

# Hoja de Ruta para acelerar el despliegue de la energía solar térmica en México



México, D.F., noviembre del 2016

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México” el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la Comisión Nacional de Eficiencia Energética y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Instituciones editoras por ej.: GIZ

Hoja de Ruta para acelerar el despliegue de la energía solar térmica en México, México, D.F., noviembre de 2016.

Edición y Supervisión: Santiago Mata, Hermilio Ortega, Humberto Muñoz  
Autor(es): Alberto Valdés Palacios y Álvaro Lentz Herrera  
Diseño: GIZ México

© Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)  
Av. Revolución 1877, Col. Barrio de Loreto  
Del. Álvaro Obregón, Ciudad de México, C.P. 01090  
[www.conuee.gob.mx](http://www.conuee.gob.mx)  
T +52 3000 1000

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)

Oficina de Representación de la GIZ en México  
Torre Hemicor, Piso PH  
Av. Insurgentes Sur No. 826  
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez  
C.P. 03100, México, D.F.  
T +52 55 55 36 23 44  
F +52 55 55 36 23 44  
E [giz-mexiko@giz.de](mailto:giz-mexiko@giz.de)  
[www.giz.de](http://www.giz.de) / [www.giz.de/mexico](http://www.giz.de/mexico)

## Tabla de Contenido

<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>15</b>
<b>1 Análisis del estado actual de la energía solar térmica a nivel internacional .....</b>	<b>20</b>
1.1 Visión general de la capacidad instalada en operación en 2014.....	20
1.2 Estado de la energía solar térmica en México en el contexto internacional .....	24
1.3 Contribución de la energía solar en la reducción de CO <sub>2</sub> .....	24
1.4 Tecnologías para el calentamiento solar de agua. ....	25
1.4.1 Colectores solares de agua sin cubierta .....	25
1.4.2 Colectores solares de agua de placa plana con cubierta .....	26
1.4.3 Colectores solares de agua de vacío o tubos evacuados .....	26
1.4.4 Régimen de circulación .....	26
1.4.4.1 Convección forzada .....	26
1.4.4.2 Convección natural .....	26
1.4.5 Resumen de tecnologías de baja temperatura .....	27
1.5 Tecnologías para el uso de la energía solar térmica en media y alta temperatura.	30
1.6 Situación del calentamiento solar de agua en algunos países.....	32
1.6.1 Panorama del calentamiento solar de agua en China.....	32
1.6.2 Panorama del calentamiento solar de agua en España.....	33
1.6.3 Panorama del calentamiento solar de agua en Brasil.....	35
<b>2 Situación del desarrollo y políticas de la energía solar térmica en México.....</b>	<b>39</b>
2.1 Procalsol .....	39
2.1.1 Objetivos del programa (Procalsol 2007).....	40
2.1.2 Resultados del programa Procalsol.....	40
2.2 Hipoteca Verde y 25,000 Techos solares .....	42
2.2.1 Hipoteca verde .....	42
2.2.2 25,000 Techos Solares.....	43
2.3 Resultados Hipoteca Verde y 25,000 Techos Solares.....	43
<b>3 Retos y oportunidades que plantea el nuevo marco legal.....</b>	<b>45</b>
3.1 Ley General de Cambio Climático .....	45
3.2 Ley de Transición Energética .....	47
3.2.1 Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios.....	48
3.2.1.1 Regulaciones y Política Pública .....	48

3.2.1.2	Capacidades Técnicas y recursos humanos.....	48
3.2.1.3	Instituciones.....	48
3.2.1.4	Mercados y financiamiento .....	48
3.2.1.5	Investigación, desarrollo e innovación .....	48
3.3	Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energía Renovables 2014-2018.....	49
3.3.1	Estrategia 5.2 del PEAER 2013-2018.....	49
	Impulsar el aprovechamiento térmico de pequeña y gran escala. ....	49
3.4	Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética (PEFRHME) .....	50
3.5	Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía .....	51
3.6	Consejo de Calentamiento Solar de Agua en México 2014-2018.....	51
3.7	Instrumentos económicos.....	52
3.7.1	Fondo Sectorial Sener-Conacyt de Sustentabilidad Energética (FSE).....	52
3.7.2	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) .....	52
3.7.3	Política de fortalecimiento de cadenas de valor (Nivelación de costos) .....	53
3.8	Políticas públicas .....	53
3.9	Instrumentos de planeación .....	54
3.10	Diseño de instrumentos de planeación estratégicos bajo el nuevo marco legal.....	55
<b>4</b>	<b>Consumo de energía en su forma final en México y perspectiva.....</b>	<b>56</b>
4.1	Consumo final de energía por sector.....	56
4.2	Consumo final de energía por energético.....	57
4.3	Consumo de energéticos para la generación eléctrica. ....	58
4.4	Consumo de energía en los sectores residencial, comercial e industrial .....	60
4.5	Distribución del consumo de energía en el sector residencial .....	62
4.6	Instrumentos de planeación y perspectiva para el 2029 .....	65
4.6.1	Solar Thermal para México de REmap 2030. ....	66
4.6.2	Sector industrial.....	66
4.6.3	Sector edificación. ....	66
<b>5</b>	<b>Potencial técnico económico para el uso de la energía solar térmica.....</b>	<b>69</b>
5.1	Potencial de la energía solar térmica en México .....	69
5.1.1	Sector residencial.....	70
5.1.2	Sector industrial.....	73

5.1.3	Sector comercial y de servicios .....	80
5.1.4	Sector agropecuario .....	83
5.2	Capacidad instalada de calentadores solares de agua y volumen potencial del mercado al año 2030.....	84
5.3	Volumen potencial del mercado de calentadores solares de agua al año 2030.....	85
5.4	Principales actores en el tema de calentamiento solar de agua .....	86
5.4.1	Organismos gubernamentales.....	86
5.4.2	Entidades certificadoras .....	88
5.4.3	Asociaciones .....	88
5.4.4	Cámaras industriales.....	89
5.4.5	Instituciones educativas .....	89
5.4.6	Organismos internacionales .....	90
<b>6</b>	<b>Barreras y líneas de acción para impulsar la energía solar térmica .....</b>	<b>91</b>
6.1	Jerarquización de las barreras .....	99
6.1.1	Existencia muy limitada de técnicos capacitados .....	99
6.1.2	Altas tasa de interés y limitado acceso al financiamiento.....	99
6.1.3	Desconocimiento de la tecnología .....	99
6.1.4	Costo inicial alto .....	99
6.1.5	Fallas en las medidas de promoción, difusión y sensibilización de los posibles usuarios.....	100
6.1.6	Inexistencia de normas técnicas adecuadas con el marco normativo internacional.....	100
6.1.7	Medidas implementadas para mejorar deficiencias en la calidad de instalaciones.....	100
6.1.8	Desarrollo de mercado .....	100
6.1.9	Medidas para mejorar deficiencias de la calidad de equipos .....	100
6.1.10	Complejidad para emprender e innovar.....	100
6.2	Líneas de acción.....	101
6.2.1	Programa de capacitación y certificación de técnicos.....	102
6.3	Instrumentos de fomento.....	102
<b>7</b>	<b>Identificación de sectores y subsectores prioritarios e instrumentos de fomento más adecuados .....</b>	<b>105</b>
7.1	Identificación de instrumentos de fomento.....	113
7.1.1	Instrumentos económicos.....	113
7.1.2	Instrumentos regulatorios .....	115
7.1.3	Normas para los sistemas de CSA .....	117

<b>8 Hoja de Ruta</b> .....	<b>119</b>
8.1 Políticas para acelerar la energía renovable .....	121
8.1.1 Planificación de rutas y escenarios de transición:.....	121
8.1.2 Creación de un entorno empresarial propicio: .....	121
8.1.3 Asegurar la integración de las diferentes tecnologías de CSA en los diferentes sectores .....	122
8.1.4 Gestión difusión y conocimiento: .....	122
8.1.5 Fomento de la innovación:.....	123
8.1.6 Infraestructura de la calidad y capacitación .....	123
<b>9 Evaluación de la rentabilidad y beneficios</b> .....	<b>125</b>
9.1 Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas.....	125
9.2 Ahorro de subsidios.....	126
9.3 Ahorro económico para usuarios finales.....	127
<b>10 Referencias</b> .....	<b>130</b>

### Lista de Tablas

Tabla 1.1. Comparación entre las tecnologías de colectores solares planos. Fuente ICA- Procobre .....	28
Tabla 3.1. Ahorro de emisiones de carbono negro comprometido por el gobierno mexicano al 2030. ....	46
Tabla 4.1. Asignación de proyectos de generación eléctrica con energías limpias en la primera subasta del mercado eléctrico mayorista en México. Fuente: Energía a Debate. ....	59
Tabla 5.1. Escenarios de penetración de calentamiento solar en el sector doméstico. Fuente: Elaboración propia. ....	72
Tabla 5.2. Fracción de consumo de energía en forma de calor industrial según nivel de temperatura.....	76
Tabla 6.1. Barreras identificadas por diferentes actores, para el desarrollo del mercado de colectores solares de agua en México. ....	97
Tabla 6.2. Líneas de acción y directrices para cada tipo de barrera en el desarrollo de tecnologías de calentamiento de agua en México. ....	98
Tabla 7.1. Calificaciones y factores de peso de los indicadores considerados para el potencial de los calentadores solares.....	107
Tabla 7.2. Análisis de sensibilidad mediante ponderación de indicadores para el potencial de los CSA en el sector doméstico.....	108
Tabla 7.3. Disponibilidad de calentador de agua y calentador solar en las entidades federativas de México. Fuente INEGI 2015. ....	110

Tabla 7.4. Acciones de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios. ....	115
Tabla 9.1. Factores de emisión de CO <sub>2e</sub> para diferentes hidrocarburos.....	125
Tabla 9.2. Emisiones evitadas anuales de 2015 a 2030 .....	125
Tabla 9.3. Potencial de ahorro económico anual conforme a la sustitución de combustibles por los CSA al 2030. ....	128
Tabla 9.4. Tiempo de recuperación de inversión para los SCA en diferentes sectores...	128

## Lista de Figuras

Figura 1.1. Partición de la capacidad instalada en operación en 2014 por región económica (colectores con y sin cubierta).....	20
Figura 1.2. Distribución de la capacidad total instalada mundial por tipo de colector en 2014. ....	21
Figura 1.3. Distribución de la capacidad instalada total en operación en Europa en el año 2014.....	22
Figura 1.4. Los 10 primeros países en la capacidad acumulada instada en colectores solares de agua (MW <sub>t</sub> ) .....	23
<b>Figura 1.5.</b> Los 10 primeros países en la capacidad acumulada instada per cápita en funcionamiento de colectores de agua por cada 1,000 habitantes (MW <sub>t</sub> ).....	24
Figura 1.6. Participación de los ahorros de energía y reducción de CO <sub>2</sub> mundial por tipo de aplicación de los colectores con vidrio en operación en 2014. Fuente Mauthner,.....	25
Figura 3.1. Escenario de línea base vs ruta de compromisos no condicionados. ....	47
Figura 4.1. Consumo final de energía por sector al 2014 (PJ). Fuente: Sener.....	57
Figura 4.2. Consumo final de energía para 2014 según tipo de energético, en PJ Fuente: Sener. ....	58
Figura 4.3. Composición en energéticos primarios de la electricidad consumida en usos finales, en PJ. Fuente: Sener.....	59
Figura 4.4. Consumo de energía en el sector residencial en 2014 (PJ).. Fuente: Sener...	61
Figura 4.5. Consumo de energía en el sector comercial en 2014 (PJ). Fuente Sener .....	61
Figura 4.6. Consumo de energía en el sector industrial en 2014 (PJ). Fuente: Sener .....	62
Figura 4.7. Distribución de consumo energético en el hogar.Fuente Sener. ....	63
Figura 4.8. Evolución de precios de los principales hidrocarburos utilizados en el sector industrial en México, (USD/GJ). Fuente: Elaboración propia con datos de Pemex. ....	64
Figura 5.1. Consumo de energía per cápita (GJ por habitante) en México. Fuente: Sener .....	69

Figura 5.2. Crecimiento poblacional en México, fuente INEGI. ....	70
Figura 7.1. Principales sectores susceptibles de alojar Sistemas Solares de Calentamiento. Fuente: Elaboración propia, proyección sobre datos de SENER.....	105
Figura 7.2. Evaluación del potencial de los CSA en el sector doméstico, valores ponderados y porcentaje de hogares con CSA instalados. ....	112
Figura 7.3. Porcentaje de ahorro en un hogar con un calentador solar.....	113
Figura 8.1. Mercado potencial del calor de proceso con energía solar para el 2030.....	120
Figura 8.2. Precio mensual de la energía en un hogar, en moneda nacional.....	124



### Listado de Abreviaturas

ABRAVA	Asociación Brasileña de Refrigeración, Aire Acondicionado, Calefacción y Ventilación
ANCE	Asociación de Normalización y Certificación
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
ANFAD	Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos, A. C.
ASIT	Asociación Solar de la Industria Térmica
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior S.N.C.
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.
BIS	Bureau of Indian Standards
BMU	Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
BNE	Balance Nacional de Energía
CAMEXA	Cámara Alemana-Mexicana de Comercio
CANACINTRA	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CANADEVI	Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda
CC. AA	Comunidades Autónomas
CENELEC	Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica
CEA	Calentadores Eléctricos de Agua
CEDR	Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (China)
CEL	Certificados de Energías Limpias
CEMIE-SOL	Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEN	Comité Europeo de Normalización
CENELEC	Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CGA	Calentadores a Gas de Agua
CIDAC	Centro de Investigación para el Desarrollo A.C.

CINVESTAV	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CND	Contribuciones Nacionalmente Determinadas
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONAPO	Consejo Nacional de Población y Vivienda
CONOCER	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COPANT	Comisión Panamericana de Normas Técnicas
CPC	Concentrador Parabólico Compuesto
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CSA	Calentador Solar de Agua
CSPI	Calor Solar para Procesos Industriales
CTE	Código Técnico de Edificación
DAC	Tarifa Eléctrica Doméstica de Alto Consumo
DASOL	Departamento Nacional de Energía Solar (Brasil)
DOF	Diario Oficial de la Federación
DTESTV	Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda
ENE	Estrategia Nacional de Energía 2013-2027
ENTEASE	Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía
EPDM	Terpolímero Etileno Propileno (Dieno)
ESTIF	Federación Europea de la Industria Solar Térmica
FAMERAC	Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables A. C.
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
FOTEASE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

FSE	Fondo Sectorial SENER-CONACyT de Sustentabilidad Energética
GDF	Gobierno del Distrito Federal
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GmbH
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNC	Gas Natural Comprimido
GNV	Gas Natural Vehicular
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica Alemana
HIS	Programas de Vivienda de Interés Social (Brasil)
IAF	International Accreditation Forum
IC	Infraestructura de Calidad
IEA	Agencia Internacional de la Energía
IER - UNAM	Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México
IIDEREE	Laboratorio del Instituto de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables y Eficiencia Energética
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
INMETRO	Instituto Nacional de Metrología (Brasil)
IRENA	International Renewable Energy Agency
ISO	International Organization for Standardization
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LTI	Ley de Transición Energética

MENA	Middle East and North Africa
MEXOLAB	Laboratorio Mexicano de Pruebas Solares
MNRE	Ministry for New and Renewable Energies (India)
NAFINSA	Nacional Financiera
NESO 13	Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar
NOM	Norma Oficial Mexicana
NORMEX	Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación
NTCL	Norma Técnica de Competencia Laboral
OCP	Organismo de Certificación de Productos
ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
PBE	Programa Brasileño de Etiquetado
PEAER	Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables
PEF	Presupuesto de Egresos de la Federación
PEFRHME	Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PERA	Programa de Energía renovable para la Agricultura
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Medio Ambiente
PROCALSOL	Programa de Promoción de Calentadores Solares
PROCOBRE	International Copper Association
PRODIAT	Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología
PROSENER	Programa Sectorial de Energía 2013-2018
PROSOL	Programa para la Promoción, Desarrollo e Implementación de las Energías Renovables de Calidad de la Agencia Andaluza de la Energía (España)

PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PyMEs	Pequeñas y Medianas Empresas
RCEREEE	Centro Regional de Energía Renovable y de Eficiencia Energética (SCHAMCI)
REN21	Red Política de Energías Renovables para el Siglo 21
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAT	Sistema de Administración Tributaria
SCHAMCI	Solar Heating Arab Mark and Certification Initiative
SCP	Concentrador de Canal Parabólico
SE	Secretaría de Economía
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEDUVI	Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Distrito Federal
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SHC	Solar Heating and Cooling Programme
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SHF	Sociedad Hipotecaria Federal
SK	Solar Keymark
SMN	Sistema Meteorológico Nacional
SST	Sistemas Solares Térmicos
UAG	Universidad Autónoma de Guadalajara
UdC	Unidad de Coordinación

**Tipo de Cambio Usado en el Estudio**

1 MXN	=	0.048 Euro	=	0.053 US\$
1 Euro	=	1.10 US\$	=	20.87 \$ MXN
1 US\$	=	0.91 Euro	=	18.95\$ MXN

Fuente: Tipos de cambio para revalorización de Balance del Banco de México al 1° de octubre de 2016

## Resumen Ejecutivo

### Antecedentes:

El aprovechamiento de la energía solar, en su modalidad de calentamiento de fluidos, y específicamente de agua, es un tema que ya se identifica con un amplio potencial en el mercado energético mexicano. A partir de los primeros años de este siglo, específicamente desde el 2005 se comenzaron los trabajos para la creación de una norma voluntaria para el aprovechamiento de la energía solar en establecimientos comerciales que para su operación y servicio requiriesen agua caliente (norma NADF-008-AMBT-2005); asimismo para el 2007 el gobierno mexicano a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (ahora CONUEE) con la asistencia de la GIZ, estableció el Programa de la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol). Paralelamente se comenzaron a elaborar las Normas Mexicanas NMX para asegurar la calidad de los colectores solares, los sistemas de calentamiento y las instalaciones, pretendiendo con esto dar mayor certidumbre a este mercado emergente ampliamente potencializado por el programa Procalsol, mismo que tuvo como objetivo llegar a 1.8 millones de metros cuadrados instalados de calentadores solares de agua en el territorio mexicano para el año 2012.

