compra también fue capturada en la encuesta del INEGI y se observa que, junto con precio y marca, la eficiencia energética tiende a ser el primer criterio de la población al adquirir un automóvil y electrodomésticos (véase el gráfico VII.30).

**Gráfico VII.30**  
**México: distribución de criterios de compra en los hogares, 2015**



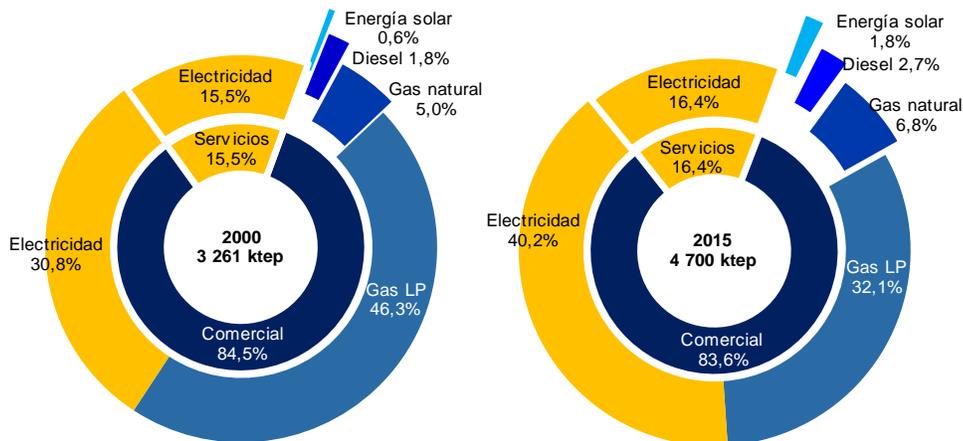
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI.

## VIII. Tendencias de la eficiencia energética en el sector de los servicios

### A. Tendencias generales

El sector servicios o también denominado sector terciario representa el 61% del producto interno bruto (PIB) y el 3,9% del consumo final de energía. En 20 años el consumo energético del sector comercial público se incrementó 73% y, después del sector agrícola, representa el mayor crecimiento reportado en comparación a los demás sectores de consumo final. De acuerdo con el Balance Nacional de Energía (BNE) de la SENER, el consumo de energía del sector incluye la energía utilizada en el sector comercial (servicios privados) y servicios públicos (véase el gráfico VIII.1).

**Gráfico VIII.1**  
México: evolución del consumo de energía del sector comercial-servicios, 2000 y 2015



**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

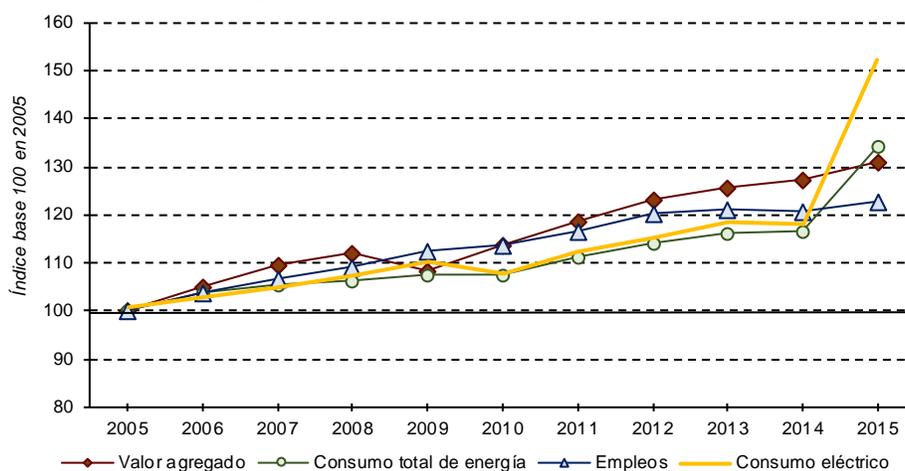
De acuerdo con esta fuente oficial, se ha incrementado la participación del sector público sobre el comercial, y sus consumos son netamente eléctricos. Esto se debe a que el consumo de energía del sector público se refiere a los servicios de alumbrado público y bombeo de agua potable y aguas negras del servicio público. Por otra parte, en el sector comercial se ha incrementado significativamente el consumo de electricidad en los últimos 15 años, lo que ha desplazado al gas LP.

En cuanto a las variables que explican la intensidad energética de este sector se tiene que el valor agregado del sector servicios ha crecido más rápidamente que su consumo de energía. Lo anterior tiene

como explicación una problemática de las estadísticas energéticas nacionales actuales, referidas a la contabilidad de la electricidad, principal fuente de energía del sector servicios. De acuerdo con lo reportado por la CFE para el consumo eléctrico de este sector, se integra por dos rubros de tarifas, la comercial y de servicios públicos, basado en el consumo de tensión eléctrica. Sin embargo, muchos inmuebles del sector público y privado, dedicados a oficinas, comercios, servicios de alojamiento y esparcimiento, servicios públicos, entre otros, consumen dentro de los niveles de tensión eléctrica de algunas tarifas eléctricas clasificadas como mediana y gran industria, por lo que existe una subestimación del consumo de energía al correlacionarlo con el valor agregado del PIB del sector servicios, y por lo tanto en su intensidad energética.

La subestimación del consumo de energía en este sector ha generado un desacoplamiento de las variables económicas que deben sustentar los indicadores eficiencia energética. El gráfico VIII.2 ilustra cómo la tendencia del valor agregado se correlaciona con el nivel de empleo del sector, sin embargo, el consumo de energía muestra un comportamiento más vinculado a la tendencia del consumo eléctrico de las tarifas comercial y servicios de la CFE, pero subestimado como se mencionó.

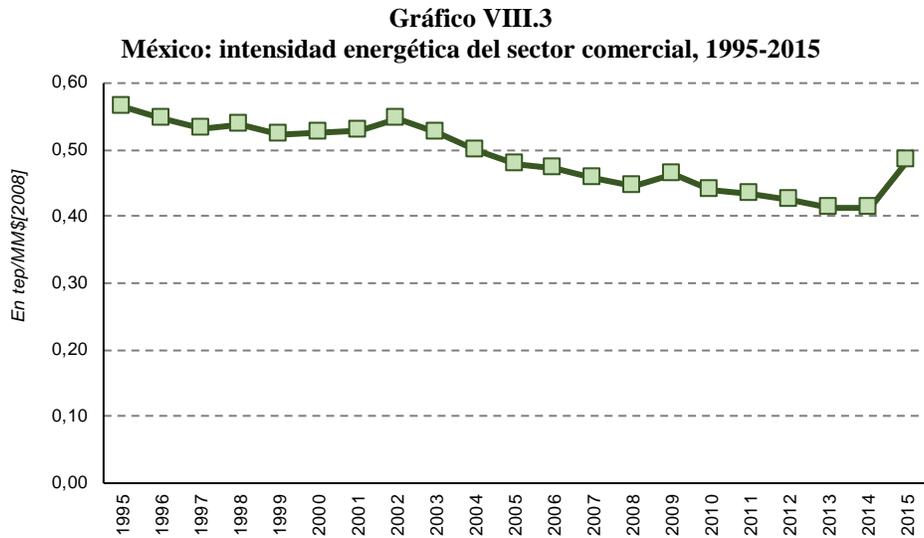
**Gráfico VIII.2**  
**México: tendencia de las principales variables del sector comercial-servicios, 2005-2015**



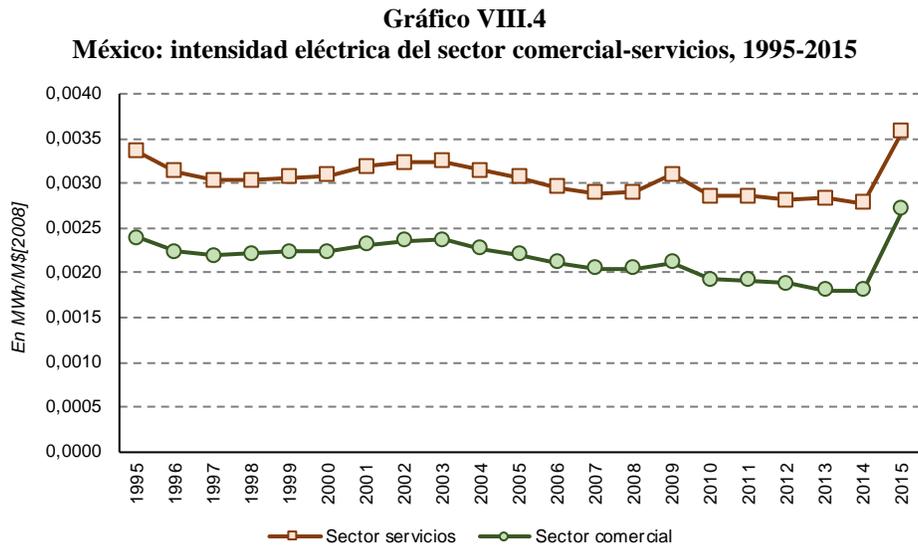
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Al analizar el consumo de energía del sector comercial en 20 años se observa un incremento de 73% del mismo, al pasar de 2.268 ktep en 1995 a 3.927 ktep en 2015. Sin embargo, este crecimiento en términos del valor agregado de esta parte del PIB terciario aumentó 101% en el mismo período. Estas correlaciones ratifican la subestimación del consumo del sector comercial. Debido a que su consumo de energía está creciendo en menor medida que su valor agregado, la intensidad energética disminuyó 14% al pasar de 0,56 tep/MM\$[2008] en 1995 a 0,48 tep/MM\$[2008] en 2015 (véase el gráfico VIII.3).

Pese a la subestimación de las estadísticas, la electricidad es la principal fuente de energía del sector servicios. La intensidad de uso de electricidad del sector servicios se incrementó 6,9% pasando de 0,0034 MWh/M\$[2008] en 1995 a 0,0036 MWh/M\$[2008] en 2015, aunque había presentado una tendencia a la baja en años anteriores. De igual manera, la intensidad eléctrica del comercio aumentó 13,1% al pasar de 0,0024 MWh/M\$[2008] en 1995 a 0,0027 MWh/M\$[2008] en 2015 (véase el gráfico VIII.4).



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.



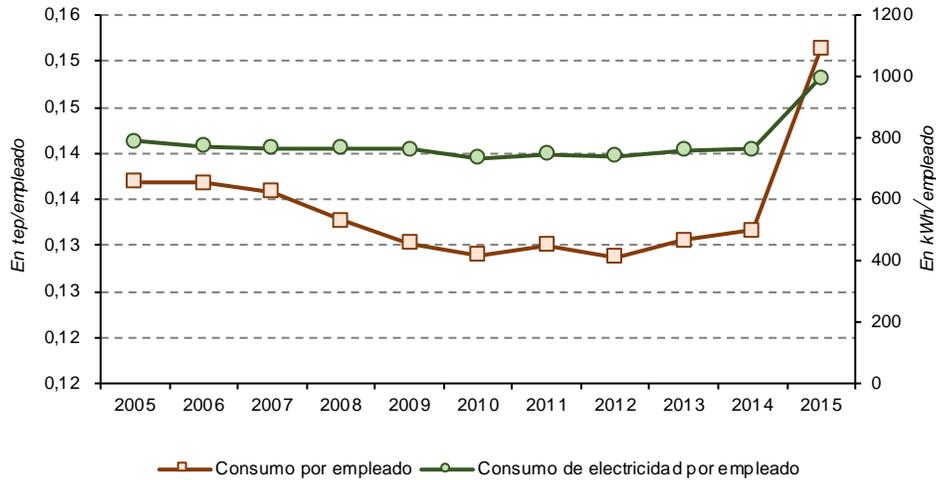
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores de este informe, uno de los programas más importantes de eficiencia energética es el que corresponde a la normalización de equipos y sistemas. En el caso del sector comercial-servicios, las NOM-ENER más relevantes son las correspondientes a regular los niveles de eficiencia energética en sistemas de alumbrado, tanto en edificios como en vialidades (NOM-007-ENER y NOM-013 ENER respectivamente), así como en edificaciones y envolvente de edificios no residenciales (NOM-008-ENER). La aplicación de estas NOM-ENER permite mejorar el uso de la electricidad en sistemas de iluminación y utilizar menos energía para el confort térmico en edificios comerciales.

Otra forma de representar los indicadores de este sector es a través de una correlación del número de empleados y el consumo de energía. Lo anterior se simplifica bajo la hipótesis de que a medida que el número de empleados aumenta, principalmente en el sector comercial, incrementará también el nivel de servicios y por ende el consumo de energía. Así, en diez años el consumo energético unitario por empleado del sector servicios se incrementó 10,5% pasando de 0,14 tep/empleado en 2005 a 0,15 tep/empleado en 2015. Este mismo indicador vinculado al consumo eléctrico unitario por empleado del sector servicios,

también presentó un aumento de 26,4% al pasar de 787,8 kWh/empleado a 995,8 kWh/empleado en el mismo período de análisis (véase el gráfico VIII.5).

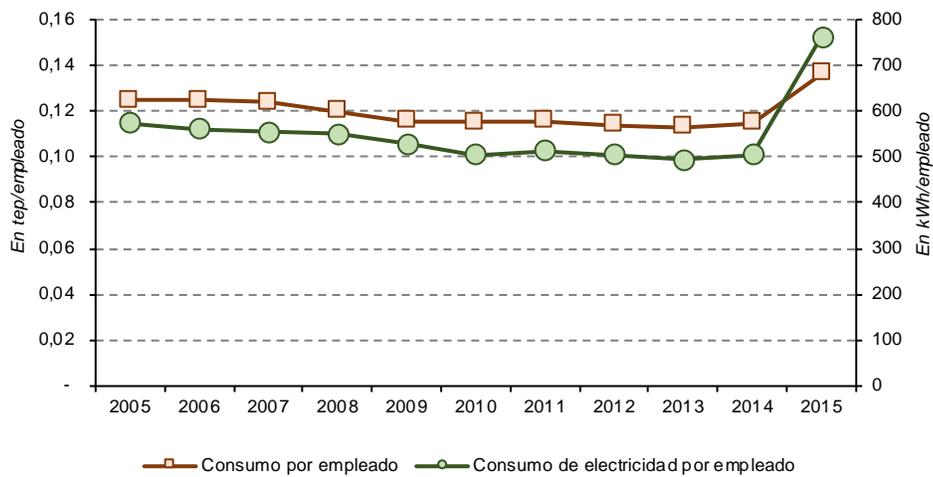
**Gráfico VIII.5**  
**México: consumo energético unitario y eléctrico por empleado del sector servicios, 2005-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Asimismo, el consumo unitario por empleado del comercio se incrementó 9,4% al pasar de 0,12 tep/empleado en 2005 a 0,14 tep/empleado en 2015. En tanto, el consumo eléctrico unitario por empleado aumentó 32,8% pasando de 573,7 kWh/empleado en 2005 a 761,9 kWh/empleado en 2015 (véase el gráfico VIII.6).

**Gráfico VIII.6**  
**México: consumo energético unitario y eléctrico por empleado del sector comercio, 2005-2015**

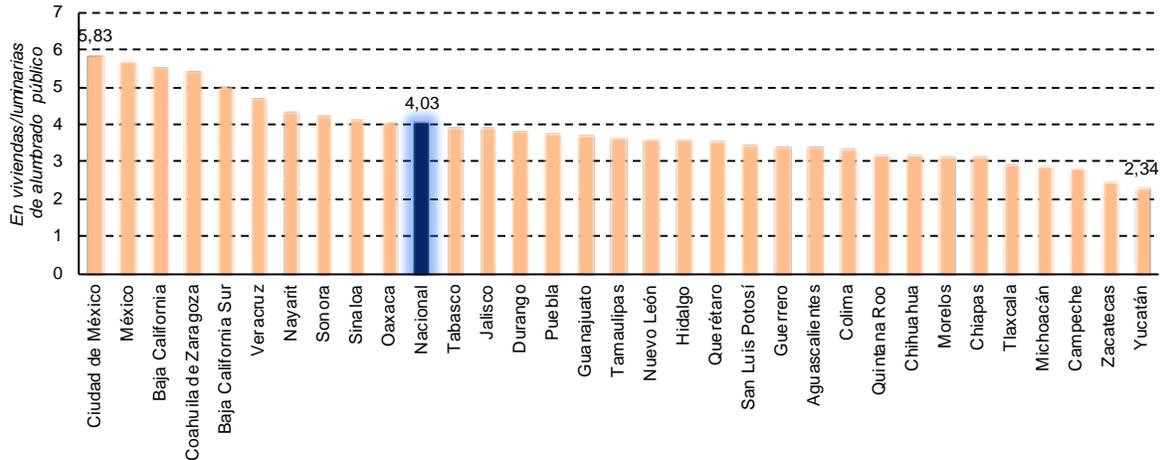


**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Por otra parte, dentro de los servicios públicos uno de los más importantes es el alumbrado. Este servicio garantiza la visibilidad en la oscuridad a peatones, automovilistas y ciclistas, y reduce accidentes. También incide en la prevención de diversos delitos, aumentando el sentido de seguridad personal, así como de las propiedades públicas y privadas adyacentes, y es prestado por las autoridades municipales. Durante 2015 el consumo eléctrico de alumbrado público representó el 10% del total del sector servicios y en comparación a 2002 se incrementó 34%.

De acuerdo con el INEGI, existe una amplia dispersión en la relación del número promedio de viviendas habitadas por cada luminaria del alumbrado público en el país. En promedio nacional por cada cuatro viviendas hay una luminaria del alumbrado público; la Ciudad de México es la que presenta la mayor relación (de 5,83) y Yucatán la menor (de 2,34) (véase el gráfico VIII.7).

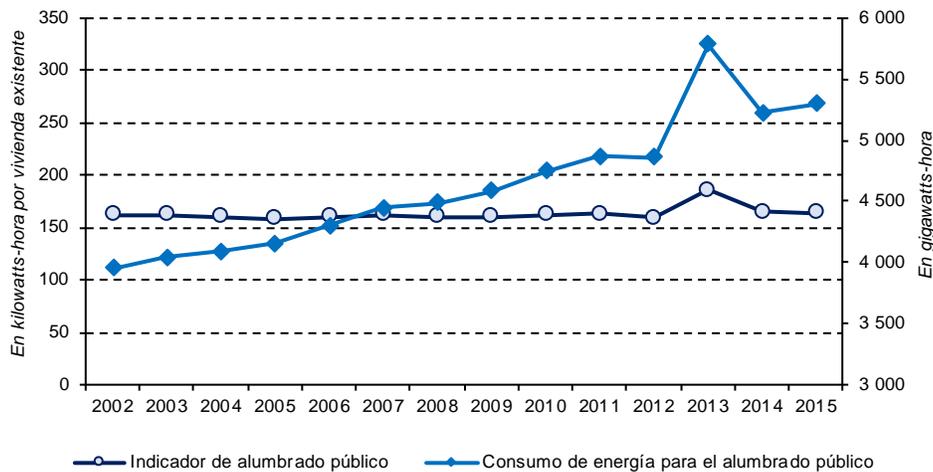
**Gráfico VIII.7**  
**México: relación de las viviendas habitadas por luminaria de alumbrado público por entidad federativa, 2015**



**Fuente:** Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegaciones 2015, INEGI.

El desarrollo económico y demográfico incide directamente en la infraestructura energética pública. En 13 años las viviendas habitadas a nivel nacional se incrementaron 32,6%, no obstante, el consumo eléctrico de alumbrado público por cada vivienda habitada aumentó solo 1% en el mismo período, al pasar de 162,3 kWh/vivienda en 2002 a 163,9 kWh/vivienda en 2015 (véase el gráfico VIII.8).

**Gráfico VIII.8**  
**México: consumo eléctrico para alumbrado público por vivienda, 2002-2015<sup>a</sup>**



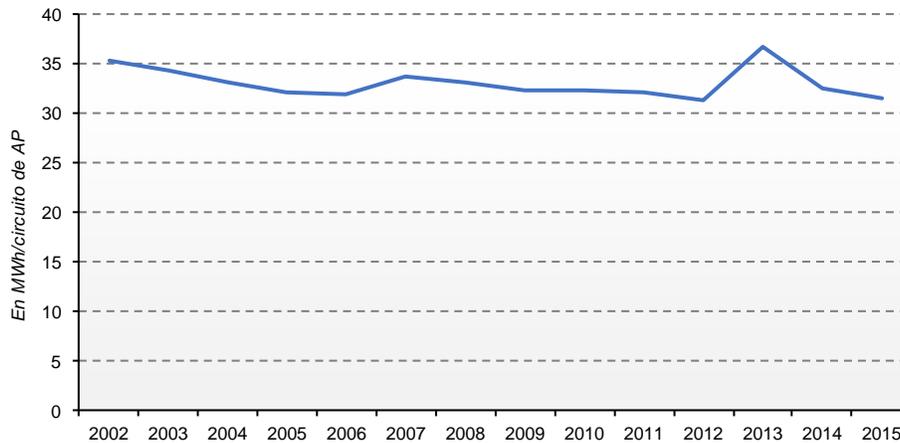
**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y CFE.

<sup>a</sup> Las tarifas eléctricas 5 y 5A corresponden al alumbrado público.

De acuerdo con el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegaciones 2015 del INEGI, en México había un total de 7,7 millones de luminarios instalados para el servicio público de alumbrado, que de acuerdo con CFE se distribuyeron en 167.8 miles de circuitos en vías primarias y secundarias. De acuerdo con la CFE, entre 2002 y 2015 el número de circuitos destinados para el alumbrado público municipal se incrementó en 50% en el total de los municipios del país. No obstante, el consumo eléctrico

unitario bajó de 35,2 MWh-año a 31,5 MWh-año por circuito de alumbrado público (véase el gráfico VIII.9).

**Gráfico VIII.9**  
**México: consumo eléctrico unitario por circuito de alumbrado público, 2002-2015**



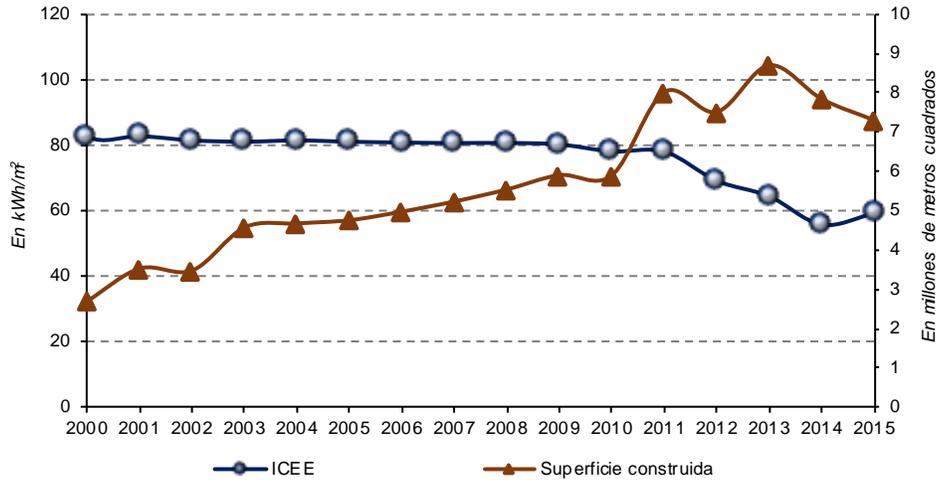
**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de información de la CFE.

El cambio tecnológico en el campo de la iluminación, así como la aplicación de normas de eficiencia energética de las tecnologías y sistemas de iluminación, permiten hoy tener niveles aceptables e indicadores de eficiencia energética que presentan una disminución en la intensidad energética del alumbrado público.

Finalmente, la CONUEE lidera el Programa de Eficiencia Energética en la Administración Pública Federal (APF) desde la década de 1990. Este programa comenzó con el seguimiento de acciones de eficiencia energética en inmuebles de la APF, y posteriormente se extendió a flotas vehiculares e instalaciones industriales. Considerando que parte importante del consumo de energía eléctrica registrada por este conjunto de inmuebles del Gobierno federal, debería formar parte de los consumos energéticos del sector terciario, a continuación, se describe brevemente el progreso del indicador de eficiencia energética más significativo del programa.

En cuanto a los inmuebles para uso de oficinas en la APF, el Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE), que mide la relación entre el consumo total de energía eléctrica en un año y la superficie construida de dichas oficinas, se ha constituido como el indicador de seguimiento del programa. El ICEE de oficinas públicas en 2000 fue de 82,6 kilowatts-hora por m<sup>2</sup> al año (kWh/m<sup>2</sup> año), y disminuyó a 59,2 kWh/m<sup>2</sup> año durante 2015, lo que implicó una disminución del 28%. Durante este período los m<sup>2</sup> construidos por oficinas en la APF se incrementaron 171% al pasar de 2,7 a 7,3 millones de m<sup>2</sup> (véase el gráfico VIII.10).

**Gráfico VIII.10**  
**México: índice de Consumo de Energía Eléctrica de las oficinas**  
**de la Administración Pública Federal, 2000-2015**



**Fuente:** Programa de Eficiencia Energética en la Administración Pública Federal de la CONUEE.



## IX. Tendencias de la eficiencia energética en el sector de la agricultura, silvicultura y pesca

### A. Tendencias generales

El sector agropecuario es un sector estratégico en cuanto a seguridad alimentaria y exportación de productos primarios (SAGARPA, 2016) en 2015 representó aproximadamente el 3% del PIB nacional y 3,5% del consumo final de energía del país<sup>69</sup>. Si bien tanto su valor agregado en términos constantes como su nivel de consumo de energía se han incrementado en los últimos años, el porcentaje que este sector representa del PIB ha disminuido casi 1% en la última década.

Dentro de este sector se incluyen, de manera general, las actividades agrícolas, forestales, pecuarias y pesqueras. Las actividades agrícolas son las que representan mayor valor agregado (62%), seguidas por las actividades pecuarias (32%), las forestales (3%) y pesqueras (3%) (INEGI, 2013). En cuanto a la utilización de la superficie total para el desarrollo de estas actividades, las agrícolas representan aproximadamente 15% del total, las forestales 23% y las pecuarias 58% (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2017).

El agropecuario es el único sector de consumo final de energía del país que presenta un aumento en la intensidad energética entre 1995 y 2015 con el diésel como el principal energético consumido, seguido por la electricidad y en mucho menor medida el gas LP. El energético más representativo para este sector es el diésel, que tiene la mayor influencia en la tendencia de la intensidad energética (véase el gráfico IX.1). En 2015, tanto el diésel como la electricidad contaban con estímulos o subsidios por parte del Gobierno Federal para los usuarios agrícolas, pecuarios y pesqueros.

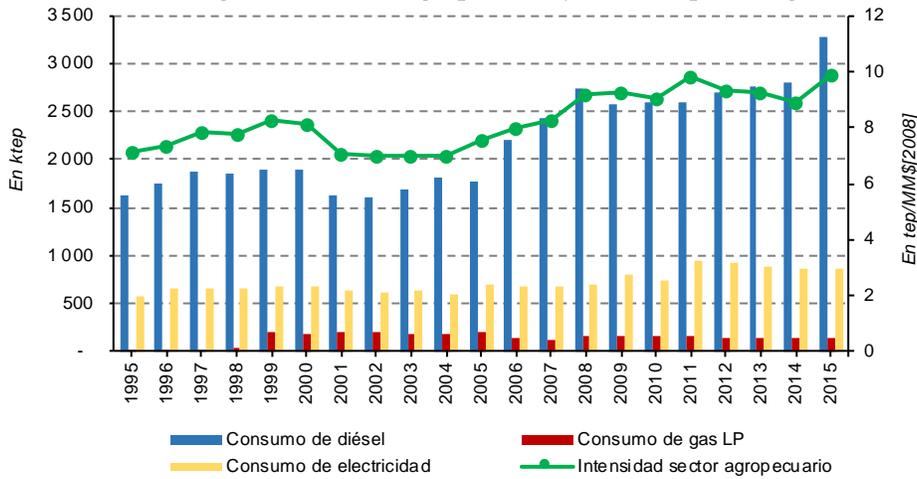
La disminución del consumo de gas LP entre 2001-2005 coincide con un aumento en el uso de diésel, durante esta etapa, se regularizó el mercado de este combustible mediante la expedición de diversos ordenamientos, además, su precio relativo en comparación con la gasolina y el diésel era menor, por lo que se comenzó a utilizar como carburante para vehículos, y estaba exento del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS). En 2002 se publicó la Ley de Energía para el Campo, que estableció apoyos y estímulos a tarifas para energéticos agropecuarios (gasolina, diésel, combustóleo y electricidad)<sup>70</sup> y provocó que los precios del diésel comenzaran a disminuir, lo que incidió en el repunte del uso de ese combustible y la reducción del gas LP.

<sup>69</sup> De acuerdo con el INEGI y el SIE de la SENER.

<sup>70</sup> La finalidad de esta ley es coadyuvar al desarrollo rural del país estableciendo acciones de impulso a la productividad y competitividad como medidas de apoyo tendientes a reducir las asimetrías con respecto a otros países. De acuerdo con su artículo 5, el establecimiento de las tarifas y estímulos es un trabajo coordinado entre la SHCP, la SAGARPA, la SENER y la SEMARNAT.

Véase <<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/246.pdf>>.

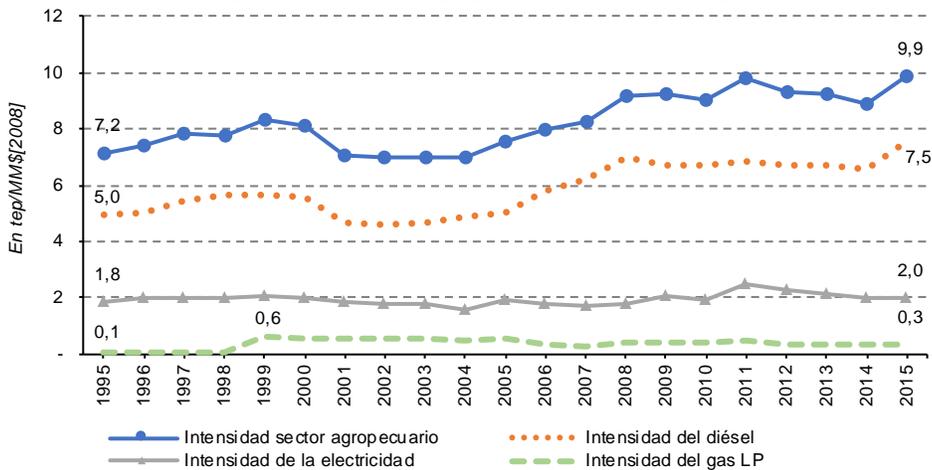
**Gráfico IX.1**  
**México: intensidad energética del sector agropecuario y consumo por energético, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

Como ya se mencionó, la intensidad energética de este sector está estrechamente relacionada con el consumo de diésel, ya que es el combustible más utilizado en las actividades de agricultura, ganadería y pesca. En el gráfico IX.2 se observa un aumento de 51% en la intensidad del diésel, mientras que la intensidad de la electricidad aumentó 8% entre 1995 y 2015. En el caso del gas LP, en 2015 representó únicamente el 3% del uso de energía en el sector y aunque su uso se incrementó considerablemente a partir de 1999, su intensidad en el sector ha disminuido 45% entre 1999 y 2015.