Dadas las condiciones del país y los escasos actores gubernamentales que contaban con programas de promoción para la energía solar térmica, el Procalsol se enfocó fuertemente en el desarrollo de mecanismos financieros y de garantía de calidad en el sector de la vivienda social, como es el Programa Hipoteca Verde. Con el apoyo financiero de la GIZ, a través del Proyecto 25,000 Techos Solares para México, se subsidiaron 19 mil calentadores solares entre los años 2009 a 2012, y contribuyó a que el INFONAVIT promoviera la instalación de más de 200 mil calentadores solares termo-sifónicos en viviendas nuevas y usadas<sup>1</sup>.

Para la realización de estas actividades la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ) ha desempeñado un papel muy importante promoviendo, financiando y realizando programas para el uso de los Calentadores Solares de Agua (CSA). Dentro de las grandes líneas de acción del Procalsol: a) Regulación, b) Incentivos económicos a usuarios, c) Fortalecimiento de la oferta, d) Información y e) Gestión, destacan las aportaciones para el desarrollo de un marco normativo basado en estándares nacionales e internacionales, para lo cual GIZ gestionó la visita de expertos internacionales como al Dr. Harald Drück, Presidente del Solar Keymark Network e investigador de la universidad de Stuttgart, también promovió la creación de la iniciativa Labsolmex para el fortalecimiento de la infraestructura de calidad para los calentadores solares de agua y la realización de diversos talleres para el desarrollo de la normatividad de los CSA.

Por otra parte, los compromisos internacionales adquiridos por México en materia de medio ambiente y energía sustentable abren una nueva perspectiva para el aprovechamiento de los CSA. No obstante, la nueva regulación del sector energético mexicano está fuertemente orientada hacia los hidrocarburos y al mercado eléctrico, promoviendo la manera de introducir energías y combustibles más limpios, conservando la competitividad industrial y las tarifas accesibles para la población en general. En los documentos estratégicos es notoria la ausencia de programas para la promoción de los sistemas de calentamiento solar, aun cuando el tema del calor es fundamental en todos los sectores energéticos, basta con observar el Balance Nacional de Energía para comprender que el consumo de energía eléctrica ocupa solamente un 18% en

---

<sup>1</sup> GIZ, 2015, Lecciones aprendidas y mejores prácticas del Proyecto 25,000 Techos Solares para México

usos finales<sup>2</sup> y es precisamente hacia donde se han enfocado las principales regulaciones para la generación de energía. Considerando que el sector automotriz es responsable del 46% del consumo de energía en su forma final, entonces queda un 36% del consumo total de energía distribuido entre los sectores doméstico, comercial, servicios, industrial y agroindustrial.

Surge entonces la necesidad de integrar a la tecnología solar explícitamente sobre la generación de calor en los planes y programas de los diversos sectores de la economía nacional. Para ello es necesario establecer una ruta crítica que permita el desarrollo sólido y sostenible de los CSA.

### Objetivo y alcance:

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar una Hoja de Ruta para acelerar el despliegue de la energía solar térmica en México para los diferentes sectores de consumo final de energía, considerando aspectos energéticos, económicos, ambientales y sociales.

Asimismo, se pretende presentar metas claras para reducir la dependencia del país de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía, con una contribución estratégica de la energía solar térmica en sectores prioritarios, que pudieran ser integradas a los nuevos instrumentos de planeación previstos en la Ley de Transición Energética y armonizadas con las recomendaciones internacionales.

### Metodología:

El presente estudio presenta el estado actual del uso de la energía solar térmica a nivel mundial y la situación en la que se encuentra nuestro país. Se analizan casos particulares en países avanzados en este rubro tales como China, España y Brasil con el objetivo ofrecer una perspectiva en esos países, así como las mejores prácticas utilizadas para alcanzar un alto nivel de desarrollo.

Ante un nuevo marco legal mexicano en materia de energía y medio ambiente, se buscan los retos y oportunidades para el desarrollo de la energía solar, térmica específicamente, que eventualmente puedan estar previstos en la Ley General de Cambio Climático y la Ley de Transición Energética, así como de los programas y estrategias que de ellos emanan, esto con el fin de poder incorporar directivas o bien, en ausencia de nichos legales, crear estrategias para el desarrollo de la energía solar térmica al amparo de estas leyes.

Como punto de partida se analiza la distribución del consumo final de energía para el año 2014 en México en los sectores residencial, comercial, industrial y agropecuario, así como la distribución del consumo energético al interior de esos sectores. Este análisis sirve para proyectar las perspectivas de crecimiento o de consumo energético para el año 2030, mismas que se contrastan con las por IRENA en el documento REmap 2030<sup>3</sup> para México en los sectores residencial e industrial, así como por las metas propuestas por el INECC y la SENER.

Las barreras y líneas de acción para impulsar la energía solar térmica que se han discutido y analizado por diferentes grupos de trabajo en diversos programas son clasificadas y cuantificadas según su grado de incidencia o coincidencia. Se retoma lo discutido en documentos anteriores en donde se identificaron las principales barreras y con ello se realiza una jerarquización de las mismas.

---

<sup>2</sup> SENER, 2015, Balance Nacional de Energía.

<sup>3</sup> IRENA, 2014, REmap 2030: Hoja de ruta para las energías renovables. Abu Dabi.



Posteriormente se desarrolla un instrumento para evaluar el potencial del calentamiento solar de agua en la vivienda en los estados de la República Mexicana, considerando el nivel de irradiación, la población y la temperatura media, encontrando los criterios suficientes para diferenciar el potencial del mercado con características regionales. De igual forma se identifica económicamente el estrato social más factible para el uso de los sistemas de calentamiento solar analizando el porcentaje de ahorro en un hogar generado por el uso de un CSA a diferentes niveles de consumo de energía.

Por último, se concluye con el resumen todas las recomendaciones para acelerar el uso de la energía solar térmica en México en los diferentes sectores, basadas en el análisis de barreras realizado previamente y en la potencialización de un programa de infraestructura de calidad, mismo que se considera el eje rector del desarrollo del calentamiento solar de agua. Además, se presentan los beneficios esperados y su rentabilidad.

#### Resultados clave:

Actualmente los CSA en México son conocidos en ciertos sectores, pero todavía falta mucho trabajo por hacer para que esta tecnología ocupe el lugar que realmente le corresponde como medio para aprovechar un elemento energético local, abundante y de alta calidad como lo es la energía solar. Al 2015 se tiene instalada, de manera distribuida en el país, una extensión de 3.1 millones de metros cuadrados de sistemas principalmente para el calentamiento solar de agua, equivalentes a una capacidad instalada de 2.2 GW<sub>t</sub>, que generan 11.9 PJ de energía térmica. Esta cantidad ha sido alcanzada con el apoyo de programas institucionalizados como el PROCALSOL, desde donde se han impulsado programas como el de Hipoteca Verde del Infonavit y 25,000 Techos Solares, promovido por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México GIZ. Asimismo, la sociedad civil ha colaborado a este crecimiento, contando con la promoción y difusión de asociaciones civiles como la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

El potencial factible identificado en este trabajo para las aplicaciones térmicas solares para el año 2030 es de 108.5 PJ, equivalente a 24.16 millones de metros cuadrados de sistemas de calentamiento solar. De acuerdo con la capacidad instalada, queda un camino por recorrer de 21.1 millones de metros cuadrados que para un periodo de 15 años deben ser instalados, motivo por el cual habrá que optimizar la armonía entre normatividad, regulación, capacitación, políticas públicas y financiamiento, áreas en las que se ha trabajado por varios años en México.

Para el año 2030 México estará utilizando en el sector doméstico 426.03 PJ solamente por el concepto de calentamiento de agua, en su mayoría alimentado por gas LP que es el principal combustible que consumen los hogares mexicanos. Si consideramos que el calentamiento solar en los hogares principalmente se utiliza para economizar el consumo de gas y que un CSA aporta un ahorro aproximado del 50% de este consumo, entonces el potencial asintótico en el sector doméstico representa 213 PJ. Sin embargo, la cifra prevista como alcanzable es de 72.43 PJ, lo cual equivale a una razón de penetración del 34% del mercado potencial de CSA. Esta cantidad representa un ahorro de 1,620 millones de kilogramos de gas LP anuales y un ahorro de emisiones de 4.79 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, con un valor de mercado de la tecnología de CSA de 5,211 millones de dólares, distribuidos entre los años 2016 al 2030. Esto se podrá lograr mediante dos formas, una mantener el ritmo de crecimiento de 13.5% anual que ha mostrado el mercado del calentamiento solar en México durante los últimos tres años, o bien, induciendo una estrategia para instalar 1.16 millones de metros cuadrados de CSA, cantidad que parece ser alta pero alcanzable de acuerdo con la capacidad de fabricación e importación de equipos. Sin embargo, precisamente al enfocar estas cantidades, es donde se requiere optimizar el trabajo estratégico y operativo.

Un entorno empresarial saludable proporciona mayor rentabilidad reduciendo los riesgos para los inversionistas en las energías renovables. El mercado mexicano del calentamiento solar de agua prevé un potencial de 20 GW para el 2030, equivalente a un área de 24.2 millones de metros cuadrados instalados, principalmente con tecnologías de baja y media baja temperaturas, como lo son los calentadores solares planos y de tubos evacuados, de plástico y concentradores estacionarios y de baja razón de concentración. Esto representa un mercado del orden de 7,400 millones de dólares en los próximos 15 años. De esta manera se requieren políticas adecuadas para implementar incentivos económicos, financieros y fiscales para acelerar las inversiones. También será muy importante incorporar externalidades en los estudios económicos para determinar los parámetros económicos de una inversión. El sector doméstico es el que mayor tasa de crecimiento muestra actualmente con un factor del 13.7% anual, cantidad por mucho mayor que el crecimiento de nuestra economía. De seguir este ritmo de crecimiento podríamos llegar al año 2030 con un total de 21 millones de metros cuadrados, que descontando los 3.05 millones de metros cuadrados actualmente instalados, se requerirán 18 millones de metros cuadrados adicionales, cantidad ciertamente grande pero alcanzable si se mantiene el ritmo de crecimiento sin aflojar el paso.

La International Renewable Energy Agency (IRENA) sugiere que el desarrollo de la infraestructura de calidad (IC) de los CSA debe estar en equilibrio con el desarrollo del mercado, y para ello propone 5 etapas de madurez y en una de las cuales se puede ubicar a México. Las etapas son las siguientes:

#### Etapa 1: Evaluación del mercado

En esta etapa, hay un cierto interés en considerar o en desarrollar un mercado de calentadores solares de agua en el país. La proyección del potencial ahorro de combustible en todo el país es importante en la priorización de las actividades relativas al calentamiento de agua con otras tecnologías renovables; esta requiere un conocimiento cuantitativo del recurso solar

#### Etapa 2: Introducción en el mercado

En esta etapa, el mercado es pequeño, pero existen importadores y fabricantes locales de sistemas, y el mercado de suministro está creciendo. La formación de los profesionales es el elemento de más alta prioridad. La calidad de las importaciones debe ser controlada para proteger la reputación de un frágil mercado emergente.

#### Etapa 3: Crecimiento del mercado

En esta etapa, el mercado es aún pequeño, pero emergente y comenzando a contribuir a la energía nacional y los objetivos económicos. La capacitación de los instaladores debería ser más rigurosa y completa. Las importaciones deberían de seguir siendo controladas por la exigencia de la certificación externa. Ahí son probables los fabricantes locales, y, si es así, se necesita de control de calidad.

#### Etapa 4: Consolidación del mercado

En esta etapa, el mercado es de moderado a grande y sigue creciendo. Todos los elementos de un sistema integral de IC se instituyen, incluyendo la certificación y publicación de las calificaciones. La mayoría de los elementos de las normas internacionales ISO 9806: 2013 e ISO 9459 están incluidos en los laboratorios de pruebas nacionales o regionales. Los programas de formación y capacitación de los instaladores deben tener planes de estudio definidos y pruebas para capacitadores, instructores e instaladores, proporcionando instaladores certificados. Sin embargo, todos estos cuerpos pueden no estar necesariamente acreditados en esta etapa.

## Etapa 5: Madurez del mercado

En esta etapa todos los elementos de la infraestructura de calidad se encuentran bien establecidos y los cuerpos nacionales de acreditación realizan certificaciones ISO y todos los elementos de la IC califican como estándares internacionales.

El mercado mexicano se encuentra más identificado por la etapa 4 definida por IRENA de tal manera que los pasos a seguir para la consolidación de la Infraestructura de la calidad son los siguientes:

- **Mejorar los laboratorios de ensayo.** Los laboratorios deben ser capaces de probar totalmente colectores y sistemas en esta etapa. Para aumentar la rapidez de pruebas de colector y mejorar la precisión, se debe considerar adquirir seguidores de dos dimensiones. Las pruebas del sistema demandan un bastidor estacionario que imita a una azotea. También se requiere de sensores de alta precisión, registradores de datos. Los sensores incluyen un pirgeómetro, medidores de flujo y de humedad.
- **Establecer los organismos de certificación.** Los organismos de certificación deben ser independientes de los laboratorios de ensayo. La función de evaluación de un diseño demanda expertos en CSA que pueden evaluar diseños CSA; se pueden otorgar contratos abiertos que especifiquen el costo para una determinada revisión y no especifiquen cuántas revisiones serán realizadas. Los expertos pueden ser subcontratados dentro del país o desde el extranjero a trabajar "por el sistema". Consideración especial incluirá el examen de sobrecalentamiento protección para todos los climas y protección contra la congelación para climas donde las temperaturas podría caer aún por debajo de 4°C. El organismo de certificación (u otro cuerpo de valoraciones) utilizará el colector y modelos de sistemas proporcionados por el laboratorio de ensayo para generar las clasificaciones del sistema a las condiciones elegidas por el país.

Mención especial merece el programa de financiamiento de ecotécnicas en la vivienda nueva denominado Hipoteca Verde, se ha demostrado es este trabajo que el sector más beneficiado, donde los ahorros son más significativos, es el sector doméstico con consumo eléctrico de menos de 200 kWh mensuales. En la parte proporcional de pago de servicios energéticos, gas y luz, el ahorro introducido por un CSA tiene mayor proporción y por lo tanto el tiempo de recuperación del equipo generador de calor es menor. Se sugiere muy ampliamente verificar los mecanismos de asignación y procurar un mayor seguimiento en el proceso de suministro e instalación para consolidar el programa Hipoteca Verde. Este programa es, sin duda, el mayor promotor de instalación de calentadores solares en la vivienda.

# 1 Análisis del estado actual de la energía solar térmica a nivel internacional

La información que se muestra a continuación presenta los datos del informe Solar Heat Worldwide (SHW), dicho documento comprende los datos del mercado de energía solar térmica de 61 países que cubren aproximadamente el 95% del mercado mundial<sup>4</sup>. El 5% restante del mercado es extrapolado y están etiquetados como "todos los demás países".

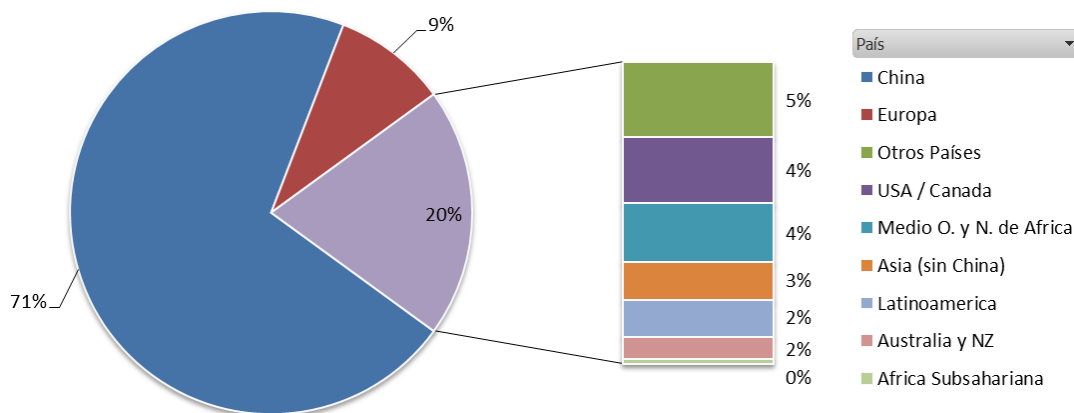
La capacidad total en operación fue calculada considerando los informes oficiales de los respectivos países, si la información no se encontraba disponible se calculó una vida útil de 25 años para un sistema. Para China, de acuerdo con la Federación de la Industria Térmica Solar se considera una vida útil de operación menor de 10 años.

Para comparar la capacidad instalada de colectores solares térmicos con otras fuentes de energía, los expertos de SHC acordaron una metodología para convertir el área del colector instalado en capacidad de energía solar térmica. Acordaron utilizar un factor de 0.7 kW/m<sup>2</sup> para estimar la capacidad nominal de los colectores solares instalados de la zona.

## 1.1 Visión general de la capacidad instalada en operación en 2014.

A finales del 2014 la capacidad instalada en operación de colectores solares térmicos en todo el mundo fue de 410.2 GW<sub>t</sub>, que corresponde a un total de 586.1 millones de metros cuadrados de colectores que se encontraban en funcionamiento.

La mayor parte de la capacidad instalada total en operación se instaló en China (289.5 GW<sub>t</sub>) y Europa (47.5 GW<sub>t</sub>), que en conjunto representaron el 82.1% de la capacidad instalada total en operación a nivel mundial. Figura 1.1.



África Subsahariana: Lesoto, Mauritania, Mozambique, Namibia, Sudáfrica y Zimbawe  
 Asia (sin China): India, Japón, Corea del Sur, Taiwán y Tailandia  
 Latinoamérica: Barbados, Brasil, Chile, México, Uruguay  
 Europa: EU 28, Albania, Macedonia, Noruega, Rusia, Suiza y Turquía  
 Medio O y N de África: Israel, Jordania, Líbano, Marruecos, Territorios Palestinos, Túnez

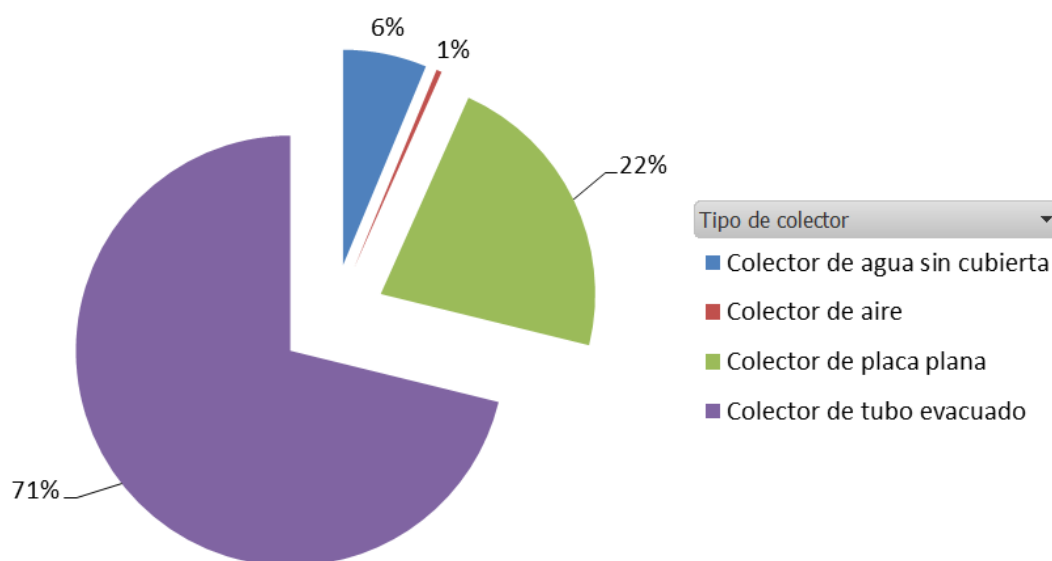
**Figura 1.1.** Partición de la capacidad instalada en operación en 2014 por región económica (colectores con y sin cubierta)<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Mauthner, F., 2016, Solar Heat Worldwide, Gleisdorf, Austria: IEA Solar Heating & Cooling Programme

<sup>5</sup> Mauthner, F. W.-D. (2016). *Solar Heat Worldwide*. Gleisdorf, Austria: IEA Solar Heating & Cooling Programme

Las tecnologías correspondientes a la capacidad total instalada en operación de colectores solares en 2014, ver figura 1.2, se dividen en:

- Colectores planos de agua: (90.9 GWt) (129.8 millones de m<sup>2</sup>),
- Colectores de tubos evacuados al vacío de agua: (291.8 GWt y 416.8 millones de m<sup>2</sup>)
- Colectores sin cubierta de agua: (26.0 GWt) (37.1 millones de m<sup>2</sup>)
- Colectores de aire con cubierta y sin cubierta (1.6 GWt) (2.4 millones de m<sup>2</sup>)

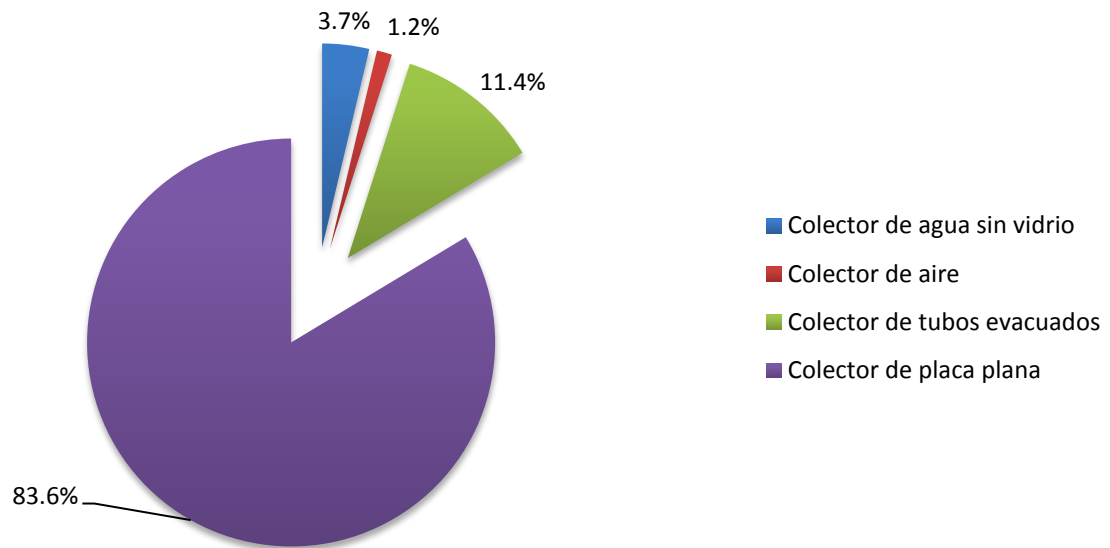


**Figura 1.2.** Distribución de la capacidad total instalada mundial por tipo de colector en 2014<sup>6</sup>.

Con una aportación global del 71.1%, los colectores de tubos evacuados al vacío fueron la tecnología de colectores solares térmicos predominante, seguido por los colectores de placa plana con un 22.1% y los colectores de agua sin cubierta con 6.3%. Los colectores de aire con cubierta y sin cubierta representan una aportación minoritaria de 0.4 % en los números totales.

En contraste con las cifras anteriores en Europa, el segundo mercado más grande para colectores solares térmicos, los colectores planos tienen un uso más difundido. Figura 1.3

<sup>6</sup> Mauthner, F. W.-D. (2016). SHW. *Op.cit.*

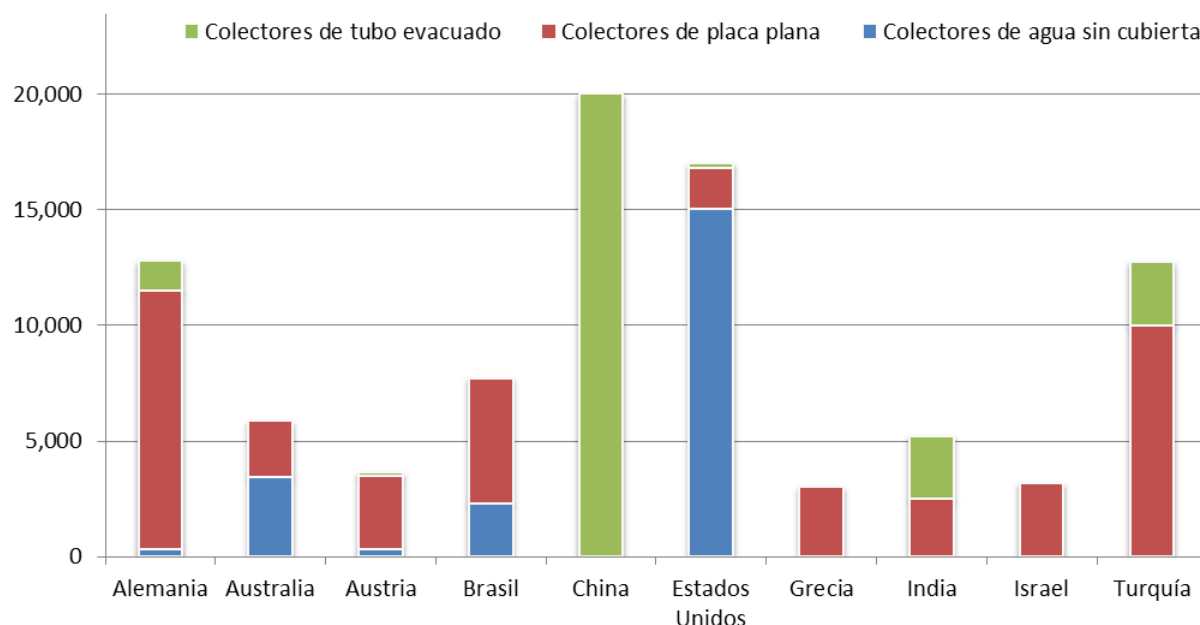


**Figura 1.3.** Distribución de la capacidad instalada total en operación en Europa en el año 2014<sup>7</sup>

Por otra parte, la figura 1.4 muestra la capacidad instalada acumulada de colectores de agua con y sin cubierta en los 10 mercados líderes a nivel mundial en el 2014

---

<sup>7</sup> Mauthner, F. W.-D. (2016). SHW. *Op.cit.*

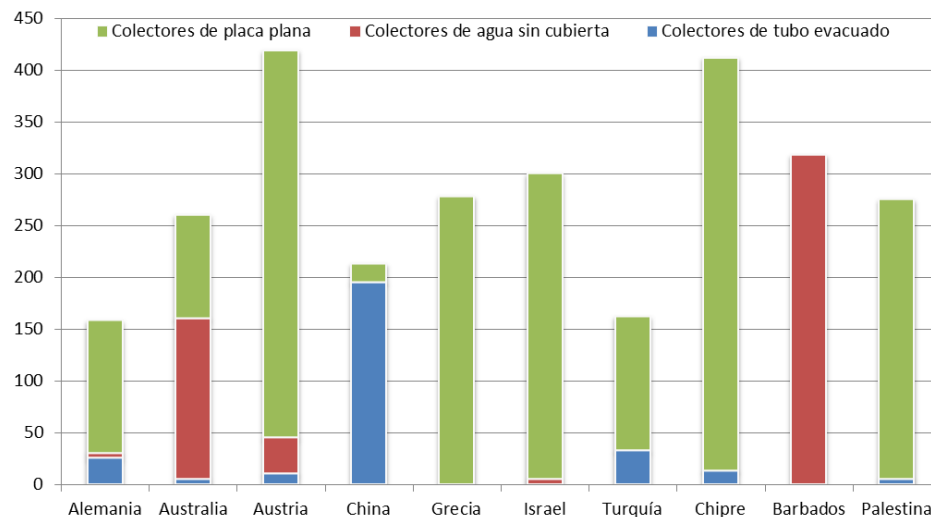


**Figura 1.4.** Los 10 primeros países en la capacidad acumulada instalada en colectores solares de agua (MW<sub>t</sub>)<sup>8</sup>

En China, como el líder en capacidad instalada total mundial, dominaron los colectores de tubos evacuados al vacío, mientras que los Estados Unidos ocupan la segunda posición debido a su alta instalación de colectores de agua sin cubierta. Sólo en Australia y en cierta medida en Brasil, los colectores de agua sin cubierta también desempeñaron un papel importante. En los grandes mercados europeos de Alemania, Austria y Grecia los colectores planos con cubierta de vidrio fueron la tecnología más utilizada. Es importante remarcar que en Turquía e Israel se observó una fuerte tendencia de la tecnología de colectores de tubos de vacío durante los últimos años.

Los países líderes en capacidad instalada acumulada per cápita para colectores de agua con y sin cubierta, en funcionamiento en 2014 por cada 1,000 habitantes eran: Austria (419 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Chipre (412 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Israel (400 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Barbados (318 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Grecia (278 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Los territorios palestinos (275 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Australia (260 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), China (213 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes), Turquía (162 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes) y Alemania (158 kW<sub>t</sub> / 1,000 habitantes). Ver figura 1.5.

<sup>8</sup> Mauthner, F. W.-D. (2016). SHW *Op.cit.*



**Figura 1.5.** Los 10 primeros países en la capacidad acumulada instalada per cápita en funcionamiento de colectores de agua por cada 1,000 habitantes (MWt)<sup>9</sup>

## 1.2 Estado de la energía solar térmica en México en el contexto internacional

Según SHW, op cit, en 2014 México ocupó el lugar 15 a nivel mundial, con 2.82 millones de metros cuadrados de capacidad total instalada de captadores solares de agua, calentadores planos y de tubos evacuados. Asimismo, ocupó el lugar número 41 en la capacidad instalada per cápita, con 11 kW<sub>t</sub> por cada 1000 habitantes. Cabe mencionar que el dato reportado por la ANES para el mismo año fue de 2.67 millones de metros cuadrados de capacidad total instalada.

Con respecto a la capacidad total instalada de calentadores sin cubierta (plástico) nuestro país ocupó el 4 lugar con 680 MW<sub>t</sub> y el lugar 10 con en la capacidad instalada per cápita con 5.7 kW<sub>t</sub> por cada 1000 habitantes al año.

## 1.3 Contribución de la energía solar en la reducción de CO<sub>2</sub>

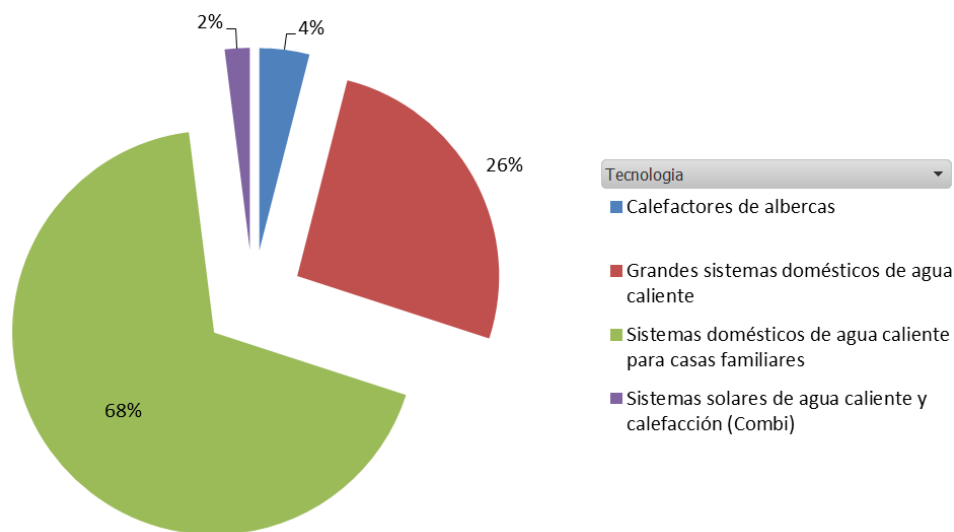
A continuación, se estudia la contribución, de capacidad instalada en operación de los colectores con cubierta y sin cubierta, de la energía solar térmica suministrada y la correspondiente reducción de CO<sub>2</sub>.

La más importante producción de todos los sistemas solares térmicos solares en operación al final del 2014 en los 61 países registrados fue el calentamiento doméstico con 335 TW<sub>t</sub> (= 1,208 PJ). Esto corresponde a los ahorros de energía final equivalentes a 36.1 millones de toneladas de petróleo y 116 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (MtCO<sub>2</sub>). El número calculado de los diferentes tipos de sistemas en operación es de 101 millones alrededor del mundo. La base de estos cálculos es la capacidad instalada en operación de colectores solares de agua con y sin cubierta de cada país considerando los 61 países estudiados. La contribución de la capacidad instalada total de los colectores de aire en 2014 de 1.6 GW<sub>t</sub> no fue tomada en consideración.

<sup>9</sup> Mauthner, F. W.-D. (2016). SHW. Op. cit.



En 2014 la mayor producción termosolar alcanzó 335.5 TW<sub>t</sub> a nivel mundial y la mayor participación, 68 %, fue debida a las aplicaciones domesticas de las casas de una sola familia. Figura 1.6.



**Figura 1.6.** Participación de los ahorros de energía y reducción de CO<sub>2</sub> mundial por tipo de aplicación de los colectores con vidrio en operación en 2014. Fuente Mauthner<sup>10</sup>,

En el caso de México, donde la principal aplicación de los calentadores solares se da en los sectores residencial y comercial, los 2.67 millones de metros cuadrados de calentadores solares instalados al 2014, generaron una reducción de emisiones<sup>11</sup> de 0.66 MtCO<sub>2</sub> lo cual equivale a aproximadamente al 0.5% del total de emisiones evitadas a nivel mundial.

## 1.4 Tecnologías para el calentamiento solar de agua.

Dependiendo de la temperatura a la cual se entrega la energía para un requerimiento dado, existen diferentes tipos de tecnologías que mejor se ajustan a esos niveles de temperatura. Para el calentamiento de grandes volúmenes de agua a bajos diferenciales de temperatura, por ejemplo, las albercas, se emplean los colectores solares plásticos (colectores sin cubierta); para diferenciales mayores de temperatura, pero moderados, hasta 35°C se emplean los colectores de placa plana y los colectores de tubos evacuados al vacío<sup>12</sup>, lográndose inclusive diferenciales de temperatura del orden de 50°C o bien temperaturas de 70°C en casos límite. Para diferenciales mayores de temperatura, es decir temperaturas de operación del orden 80°C y mayores se emplean los denominados calentadores solares para el proceso industrial, los cuales ya comienzan a incluir ciertas formas de concentración de la radiación solar.

### 1.4.1 Colectores solares de agua sin cubierta

Para el calentamiento de albercas, los colectores de plástico sin cubierta o descubiertos representan la mejor opción ya que por su sencillez solamente cuestan una fracción de lo que

<sup>10</sup> Mauthner, F. W.-D. (2016). SHW. *Op. cit*

<sup>11</sup> Cálculo de emisiones de conformidad con los factores de emisión y poderes caloríficos del gas LP y gas natural reportados por el IMP y Prospectiva CND propuesta por el INECC.