**Gráfico IX.2**  
**México: intensidad energética del sector agropecuario e intensidad por fuente, 1995-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del INEGI y SENER.

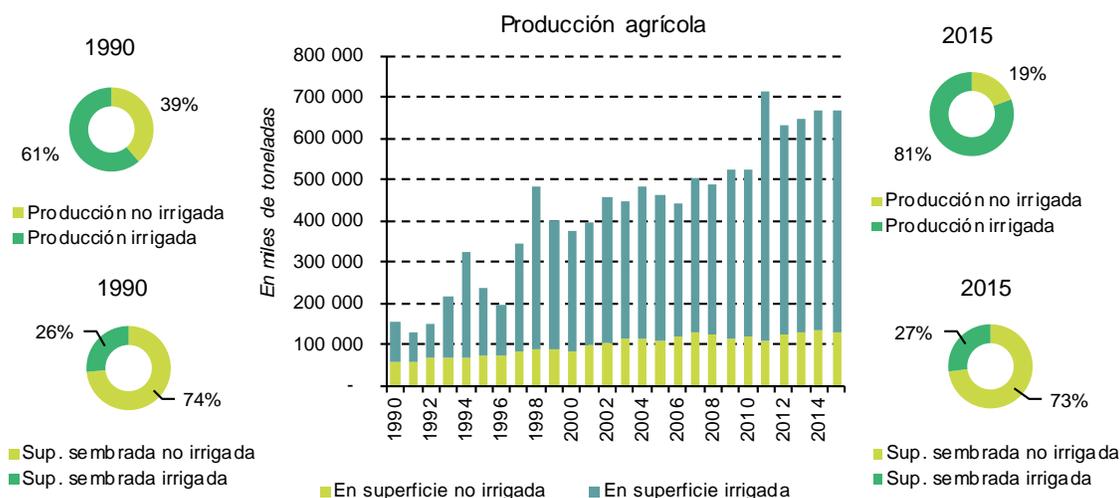
## B. Tendencias por rama

La actividad principal de este sector es la agricultura, que representa el 62% del PIB del sector, en este rango de importancia siguen las actividades pecuarias con el 32% y las actividades de pesca y aprovechamiento forestal con 3% aproximadamente en cada rubro<sup>71</sup>. Aunque se cuenta con datos económicos, el análisis energético de este sector carece de datos desagregados. Si bien existe el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), de la SAGARPA, con información detallada sobre producción y algunas otras actividades, no cuenta con datos por consumo de energía ni la utilización de maquinaria. En este sentido, el subsector de la agricultura es del que se pueden obtener más datos relacionados con el consumo de energía, ya que contiene información sobre áreas sembradas, cosechadas, irrigadas, además de la producción, con lo que se puede relacionar el consumo de diésel y electricidad a actividades de siembra, cosecha y riego.

### 1. Agricultura

La evolución del sector agrícola entre 1990 y 2015 tiene cambios significativos en cuanto al área sembrada, la utilización del riego y la mecanización del subsector. Durante todo el período, la superficie sembrada aumentó 12%; entre 1990 y 1993, el área sembrada permanece casi constante, mientras que en 1994 aumentó 9% y en 1997 aumentó 4% para después seguir prácticamente sin cambios hasta 2015<sup>72</sup>. La relación entre superficie sembrada irrigada y superficie sembrada no irrigada se ha mantenido entre el 27% y 73%, respectivamente (véase el gráfico IX.3).

**Gráfico IX.3**  
**México: producción agrícola en superficie irrigada y superficie no irrigada, 1990 y 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del SIACON-SAGARPA.

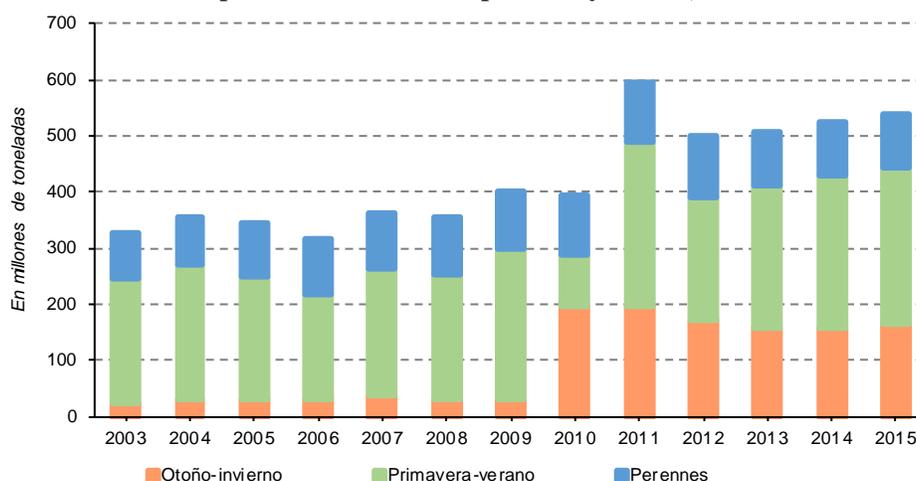
<sup>71</sup> Sistema de Cuentas Nacionales del INEGI.

<sup>72</sup> El Tratado de Libre Comercio de América del Norte entró en vigor en 1994, situación que influyó en el aumento de la superficie sembrada y en estímulos para los campesinos. *La economía agropecuaria mexicana y el TLCAN*. José María Mella Alfonso Mercado. Véase <<http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/89/1/Mella-Mercado.pdf>>.

Por otra parte, la producción aumentó casi 330% entre 1990 y 2015. La producción de la superficie irrigada es la de mayor crecimiento con respecto a la producción de la superficie no irrigada. Esta última disminuyó de 39% a 19% de la producción total, mientras que la producción de la superficie irrigada pasó de 61% a 81%, aunque la superficie sembrada irrigada varió solamente 1%.

La producción que mayor crecimiento ha tenido se encuentra en los cultivos cíclicos de otoño-invierno, rubro que entre 2009 y 2010 pasó de producir 30 a 197 millones de toneladas (Mton), y a partir de 2010 se ha mantenido por encima de las 160 Mton. En el mismo período los cultivos cíclicos de primavera-verano disminuyeron de 270 a 93 Mton, pero en 2011 este rubro se recuperó y para 2015 se mantuvo entre 290 y 260 Mton (véase el gráfico IX.4). Es decir, hubo un considerable aumento de la producción en superficie irrigada durante el período de análisis.

**Gráfico IX.4**  
**México: producción de cultivos perennes y cíclicos, 2003-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de SAGARPA.

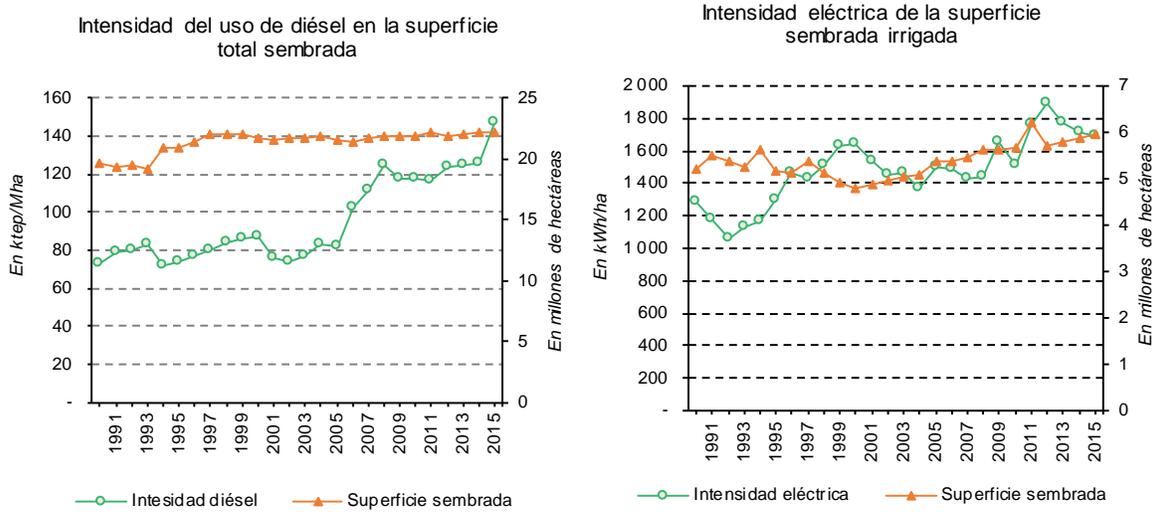
En cuanto al uso de diésel y su relación con la superficie total sembrada, entre 1990 y 2015 se observa que, mientras la superficie aumentó 12%, el uso de este combustible aumentó 100% pasando de 73 a 148 kilotoneladas equivalentes de petróleo por cada un millón de hectárea sembrada (ktep/Mha). Esta correlación suele estar asociada al consumo de los tractores y maquinaria para preparar la tierra durante el período de siembra. En cuanto a la intensidad eléctrica en relación con la superficie irrigada sembrada, aumentó 46%, pasando de 1.285 a 1.874 kilowatt-hora por hectárea (kWh/ha), mientras que la superficie sembrada irrigada únicamente aumentó 1% (véase el gráfico IX.5). Lo anterior refleja una necesidad de energía cada vez mayor, tanto diésel como electricidad, para sembrar prácticamente la misma superficie.

El subsector agrícola también cuenta con regulaciones de equipos y sistemas del programa de normalización de eficiencia energética. En este sector, las NOM-ENER aplicables son las que corresponden a regular la eficiencia energética en el sistema de bombeo para pozo profundo en operación (NOM-006-ENER) y las correspondientes al nivel de eficiencia energética de los equipos de bomba vertical tipo turbina (NOM-001\_ENER) y de conjunto motor bomba sumergible (NOM-010-ENER).

El incremento de la superficie mecanizada se incrementó 70% en 2011 a casi 76% en 2015 (véase el gráfico IX.6). El detalle de cada una de las tecnologías utilizadas no forma parte de este informe, pero hay estadísticas nacionales del sector que no están actualizadas, por ejemplo, el número de tractores en uso en México, de acuerdo con el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal del INEGI de 2007 registró un total de 238,248 unidades. Sobre este tema, la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) de 2014, también a cargo del INEGI, menciona que existe un total de 3,286,465 unidades de producción agropecuaria, de las que 55% utilizan tractores en sus actividades agropecuarias, sin embargo, únicamente 13% de las unidades de producción poseen tractores propios, y la mayoría utilizan tractores rentados o prestados. Este

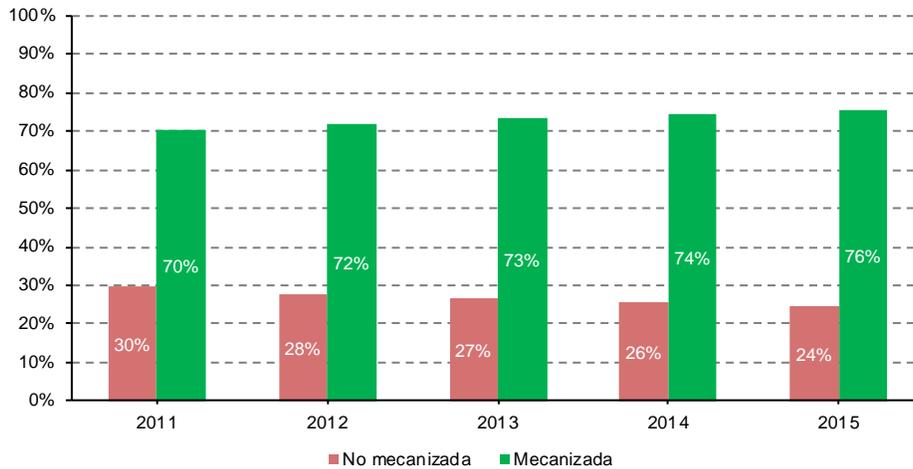
mismo estudio muestra que 42% de los tractores poseen una edad superior a 15 años, lo que influye directamente en el consumo de energía.

**Gráfico IX.5**  
**México: intensidad de uso de diésel en la superficie sembrada e intensidad eléctrica en la superficie irrigada, 1991-2015**



Fuente: Elaboración propia con información del SIACON-SAGARPA.

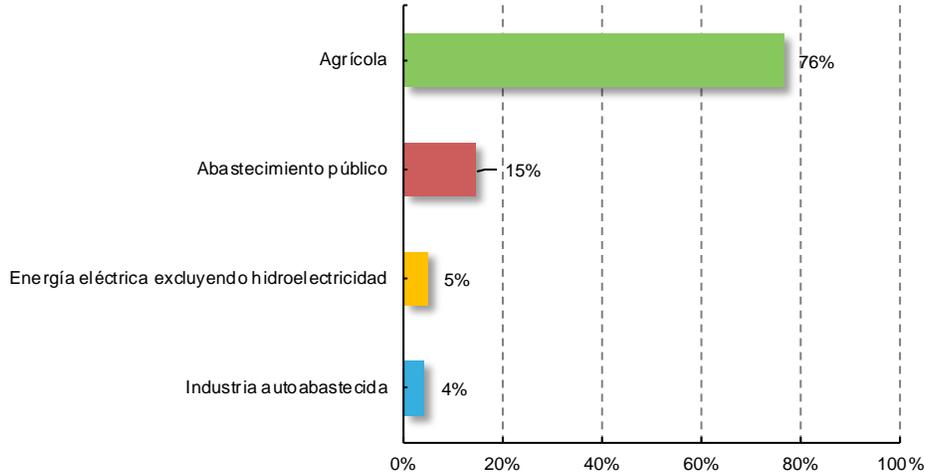
**Gráfico IX.6**  
**México: porcentaje de la superficie mecanizada y no mecanizada, 2011-2015**



Fuente: Elaboración propia con información del SIACON-SAGARPA.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la CONAGUA, en el año 2015 el uso agrícola representó el 76% de los usos consuntivos del agua concesionada en México (véase el gráfico IX.7).

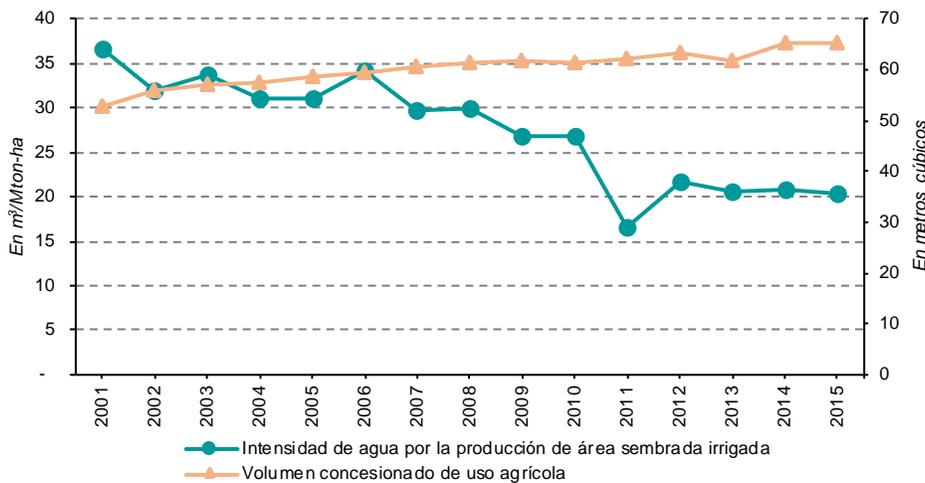
**Gráfico IX.7**  
**México: usos consuntivos del agua nacional, 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información del SINA de CONAGUA.