<sup>12</sup> Valdés, A., 2008, Análisis el impacto de la Norma NADF008, Tlalnepantla, Estado de México: ICA, Procobre.

cuestan los colectores de placa plana. En este caso se requiere de calentar grandes volúmenes de agua a diferenciales de temperatura muy bajos sobre el ambiente; de esta manera estos colectores siempre operan bajo el régimen de convección forzada a la vez que las pérdidas al ambiente por el propio colector son demasiado bajas debido al pequeño diferencial de temperatura. Es muy frecuente que un colector de alberca esté calentando agua a temperaturas iguales o menores que la del aire ambiente, así no hay necesidad de aislar el colector debido a que no hay flujo de calor hacia el ambiente.

Los colectores solares para alberca están hechos principalmente de Polipropileno y tienen una duración típica entre 12 y 20 años. Los sistemas de calentamiento para albercas emplean colectores de copolímero descubiertos, un sistema de calentamiento de alberca es capaz de mantener el agua 8.3°C más caliente que lo que normalmente está el agua sin el colector. En un colector cubierto de placa plana del 11 al 15% de la energía incidente no alcanza al absorbedor debido a las pérdidas por el vidrio.

### **1.4.2 Colectores solares de agua de placa plana con cubierta**

Los colectores solares de agua de placa plana son muy usados actualmente, su simplicidad, durabilidad y mínimo mantenimiento, los han hecho muy populares dentro de la gama de productos que ofrece la tecnología solar.

El soportar o resistir altas presiones de operación en las instalaciones de colectores solares, hace factible que estos equipos, puedan usarse en grandes instalaciones con arreglos serie paralelo, para satisfacer así demandas de grandes cantidades de energía. En este sentido, el mejor colector, sin duda, sigue siendo el clásico colector solar plano metálico, donde se deben guardar y cuidar todas las especificaciones de norma para mantener la competitividad requerida.

### **1.4.3 Colectores solares de agua de vacío o tubos evacuados**

Están diseñados para minimizar las pérdidas de calor hacia el exterior. En la región anular la presión del aire es muy reducida, de forma que impide la cesión de calor por convección al medio ambiente. En la fase de construcción de los tubos de vacío, el aire entre el absorbedor y el vidrio de la cubierta es aspirado y hay que asegurar un hermetismo perfecto y perdurable en el tiempo.

En cualquier configuración que se presenten los tubos de vacío generalmente van insertados en hilera, ya sea en un almacén térmico o bien en sendos cabezales que transportan el fluido frío y el caliente.

### **1.4.4 Régimen de circulación**

#### **1.4.4.1 Convección forzada**

Bajo el régimen de convección forzada, un colector solar entrega la mayor cantidad de energía posible debido a que mediante un agente externo, una bomba, induce en su interior un alto flujo hidráulico; en este caso la alta tasa de transferencia de calor entre el absorbedor y el fluido ocasiona que la mayor parte de calor captada sea removida y extraída por el fluido de trabajo. La mayor parte de instalaciones solares a gran escala o industriales operan bajo el régimen de convección forzada.

#### **1.4.4.2 Convección natural**

Al movimiento del fluido generado por la diferencia de densidades que este adquiere con el cambio de temperatura, se le conoce como convección natural y es el fenómeno causante del

efecto termosifón tan ampliamente utilizado en los colectores solares domésticos o autónomos. En este caso, como se menciona anteriormente, el flujo se induce mediante la fuerza motriz ocasionada por la diferencia de densidades, esta fuerza a su vez es demasiado pequeña y requiere de óptimas condiciones para operar.

Se observa que el colector solar actúa como calentador del fluido y que, durante la etapa de generación, es decir en la etapa de calentamiento, las regiones fría y caliente están perfectamente delimitadas y separadas, así la termo-circulación se lleva a cabo con mayor eficiencia.

Para el caso de los tubos evacuados que operan bajo el régimen de termosifón, las regiones caliente y fría se encuentran juntas en un mismo elemento generador.

En el tubo evacuado se lleva a cabo el calentamiento del fluido, mismo que al disminuir de densidad tiende a subir y ser reemplazado por fluido frío proveniente del termotanque. Aquí se tiene que tanto el fluido ascendente como el descendente se encuentran en el mismo recinto y en contacto entre ellos mismos, motivo por el cual se presenta un efecto de difusión térmica además del termosifón. Esta difusión tiende a mezclar las regiones fría y caliente ocasionando una disminución en la velocidad ascendente del fluido y por lo tanto en la capacidad de remoción de calor en el tubo evacuado. En conclusión, el efecto Termosifón es más ineficiente en el tubo evacuado que en el colector de placa plana.

Cuando los tubos evacuados se emplean para formar bancos de colectores y por lo tanto deben operar bajo el régimen de circulación forzada, entonces la configuración del tubo vidrio-vidrio pierde vigencia y se tienen que introducir tubos en *U* aletados o bien tubos de calor (heat pipes), ambas técnicas con materiales de cobre y eventualmente en combinaciones de cobre y aluminio; evidentemente que con esto se introduce una tecnología de mucho mayor costo y con pocas posibilidades competitivas ante el colector solar de placa plana.

Sin embargo la tecnología de tubos evacuados vidrio-vidrio representa una seria competencia para los colectores de placa plana en el segmento de mercado de los colectores unifamiliares termo-sifónicos, si bien bajo estos rangos típicos de temperatura los colectores de placa plana son más eficientes, tampoco hay que perder de vista que los tubos evacuados son más económicos y que por tanto para un requerimiento dado en colectores de placa plana, existe un equivalente en tubos evacuados, de mayor área pero a menor costo.

#### **1.4.5 Resumen de tecnologías de baja temperatura**

El colector solar de plástico hasta ahora domina ampliamente el segmento de mercado de las albercas y se convierte en un serio rival del colector de placa plana en otros sectores en los que se requiera altas cantidades de energía a bajas temperaturas, cercanas a la temperatura ambiente, con las que se pueden lograr grandes ahorros de energía en procesos de precalentamiento de agua.

El colector de placa plana continúa siendo la mejor opción en cuanto a durabilidad y ofrece la mayor cantidad de energía por metro cuadrado que los de plástico y los de tubos evacuados a bajas temperaturas, es decir a temperaturas de operación cercanas a la temperatura ambiente. El colector de placa plana tiene un amplio soporte en México, existe también una gran capacidad de producción y comercialización de esta tecnología. Su nicho natural de mercado son las instalaciones a gran escala donde se emplean bancos de colectores; pueden soportar mayores presiones de trabajo que los colectores de plástico y los de tubos evacuados.

**Tabla 1.1.** Comparación entre las tecnologías de colectores solares planos. Fuente ICA-Procobre<sup>13</sup>

Características	Colectores de Placa plana	Colectores de plástico		Colectores de tubos evacuados		
		Polipropileno	EPDM	Vidrio Vidrio	Tubos aletados	Tubos de Calor
Diferencial de temperatura de operación (°C)	20 a 45	8 a 12	8 a 12	20 a 45	50+	50+
Angulo de aceptación (grados)	180	180	180	85-100	180	180
Fabricación nacional	Si	No	No	No	No	No
Cubierta	Vidrio, Policarbonato	Ninguna	Acrílico transparente	Tubo de vidrio de borosilicato	Tubo de vidrio de borosilicato	Tubo de vidrio de borosilicato
Absorbedor	Tubos de cobre con placa de cobre	Polipropileno Estabilizado UV	Hule EPDM Estabilizado UV	Tubo de vidrio de borosilicato	Tubo de cobre en U aletado	Tubo de calor de cobre, solo o aletado
Recubrimiento	TiNOx, Cromo negro	No	No	Cu / SS / AL N	TiNOx, Cromo negro	TiNOx, Cromo negro
Aislante	Lana Mineral, Poliuretano, Poliisocianurato	No	No	Vacío	Vacío	Vacío
Durabilidad (años)	30	15	15	15	15	15
Energía diaria por unidad de área (MJ/m <sup>2</sup> día)	9.63	5.74	7.68	6.84	8.07	7.9
Coefficiente global de transferencia de calor, UL, (W/m <sup>2</sup> K)	3.5	17.1	12	0.8	0.8	0.8
Presión de trabajo (bar)	4	1.5	1.5	1	4	4
Cantidad de cobre por metro cuadrado (kg/m <sup>2</sup> )	4.5 a 6	0	0	0	5.8	2.2 a 3.2
Escala de precio (de más económico a más caro)	4	2	1	3	5	6

<sup>13</sup> Valdés, A., 2008, op. cit.

Los colectores de tubos evacuados muestran competitividad en el sector doméstico por medio de unidades independientes que funcionan bajo el principio del termosifón a baja presión, al aumentar la temperatura de operación tienden a mostrarse más eficientes debido a la condición de vacío de su superficie de captación. Cuando se requiere utilizar bancos de tubos evacuados para instalaciones de gran envergadura, entonces se tienen que emplear tubos en *U* aletados o bien tubos de calor en el interior de los tubos evacuados, esto aumenta el precio de los tubos evacuados y los saca de competencia económica contra los colectores de placa plana.

### Aplicaciones

Las aplicaciones de los captadores solares térmicos son muy diversas dependiendo de las necesidades de cada uno de los usuarios. Su uso se podría dividir en uso doméstico y uso industrial o de servicios.

En los usos domésticos se destacan los siguientes

- Calentamiento de agua o aire
- Calefacción de espacios
- Secado de productos
- Cocción de alimentos

En los usos industrial y de servicios se pueden clasificar:

- Enfriamiento y acondicionamiento de espacios
- Precalentamiento de calderas
- Calor de proceso
- Climatización de piscinas y tinas

Dentro del sector industrial y de servicios se destacan los siguientes usuarios:

- Hoteles
- Clubes Deportivos
- Baños Públicos y Gimnasios
- Hospitales
- Restaurantes
- Tintorerías
- Colegios
- Fábricas o talleres
- Aplicaciones agropecuarias

En las aplicaciones domésticas los calentadores solares son utilizados en viviendas unifamiliar y multifamiliar, en cualquier modalidad de vivienda horizontal o vertical.

## 1.5 Tecnologías para el uso de la energía solar térmica en media y alta temperatura.

Si bien los colectores solares, planos o de tubos evacuados, frecuentemente son anunciados como dispositivos que alcanzan a entregar energía a temperaturas hasta de 70 u 80 grados Celsius, esto es verdad, pero solo parcialmente, ya que existen varios procesos con demanda continua de energía en los que generalmente no es posible alimentar exclusivamente con calentadores solares convencionales. Esto significa que muchas veces debemos emplear tecnología capaz de alcanzar mayores temperaturas para garantizar el abasto de calor, o bien, utilizar los sistemas solares en etapa de precalentamiento, región en la cual evidentemente la energía posee el mismo valor y significado. En el rubro de baja temperatura debemos ya incluir ciertos dispositivos de concentración de conformidad con la siguiente clasificación. Tabla 1.2.

**Tabla 1.2** Clasificación de los sistemas de calentamiento solar según su temperatura de operación

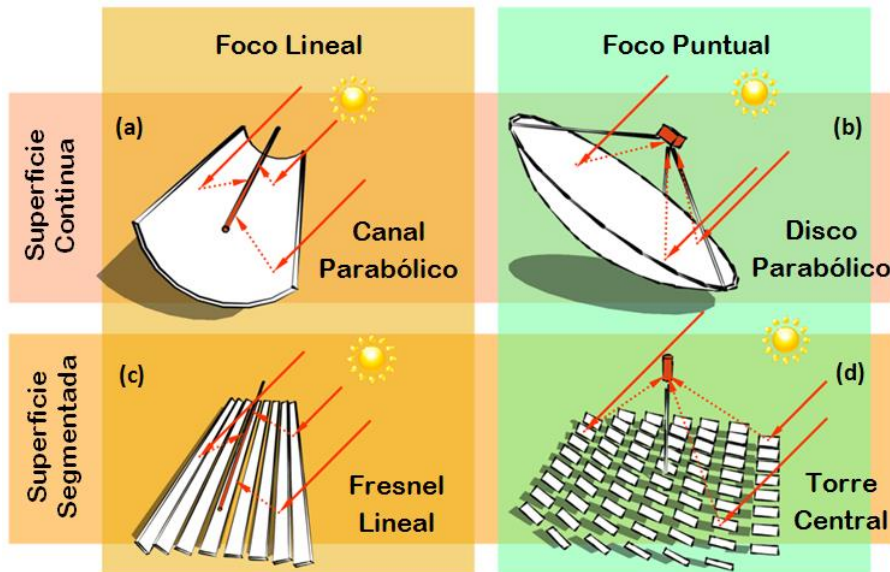
Categoría	Rango de temperatura	Tecnologías
<b>Baja</b>	20-70	Colector solar de plástico Colector solar plano Colector solar de tubos evacuados Colector de tubos evacuados con tubos de calor (heat pipe) Concentrador parabólico compuesto (CPC) estacionario Concentrador Espejos en V
<b>Media</b>	80-400	Concentrador parabólico compuesto (CPC) con ajuste temporal Concentrador con espejos de Fresnel Concentrador con Canal parabólico
<b>Alta</b>	400- arriba	Paraboloides de revolución o disco parabólico (enfoque puntual) Torre central

La energía de alta calidad proveniente del Sol puede ser utilizada como la fuente de energía para varios procesos que operan a temperaturas por arriba de los 80°C. La conversión eficiente de la radiación solar en calor a estos niveles de temperatura requiere del uso de colectores solares de concentración o de colectores solares de tubos evacuados.

Existen diferentes tipos de colectores de concentración atendiendo a diferentes geometrías y aplicaciones térmicas (Figura 1.7); se pueden clasificar en una matriz por tipo de foco que poseen y por el tipo de flujo solar, dependiendo de la superficie reflectora, donde el foco puede ser lineal o puntual, y el flujo puede provenir de una superficie continua o tipo Fresnel que también es conocida como superficie segmentada.

Un módulo concentrador del tipo canal parabólico (CCP) además de poseer un foco lineal tiene una superficie reflectora continua. El colector de disco parabólico está constituido por una

superficie de revolución de forma que concentra la radiación solar sobre un punto focal en el que se encuentra el receptor de calor. Un concentrador Fresnel, con foco lineal, es un arreglo de espejos independientes que colectan la energía solar en un tubo dispuesto de manera paralela al arreglo de reflectores. El colector de torre central consta de un receptor puntual ubicado en lo alto de una torre y a cuyo pie se distribuyen concéntricamente un arreglo de espejos planos reflectantes llamados heliostatos.



**Figura 1.7.** Concentradores solares tipo (a) canal parabólico, (b) disco parabólico, (c) tipo Fresnel lineal, (d) tipo torre central. Fuente: Greenpeace; SolarPACES y ESTELA, 2009.

Adicionalmente, existen tecnologías de baja concentración para sistemas también de baja temperatura, éstos son los espejos en “V” que consisten en un par de espejos largos, formando un vértice, y en el interior del espacio angular se coloca la superficie absorbadora. Otro sistema es el concentrador CPC. Los concentradores llamados parabólicos compuestos, CPC, están formados por dos segmentos parabólicos simétricamente colocados alrededor de un eje; el foco de cada parábola se localiza en el extremo de la superficie absorbadora coincidente con la parábola opuesta. El ángulo de cada eje de la parábola proporciona el ángulo de aceptación del concentrador. Estas dos tecnologías poseen la virtud de poder trabajar también de manera estacionaria, es decir sin movimiento para bajas razones de concentración y por ende bajas temperaturas de operación, y sin embargo pueden entregar energía a temperaturas del orden de 100 a 120 °C<sup>14</sup>. Se muestran esquemáticamente en la figura 1.8.

<sup>14</sup> Almanza, R., Valdés, A., López, S. Concentradores Solares. D-16, México, D.F.: Instituto de Ingeniería, 1981.

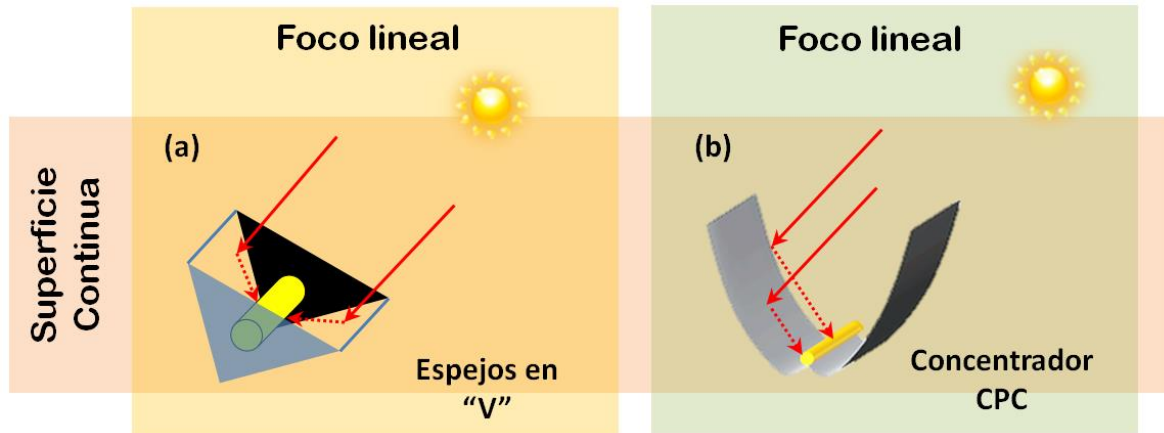


Figura 1.8. Concentradores estacionarios de baja razón de concentración. a) Espejos en "V", b) Concentrador CPC.