Asimismo, con los datos del SINA se puede relacionar el uso del agua en relación con la superficie sembrada irrigada y la producción. Lo anterior da como resultado que la intensidad acuícola de la producción de la superficie sembrada irrigada ha disminuido cerca de 45% pasando de 37 m<sup>3</sup> de agua por millón de toneladas producidas en superficie irrigada (m<sup>3</sup>/Mt-ha) a 20 m<sup>3</sup>/Mt-ha. Es decir, aunque el volumen concesionado de agua para uso agrícola está aumentando, el uso de agua para producir una tonelada de cultivos es 45% menor en 2015 en comparación con 2001 (véase el gráfico IX.8).

**Gráfico IX.8**  
**México: intensidad del uso de agua para producción y volumen concesionado para uso agrícola, 2001-2015**

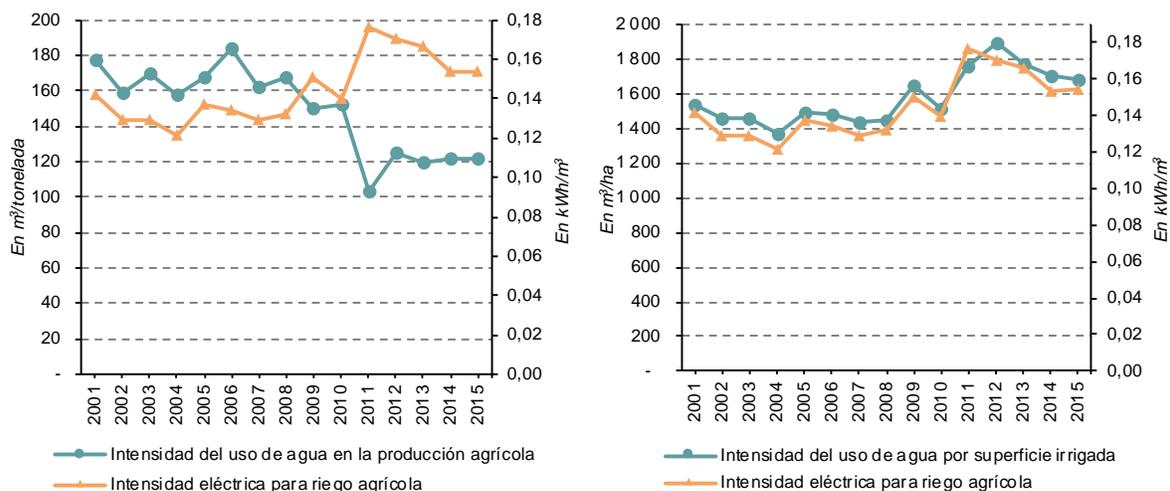


**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de información del SINA-CONAGUA y del SIACON-SAGARPA.

En lo que respecta al consumo de energía para riego agrícola, se puede relacionar la cantidad de electricidad utilizada en el sector con la producción de cultivos en superficie irrigada y también con la cantidad de hectáreas irrigadas por año. En cuanto a la intensidad para producción, se tiene como resultado que mientras se utiliza más electricidad para producir, el uso de agua ha disminuido por cada tonelada producida. En cambio, en cuanto a la superficie irrigada, tanto la cantidad de energía como la cantidad de agua utilizada se ha incrementado casi en la misma proporción (véase el gráfico IX.9).

**Gráfico IX.9**

**México: intensidad del uso de agua para producción agrícola y por superficie irrigada, 2001-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con información de CONAGUA y SENER.



## **X. Nexo agua-energía**

### **A. Políticas y programas que vinculan la gestión hídrica y energética**

#### **1. La organización de la gestión del agua en México**

En 1989 se creó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como órgano técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la administración y preservación y uso sustentable del agua. En México, los municipios son los que tienen la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 27, establece que todas las aguas de los mares territoriales, aguas marinas interiores, las lagunas y esteros, los ríos y manantiales son propiedad de la Nación. La Ley de Aguas Nacionales (LAN) es la ley reglamentaria de dicho artículo, y tiene por objeto regular la explotación, uso y aprovechamiento del agua, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable. La LAN, en su artículo 7, párrafo I, establece que la gestión integrada de los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, mediante las cuencas hidrológicas en el territorio nacional, son de utilidad pública, además de ser prioridad y asunto de seguridad nacional.

En México, la gestión del agua se distribuye en unidades del territorio llamadas cuencas hidrológicas, en las que escurre el agua en distintas formas mediante una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o donde el territorio en el que las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, como establece la LAN. Las regiones hidrológicas se integran por una o varias cuencas hidrológicas, y son distintas a los límites políticos estatales y municipios. Asimismo, una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico-administrativa (RHA). Con base en esta delimitación funcional y geográfica, el Gobierno Federal establece las políticas en la materia, y lo realiza principalmente a través del Programa Nacional Hídrico (PNH). El PNH es el documento que rige el sector agua en el país y guía la planificación regional en la materia, los programas específicos y prioritarios y los programas anuales de trabajo de las instituciones del sector.

La política de gestión hídrica de México incorpora la escasez relativa de los recursos en diferentes regiones. Es por este motivo que existen diversos montos para el cobro de derechos, estos cobros se establecen en la Ley Federal de Derechos (LFD). El artículo 223 establece el monto de cobro general por usos específicos, con base en cuatro zonas de disponibilidad, para reflejar la escasez relativa en distintas regiones del país. La industria energética está sujeta al cobro, por cada un mil m<sup>3</sup>, de entre 1.698 pesos y 14.709 pesos cuando se trata de agua proveniente de fuentes superficiales, y entre 1.942 pesos y 19.820 pesos, cuando se trata de agua proveniente de fuentes subterráneas.

En el sector eléctrico las empresas, como CFE, también están sujetas a este cobro de derechos por el uso de agua, aunque las actividades de generación hidroeléctrica y generación geotérmica están sujetas a diferentes montos. En estos casos, el mismo artículo de la LFD, establece un cobro de 5.05 pesos por cada un mil m<sup>3</sup>, este volumen corresponde al total de agua y vapor que pasa por las turbinas de una central hidroeléctrica y una central geotermoeléctrica. México está dividido en trece regiones hidrológicas (RHA) que pueden reflejar de mejor manera el nivel de escasez relativa. En el cuadro X.1 se presentan las 12 regiones y su clasificación de acuerdo con el grado de presión.

**Cuadro X.1**  
**México: regiones hidrológicas y grado de presión**

Región hidrológico-administrativa	Clasificación del grado de presión
Península de Baja California	Alto
Noroeste	Alto
Pacífico Norte	Alto
Balsas	Alto
Pacífico Sur	Sin estrés
Río Bravo	Alto
Cuencas Centrales del Norte	Alto
Lerma Santiago Pacífico	Alto
Golfo Norte	Medio
Golfo Centro	Sin estrés
Frontera Sur	Sin estrés
Península de Yucatán	Bajo
Aguas del Valle de México	Muy Alto
Total nacional	Bajo

**Fuente:** Estadísticas del Agua en México, CONAGUA 2014.

A cada región hidrológica le corresponden organismos de cuenca mediante los que CONAGUA realiza la gestión del agua en los términos de la LAN, es a través de estos organismos que es posible coordinar las actividades del sector hídrico con otros sectores productivos, como el energético, y con gobiernos estatales y municipales.

De acuerdo con el artículo 115 de la Constitución, es responsabilidad de los municipios el prestar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales dentro de su jurisdicción. Estas actividades pueden realizarse a través de órganos descentralizados, comúnmente denominados organismos operadores de agua, que se rigen por ordenamientos legales estatales y decretos de creación específicos. La responsabilidad de los organismos operadores es administrar el patrimonio asociado a la gestión del agua, incluyendo las concesiones de agua, redes de tubería, plantas de tratamiento de aguas residuales y otros, considerando además la obligación de preservar el recurso para no afectar los intereses de generaciones futuras<sup>73</sup>.

Por otra parte, el Programa Sectorial de Energía 2013-2018 incluyó por primera ocasión un indicador respecto al consumo de agua: “Desplazamiento del uso de agua cruda en PEMEX”. Este indicador refleja el esfuerzo de PEMEX por aprovechar sustentablemente los recursos hídricos, ya sea reusando agua dentro de sus propios procesos productivos o mediante agua tratada.

<sup>73</sup> Guía para organismos operadores: agua potable, alcantarillado y saneamiento, Fundación Gonzalo Ríos Arronte, IAP, Agua.org.mx-Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., México.

El 11 de agosto de 2014 se publicó el decreto por el que se expiden la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la Ley de Energía Geotérmica (LEG) y se adicionan y reforman diversas disposiciones de la LAN. El propósito de las modificaciones a la LAN fue crear un marco jurídico adecuado para el desarrollo de nuevos proyectos de generación geotermoeléctrica, de manera consistente con la LEG y las nuevas responsabilidades de CONAGUA y SENER. El propósito fue que pudieran regularse adecuadamente las actividades de exploración y explotación de yacimientos geotérmicos hidrotermales y que proteger la integridad de los yacimientos adyacentes.

## B. Energía para la gestión del agua

### 1. Características hidrológicas y usos del agua en México

Debido al sistema descentralizado en la administración del agua en México, la información relativa al consumo de energía para el abastecimiento de agua requiere de un esfuerzo de recopilación significativo. Se estima que en 2011 se extrajeron un total 80.300 hectómetros cúbicos ( $\text{hm}^3$ ) de agua, de los que 61,93% fueron de agua subterránea, 37,96% de agua superficial y 0,11% de agua de mar. Del total de agua extraída en 2011, la agricultura consumió 61.580  $\text{hm}^3$ , los municipios 11.480  $\text{hm}^3$  y la industria 7.280  $\text{hm}^3$ . Para extraer estos volúmenes de agua se usaron en total 23.318 GWh, en el sector agricultura 18.714 GWh, en servicios municipales 2.777 GWh y en la industria 1.827 GWh (CONAGUA, 2016a).

Para el mismo año se estimaron índices de intensidad energética para el abastecimiento de agua. El agua superficial fue la que requirió menos energía para su abasto, con 0.027  $\text{kWh}/\text{m}^3$  en promedio, y la que cubrió la mayor parte de la demanda. El agua subterránea requirió 0.503  $\text{kWh}/\text{m}^3$  por unidad de agua para su abasto, y el agua desalinizada es la que más energía requirió, entre 2.640 a 6.763  $\text{kWh}/\text{m}^3$  (véase el cuadro X.2).

**Cuadro X.2**  
Energía requerida para abastecer una unidad de agua ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ ), 2011

	Agricultura (abasto directo)	Industria (abasto directo)	Municipios (sin tratar/tratada)
Superficial	0,027	0,027	0,027/0,0608
Subterránea	0,503	0,503	0,503/0,2223
Desalinizada	2,640	6,763	2,803

**Fuente:** Comunicación sobre participación de México en el Proyecto Agua y Energía, CONAGUA.

En México, la extracción de agua destinada a la agricultura es principalmente para irrigación, ganadería y acuicultura; en la industria el agua se destina a actividades como el enfriamiento de plantas termoeléctricas, aunque no contempla a las plantas hidroeléctricas. Asimismo, los municipios extraen agua para abastecer la red de distribución pública. El concepto de agua municipal incluye aguas residuales de residencias y la industria que está conectada al alcantarillado público. Los factores que determinan el nivel de consumo de energía eléctrica son principalmente las características de los motores, su eficiencia y su adecuación a las condiciones ambientales, operación, arranque, velocidad, tamaño y potencia (Coordinación de Electromecánica, 2009).

### 2. Indicadores estatales

A partir del consumo de energía para el abastecimiento de agua se determinaron indicadores de intensidad energética para las actividades de suministro de agua, que comprende el bombeo de agua de yacimientos superficiales y subterráneos; tratamiento de aguas residuales, que comprende tanto procesos primarios como secundarios; y potabilización, que igualmente comprende procesos primarios y secundarios.

Como se observa en el cuadro X.3 el proceso que requiere mayor cantidad de energía por unidad de agua es el del suministro de agua, que requiere energía esencialmente para actividades de bombeo. Sin

embargo, también es en este proceso en el que existe el mayor rango de valores entre los estados. Tanto en el “tratamiento de aguas residuales” como en la “potabilización” se observan requerimientos de energía similares, con un promedio nacional de 0,48 y 0,42 kilowatts-hora por metro cúbico (kWh/m<sup>3</sup>), y rangos de 0,22 a 0,82 y 0,21 a 0,92 kWh/m<sup>3</sup> respectivamente. Al observar los valores absolutos de consumo de abastecimiento de agua en hm<sup>3</sup>, se puede observar que hay actividades como el “tratamiento de aguas residuales” y la “potabilización” con rangos que no son proporcionales a la diferencia poblacional de los estados del país. Esto se debe, a los distintos niveles de actividades por proceso ubicados en cada estado independientemente del consumo de agua.

**Cuadro X.3**  
**México: indicadores de consumo de agua nacional y rangos**  
**mínimos y máximos estatales, 2014**

Indicador	Proceso	Nacional	Mínimo estatal	Máximo estatal
Intensidad energética por proceso (kWh/m <sup>3</sup> )	Suministro de agua	1,01	0,50	1,90
	Tratamiento de aguas residuales	0,48	0,22	0,82
	Potabilización	0,42	0,21	0,92
Consumo energético anual por tipo de proceso (GWh)	Suministro de agua	10 537,9	57,4	1 496,2
	Tratamiento de aguas residuales	1 961,5	2,4	241,1
	Potabilización	1 257,3	0,1	196,6
Abastecimiento de agua por tipo de proceso (hm <sup>3</sup> )	Agua suministrada	10 398,1	73,3	1 150,9
	Tratamiento de aguas residuales	4 105,6	4,1	505,1
	Potabilización	2 986,1	0,1	528,2

**Fuente:** Sistema Nacional del Agua, CONAGUA.

La CONAGUA cuantificó el consumo de energía para la realización de estos tres procesos en las instalaciones que se ubican en cada uno de los estados del país. Este no significa que el agua resultado de estas actividades haya sido consumida o descargada para su posterior tratamiento en los estados correspondiente (véase el gráfico X.1). Por ejemplo, en el Estado de México ocurren importantes actividades de bombeo y potabilización como parte del Sistema Cutzamala que abastece a la Ciudad de México.

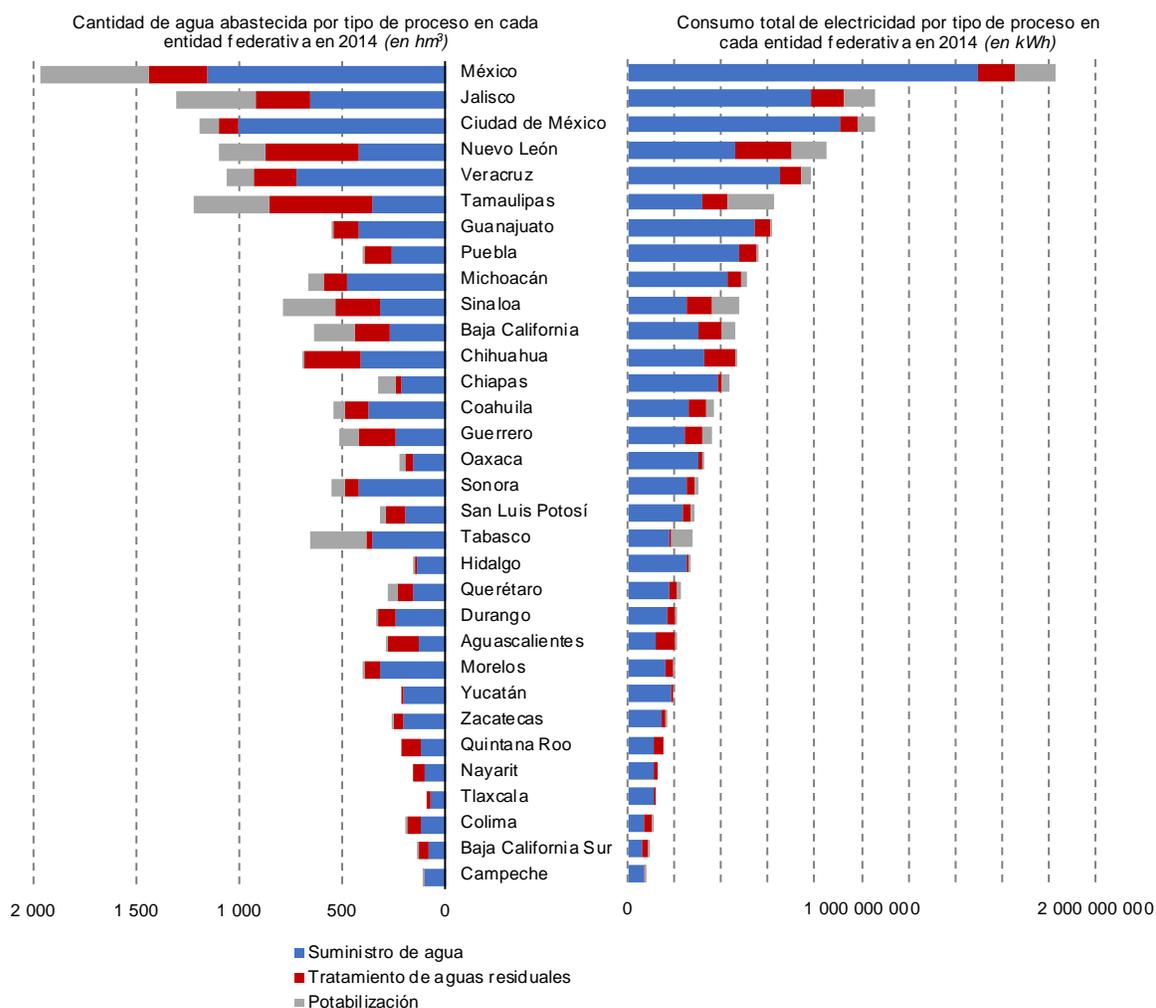
El consumo total observado en 2014 fue de 13,7 Tera watts-hora (TWh), y representó 4,6% de la generación bruta de energía en el país. Las cinco entidades con mayor consumo de energía fueron el Estado de México, Jalisco, Ciudad de México, Nuevo León y Veracruz, pero destacan a nivel nacional los requerimientos energéticos del Sistema Cutzamala que abastece a la población del Estado de México y de la Ciudad de México.

En 2015 el Sistema Cutzamala abasteció de agua a las ciudades antes mencionadas con 497 hm<sup>3</sup> para el consumo urbano. El sistema comprende un conjunto de presas, sistemas de bombeo, túneles y plantas potabilizadoras que comienzan a una altura de 1.600 metros de altura sobre el nivel del mar, y llegan en su punto más elevado a 2.701 metros. Entre 2006 y 2015 el agua entregada a la Ciudad de México representó entre 58,8% y 63,5% del total del volumen suministrado a través del Sistema, mientras que el resto se utilizó en el Estado de México (véase el gráfico X.2)<sup>74</sup>.

<sup>74</sup> Consulta realizada al Sistema Nacional de Información del Agua.

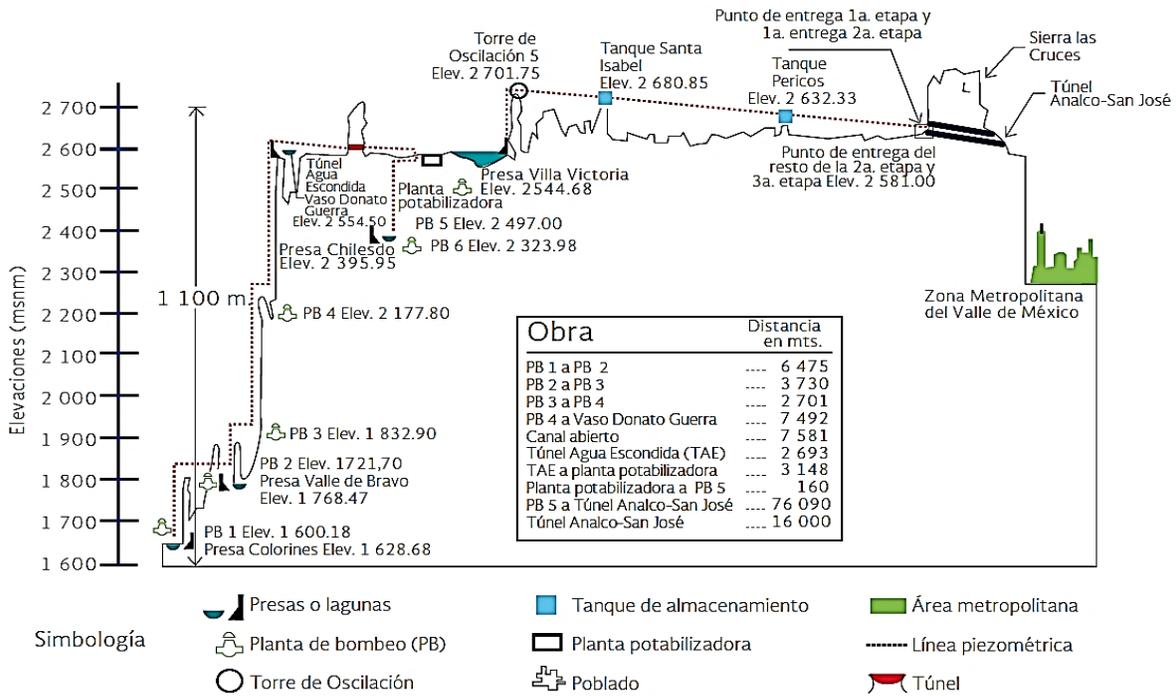
**Gráfico X.1**

**México: abastecimiento de agua y consumo de electricidad por entidad federativa, 2014**



**Fuente:** Elaboración propia con base en el Sistema Nacional de Información del Agua.

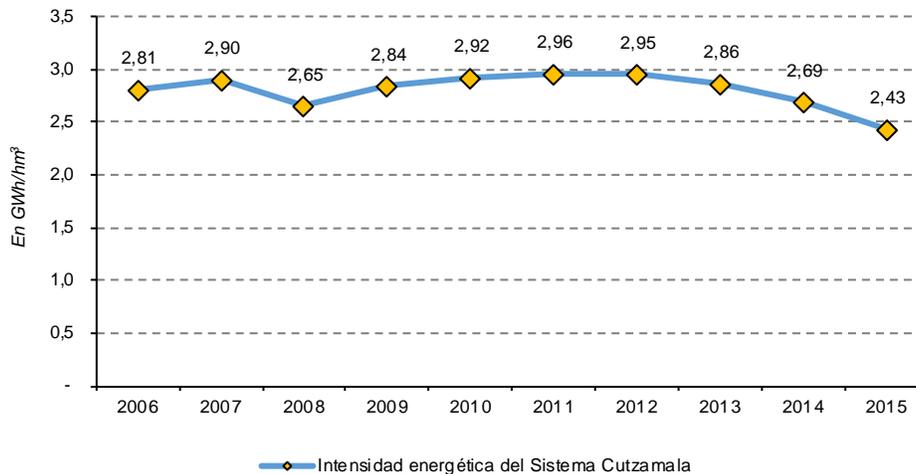
**Gráfico X.2**  
**México: elementos del Sistema Cutzamala, 2016**



**Fuente:** Tomado de Estadísticas del Agua en México edición 2016 de la CONAGUA.

En 2015, el año con el menor consumo de energía por volumen de agua suministrada, el Sistema Cutzamala requirió 1.209 GWh durante el año, es decir, 2,43 GWh por cada hm<sup>3</sup>(véase el gráfico X.3). Para 2015 este consumo representó el 0,4% de la generación bruta de electricidad a nivel nacional.

**Gráfico X.3**  
**México: intensidad energética para el abasto de agua del Sistema Cutzamala, 2006-2015**



**Fuente:** Sistema Nacional de Información del Agua, CONAGUA.

## C. Agua para la producción de energía

### 1. Generación de electricidad

La generación de electricidad requiere del uso de agua como insumo directo en la producción de energía, para la operación de las centrales de transformación y para su mantenimiento. El principal uso de los procesos térmicos de generación de electricidad es para el enfriamiento de sistemas. Estos procesos incluyen las centrales que funcionan con combustibles fósiles y biomasa para combustión, pero también incluyen las centrales nucleoelectricas que requieren abundantes cantidades de agua para el mismo fin.

La tecnología eólica requiere agua solamente de manera ocasional en las operaciones de limpieza y mantenimiento de equipo, mientras que la tecnología fotovoltaica la usa principalmente para la limpieza de paneles, especialmente en regiones áridas donde el polvo puede impactar negativamente la producción de energía.

La tecnología hidráulica aprovecha la energía potencial derivada de diferenciales de altura de causas hídricas naturales o artificiales para generar energía. La tecnología geotérmica aprovecha el calor que yace en aguas comúnmente salobres en el subsuelo. La LEG estableció el concepto de agua geotérmica como el “agua propiedad de la nación, en estado líquido o de vapor que se encuentra a una temperatura aproximada o superior a 80°C en forma natural en un yacimiento geotérmico hidrotermal, con la capacidad de transportar energía en forma de calor, y que no es apta para el consumo humano”.

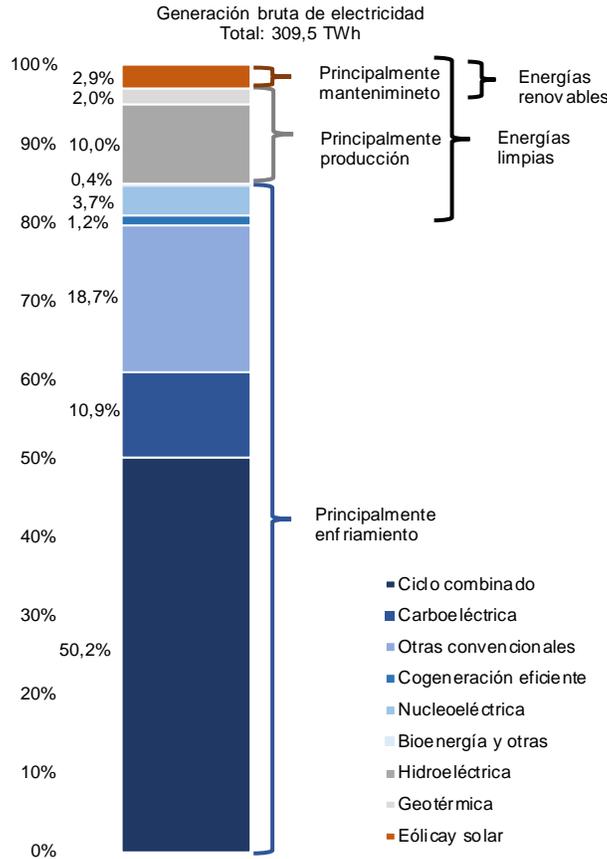
En 2015, la economía mexicana generó 309,3 TWh de electricidad, el 80% mediante tecnologías convencionales que utilizan fuentes fósiles, y el 20% restante con tecnologías limpias, que en su mayoría recurren a fuentes renovables de energía, pero también a la energía nuclear y la cogeneración eficiente con gas natural. El gráfico X.4 presenta la distribución de generación por tecnologías para dicho año, agrupadas de acuerdo con el principal uso de agua de cada una de las tecnologías, ya sea para el enfriamiento, producción o mantenimiento de las centrales de generación.

En 2015 las centrales de ciclo combinado representaron el 50% de la generación bruta, y en conjunto, las centrales térmicas, incluyendo la central nucleoelectrica de Laguna Verde, representaron el 85% de la generación bruta total del país. El resto se generó mediante energía hidráulica, 10%, energía geotérmica, 2%, que aprovechan las propiedades físicas de los depósitos de agua, y un 3% por energía eólica y solar, que solo requieren agua para actividades de mantenimiento. México cuenta con metas de participación de energías limpias, 25% en 2018, 30% en 2021 y 35% en 2024. Esto podría modificar de manera significativa la demanda de agua del sistema de generación.

Desde la perspectiva del uso y aprovechamiento de agua, la tecnología de mayor importancia por el volumen aprovechado es la energía hidroeléctrica. La mayor parte del agua aprovechada es de manera no consuntiva, es decir, que permite su posterior uso, aprovechamiento y consumo. De 12 regiones hidrológicas, solo la mitad de ellas representa el 95% del volumen de agua declarado para la generación de electricidad, al menos durante los últimos diez años. De hecho, el 99% se concentra en ocho de las 12 regiones.

Las principales centrales hidroeléctricas se encuentran ubicadas en las RHA: IV Balsas, VII Lerma Santiago y XI Frontera Sur. Las centrales que representan el 79% de la capacidad instalada son Angostura, Chicoasén, Malpaso, Peñitas, Caracol, Infiernillo, Villita, Temascal, El Cajón, Aguamilpa y Zimapán. En el gráfico X.5 se puede observar que los estados con la mayor capacidad instalada son Chiapas, Nayarit y Guerrero, que coinciden con las regiones con mayor precipitación pluvial.

**Gráfico X.4.**  
**México: generación bruta de electricidad agrupada por uso de agua, 2015**

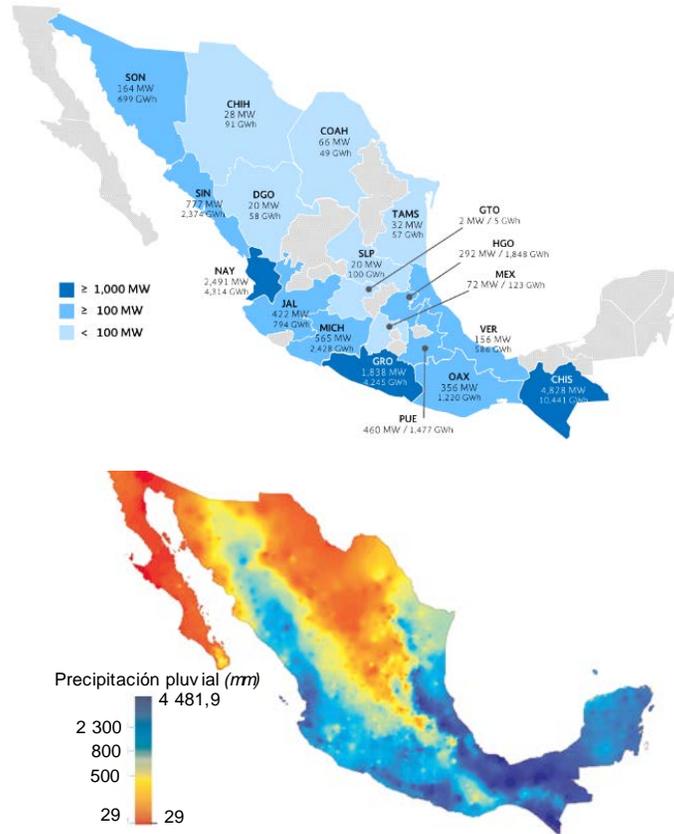


**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER y CONAGUA.

La electricidad generada en centrales hidroeléctricas está estrechamente relacionada con los niveles de precipitación, altos niveles de precipitación por encima del promedio normal, permite el abastecimiento de los embalses para incrementar los niveles de generación de acuerdo con lo requerido por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). La distribución mensual de la precipitación acentúa los problemas relacionados con la disponibilidad del recurso, debido a que el 68% de la precipitación normal mensual ocurre entre los meses de junio a septiembre (CONAGUA, 2016b).