## 1.6 Situación del calentamiento solar de agua en algunos países

### 1.6.1 Panorama del calentamiento solar de agua en China

China se ha convertido en el país con mayor número de usuarios de energía solar térmica en el calentamiento de agua sanitaria. A finales de 2010, el país tenía instalados 168 millones de m<sup>2</sup> (área del colector) de calentadores solares de agua, lo que representó más del 60% de los calentadores solares de agua instalados en el mundo. En China, la superficie media colector de calentadores solares de agua per cápita solamente estaba 0.109 m<sup>2</sup> en 2009.

Adicionalmente, con buenos niveles de radiación solar en gran parte de sus provincias y el incremento de la demanda de agua caliente en los hogares en China, el país aún tiene un gran potencial para una mayor difusión de calentadores solares de agua, que es especialmente importante para combatir los problemas ambientales y de contaminación, aunado a los déficits de la energía.

China se ha fijado un ambicioso objetivo para el uso de la energía renovable. La Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (CEDR) publicó el objetivo de desarrollo de energía renovable del país en 2007. La relación de la utilización de energía renovable se supone debería alcanzar el 15% en 2020. Sin embargo, dicha relación sólo ascendió al 8.9% para el año 2010 cuando el objetivo era llegar al 10% en ese año. La aplicación masiva de calentadores solares de agua puede ayudar al país a alcanzar el objetivo nacional de desarrollo de las energías renovables.

China ha hecho esfuerzos para promover la difusión de calentadores solares de agua, para ello añadió los calentadores solares a su política de incentivos a nivel nacional, únicamente para el área rural.

A pesar de que el uso de calentadores solares de agua se incluyó en el programa de subsidios en el año 2009, este programa no es una política específica para la difusión de calentadores solares de agua en zonas rurales de China. La subvención no apuntó a la aplicación de calentadores solares de agua como un medio importante para el aprovechamiento de energía renovable, si no como un reemplazo de un aparato eléctrico ordinario.

El objetivo de la política afectó el resultado final de la política de dos maneras. Al permitir que los usuarios eligieran. Los residentes rurales eligieron comprar más productos indispensables, como



computadoras, aparatos de aire acondicionado o lavadoras, en lugar de calentadores solares de agua en virtud de su limitado capital. De acuerdo con una encuesta nacional de las nueve categorías de dispositivos, la intención de compra de los entrevistados para calentadores de agua caliente fue la última, lo que indica que los calentadores solares tienen la menor atención de compra por parte de las zonas rurales. Por otra parte, los otros dos tipos de calentadores de agua caliente a gas también están cubiertos por el mismo tipo de subvención. Para los residentes rurales, la mayor inversión inicial de los calentadores solares de agua representó otro obstáculo.

A pesar de que calentadores solares de agua son mucho más baratos que las otras tecnologías renovables, por ejemplo, fotovoltaica y eólica, los productos CSA no necesariamente poseen atractivo financiero para los consumidores. En el mercado chino de los CSA, se ha hecho un análisis financiero de dos maneras: a) la comparación de costos de CSA con los de otras alternativas y b) el cálculo de la tasa interna de retorno y la recuperación de la inversión durante su periodo de uso. En 2007, la participación de los calentadores eléctricos de agua (CEA) en el mercado chino ascendió a 42.3%, que era mucho más alto que el de los calentadores a gas de agua (CGA), el 19.2%<sup>15</sup>. Por lo tanto, se utilizaron a los CEA como la alternativa para la comparación de costos. Teniendo en cuenta la disponibilidad general de la electricidad, tanto en áreas urbanas como rurales en China, consideramos que la aportación energética del CSA representa ahorros en la facturación eléctrica.

Es una lástima que la política de subsidios para los calentadores solares de agua anterior no logrará el gran despliegue de calentadores solares de agua esperado. Aún con lo anterior China se ha colocado como el gran usuario y fabricante de la energía solar térmica a nivel mundial.

Por lo tanto, se requiere un programa de incentivos para mejorar la viabilidad financiera a nivel del consumidor. La conclusión de que el subsidio del 13% bajo el programa en China, no logró acelerar la difusión de los CSA en zonas rurales de China. Se propone un nuevo programa de incentivos dirigido específicamente a estos calentadores, como medio de aplicación de la energía renovable para calentamiento de agua en las zonas rurales, con las tasas de subvención entre el 9 y el 50% en función de cuatro grandes regiones de China<sup>16</sup>.

## **1.6.2 Panorama del calentamiento solar de agua en España**

En España se han instalado un total de 241.165 m<sup>2</sup>, lo cual implica un acumulado de potencia instalada de casi 3.7 millones de metros cuadrados de superficie total instalada y en operación, según el estudio llevado a cabo por la Asociación Solar de la Industria Térmica durante el año 2015<sup>17</sup>

Durante el año 2010 se habían instalado unos 348 mil m<sup>2</sup>. Del total instalado durante 2010, más del 80 % se relaciona de forma directa con el Código Técnico de Edificación (CTE), un 15 % a instalaciones promovidas por sistemas de ayudas de las Comunidades Autónomas (CC. AA) y el resto a captadores destinados al calentamiento de piscinas. Con estas nuevas medidas se dio un importante paso para lograr un significativo impulso al uso de calentadores solares. Sin embargo, este impulso se vio disminuido por la dependencia directa que el sector tenía con la industria de la construcción.

---

<sup>15</sup> Luo, Z., 2009. Study on the situation of solar water heater industry and its development plan in China.. *Solar Energy*, Volumen 8, pp. 11-14.

<sup>16</sup> (Ma, Song, Richard, & Jing, 2014). Diffusion of solar water heaters in regional China: Economic feasibility and policy effectiveness evaluation.. *Energy Policy*, Volumen 72, pp. 23-34

<sup>17</sup> (ASIT, 2015).

El Código Técnico de Edificación de marzo de 2007, establecía la obligatoriedad de realizar instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas a fin de reducir el impacto ambiental producido por el consumo de combustibles fósiles, además de una serie de normas a cumplir que tienen como objetivo mejorar los niveles de calidad, habitabilidad de las edificaciones construidas en España. La normativa era aplicable para todos los edificios que hagan uso de agua caliente sanitaria y/o de sistemas de climatización de piscinas cubiertas que sean de nueva construcción o rehabilitados.

En este nuevo CTE se establecieron unos porcentajes mínimos de aportación energética solar para calentar el agua en función de 3 aspectos: el área climática, el volumen de agua consumida y el sistema de aportación energética de apoyo. El CTE establece 5 áreas climáticas en función de la radiación solar que recibe la superficie terrestre y de la que se podrán esperar diferentes aportaciones solares<sup>18</sup>.

Asimismo, debemos destacar que el mercado del CTE en vivienda sufrió un descenso del 8% respecto al 2014<sup>19</sup>, manteniéndose como el principal mercado como puede verse en la Figura 1.9.

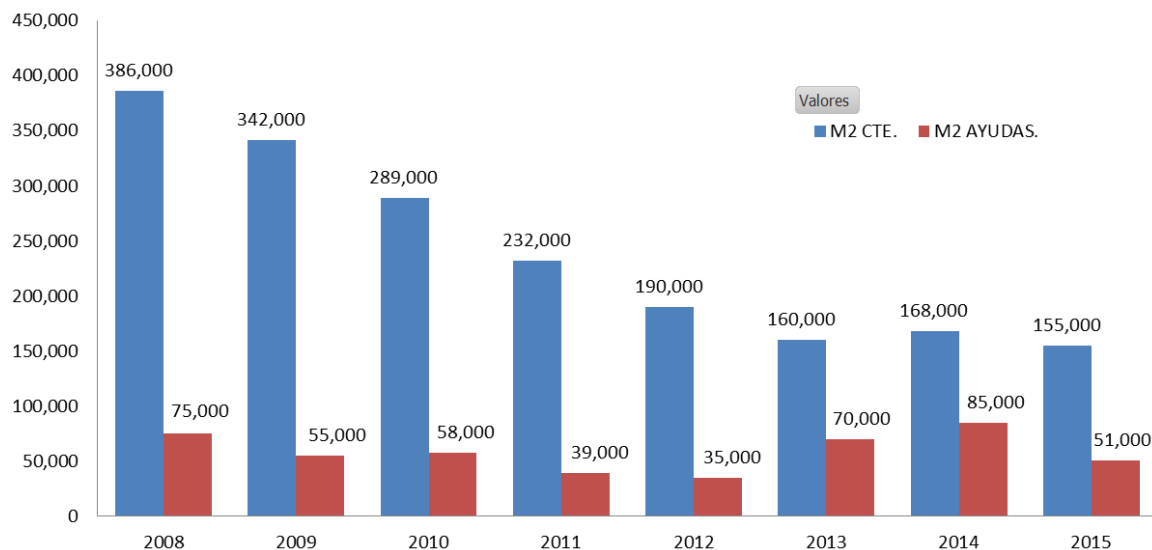


Figura 1.9. Desarrollo del mercado CTE vs Ayudas 2008 - 2015. Fuente ASIT, 2014

ASIT<sup>20</sup>, *op cit*, en su estudio de 2015 reportó que se instalaron en España un total de 241.165 m<sup>2</sup>, lo cual implica un retroceso del 5.5% respecto del año anterior, la caída en la actividad en el mercado está directamente relacionada con el propio descenso de actividad registrada en los dos principales segmentos del mercado, como son el de la vivienda nueva construida y regulada a través del CTE y el de los Programas de Apoyo de las CC.AA. La principal caída de actividad se registró en la Comunidad de Andalucía con motivo de la finalización del programa Prosol.

En la Figura 1.10 se muestra la distribución del mercado español por tipo de captador instalado en 2015, donde se puede observar que el mercado está dominado por el uso de captadores planos.

<sup>18</sup> (SitioSolar.com, 2016)

<sup>19</sup> (ASIT, 2016) <http://www.asit-solar.com/uploads/news/23/1457602343.pdf>

<sup>20</sup> (Polo, 2016)

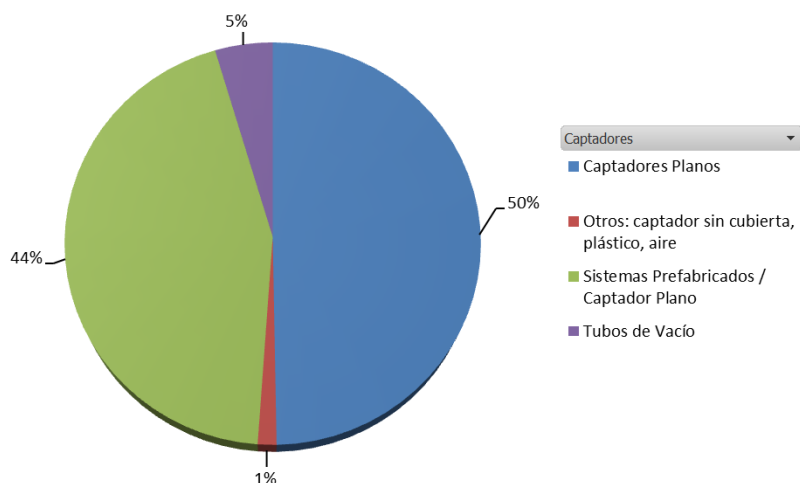


Figura 1.10. Tipo de captador instalado en España en el año 2015. Fuente: ASIT.

### 1.6.3 Panorama del calentamiento solar de agua en Brasil

Los datos recopilados en el presente apartado corresponden a una muestra tomada de las empresas asociadas con el Departamento Nacional de Calefacción Solar de la Asociación Brasileña de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción<sup>21</sup> (ABRAVA), en febrero de 2014, que fueron dirigidas a la búsqueda de indicadores de producción de colectores solares térmicos y tanques en 2013. Estos datos han sido recogidos y sometidos a tratamientos estadísticos para representar adecuadamente la evolución del mercado nacional brasileño.

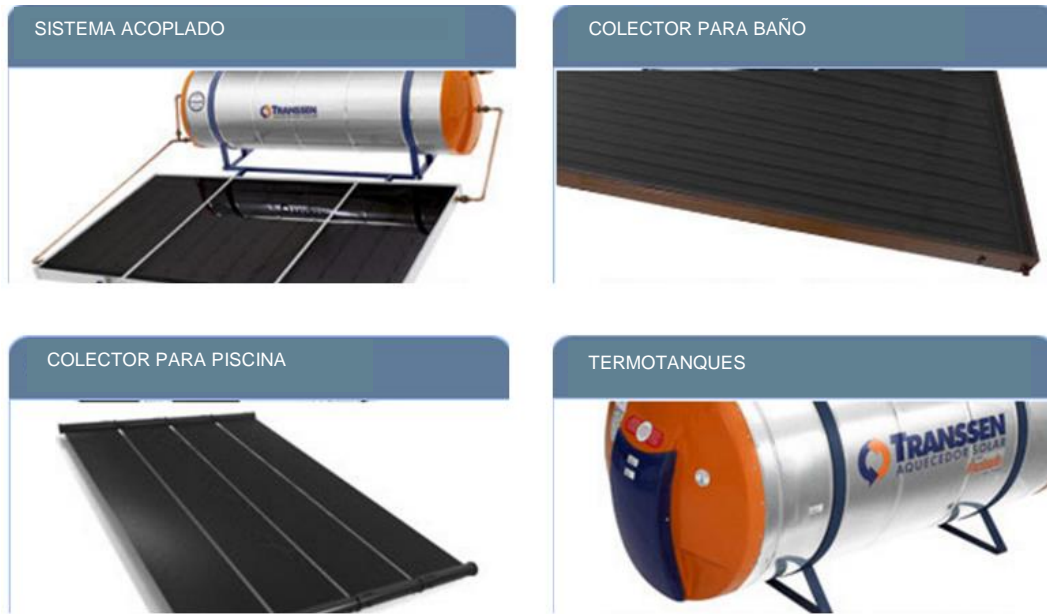
En Brasil, el mercado de la calefacción solar se compone de fabricantes, distribuidores, instaladores y diseñadores. Figura 1.11.

Las empresas asociadas al Departamento Nacional de Energía Solar Térmica (DASOL) son participantes del Programa Brasileño de Etiquetado (PBE) del Instituto Nacional de Metrología Normalización y Calidad Industrial del Gobierno Brasileño (INMETRO), fabricando así solo productos etiquetados o certificados.

Los productos de calentamiento solar de agua del mercado brasileño se han dividido en: colectores, termotanques y sistemas acoplados, que en la definición brasileña “acoplado” incluye al colector y al termotanque<sup>22</sup>, como se muestra en la Figura 1.9, esto ha permitido que se generen especificaciones para cada categoría de productos.

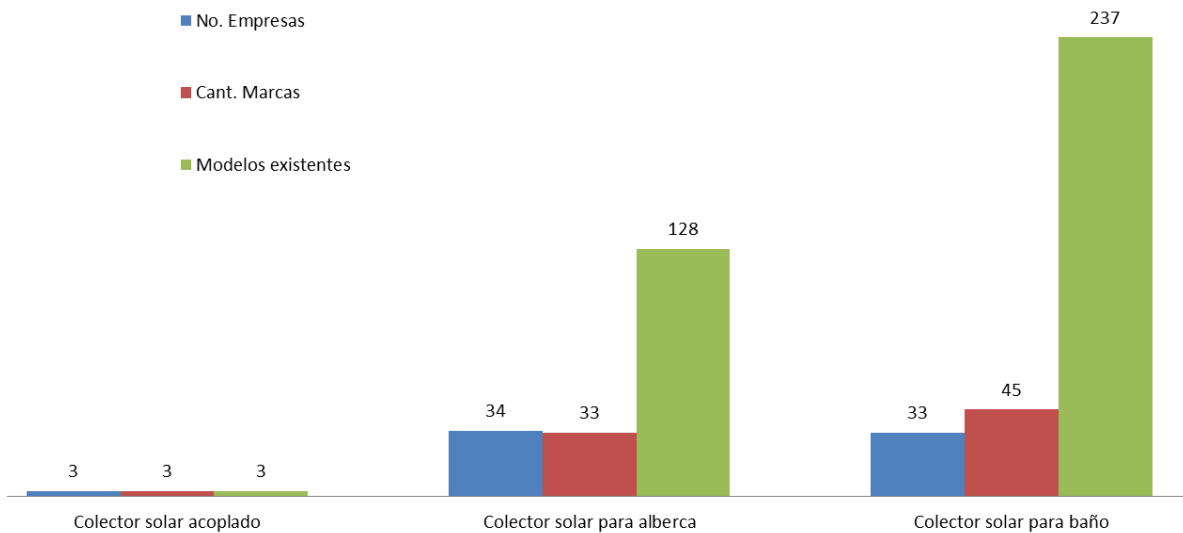
<sup>21</sup> ABRAVA, 2013. Produção de Coletores Solares para Aquecimento de Água e Reservatórios Térmicos no Brasil. Obtenido de DASOL.