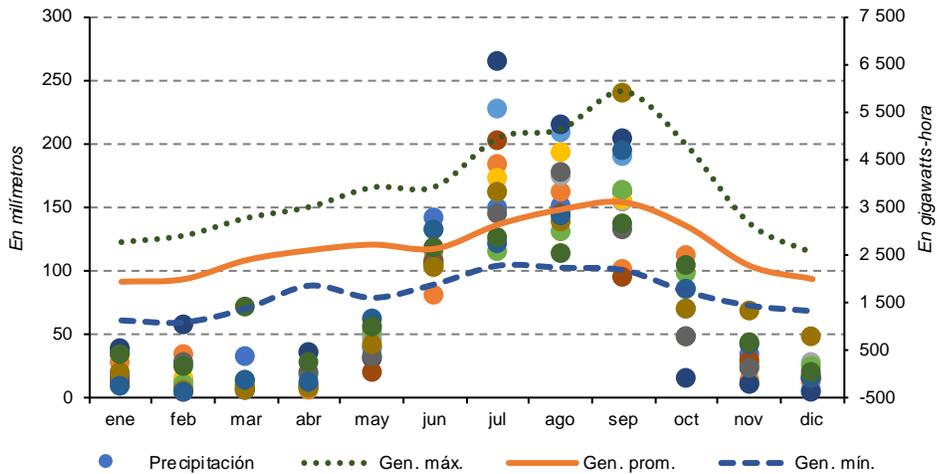
En el gráfico X.6 se puede observar la estacionalidad de las precipitaciones en el período 2005-2015 correspondiente a los estados donde se encuentra instaladas las centrales hidroeléctricas, un punto por cada año en cada uno de los meses, y en líneas se observan el nivel máximo, promedio y mínimo de generación hidroeléctrica alcanzado a lo largo del período. En este mismo gráfico se observa que la generación de electricidad empieza a aumentar cuando inician las temporadas de lluvia y se incrementan los niveles de precipitación, esto ocurre entre los meses de mayo y septiembre, mes en que se dan los niveles máximos y después la generación empieza a decrecer.

**Gráfico X.5**  
**México: distribución geográfica de centrales hidroeléctricas y perfiles de precipitación normal, 1981-2010**



**Fuente:** Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), 2016 (Secretaría de Energía) y Estadísticas del Agua en México edición 2016, de CONAGUA.

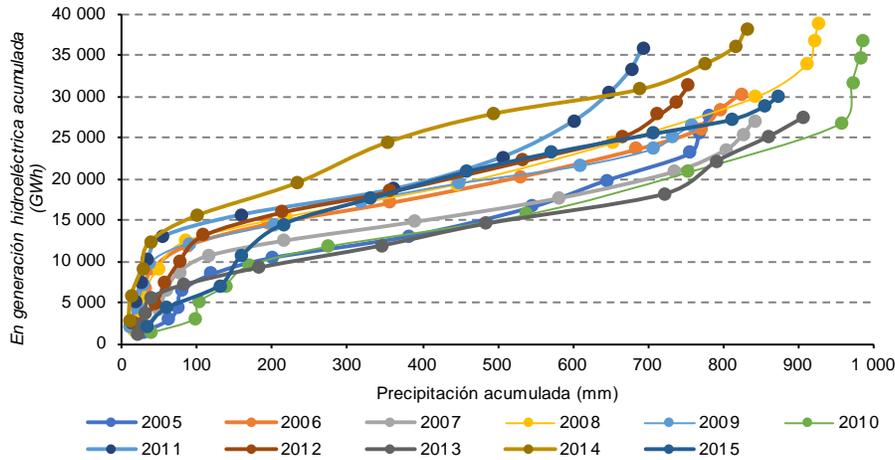
**Gráfico X.6**  
**México: distribución mensual de la precipitación y registros de la generación hidroeléctrica entre 2005 y 2015**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de CONAGUA y SENER.

En el gráfico X.7 se observa la relación que existe entre la generación de energía hidroeléctrica y los niveles de precipitación, mismos que a su vez están relacionados con la gestión en el despacho de la generación hidroeléctrica. En este mismo gráfico se observan regiones en las que, por los niveles bajos de precipitación, la generación se ve limitada; conforme se incrementan los niveles de precipitación se observa un incremento lineal en la generación y si las precipitaciones fueron mayores a las esperadas, se observan incrementos drásticos hasta alcanzar los máximos posibles.

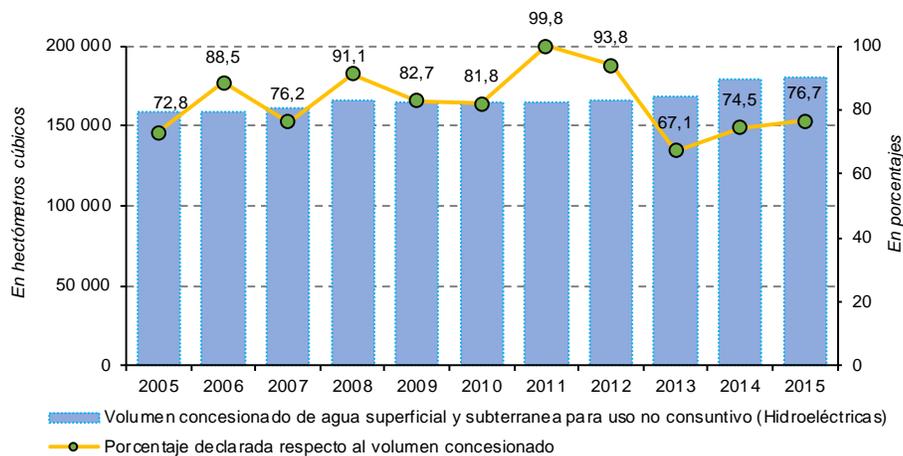
**Gráfico X.7**  
**México: relación entre la generación hidroeléctrica y la precipitación anual acumulada, 2005-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de CONAGUA y SENER.

En el gráfico X.8 se puede observar el porcentaje del agua declarada para el pago de derechos, misma que se empleó para la producción de energía hidroeléctrica respecto al volumen concesionado para uso no consuntivo (hidroeléctricas). En el período 2006-2015 se observan variaciones en los volúmenes utilizados, por ejemplo, en 2013, 2014 y 2015 se aprovecharon el 67,1 %, 74,5 % y 76,7% del nivel total concesionado, respectivamente, a pesar de que este se incrementó. Existen varios factores que limitan o determinan la gestión del agua, algunos de ellos tienen que ver con los niveles de precipitación presentados en el año, las salidas forzadas de otras centrales de generación, incertidumbre en la previsión de generación intermitente y la diferencia entre los pronósticos de generación de contratos de interconexión legados y su generación real.

**Gráfico X.8**  
**México: agua declarada respecto al volumen de agua concesionada para uso no consuntivo (hidroeléctrica) y generación de energía hidroeléctrica, 2005-2015**



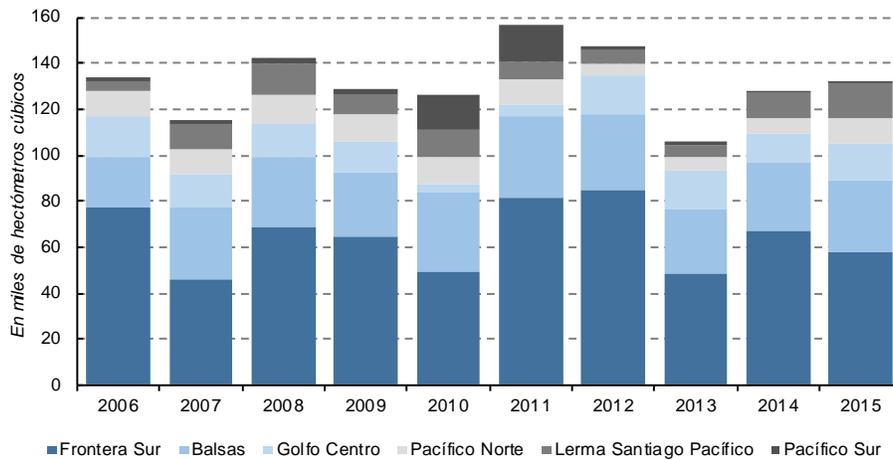
**Fuente:** Elaboración propia con datos de CONAGUA y SENER.

Las regiones Frontera Sur y Balsas representan más de dos terceras partes del volumen de agua para generación eléctrica, de hecho, la región Frontera Sur, que incluye el sistema de presas del Grijalva, representa en promedio cerca del 50%, pero en algunos años, como en 2010 y 2011, ha representado más de la mitad del volumen declarado para generación (véase el gráfico X.9).

En el período 2006-2015 el menor volumen declarado fue de 112.815 hm<sup>3</sup>, mientras que el año con mayor volumen se declararon 164.773 hm<sup>3</sup>, lo que representa una diferencia del 46%. Ahora bien, si se compara con el promedio de la década, el año con menor volumen representó 19% menos.

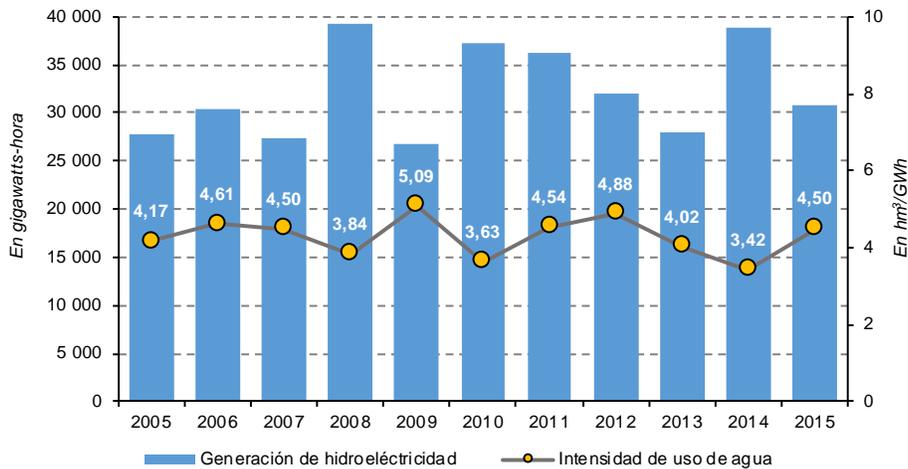
La intensidad energética del uso de agua en hidroeléctricas es la relación entre el agua utilizada y la electricidad generada, que dependerá en gran medida de la tecnología y el proceso de gestión del recurso. La intensidad del uso de agua la generación hidroeléctrica en México oscila entre los 3,4 hm<sup>3</sup>/GWh y los 5 hm<sup>3</sup>/GWh, y se puede observar que en los últimos años se está generando la misma o mayor cantidad de energía con menos agua, como ocurre al comparar 2007 y 2015, en los que la intensidad fue de 4,50 hm<sup>3</sup>/GWh, y se generaron 27.325 GWh y 30.815 GWh respectivamente (véase el gráfico X.10).

**Gráfico X.9**  
**México: volúmenes declarados para el pago de derechos por la generación hidroeléctrica en las ocho regiones principales, 2006-2015**



**Fuente:** CONAGUA-Sistema Nacional de Información del Agua: Volúmenes declarados para el pago de derechos por extracción, uso o aprovechamiento de aguas nacionales.

**Gráfico X.10**  
**México: intensidad del uso de agua para la generación hidroeléctrica, 2005-2015**



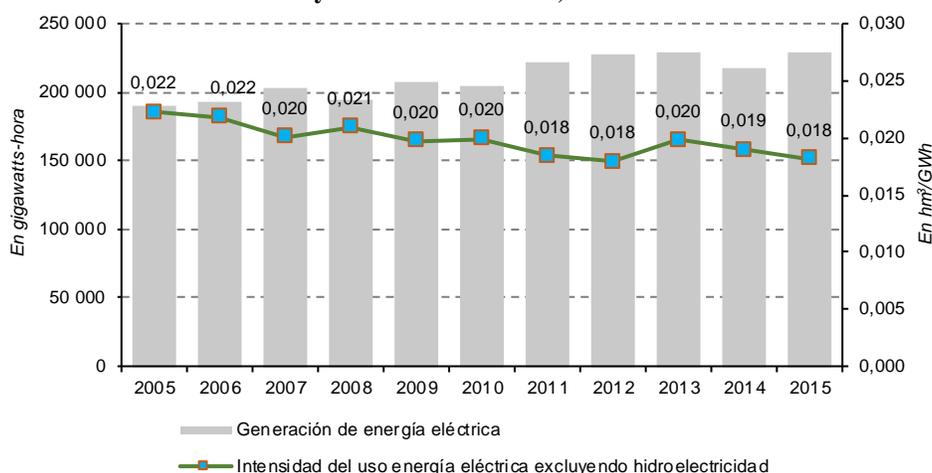
**Fuente:** Elaboración propia con datos de CONAGUA, CRE Y SENER.

De acuerdo con la CONAGUA, de entre las cinco presas con mayor capacidad de almacenamiento a nivel nacional, cuatro son para la generación eléctrica, aunque tienen otros usos complementarios. Estas presas son La Angostura, Malpaso, Infiernillo y Temascal. Solamente el Lago de Chapala no se utiliza para la generación de electricidad. Sin embargo, esto no refleja la capacidad de generación de las distintas centrales de generación ubicadas en las presas. La central Manuel Moreno Torres, conocida como Chicoasén, que cuenta con la mayor capacidad instalada del país, ocupa el lugar 24 de acuerdo con su volumen de almacenamiento.

Por otra parte, la CONAGUA clasifica al uso de agua para la generación de energía eléctrica excluyendo hidroeléctricas como uso consuntivo, que se refiere a centrales térmicas de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, turbogás y combustión interna, incluyendo la nucleoelectrónica. Más del 70% del agua concesionada para este uso se destina a la planta termoeléctrica Petacalco (CONAGUA, 2016b).

La intensidad en el uso de agua concesionada para uso consuntivo diferente a la hidroelectricidad ha disminuido considerablemente durante el período 2005-2016, para pasar de 0,022 hm<sup>3</sup>/GWh a 0,018 hm<sup>3</sup>/GWh, respectivamente (véase el gráfico X.11). Esto significa que la industria eléctrica está utilizando de manera más eficiente el recurso, debido principalmente a las restricciones y políticas implementadas para el reúso y para disminuir los niveles de consumo, así como al incremento en la participación de tecnologías limpias y el retiro de centrales ineficientes.

**Gráfico X.11**  
**México: intensidad en el uso de agua concesionada para generación de electricidad excluyendo hidroeléctricas, 2005-2015**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de CONAGUA, CRE Y SENER.

## 2. Producción de petróleo

Históricamente México ha sido un exportador neto de petróleo y petrolíferos, pero debido al crecimiento de la demanda interna de estos últimos y la reducción en la producción de petróleo y gas natural, se ha convertido ya en un importador neto, especialmente de gasolina y gas natural. Sin embargo, las actividades de la industria petrolera son esenciales en la economía mexicana.