<sup>22</sup> Fuente: TRANSSEN, Brasil, (TRANSSEN, 2016)



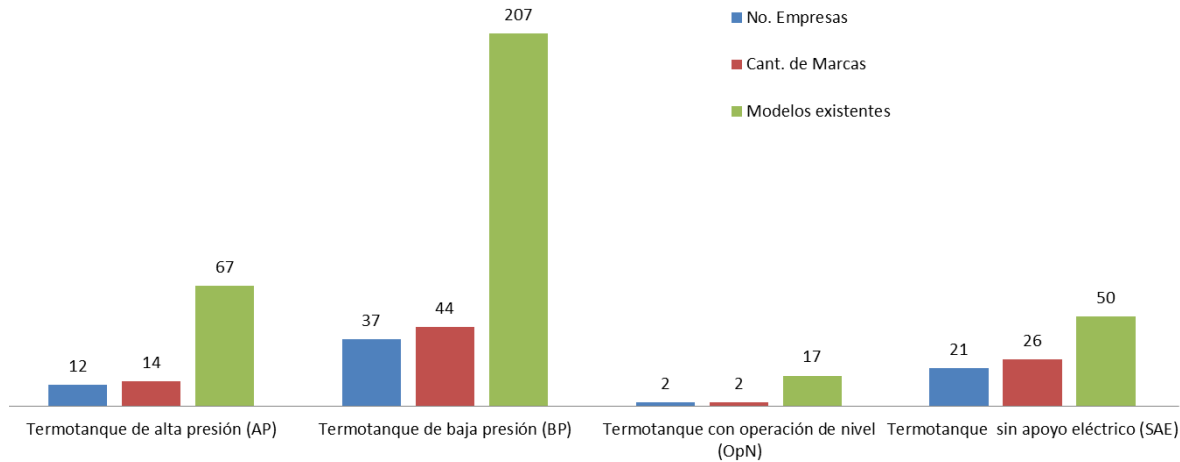
**Figura 1.11.** Clasificación de equipos solares para calentamiento de agua.

En marzo de 2014 como parte del PBE, todavía en la fase voluntaria, tenía 51 empresas con colectores solares etiquetados, que fueron clasificados como: de baño, piscina y acoplado. La distribución se muestra en la Figura 1.12.



**Figura 1.12.** Colectores solares con certificación aprobada. Fuente ABRAVA.

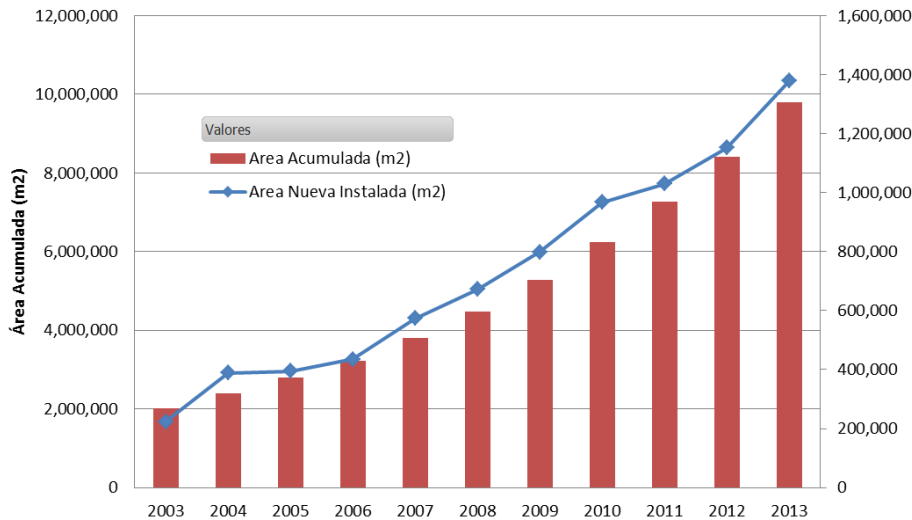
En cuanto a los termotanques, 44 empresas han certificado sus productos en cuatro categorías: depósito térmico de alta presión (AP), baja presión (BP), de nivel (OpN) y sin apoyo eléctrico (SAE). Ver Figura 1.13.



**Figura 1.13.** Depósitos térmicos etiquetados. Fuente ABRAVA.

En 2013, el mercado mostró una moderada recuperación, y desde entonces el sector se ha visto reforzado por las acciones comerciales de las empresas y por las iniciativas del gobierno tales como las viviendas de interés social, que utilizan sistemas solares de calefacción aunado a las leyes de incentivo al uso de SCA que concuerdan con el ritmo de crecimiento de la industria de la construcción.

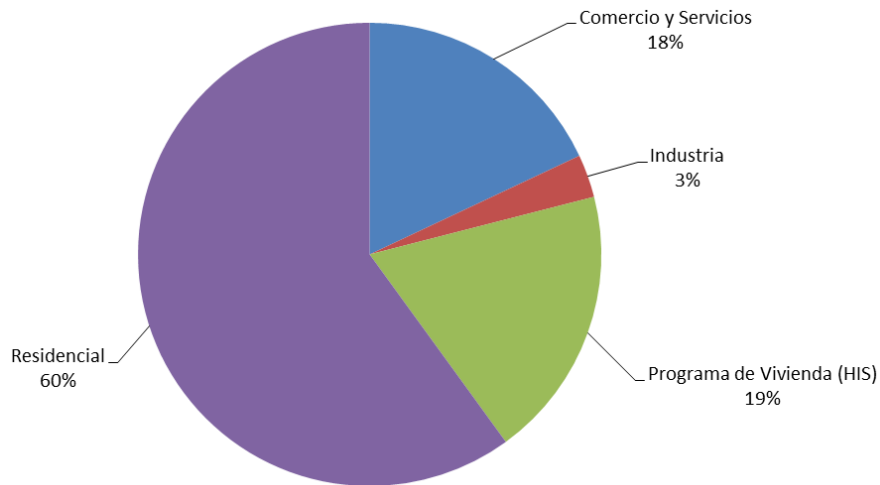
La investigación sobre la producción de colectores solares en Brasil muestra que en 2013 hubo un crecimiento del 19.8% (en comparación con el año anterior), produciendo 1'378,807 m<sup>2</sup>. El área acumulada de los colectores solares en Brasil es de 9.8 millones de m<sup>2</sup>. Ver Figura 1.14.



**Figura 1.14.** Evolución de la producción de colectores solares en Brasil. Fuente ABRAVA

### Ventas por segmentos.

En 2013 durante la investigación realizada a las empresas del sector de SCA en Brasil, se observó que el segmento con mayor participación en las ventas fue el residencial con un 60%, seguido por el segmento de los programas de vivienda de interés social (HIS) con un 19%, el sector comercio y servicios con un 18% y los de aplicación industrial con 3%, mostrado en la Figura 1.15.



**Figura 1.15.** Distribución de ventas por segmento en 2013. Fuente ABRAVA

## 2 Situación del desarrollo y políticas de la energía solar térmica en México

Los calentadores solares de agua, así como las empresas que los fabrican, importan, distribuyen e instalan han crecido en número y en magnitud en México. Asimismo, el público en general es cada vez más receptivo ante esta tecnología. Los esfuerzos de desarrollo tecnológico en México se han centrado en elaborar modelos para los sectores residencial, comercial, industrial e incluso agroindustrial, generalmente por pequeñas y medianas empresas<sup>23</sup>. De la misma manera, la variedad de productos que se ofrece en las dos grandes categorías, colectores desnudos para alberca y calentadores solares en su modalidad de placa plana o tubos evacuados, varían en amplios rangos de calidad y precio. Esta situación fue ya detectada a principios de la década pasada, de tal manera que fue necesario comenzar a construir una normatividad para fortalecer la confianza de los usuarios en la tecnología, así como diferentes programas para acelerar la difusión de estos sistemas. El Programa de Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol) fue emprendido para llegar a una meta, en ese entonces ambiciosa, de 1.8 millones de metros cuadrados instalados en el territorio nacional creando a su vez toda una infraestructura normativa y financiera para el fortalecimiento del mercado.

### 2.1 Procalsol

El programa de Promoción de Calentadores solares, Procalsol estuvo vigente de 2007 a 2012 a cargo de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y apoyado de una manera muy significativa por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ) y la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), así como también por la cooperación de muchos actores privados y públicos (INFONAVIT, GDF, SHF, Nafinsa, y SHCP entre otros), con lo que se dio forma a una buena cantidad de iniciativas.

El Procalsol ha sido el único programa a largo plazo realizado en México para apoyar el calentamiento solar de agua. Este programa se conformó mediante la participación de organismos gubernamentales, asociaciones civiles y actores de diversa índole comúnmente interesados en el impulso del calentamiento solar de agua. Inicialmente se fijó la meta de llegar al 2012 con una superficie instalada de 1.8 millones de metros cuadrados en todo el territorio nacional, principalmente en los sectores residencial, comercial, industrial y agronegocios. Sin embargo, este objetivo no fue finalmente alcanzado y se aceptó haber llegado a un total instalado de 1.29 millones de metros cuadrados de calentadores solares de agua al amparo de ese programa<sup>24</sup>, mientras que el total instalado ascendió a 2.2 millones de metros cuadrados<sup>25</sup>, comparando con el total de 839,000 metros cuadrados instalados históricamente en México, podemos concluir que el programa Procalsol promovió un aumento del 160% sobre la base histórica instalada y la principal estrategia de difusión fue la implementación de calentadores solares en viviendas construidas y vendidas en el marco del programa *Hipoteca Verde*. También se otorgaron subsidios parciales a los calentadores mediante la participación de la GIZ mediante el programa *25,000 techos solares para México*. No obstante, el Procalsol, en sí mismo, no fue un programa de incentivos o de financiamiento, más bien se trató de una plataforma mediante la cual se lanzó una gran cantidad de iniciativas para la promoción de la energía solar en su modalidad de calentamiento de agua.

<sup>23</sup> (Ortiz, Masera, & Fuentes, 2016)

<sup>24</sup> (ANES, 2016)

<sup>25</sup> *Al 2012 se tuvieron 2.2 millones de m<sup>2</sup>. Balance Nacional de Energía 2012, pp. 119*

### **2.1.1 Objetivos del programa (Procalsol 2007)**

El programa tuvo como objetivo principal impulsar entre los sectores residencial, comercial, industrial y de agronegocios de México, el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua, a través de fortalecimiento de los mecanismos previamente establecidos y que de manera diversa ya se habían puesto en operación, asimismo se procuró el diseño e implementación de esquemas nuevos e innovadores que pudiesen facilitar lograr la meta de instalación de 1,800,000 m<sup>2</sup> de calentadores solares de agua en México para el año 2012<sup>26</sup>.

Para lograr este objetivo era necesario garantizar que el crecimiento del mercado del calentamiento solar de agua se llevara a cabo con un nivel de calidad adecuado en los productos y servicios asociados, favoreciendo el desarrollo de la industria nacional y promoviendo la adopción de tecnología desarrollada por los centros de investigación nacionales, entendida como la que está integrada por fabricantes, diseñadores de sistemas, distribuidores e instaladores de equipos.

Este escenario a futuro generó, después de un riguroso trabajo de identificación de barreras<sup>27</sup>, una serie de estrategias clasificadas en líneas de acción las cuales a su vez fueron seguidas por actividades específicas, entre las principales, clasificadas como ejes de desarrollo del programa, estuvieron las siguientes:

#### *Línea 1, Regulación:*

Promover y facilitar el desarrollo de normas e instrumentos regulatorios para sistemas e instalaciones; programa de capacitación y certificación de técnicos; apoyo a la implementación de normas ambientales para el calentamiento solar.

#### *Línea 2, Incentivos económicos a usuarios:*

Colaboración entre SENER, Conae y SHCP; aplicación de financiamiento hipotecarios a la compra de sistemas de calentamiento solar en vivienda nueva; fomento de instrumentos financieros disponibles en la banca de desarrollo para aplicaciones productivas y agropecuarias

#### *Línea 3, Fortalecimiento de la oferta:*

Certificación de empresas de diseño, instalación, operación y mantenimiento; apoyos para PyMEs dedicadas a la fabricación, venta e instalación; seminarios de intercambio de ofertas y demandas de desarrollo tecnológico; establecer sello de calidad de equipos.

#### *Línea 4, Información:*

Campaña de sensibilización a la población; campaña de promoción de aspectos específicos del PROCALSOL a distintos grupos metas; sitio en internet.

#### *Línea 5 Gestión:*

Comité Técnico y unidad de Coordinación; mecanismos de evaluación

### **2.1.2 Resultados del programa Procalsol**

El Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, “NESO 13”, de Normex elaboró la norma voluntaria NMX-ES-004-NORMEX-2009, Energía Solar - Evaluación térmica de

---

<sup>26</sup> (CONAE, 2007)

<sup>27</sup> Las barreras identificadas en el programa Procalsol se discuten y clasifican en el Capítulo 6 de este trabajo.



sistemas solares para calentamiento de agua - método de prueba, cuya vigencia se publicó en el Diario Oficial de la Federación<sup>28</sup>.

Asimismo, el Infonavit estableció con el apoyo técnico de la GIZ requisitos de instalación para calentadores solares de agua con el fin de garantizar la calidad de las instalaciones en el marco de la Hipoteca Verde<sup>29</sup>. Este programa consiste en otorgar un monto adicional de crédito para que los derechohabientes puedan adquirir viviendas equipadas con ecotecnologías que contribuyan a disminuir los gastos relacionados con el consumo de agua y energía.

Por su parte Procobre elaboró y presentó una propuesta para incorporar, en los reglamentos de construcción de los gobiernos estatales de Morelos, Guerrero, Jalisco, Veracruz y de los gobiernos municipales Puebla, Zihuatanejo, Tabasco, el uso de sistemas de calentamiento solar de agua en los sectores residencial y servicios, este último punto no tiene resultados visibles, sin embargo, este es el tipo de trabajo que se realizó derivado de las líneas de acción propuestas en el Procalsol.

En lo referente a los incentivos económicos y financieros, el Infonavit otorgó 36,973 Hipotecas Verdes con calentadores solares en el año 2009 con una tendencia al alza. De la misma manera la GIZ promovió el proyecto “25,000 Techos Solares para México”. Dicho programa se financia a través de la “Iniciativa Internacional para la Protección del Clima” del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) y es ejecutado de manera conjunta por Infonavit y la GIZ. Este programa prevé que, en el marco de la Hipoteca Verde, se otorguen un total de 2.5 millones de Euros como subsidio parcial directo al costo de inversión de sistemas de calentamiento solar de agua. Al 31 de diciembre de 2010, se habían otorgado 1,838 subsidios.

El Fideicomiso de Riesgo Compartido de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Firco-SAGARPA) está apoyando económicamente la instalación de sistemas de calentamiento solar de agua en instalaciones agroindustriales, particularmente en rastros. Para el periodo 2008-2014 Firco reporta el apoyo para 140 proyectos de sistemas térmicos solares en 23 estados de la república mexicana de los cuales 108 corresponden a establecimientos TIF<sup>30</sup>.

Durante el año 2010 se estableció un mecanismo de certificación para instaladores de calentadores solares de agua, basado en la Norma Técnica de Competencia Laboral (NTCL) del Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER). ANCE se acreditó como Organismo de Certificación de Competencia Laboral, acreditado por el CONOCER.

Con el propósito de impulsar la formación de especialistas que puedan diseñar sistemas de calentamiento solar de agua industriales, la GIZ impartió un curso de capacitación sobre el diseño de sistemas de CSA a medida durante la Semana Nacional de la Energía Solar de la ANES.

---

<sup>28</sup> (DOF, 2010)

<sup>29</sup> (CONUEE, GIZ, ANES, 2011)

<sup>30</sup> Firco, 2015, Energía Solar Calentamiento de Agua y su Aprovechamiento en Agronegocios. Tercer Foro de Calentamiento Solar, Campeche, 8 oct, 2015.

En el año 2009 se instalaron aproximadamente 233,000 m<sup>2</sup> de calentadores solares de agua. Esto presenta un aumento del 41% comparado con el año 2008. Estos resultados son reportados por CONUEE en su informe del año 2009<sup>31</sup>.

En el año 2011 el 13% de los calentadores solares en operación eran equipos nuevos y el 58% se encontraba instalado en casa, como puede verse en la figura 2.1.

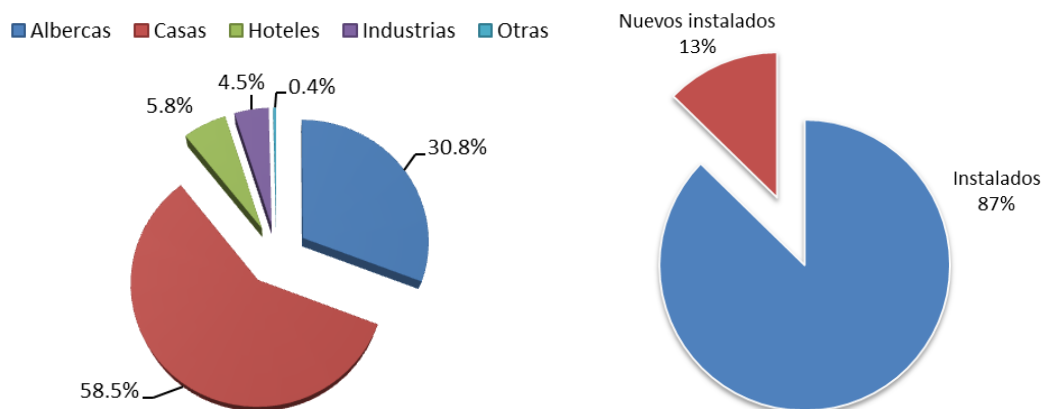


Figura 2.1. Mercado de calentadores solares de agua, en 2011.

Fuente CONUEE.

## 2.2 Hipoteca Verde y 25,000 Techos solares

### 2.2.1 Hipoteca verde

La hipoteca verde fue un programa del Gobierno Federal a través del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), consistía es un monto adicional de crédito otorgado al derecho habiente al adquirir una vivienda con eco-tecnologías, con la intención de generar ahorros en el consumo de agua y energía, dándole la posibilidad de una mayor capacidad de pago. Durante el periodo del año 2007-2013, INFONAVIT otorgó más de 200 mil financiamientos para la adquisición de vivienda social que incluye, entre otras tecnologías, la instalación de calentadores solares de agua.

Las eco-tecnologías incorporadas al programa de Hipoteca Verde que podían ser seleccionadas son las siguientes: Iluminación, Gas, Agua y Salud. En el rubro de ahorro de gas se encontraba el uso de calentador solar de agua plano o calentador solar de agua de tubos evacuados ambos con respaldo de calentador de gas de paso de rápida recuperación<sup>32</sup>.