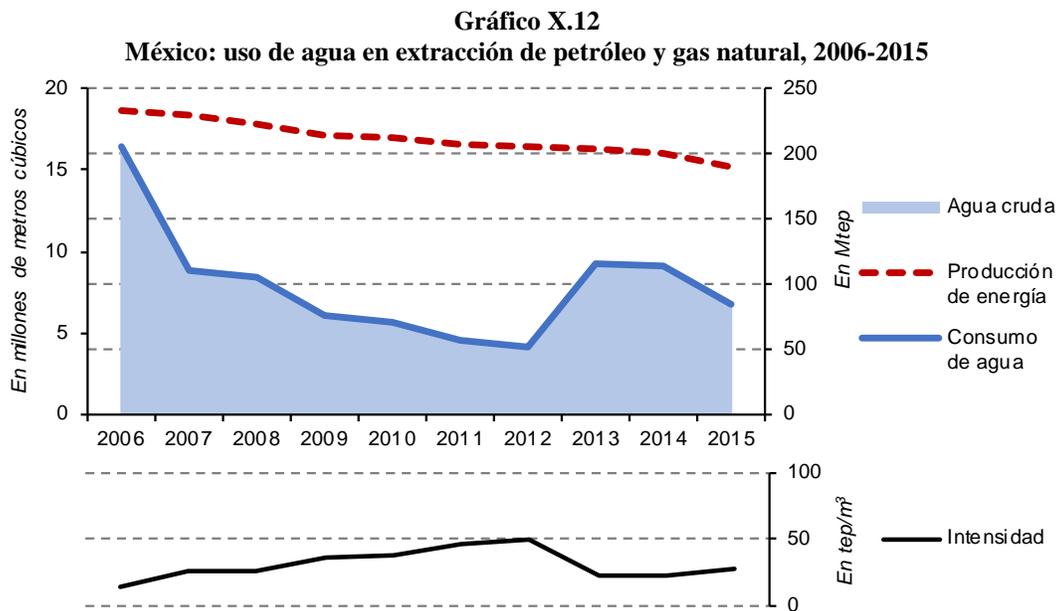
Las principales actividades del sector hidrocarburos en México incluyen la producción de petróleo, el procesamiento de gas y la refinación de petrolíferos. En la producción de petróleo y gas el uso de agua es particularmente importante cuando se utiliza para incrementar la recuperación de hidrocarburos, tanto en campos marinos, como en tierra, aunque en campos marinos se recurre a agua de mar como el principal insumo. El proceso que utiliza agua para la producción de petróleo es conocido como recuperación secundaria de petróleo.

En el caso de la refinación de petróleo el propósito es separar distintos elementos como la gasolina y los aceites. Las refinerías están diseñadas de maneras distintas para producir diferentes subproductos del petróleo, pero en general consisten en procesos de fraccionamiento y transformaciones químicas que se efectúan a temperaturas elevadas y requieren corrientes de agua para el enfriamiento de los sistemas.

Debido a la naturaleza de la infraestructura de refinación es posible reutilizar el agua de sus procesos. En el estudio *El agua en la industria energética mexicana* previamente desarrollado por SENER y el Colegio de Ingenieros Ambientales de México se muestra que la Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, en Cadereyta, Nuevo León, entre 2010 y 2013 mostró niveles de reúso superiores al 80% del volumen total necesario para la operación de la planta.

Finalmente, el procesamiento del gas es el conjunto de técnicas industriales que transforman el gas natural extraído del subsuelo en gas natural para el uso comercial y el gas licuado de petróleo en sus diferentes posibles compuestos (etano y propano). El agua se utiliza en forma de vapor y como corrientes para sistemas de enfriamiento, aunque dependiendo de las tecnologías utilizadas, el enfriamiento puede realizarse mediante aire, lo que reduce la demanda de agua (SENER-CINAM, 2014).

La extracción de petróleo y gas natural se ha reducido durante los últimos diez años de manera constante, desde 232 millones de Mtep a 190 Mtep (véase el gráfico X.12). El consumo de agua, sin embargo, no ha experimentado la misma tendencia. Esto se debe principalmente al uso de agua como parte fundamental de la recuperación secundaria de petróleo que ocurre conforme a la declinación de la producción en campos específicos. En estos diez años se puede observar un primer período de mejora en la intensidad en el uso de agua, con mayores niveles de producción de energía por unidad de agua, interrumpida entre 2012 y 2014.

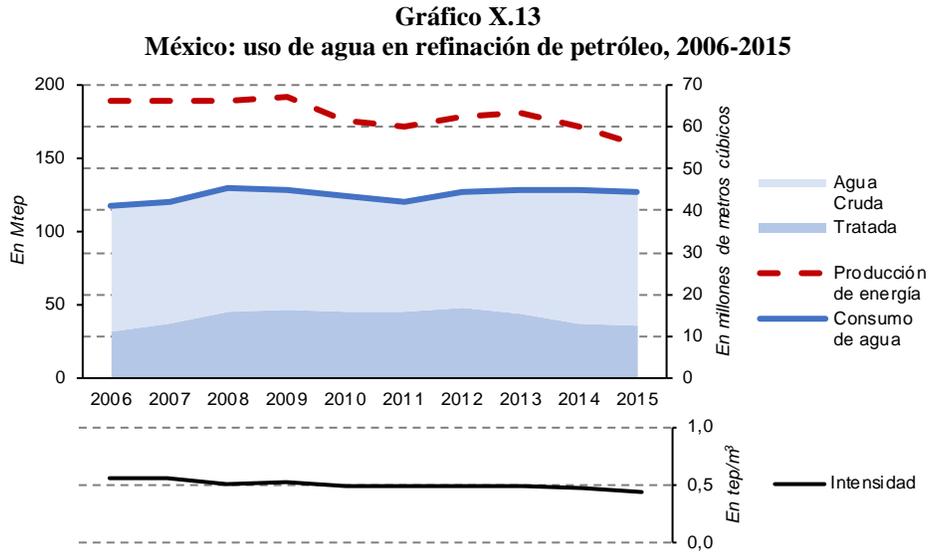


**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de PEMEX.

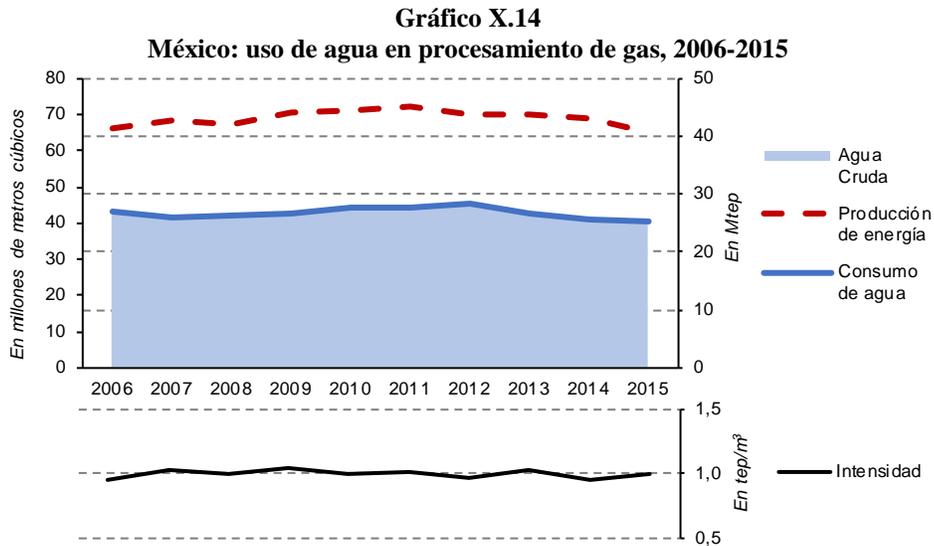
En las actividades de refinación el consumo de agua se ha mantenido relativamente estable a pesar del decremento en la producción de energía. Esto significa que el indicador de intensidad en el uso de agua para la producción de energía se ha deteriorado. Adicionalmente, desde 2012 se ha observado una reducción en el consumo de agua tratada, lo que significa un incremento aún más pronunciado en el uso de agua cruda, es decir, directa de fuentes superficiales o subterráneas (véase el gráfico X.13). De acuerdo con el *Informe de Sustentabilidad 2015 de PEMEX*, esto se debe a dificultades en la operación de plantas de tratamiento propiedad de la empresa.

En el caso del procesamiento de gas, la producción de energía ha disminuido sensiblemente a partir de 2012; el consumo de agua ha seguido también esta tendencia, aunque con variaciones poco

significativas en el rango de una tonelada equivalente de petróleo (tep) por cada metro cúbico consumido (véase el gráfico X.14). En estas actividades no se reporta el consumo de agua tratada, sino solamente de agua cruda.



**Fuente:** Elaboración propia, con base en datos de PEMEX.



**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de PEMEX.

## **XI. Conclusiones y recomendaciones**

El proceso de elaboración de este informe incluyó la consulta exhaustiva de estadísticas nacionales e información de diferentes fuentes, el análisis integral de cada uno de los sectores de consumo final de energía, el apoyo técnico de consultores nacionales e internacionales, así como un arduo trabajo de revisión técnica y redacción del equipo de la CONUEE.

Dentro de este proceso se evaluaron las tendencias que muestran los segmentos del consumo nacional de energía, y mediante indicadores de eficiencia energética se lograron analizar los impactos de las acciones y políticas de eficiencia energética realizadas en el país en los últimos 20 años. Asimismo, el desarrollo del proyecto BIEE permitió identificar la necesidad de un proceso de mejora continua en el tratamiento y obtención de estadísticas nacionales, que coadyuve al diseño y evaluación de políticas públicas.

El análisis de los indicadores del presente informe demuestra que la eficiencia energética ha evolucionado en todos los sectores que integran el consumo nacional de energía, pero con diferentes impactos. Además de proporcionar nueva información en las estadísticas nacionales, el presente documento permite visibilizar la importancia de la eficiencia energética como política pública en el cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, ya que impacta directamente en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7, Energía asequible y no contaminante, que incluye la meta de duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

### **A. Grandes tendencias en el consumo y la eficiencia energética**

México es uno de los países en América Latina con mayor tradición e impacto en acciones y programas de uso eficiente de energía. En este sentido, el informe destaca que la política pública de eficiencia energética más exitosa corresponde al programa de normalización de equipos y sistemas consumidores de energía, a través de la emisión de las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética. Estas normas se han concentrado en su mayoría en equipos y sistemas usados en el sector residencial, y los indicadores de eficiencia muestran que este sector es el que más ha mejorado su intensidad energética en el país.

En los últimos 20 años el perfil de la intensidad energética primaria de México ha tenido un comportamiento irregular, es decir, se han presentado incrementos y decrementos de esta en distintos años. Entre los factores que han incidido en el incremento de la intensidad se encuentran el crecimiento irregular de la economía del país; el incremento en el uso de tecnologías a base carbón y combustóleo para generar electricidad en años específicos, motivado 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.

Por otra parte, 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, y que han sido motivados principalmente por el alza y volatilidad de los precios de los energéticos; 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 en la generación de electricidad; y el efecto de una mayor importación de energéticos en los últimos años, especialmente gasolinas y gas natural.

Puestos en la balanza dichos factores se concluye que, en el caso de México, los consumos del sector energía tienen un mayor peso en la intensidad energética primaria que los consumos de los sectores finales, y por ende en la irregularidad de su tendencia. 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, entre 1995 y 2015 las intensidades energéticas de los sectores residencial e industrial han presentado la mayor reducción en su tendencia. En forma acumulada, el sector residencial redujo su intensidad energética en 45,9%, seguida del sector industrial que lo hizo a 15,6%. En general, 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 de los que dependen más de la energía térmica.

## B. Retos institucionales y de las fuentes de información

En referencia a la mejora continua de las estadísticas nacionales, el proceso de elaboración del informe permitió identificar nuevas fuentes de información, así como la necesidad de producir nuevas estadísticas y herramientas para el monitoreo y análisis de la eficiencia energética en México. En este sentido, la información pública del INEGI fue de gran importancia en la mayoría de los sectores analizados. Si bien algunos datos sobre el uso de energía y eficiencia energética se pueden encontrar en los módulos y apartados de distintos instrumentos del INEGI, esta información no se identifica de manera sencilla.

La CONUEE ha trabajado muy de cerca con el INEGI para mejorar la estadística nacional sobre eficiencia energética. En una primera fase se hizo esto incorporando preguntas de interés en los instrumentos recurrentes de captación de información del INEGI. En este sentido, se tiene que destacar que al mismo tiempo que fue elaborado este informe, el INEGI con el apoyo de la SENER y la CONUEE, puso en marcha un proyecto para el levantamiento de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) en todo el país<sup>75</sup>. La elaboración del instrumento de captación y los materiales visuales para los encuestadores fueron preparados por la CONUEE y el INEGI y mejorados a partir de pruebas piloto. La SENER gestionó recursos para desarrollar el proyecto. Los resultados serán de gran ayuda a mejorar la estadística del sector residencial, y se deben considerar para el diseño y evaluación de políticas públicas en el corto plazo, una vez que estén disponibles al público.

Si bien en estos momentos no es económica ni logísticamente factible realizar otras encuestas en el resto de los sectores de consumo final, instituciones como la CONUEE, INECC, SENER, SEMARNAT, SCT y SAGARPA, podrían explorar la adhesión de preguntas sobre uso de la energía en encuestas sectoriales, bianuales, anuales o mensuales, que ya realiza el INEGI. Asimismo, dado su impacto en el consumo de energía y emisiones de GEI, es importante mejorar las estadísticas de los edificios del sector

---

<sup>75</sup> Este estudio tiene como objetivo analizar las tendencias de consumo energético en el sector residencial y los diferentes usos finales, ya que están condicionados por un amplio espectro de factores, incluyendo las mejoras en eficiencia energética, cambios en la población, sustitución de fuentes de energía, la tasa de urbanización, número de viviendas ocupadas, sus integrantes, tamaño y tipo de la vivienda, características y perfil de antigüedad, nivel de ingresos, preferencia de los consumidores y comportamiento, disponibilidad de acceso a servicios energéticos, la ubicación y condiciones climáticas, y el uso de equipos y electrodomésticos.

privado según su actividad económica, y las estadísticas del sector transporte, especialmente en la información sobre las características y recorridos típicos del parque vehicular por categoría, tipo de combustible usado y entidad federativa.

Otra consideración de gran relevancia es la necesidad de mejorar las metodologías de integración, así como la información que se encuentra publicada en el Balance Nacional de Energía (BNE) de la SENER. En general, todos los sectores tienen áreas de oportunidad considerables. Sin embargo, se recomienda poner énfasis en el sector industrial, por su representatividad en el consumo de energía. Este sector presenta un reto importante, ya que es necesario llevar a cabo un trabajo exhaustivo para detallar el origen y destino de las cantidades de energía que se consumen en cada uno de los subsectores industriales, y desagregar en más detalle el consumo de la categoría “Otras ramas”.

Por otra parte, es necesario mejorar la coordinación de las estadísticas del sector industrial entre la SENER y SEMARNAT, ya que esta última y el INEGI han desarrollado un instrumento de captación de información del sector industrial muy completo conocido como la Cédula de Operación Anual (COA), que recibe estadísticas directas del sector industrial. Durante la recolección de datos, la CONUEE recibió insumos de las cámaras y asociaciones del sector industrial que sugieren algunas diferencias con las estadísticas oficiales plasmadas en el BNE.

Otra área de oportunidad del BNE es la desagregación de los consumos de electricidad que pertenecen al sector edificios comerciales y públicos, evitando considerarlos dentro de la categoría “Otras ramas” del sector industrial, como sucede hoy en día. De igual manera, a nivel fuente de energía, existen áreas de oportunidad en la cuantificación de los combustibles alternativos y la biomasa. Esto se podría mejorar a través de gestiones institucionales.

Entre otras oportunidades de mejora del BNE, se recomienda actualizar la estimación de la contabilización del uso de biomasa en el sector residencial. Las encuestas del INEGI muestran un incremento en el uso de esta fuente al menos en los últimos seis años, en tanto el BNE señala una disminución progresiva en el mismo período. La experiencia de centros de investigación y universidades podría ser muy valiosa. Por tratarse del segundo energético de mayor uso en el sector residencial de México, es muy importante mejorar sus estimaciones.

Uno de los retos más relevantes consiste en identificar las fuentes de información necesarias para el análisis de los indicadores en cada sector. Las secretarías de Estado cuentan con sistemas de información detallados, sin embargo, en ocasiones el mismo concepto es abordado de manera diferente según cada secretaría. En el caso del sector agropecuario, la producción agrícola que publica la SAGARPA en los informes de Gobierno es la producción de los cultivos más importantes en cuanto a valor agregado, que no necesariamente corresponde al total reportado en su sistema de información.

Otro ejemplo es el parque vehicular a nivel nacional, que puede obtenerse de tres fuentes con cifras y clasificaciones diferentes. En este sentido, armonizar estas estadísticas entre el INEGI y la SENER será de mucha utilidad para desarrollar un análisis más detallado y consistente del transporte, sector que tiene la mayor participación en el consumo de energía y en las emisiones de GEI.

En la medida que mejore la coordinación institucional, y la homologación de conceptos no solo se podrán manejar estadísticas y datos consistentes para el monitoreo de políticas públicas, sino que se reducirán tiempos de búsqueda y los tomadores de decisiones, académicos y toda persona interesada en la eficiencia energética y el desarrollo sustentable, podrán realizar análisis con la misma base estadística.

## C. Impacto en obligaciones de la CONUEE

Finalmente, la realización y conclusión de este primer *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México* representó un esfuerzo coordinado entre la ADEME, la CEPAL, la CONUEE y ENERDATA. En general, el desarrollo del proyecto BIEE que dio origen a este informe también permitió a la CONUEE alcanzar diferentes objetivos institucionales, tales como:

- i) cumplir con sus atribuciones establecidas en la LTE, en materia de dar a conocer indicadores de eficiencia energética por sector de consumo;
- ii) establecer un sistema de indicadores de eficiencia energética en todos los sectores de consumo de la energía, con herramientas de fácil acceso y actualización;
- iii) establecer y robustecer vínculos institucionales con agencias de cooperación internacional, cámaras y asociaciones privadas, universidades, institutos de investigación y otras instituciones del Gobierno federal, con el objetivo de intercambiar estadísticas de interés común;
- iv) desarrollar recursos humanos capacitados para dar seguimiento a indicadores de eficiencia energética en distintos sectores, aplicando las metodologías de cálculo más avanzadas en el mundo, y
- v) apoyar a la SENER durante los procesos de evaluación para la adhesión de México a la Agencia Internacional de Energía, en materia de indicadores de eficiencia energética; así como en el cumplimiento de las obligaciones con este organismo internacional en los temas de uso eficiente de la energía.

Por lo anterior, se recomienda consolidar y robustecer las áreas dedicadas a las estadísticas enfocadas hacia la evaluación de impactos de políticas y acciones de eficiencia energética en la CONUEE, dar continuidad a los trabajos en materia de indicadores de eficiencia energética y fortalecer la difusión de los resultados.

## Bibliografía

- Banco de México, “Indicadores básicos de crédito automotriz”, varios años [en línea] <<http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/publicaciones/indicadores-basicos-de-creditos-automotrices-/indicadores-basicos-credito-a.html>>.
- CEFP (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas) (2017), *Boletín del sector industrial: la industria automotriz en México y el tratado de libre comercio con América del Norte (TLCAN)*, Cámara de Diputados.
- \_\_\_\_\_ (2016), “Boletín de la actividad industrial”, Cámara de Diputados, LXIII Legislatura [en línea] <<http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/boleco/2016/becefp0202016.pdf>>.
- Centro Mario Molina (2014), “Evaluación del Programa Hoy No Circula” [en línea]. <[http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2014/06/RE\\_HNC\\_20141.pdf](http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2014/06/RE_HNC_20141.pdf)>.
- \_\_\_\_\_ (2008), *Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en el sector papel y celulosa. Apoyo en el desarrollo del reporte de impactos económicos del cambio climático en México*.
- Colmex (Colegio de México) (2010), “Los grandes problemas de México. Crecimiento económico y equidad” [en línea] <<http://2010.colmex.mx/publicaciones.html>>.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2016a), “Comunicación sobre participación de México en el Proyecto Agua y Energía de KAPSARC”.
- \_\_\_\_\_ (2016b), *Estadísticas del agua en México*, [en línea], México, <[http://201.116.60.25/publicaciones/eam\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/eam_2016.pdf)>.
- \_\_\_\_\_ (2014), *Estadísticas del agua en México*, [en línea], México, <<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>>.
- \_\_\_\_\_ (2009), *Ahorro y uso eficiente de energía eléctrica*.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 42.
- CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) (2018), “Análisis del impacto de las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética en el ingreso-gasto del sector residencial de México a partir de datos de INEGI (1990-2016)”, *Cuadernos de la CONUEE*, N° 9 [en línea] <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/305108/cuadernoNo9.pdf>>.
- \_\_\_\_\_ (2016), “Normas oficiales mexicanas de eficiencia energética. Balance 2016” [en línea] <[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/291917/NOM-ENER-\\_-Balance-2016-VF-\\_-25enero2018-\\_-OdeB\\_-modificado-NM\\_\\_J\\_A-REV\\_JL\\_compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/291917/NOM-ENER-_-Balance-2016-VF-_-25enero2018-_-OdeB_-modificado-NM__J_A-REV_JL_compressed.pdf)>.
- \_\_\_\_\_ (2014), “Normas oficiales mexicanas de eficiencia energética. Balance al 2013”, [en línea] <[http://www.conuee.gob.mx/pdfs/nomrevsusanaga\\_1.pdf](http://www.conuee.gob.mx/pdfs/nomrevsusanaga_1.pdf)>.
- De Buen Rodríguez, Odón (2018), “Energía y edificaciones nacionales en México: importancia y políticas públicas presentes y futuras”; *Cuadernos de la CONUEE*, N° 10 [en línea] <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/307750/cuadernoNo.10.pdf>>.
- \_\_\_\_\_ (2011), “Eficacia Institucional de los programas nacionales de eficiencia energética: Los casos del Brasil, Chile, México y el Uruguay, Cap. III Caso Nacional: México”, serie *Recursos naturales e infraestructura*, CEPAL.
- \_\_\_\_\_ (2003), *Strategy for Energy Efficiency Actions in the Mexican Industrial Sector: The Pemex Experience*; American Council for an Energy-Efficient Economy.

- \_\_\_\_\_ (1995), “Desarrollo y lecciones del primer proyecto mayor de ahorro de energía en México”, ILUMEX [en línea] <<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/odon.html>>.
- Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP (2009), *Guía para organismos operadores: agua potable, alcantarillado y saneamiento*, Agua.org.mx-Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., México.
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2017), “Quinto informe de gobierno 2016-2017. Anexo Estadístico”, Presidencia de la República [en línea] <[http://framework-gb.cdn.gob.mx/quintoinforme/5IG\\_ANEXO\\_FINAL\\_TGM\\_250818.pdf](http://framework-gb.cdn.gob.mx/quintoinforme/5IG_ANEXO_FINAL_TGM_250818.pdf)>.
- IEA (International Energy Agency Energy) (2014), “Efficiency indicators: fundamentals on statistics” [en línea] <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA\\_EnergyEfficiencyIndicatorsFundamentalsOnStatistics.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA_EnergyEfficiencyIndicatorsFundamentalsOnStatistics.pdf)>.
- INECC/PNUD-México/MGM Innova (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/ MGM Innova) (2012), *Estudio del impacto de medidas y políticas de eficiencia energética en los sectores de consumo, sobre el balance de energía y sobre los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero en el corto y mediano plazo*.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), “Estadísticas del PIB y Cuentas Nacionales” [en línea] <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/>>.
- \_\_\_\_\_ (varios años), “Base de Información Económica (BIE)” [en línea] <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>.
- \_\_\_\_\_ (2013), “Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuenta de bienes y servicios. Año base 2013”, *serie (detallada) 2003-2016*.
- IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) (2016), *Estadísticas del sector transporte*.
- IMT (Instituto Mexicano del Transporte) (varios años), *Evaluación reciente de algunos indicadores operativos y de eficiencia del ferrocarril mexicano*.
- Mella, José María y Alfonso Mercado, “La economía agropecuaria mexicana y el TLCAN” [en línea] <<http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/89/1/Mella-Mercado.pdf>>.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación), “Acuerdo por el que se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía”, *Diario Oficial de la Federación* [en línea] <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4829474&fecha=28/09/1989](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4829474&fecha=28/09/1989)>.
- \_\_\_\_\_ “Decreto por el que se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía como órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía” [en línea] <<http://www.dof.gob.mx/index.php?year=1999&month=09&day=20>>.
- México (2002), *Ley de energía para el campo*, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 30 de diciembre [última reforma publicada DOF 28 de diciembre de 2012].
- \_\_\_\_\_ (1983), *Ley de planeación*, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 5 de enero [última reforma publicada DOF 16 de febrero de 2018].
- \_\_\_\_\_ (2015), *Ley de transición energética y su reglamento*, Artículo 27, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 24 de diciembre.
- \_\_\_\_\_ (1992), *Ley federal sobre metrología y normalización*, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 1 de julio [última reforma publicada DOF 30 de abril de 2009].
- \_\_\_\_\_ (2008), *Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía (LASE)*, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 28 de noviembre.
- \_\_\_\_\_ (2008), *Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía de México*, Artículo 18, Fracciones III y IV, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 28 de noviembre.
- México, RES/1838/2016, “Resolución de la CRE por la que se expiden las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia y establecen la metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustible en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica” [en línea] <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5466651](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5466651)>.
- \_\_\_\_\_ , RES/206/2014, “Resolución por la que se modifica la diversa por el que se emitió la metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la *cogeneración eficiente*” en línea <[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5348183](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5348183)>.
- \_\_\_\_\_ , RES/291/2012 Resolución por la que la CRE expide las disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de Cogeneración Eficiente en: <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5270224&fecha=26/09/2012](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5270224&fecha=26/09/2012)>.

- \_\_\_\_\_, RES/003/2011, “Resolución por la que la CRE expide la metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la Cogeneración Eficiente” [en línea] <[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5178907&fecha=22/02/2011](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5178907&fecha=22/02/2011)>.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2016), “Cuarto informe de labores de la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2015-2016” [en línea] <[http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/POT\\_2016/Informe/CuartoInformeDeLabores\\_SAGARPA.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/POT_2016/Informe/CuartoInformeDeLabores_SAGARPA.pdf)>.
- SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) (2017), *Informe de labores 2015-2016*.
- \_\_\_\_\_, (varios años), *Prontuario del servicio de transporte marítimo regular entre México y el mundo*, Dirección General de Marina Mercante.
- SEDATU (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano), Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Estrategia Nacional de Movilidad Urbana Sustentable.
- SEDESOL/ONU-HABITAT (Secretaría de Desarrollo Social/Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos) (2011), “Desarrollo urbano de México durante el siglo XX”, *Estado de las ciudades de México*.
- SENER (Secretaría de Energía) (varios años), *Sistema de Información Energética (SIE)*
- \_\_\_\_\_, (2015), “Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2015-2029” [en línea] <[http://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2015/PRODESEN\\_2015-2029.pdf](http://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2015/PRODESEN_2015-2029.pdf)>.
- \_\_\_\_\_, (2013), *Informe cero, Fondo de Sustentabilidad Energética*.
- SENER/CINAM (Secretaría de Energía/Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C.) (2014), *El agua en la industria energética mexicana*.
- Treviño Gaspari, Mateo y Guillermo Fernández de la Garza (1994), “El sector eléctrico de México”, *Uso eficiente de la energía eléctrica*, México, Fondo de Cultura Económica.



## Abreviaturas

<b>ACEEE</b>	American Council for an Energy-Efficient Economy
<b>ADEME</b>	Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía
<b>AFD</b>	Agencia Francesa de Desarrollo
<b>AMIA</b>	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz
<b>ANES</b>	Asociación Nacional de Energía Solar
<b>ANIQ</b>	Asociación Nacional de la Industria Química
<b>ARPEL</b>	Asociación Regional de Empresas del Sector Petrolero, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe
<b>ASA</b>	Aeropuertos y Servicios Auxiliares
<b>BEA</b>	Bureau of Economic Analysis
<b>BIEE</b>	Base de Indicadores de Eficiencia Energética
<b>BNE</b>	Balance Nacional de Energía
<b>CAMIMEX</b>	Cámara Minera de México
<b>CANACEM</b>	Cámara Nacional del Cemento
<b>CANACERO</b>	Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero
<b>CEFP</b>	Centro de Estudios de las Finanzas Públicas
<b>CEL</b>	Certificados de Energía Limpia
<b>CENAM</b>	Centro Nacional de Metrología
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CNIAA</b>	Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica
<b>CNICP</b>	Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel

<b>CONAGUA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>CONAPO</b>	Consejo Nacional de Población
<b>CONAVI</b>	Comisión Nacional de Vivienda
<b>CONUEE</b>	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
<b>CPG</b>	Centros Procesadores de Gas
<b>CRE</b>	Comisión Reguladora de Energía
<b>ENA</b>	Encuesta Nacional Agropecuaria
<b>ENGASTO</b>	Encuesta Nacional de Gasto de los Hogares
<b>ENH</b>	Encuesta Nacional de los Hogares
<b>ENIGH</b>	Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares
<b>ENUT</b>	Encuesta Nacional sobre el Uso del Tiempo
<b>ENVI</b>	Encuesta Nacional de Vivienda
<b>EU</b>	Estados Unidos de América
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FOVISSSTE</b>	Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
<b>Gas LP</b>	Gas Licuado de Petróleo
<b>GIZ</b>	Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo
<b>GNC</b>	Gas Natural Comprimido
<b>GNL</b>	Gas Natural Licuado
<b>IMP</b>	Instituto Mexicano del Petróleo
<b>IMT</b>	Instituto Mexicano del Transporte
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>INFONAVIT</b>	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
<b>IPIECA</b>	Asociación Mundial del Sector del Petróleo y el Gas
<b>LAN</b>	Ley de Aguas Nacionales
<b>LASE</b>	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
<b>LFD</b>	Ley Federal de Derechos
<b>LIE</b>	Ley de la Industria Eléctrica
<b>LSPEE</b>	Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica
<b>LTE</b>	Ley de Transición Energética
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos
<b>PIB</b>	Producto interno bruto

<b>PIE</b>	Producción Independiente de Energía
<b>PNH</b>	Programa Nacional Hídrico
<b>PROFECO</b>	Procuraduría Federal del Consumidor
<b>RHA</b>	Regiones Hidrológico Administrativas
<b>RUV</b>	Registro Único de Vivienda
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
<b>SALUD</b>	Secretaría de Salud
<b>SCIAN</b>	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SECTUR</b>	Secretaría de Turismo
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SEN</b>	Sistema Eléctrico Nacional
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SEP</b>	Secretaría de Educación Pública
<b>SHF</b>	Sociedad Hipotecaria Federal
<b>SIACON</b>	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
<b>SIAP</b>	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
<b>SIE</b>	Sistema de Información Energética
<b>SINA</b>	Sistema Nacional de Información del Agua
<b>SNIARN</b>	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales
<b>SNR</b>	Sistema Nacional de Refinación
<b>SUN</b>	Sistema Urbano Nacional
<b>TLCAN</b>	Tratado de Libre Comercio de América del Norte

El Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México fue preparado como parte de las actividades llevadas a cabo por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) de México en el marco del Programa Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE), coordinado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con la contribución de la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) y el apoyo técnico de la Agencia Francesa del Medio Ambiente y la Gestión de la Energía (ADEME).

Este informe presenta una serie de indicadores que muestran la evolución de la eficiencia energética en México. Analiza las tendencias del consumo de energía y de las medidas de eficiencia energética a nivel nacional para los sectores energético, industrial, transporte, comercial-servicios, residencial y agropecuario, además del nexo entre agua y energía. Los indicadores propuestos por el programa BIEE constituyen una herramienta útil para el monitoreo de los programas y el análisis de políticas de eficiencia energética.