#### Objetivos de Hipoteca Verde

- Coadyuvar a la Estrategia Nacional para el Cambio Climático, mediante la promoción de la oferta de vivienda con criterios ecológicos. (Semarnat, 2016)

<sup>31</sup> CONUEE, 211, Programa de promoción de calentadores solares de agua 2007- 2012 Avance 2007 - 2009 y plan operativo 2010 - 2011

<sup>32</sup> La Ecotecnología en México, 2014, *op. cit.*

- Proporcionar las condiciones adecuadas y el estímulo para que los derechohabientes del INFONAVIT puedan adquirir casas de mayor valor, por el uso de tecnologías innovadoras orientadas a disminuir el consumo de agua y energía.
- Traer beneficios colaterales a los desarrolladores de vivienda que buscan diferenciarse, así como a la industria de eco-tecnologías y a la comunidad en general.

## 2.2.2 25,000 Techos Solares

A partir de 2009, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU), la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ) y el INFONAVIT acordaron unir esfuerzos para desarrollar el “Proyecto 25,000 Techos Solares para México” por medio de la “*Iniciativa Internacional de Protección del Clima*” y en el marco de la cooperación bilateral entre México y Alemania, con el objetivo de que aumentara el uso de sistemas de calentamiento solar de agua en el sector residencial mexicano.

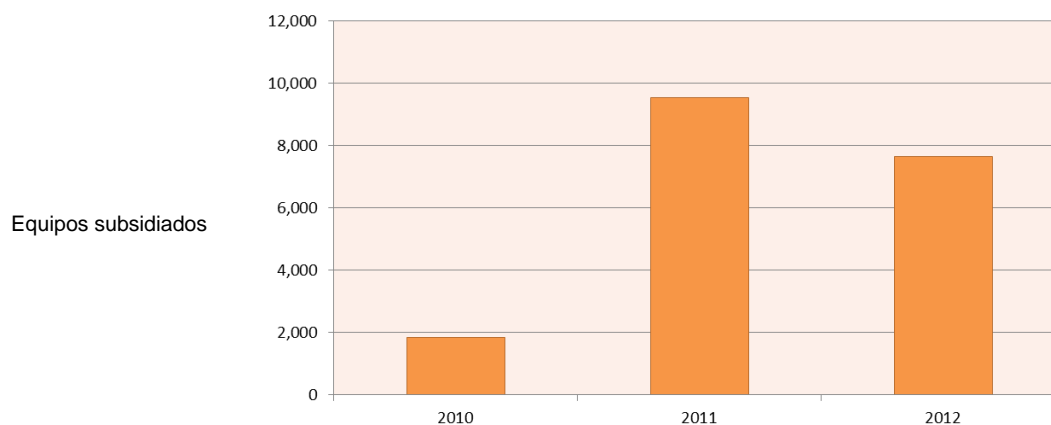
Basado en el exitoso Programa de Incentivos de mercado de Alemania, se otorgarían 2.5 millones de Euros en subsidios para cubrir parcialmente el costo de inversión de hasta 25,000 colectores solares a través del sistema de crédito conocido como “Hipoteca Verde”, administrado por el INFONAVIT. Con la introducción de este modelo de subsidio innovador, México asumió un papel pionero entre los países en desarrollo y emergentes.

## 2.3 Resultados Hipoteca Verde y 25,000 Techos Solares

Dada las condiciones del país y los escasos actores gubernamentales que contaban con programas de promoción para la energía solar térmica, El proyecto de 25,000 techos solares se enfocó fuertemente en el desarrollo de mecanismos financieros y de garantía de calidad en el programa de vivienda social, como es el Programa Hipoteca Verde.

### *Subsidios a fondo perdido en el marco del Proyecto 25,000 Techos Solares*

En los años 2010, 2011 y 2012, se lograron subsidiar un total de 19,013 calentadores solares de agua, alcanzando así 76% de la meta inicialmente planteada. Dichos subsidios a fondo perdido contribuirán a reducir de manera global al menos 146,711 tCO<sub>2</sub>e durante la vida útil de los equipos (considerando 15 años), al disminuir el consumo de gas LP en los hogares beneficiados por el Proyecto. Figura 2.2

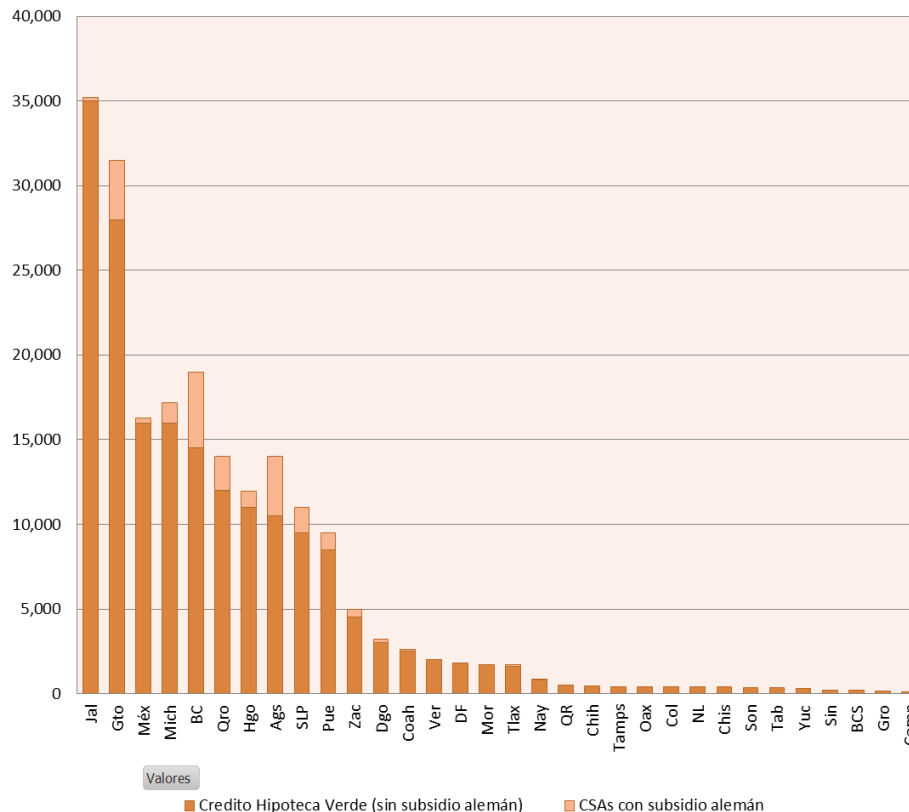


**Figura 2.2.** Subsidios otorgados en el marco del Proyecto 25,000 Techos Solares para México.

Fuente GIZ

### Contribución de subsidios en el desempeño de Hipoteca Verde

Aunado a los esfuerzos del Programa Hipoteca Verde que inició en 2007 y los subsidios económicos otorgados por el Proyecto 25,000 Techos Solares (19.013 calentadores solares), contribuyeron al financiamiento e instalación de poco más de 181 mil CSA adicionales en el marco del programa durante el periodo 2007 a 2013 en todos los estados del país. Con ello el INFONAVIT logró financiar más de 200 mil calentadores de agua en todo el país. Figura 2.3



**Figura 2.3.** Total de CSA instalados en el Programa Hipoteca Verde al cierre de 2013. Fuente, GIZ

El impacto del Programa Hipoteca Verde y el Proyecto 25,000 Techos Solares, se vio reflejado en 17 estados del país, en donde se instalaron más de mil calentadores solares de agua en cada entidad federativa. Del total de calentadores solares financiados, la mayoría fueron instalados en localidades con climas templados del país (83%), en las cuales el calentamiento de agua representa una cantidad importante de las necesidades energéticas en los hogares.

#### Estudios de calidad en instalaciones y equipos

Algunos de los puntos fuertemente cuestionados en el programa Hipoteca Verde ha sido la calidad de instalación, la cual, para el periodo de ejecución del programa, todavía no ha sido satisfactoria y existen varios puntos de mejora. Los resultados de las encuestas de seguimiento de falla son contundentes ya que se presenta un 83 de los equipos instalados con algún tipo de falla que hacen más lenta la recuperación de la inversión al equipo. Un 34% de las fallas dificultan el mantenimiento de los equipos y el 16% presenta a los equipos con fallas que ponen en riesgo los equipos en el corto plazo.

### 3 Retos y oportunidades que plantea el nuevo marco legal.

El nuevo marco legal mexicano en materia de energía y medio ambiente surge de dos acontecimientos de alto impacto, la reforma energética y la integración de México a la estrategia internacional para el abatimiento del cambio climático. Estos dos acontecimientos no tienen en sí mismos metas específicas para la utilización de la energía solar a nivel tecnificado, pero de hecho ya han abierto las puertas para la integración de planes y programas con energía solar, y por otra parte se constituyen en escenarios ideales para trazar hojas de ruta. Veamos a continuación las principales características de estos grandes senderos para la transición energética.

#### 3.1 Ley General de Cambio Climático

Desde la aprobación de la Ley General de Cambio Climático (LGCC), a partir de octubre de 2012 el gobierno ha instrumentado el marco institucional previsto en esa ley, compuesto principalmente por:

- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
- Consejo de Cambio Climático
- Aprobación del estatuto orgánico del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40
- Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018

De manera global, la Ley General de Cambio Climático establece como objetivo reducir en 30% las emisiones de CO<sub>2</sub>e al año 2020 respecto a las emisiones tendenciales; esto implica reducir 288 MtCO<sub>2</sub>e en su primera etapa, entre 2013 y 2020<sup>33</sup>. Esta misma ley mandata que para el año 2020, la SHCP, la Sener y la CRE deberán tener constituido un sistema de incentivos para promover las Energías Renovables.

Adicionalmente, el gobierno federal llevó a cabo la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero y, a partir de éste, se construyó la Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional de México (INDC, por sus siglas en inglés) que se presentó ante las Naciones Unidas el 27 de marzo de 2015 y que constituyó la aportación de México al acuerdo global de la Cumbre del Clima celebrada en París en diciembre de 2015<sup>34</sup>.

La contribución prevista de México en este compromiso tiene dos componentes, uno de adaptación y otro de mitigación, la cual, a su vez, contempla dos tipos de medidas, aquellas que son no condicionadas y que el país puede solventar con sus propios recursos, y las condicionadas, que son aquellas con las cuales, mediante compromisos, puede obtener recursos adicionales y lograr mecanismos efectivos de transferencia de tecnología<sup>35</sup>. Para la reducción de las emisiones de carbón mediante medidas no condicionadas se tiene la línea base mostrada en la tabla 3.1, la cual muestra la línea base estimada de emisiones de carbono negro, así como las reducciones comprometidas mediante medidas no condicionadas.

---

<sup>33</sup> CICC, 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático.  
[http://www.inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015\\_mex\\_indc\\_presentacion.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015_mex_indc_presentacion.pdf)

<sup>34</sup> INECC, 2015, Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Período 2020-2030.

<sup>35</sup> Semarnat, 2015, Intended Nationally Determined Contribution (INDC)  
<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>

**Tabla 3.1.** Ahorro de emisiones de carbono negro comprometido por el gobierno mexicano al 2030.

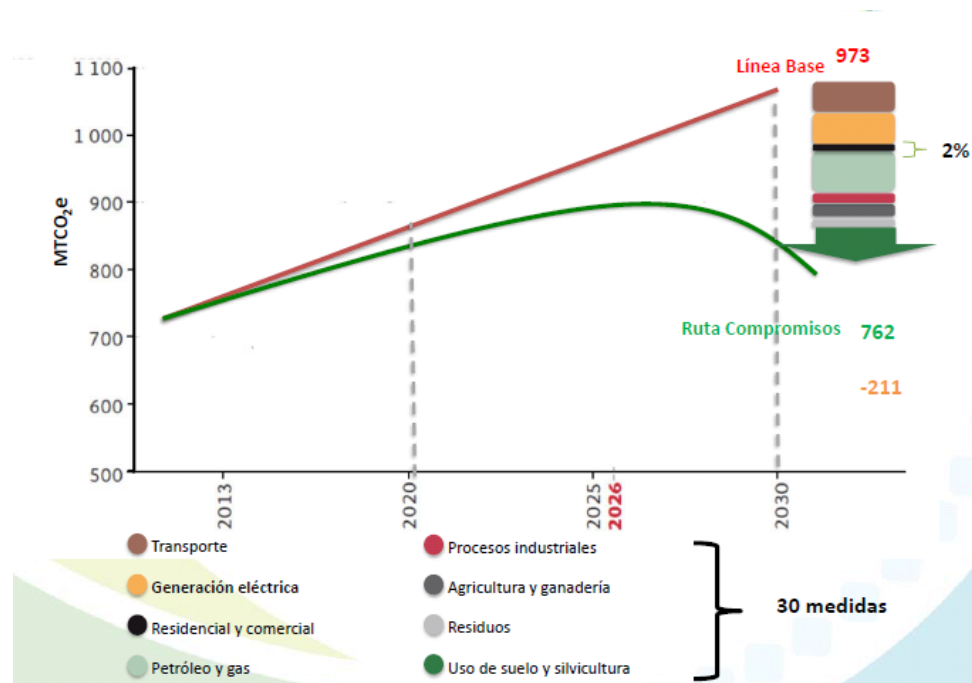
<b>Emisiones de Carbono Negro al 2030</b>			
	<i>Línea Base (Miles de Ton. Métricas)</i>	<i>Meta No Condicionada (Miles de Ton. Métricas)</i>	<i>Ahorro Previsto (Miles de Ton. Métricas)</i>
<b>Transporte</b>	58	10	48
<b>Generación de electricidad</b>	3	2	1
<b>Residencial y comercial</b>	15	6	9
<b>Petróleo y gas</b>	3	2	1
<b>Industria</b>	56	41	15
<b>Agricultura y ganadería</b>	13	10	3
<b>Residuos</b>	<1	<1	0
<b>USCUSS<sup>1</sup></b>	4	4	0
<b>Emisiones totales</b>	152	75	77

Como se puede observar en la tabla anterior, después del sector del transporte, el cual deberá someterse a una profunda reconfiguración para el año 2030, los sectores que mayor compromiso tienen para reducir emisiones de carbono negro son el residencial, comercial y la industria, sectores altamente consumidores de energía térmica como calor y los cuales, según se demostrará más adelante en este reporte, poseen un gran potencial para admitir a los sistemas solares de calentamiento de fluidos.

Por otra parte, los gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono, también deberán ser abatidos mediante las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND), las cuales constituyen compromisos con los países miembros de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), con el objetivo global de reducir las emisiones de GEI a un nivel tal que logre no aumentar la temperatura del planeta más allá de los 2°C, idealmente 1.5°C<sup>36</sup>.

Mientras que el escenario tendencial para la emisión de GEI predice que para el 2030 se estarán emitiendo 973 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, mediante las CND las emisiones se pueden reducir en un 22% para ese año, es decir, 762 MtCO<sub>2</sub>e. En este aspecto la reducción de GEI para el sector residencial y comercial solamente representa un 2% y para el sector industrial un 4% aproximadamente.

<sup>36</sup> INECC, 2016, Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) Sector: Residencial y Comercial. México.



**Figura 3.1.** Escenario de línea base vs ruta de compromisos no condicionados.  
Fuente INECC, *op. cit.*

Dentro de los principales compromisos que se plantean para el sector residencial y comercial están, a) la sustitución de calentadores de agua convencionales por calentadores eficientes (solares e instantáneos) y b) la utilización de equipos ahorradores de agua para disminuir la demanda de energía de calentamiento de agua. Entre ambas medidas se predice un ahorro de 5 MtCO<sub>2</sub>e de las cuales un 2.05 MtCO<sub>2</sub>e corresponden a la instalación de calentadores solares y equipos eficientes.

### 3.2 Ley de Transición Energética

Es una ley complementaria de la Reforma Energética en México, que regulará el aprovechamiento sustentable de la energía, las energías limpias y la reducción de contaminación principalmente en la generación de electricidad. En el marco de esta ley se establecen políticas y medidas para configurar una matriz energética más enriquecida con energías limpias y tecnologías que reduzcan las emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Esta ley establece las siguientes metas de participación de energías limpias en la generación de electricidad:

- 25% al 2018
- 30% al 2021
- 35% al 2024
- 45% al 2036
- 60% al 2050

### **3.2.1 Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios.**

Para la obtención de estas metas la Sener y la Conuee han elaborado una Hoja de Ruta que, para septiembre de 2016, se encontraba en consulta pública<sup>37</sup>. De cualquier manera, existen fundados argumentos para que los planteamientos correspondientes a la promoción del calor de proceso, y sobre todo para los sistemas de energía solar, sean aprobados y se conviertan en un mecanismo catalizador de estas tecnologías al amparo de la LTE. La Hoja de Ruta, denominada Estrategia para la Transición Energética comprende acciones para el impulso de los Sistemas de Calentamiento Solar incluidas en cinco categorías.

#### **3.2.1.1 Regulaciones y Política Pública**

- Desarrollar regulaciones para el aprovechamiento de superficies en las construcciones para la instalación de tecnologías solares.
- Fomentar la creación de programas de aprovechamiento de la tecnología solar con aplicaciones térmicas en procesos industriales.
- Establecer NOM's para los dispositivos e instalación de sistemas para el aprovechamiento solar con aplicaciones térmicas.

#### **3.2.1.2 Capacidades Técnicas y recursos humanos**

- Desarrollar programas de capacitación y certificación de profesionistas y técnicos en las áreas de diseño, construcción e instalación de sistemas con tecnologías solares.
- Promover el incremento de proveedores de sistemas térmicos solares certificados con aplicaciones industriales.

#### **3.2.1.3 Instituciones**

- Fortalecer instituciones sub-nacionales que impulsen políticas, programas y proyectos que aprovechen el potencial del recurso solar.
- Coordinar la integración de una red para el aprovechamiento de energía solar térmica en procesos industriales que vincule a los principales actores.

#### **3.2.1.4 Mercados y financiamiento**

- Fortalecer mecanismos de garantía en proyectos de gran escala.
- Crear esquemas de financiamiento que faciliten la adquisición de equipos para el aprovechamiento de la energía solar
- Desarrollar modelos de negocio que permitan una penetración acelerada de la tecnología solar térmica.

#### **3.2.1.5 Investigación, desarrollo e innovación**

- Realizar estudios sobre el consumo final de energía en el sector industrial para establecer el potencial técnico y económico de la tecnología solar térmica.

---

<sup>37</sup> CONUEE, 2016, Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, Sener.



### 3.3 Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018

En el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018<sup>38</sup> del gobierno de la república se generó la obligación de emitir el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER) emanado de la LAERFTE, que en su artículo 11 determina el contenido que este debe suscribir. Los elementos fundamentales en materia de energías renovables son<sup>39</sup>:

- Promover la participación social durante la planeación, aplicación y evaluación del Programa;
- Establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas;
- Establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad;
- Incluir la construcción de las obras de infraestructura eléctrica necesarias para que los proyectos de energías renovables se puedan interconectar con el Sistema Eléctrico Nacional;
- Asegurar la congruencia entre el Programa y los otros instrumentos de planeación del sector energía;
- Definir estrategias para fomentar aquellos proyectos que a partir de fuentes renovables de energía provean energía eléctrica a comunidades rurales que no cuenten con este servicio, estén o no aislados de las redes eléctricas;
- Definir estrategias para promover la realización de proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables, preferentemente para los propietarios o poseedores de los terrenos y los sujetos de derechos sobre los recursos naturales involucrados en dichos proyectos.

Como se puede observar, este programa está fuertemente orientado hacia la utilización de la energía solar en su modalidad de generación de electricidad, sin embargo, se detectan recomendaciones marginales en el sentido de que debe ser mayormente cuantificada y fomentada la tecnología para el desarrollo de la tecnología solar térmica.

Al amparo de este programa y bajo la supervisión del Consejo Consultivo para las Energías Renovables, creado también por mandato del PEAR, se generó la estrategia 5.2 para impulsar el aprovechamiento de la energía térmica de pequeña y gran escala, dentro de la cual quedaron contemplados los dispositivos térmicos solares en sus diferentes modalidades.

#### 3.3.1 Estrategia 5.2 del PEAER 2013-2018.

##### **Impulsar el aprovechamiento térmico de pequeña y gran escala.**

###### Línea de acción 5.2.1

Diagnosticar y promover la generación y cogeneración distribuida en centros urbanos para llevar energía a centros de consumo de energía térmica y eléctrica.

---

<sup>38</sup> Sener, 2013. Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, México

<sup>39</sup> Diario Oficial de la Federación, [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014)

#### Línea de acción 5.2.2

Impulsar el aprovechamiento geotérmico de media y baja entalpía para uso térmico.

#### Línea de acción 5.2.3

Impulsar el desarrollo de aprovechamiento termosolar para producción de energía.

#### Línea de acción 5.2.4

Incrementar la calidad de la información disponible sobre el aprovechamiento térmico para el mejor desarrollo de políticas y del mercado.

#### Línea de acción 5.2.5

Fortalecer programas de uso de calentadores solares de agua en los sectores de consumo final.

#### Línea de acción 5.2.6

Fortalecer programas de aprovechamiento térmico renovable en los sectores de consumo final.

Mientras que la línea de acción 5.2.5 recomienda fortalecer específicamente los programas de uso de los calentadores solares de agua en los sectores de consumo final, las líneas 5.2.3, 5.2.4 y 5.2.6 incluyen recomendaciones genéricas para el aprovechamiento de la energía térmica. Asimismo, observamos la ausencia de indicadores para el desarrollo de la industria del calentamiento solar de agua, a diferencia de aquellos que se han destinado al impulso de la utilización de sistemas fotovoltaicos.

Diferentes programas y acciones, muchos de ellos se han quedado solamente en propósitos, se han derivado de las líneas de acción del PEAER, sin embargo, el objeto de este trabajo consiste en identificar los nichos para establecer posibles líneas de acción entre los programas gubernamentales.

### **3.4 Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética (PEFRHME)**

El PEFRHME tiene como objeto contribuir a la captación, desarrollo y retención de talento necesario para la construcción de una industria energética nacional atractiva, dinámica y competitiva<sup>40</sup>. Se ha estimado que México necesita formar un mínimo de 135,000 expertos de alto nivel, profesionales y técnicos en distintas especialidades en los próximos cuatro años, para cubrir la demanda directa del sector, así como nuevos mecanismos que contribuyan a conectar adecuadamente la oferta y la demanda de recursos humanos, misma que se convierte en un desafío para la educación, la ciencia y la tecnología mexicanas y para sus instituciones. Para esta condición estratégica se definieron cinco objetivos:

1. Estimular la ampliación de una oferta educativa de calidad y pertinencia.
2. Fomentar la formación de capital humano especializado y de alto nivel.
3. Incrementar la oferta de programas para la reconversión de técnicos y profesionales.

---

<sup>40</sup> Sener, 2016, *Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética*.

<http://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-estrategico-de-formacion-de-recursos-humanos-en-materia-energetica-pefrhme-7732>

4. Fomentar la oferta de programas de adiestramiento y certificación de competencias.
5. Crear o consolidar centros de adiestramiento en las empresas del sector y establecer una campaña de formación y actualización.

Resulta importante dentro de esta condición estratégica, señalar las acciones prioritarias que se proponen para incrementar la formación de capital humano que demandará el sector. Estas acciones se incluyen en los objetivos 1 y 2 de las condiciones estratégicas del PEF RHME, las cuales se fundamentan en las capacidades con que cuentan actualmente las instituciones participantes. Uno de los programas apoyados mediante estas acciones es el correspondiente a los Centros Mexicanos de Innovación en Energía Solar, en los cuales se contempla el programa de formación de recursos humanos con alto grado de especialización en energía solar como una de sus principales directrices.

### **3.5 Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía**

Apoya la conducción de la política energética nacional para garantizar la seguridad energética y desarrollo económico del país, tomando como punto de partida la sustentabilidad energética y la transición hacia una sustitución de energías fósiles con combustibles más baratos y más limpios, así como reducir la dependencia de México de los combustibles fósiles<sup>41</sup>. El Artículo 24 indica que, con el fin de ejercer con eficiencia los recursos del sector público, evitando su dispersión, la ENTEASE comprenderá los mecanismos presupuestarios para asegurar la congruencia y consistencia de las acciones destinadas a promover el aprovechamiento de las tecnologías limpias y energías renovables, así como el ahorro y el uso óptimo de toda clase de energía en los procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo.

### **3.6 Consejo de Calentamiento Solar de Agua en México 2014-2018**

El Consejo de Calentamiento Solar de Agua en México 2014-2018, es un esfuerzo por reactivar y dar seguimiento a algunos objetivos del Procalsol, así como para generar nuevas líneas de promoción y consolidación del calentamiento solar. Está presidido por la CONUEE e integrado por representantes de instituciones públicas y privadas; para su operación se establecieron seis campos de acción:

- Regulación,
- Infraestructura de la calidad,
- Concientización,
- Financiamiento,
- Información y
- Seguimiento

La creación de estos grupos obedece a la idea de superar barreras previamente identificadas para la promoción del calentamiento solar.

Con relación al campo de acción de la Regulación, el consejo acordó elaborar el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER-2015 para calentadores solares operando con respaldo de calentador convencional a base de gas natural o de gas LP. Asimismo, se elabora

---

<sup>41</sup> Sener, 2014. *Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía*, [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE\\_2014.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE_2014.pdf)

un estudio de viabilidad para evaluar la pertinencia de considerar en las leyes y reglamentos de construcción de los gobiernos estatales y municipales el uso del calentamiento solar de agua.

De igual manera, el consejo acordó reanudar la promoción del uso de calentadores solares a fin de garantizar su calidad, reducir el consumo de combustibles fósiles y contribuir a la protección del medio ambiente.

La Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía publicó en el DOF el Programa Nacional de Normalización 2014 con el objeto de lograr uno de los principales objetivos del Gobierno Federal: El impulso económico fomentado la producción de bienes cada vez con mayor calidad y más competitivos a nacional e internacional.

### **3.7 Instrumentos económicos**

#### **Deducción Inmediata (Ley del Impuesto sobre la Renta)**

Este instrumento, ha sido un catalizador importante, desde su adición en diciembre de 2004, para la promoción de las energías renovables. Su propósito consiste en estimular la inversión en proyectos de generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente, además de asegurar los proyectos por un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en que se efectúe la deducción. Al mes de noviembre de 2016 sigue vigente el incentivo de depreciar al 100% en el mismo ejercicio fiscal a la maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables. Este beneficio solamente aplica para personas morales (Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 34, fracción XIII)<sup>42</sup>. La depreciación solo se podrá efectuar cuando haya impuesto sobre la renta a cargo. Si la depreciación es mayor que el impuesto, el contribuyente seguirá depreciando la inversión en los años siguientes.

#### **3.7.1 Fondo Sectorial Sener-Conacyt de Sustentabilidad Energética (FSE)**

Tiene por objeto financiar investigaciones científicas, desarrollo tecnológico, innovación, registro nacional o internacional de propiedad intelectual, formación de recursos humanos especializados, becas, creación, fortalecimiento de grupos o cuerpos académicos o profesionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, divulgación científica, tecnológica e innovación y de la infraestructura que se requiera en temas de fuentes renovables de energía, eficiencia energética, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía. Este fondo está dirigido fundamentalmente a los institutos de investigación y de educación superior del país así como otros actores con base a lo establecido en las Convocatorias y a lo dispuesto en el artículo 254 Bis de la Ley Federal de Derechos<sup>43</sup>.

#### **3.7.2 Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE)**

Creado por mandato del artículo 27 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, el FOTEASE es un fideicomiso público para financiar y potenciar la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y renovables; puede utilizar recursos para otorgar garantías de crédito u otro tipo de apoyos financieros para proyectos que cumplan con el objeto de la Estrategia Nacional para la

---

<sup>42</sup> DOF, 2015, *Ley del Impuestp Sobre la Renta*, [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR\\_301116.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf)

<sup>43</sup> Conacyt, 2016. Fondo Sectorial Conacyt-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética. <http://conacyt.gob.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/conacyt-sener-sustentabilidad-energetica>

Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía<sup>44</sup>. En el año 2014 se canalizaron al Fondo recursos por \$1,030.3 millones de pesos provenientes del PEF correspondiente, que se sumaron al patrimonio remanente y productos financieros de los años anteriores. La SENER administra el Fondo para la Transición Energética, que tiene como propósito el potenciar, mediante financiamiento la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables. El Comité técnico que integra el Fondo está conformado por representantes de diversas entidades públicas, los cuales acuerdan de manera colegiada la utilización de recursos no recuperables a proyectos que cumplan con los objetivos de la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Algunos de los proyectos apoyados son los siguientes:

- Educación aplicada para la integración de proyectos de energía limpia en alianza con universidades estatales y tecnológicos federales.
- Proyecto de elaboración de estudios sobre el potencial de recursos renovables.
- Mecanismo de fondo revolvente para el financiamiento del proyecto GEF-Sener Sustainable Energy Technologies for Climate Change.
- Proyecto solar del Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana.
- Implementación de un mecanismo financiero piloto en la península de Yucatán con factor de réplica nacional para fomentar el uso de sistemas de calentamiento solar de agua dentro del sector servicios de México, Conuee-PNUD.

### **3.7.3 Política de fortalecimiento de cadenas de valor (Nivelación de costos)**

El objetivo de desarrollar cadenas de valor es doble: por un lado, se encuentra la posibilidad de generar empleo, actividad económica e impuestos, y por el otro, es posible reducir el costo del desarrollo de proyectos de generación. Este último fenómeno solo ocurre cuando se adoptan reglas de mercado que garantizan que los productos y servicios que provienen de cadenas de valor son globalmente competitivos y, en efecto, reducen el costo de los proyectos en lugar de incrementarlos.

La Secretaría de Economía (SE) cuenta con el Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología (PRODIAT), que hasta el momento se ha aprovechado en la industria solar, pero podría ser aprovechado por otros sectores tecnológicos, con el fin de generar los diagnósticos estratégicos sobre las barreras de mercado que impiden el desarrollo de mayores componentes de las cadenas de valor competitivas.

## **3.8 Políticas públicas**

### **Programa para el Mejoramiento Integral Sustentable de la Vivienda**

Mediante este programa se brinda acceso para las familias a créditos para adquirir equipos más eficientes y limpios como calentadores solares, módulos fotovoltaicos o calentadores de gas eficientes, entre otros, y el pago se realiza a través del recibo de luz<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Sener, 2016. Creado por mandato del artículo 27 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética,. <https://www.gob.mx/sener/articulos/el-fondo-para-la-transicion-energetica-y-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia-es-un-instrumento-de-politica-publica-de-la-secretaria>

<sup>45</sup> SEDATU, 2016. Programa de Mejoramiento Integral Sustentable en la Vivienda, <https://www.gob.mx/sedatu/articulos/el-programa-de-mejoramiento-integral-sustentable-en-vivienda-permitira-ahorros-hasta-por-5-mil-pesos-anuales-en-consumo-de-energia?idiom=es>

Se trata de un apoyo económico hasta de 50,000 pesos para familias con ingresos hasta de 5 salarios mínimos, pagaderos a 5 años, para instalar tecnologías eficientes y sustentables en sus hogares.

Este programa ha sido planteado por la Secretaría de Energía, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y la Comisión Federal de Electricidad, siendo el organismo ejecutor el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Con créditos por hasta 50 mil pesos, las familias que tengan ingresos menores a cinco salarios mínimos, podrán adquirir calentadores solares o a base de gas, aires acondicionados, equipos de iluminación eficiente, ventanas térmicas, envolventes térmicas, películas de control solar; y por primera vez en México, la instalación de paneles fotovoltaico, para fomentar la transición a hogares energéticamente eficientes y sustentables.

### **3.9 Instrumentos de planeación**

#### **Estrategia Nacional de Energía (ENE)**

En el sector de las energías renovables el instrumento de planeación de mayor alcance es la Estrategia Nacional de Energía<sup>46</sup>, en la cual se conjugan los esfuerzos de una amplia gama de actores para la consecución de un mercado energético sustentable y productivo. La ENE enumera entre sus principales objetivos a la:

- a) Cobertura nacional de energéticos;
- b) Autonomía energética de México;
- c) Transición energética;
- d) Diversificación de la matriz energética.

Evidentemente la abundancia del recurso solar en el territorio mexicano colabora para lograr estos objetivos, sin embargo, los pasos adecuados y cuidadosos para este logro deben ser especificados, más aun, considerando el asunto de que la energía solar es más bien vista como un recurso para generar electricidad y no como un recurso para generar calor.

Es muy importante remarcar el hecho de que la radiación solar puede ser convertida en electricidad, por medio del efecto fotovoltaico con una eficiencia del 15% aproximadamente, y también puede ser convertida en calor sobre varios rangos de temperatura con eficiencias del 50% en el peor de los casos. Es en este sentido donde la ENE queda mucho a deber a la generación de calor solar, ya que este proceso es más bien visto como una medida de eficiencia energética en el apartado 1.9 del tema de Eficiencia Energética, a saber:

#### **“Eficiencia energética”**

*La eficiencia energética se tiene identificada como la alternativa o el mecanismo de transición energética con un mayor potencial de costo-beneficio para llevar a cabo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía los sectores de producción de electricidad y de uso final de energía representarían cerca del 43% del total de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente del sector energético en el año 2050. No obstante, el potencial de eficiencia energética a lo largo del ciclo de vida de los energéticos es todavía aún mayor, y su aplicación representa beneficios enfocados a la sustentabilidad energética*

*En México es prioritario contar con directrices en materia de eficiencia energética, que propicien un consumo eficiente y sustentable de la energía en áreas de oportunidad en diversos sectores*

---

<sup>46</sup> Sener, 20014. Estrategia Nacional de Energía 2014-2028, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf>

como el transporte, residencial, comercial e industrial. Principalmente, en México, se espera trabajar en:

1. *Edificaciones e industria:*

1.9 *Instalación de colectores y sistemas solares tanto para el abastecimiento de calor como de refrigeración en las edificaciones;*"

El tema del calentamiento solar es absolutamente marginal en la Estrategia Nacional de Energía, pero es recogido sobre todo en el documento de Estrategia para la Transición Energética, en consulta actualmente.

### **3.10 Diseño de instrumentos de planeación estratégicos bajo el nuevo marco legal.**

La nueva regulación del sector energético mexicano está fuertemente orientada hacia los hidrocarburos y al mercado eléctrico, potencializando la manera de introducir energías y combustibles más limpios, conservando la competitividad industrial y las tarifas accesibles para la población en general. Sin embargo, en los documentos estratégicos es notoria la ausencia de programas para la promoción los sistemas de calentamiento solar, aun cuando el tema del calor es fundamental en todos los sectores energéticos, baste con observar el Balance Nacional de Energía para comprender que el consumo de energía eléctrica ocupa solamente un 18% en usos finales<sup>47</sup>, y es precisamente hacia donde se han enfocado las principales regulaciones para la generación. Considerando que el sector automotriz es responsable del 46% del consumo de energía en su forma final, entonces queda un 36% del consumo total de energía distribuido entre los sectores doméstico, comercial y de servicios, industria y agroindustria.

Surge entonces la necesidad de integrar a la tecnología solar explícitamente sobre la generación de calor, vector energético que, dicho sea de paso, no ha sido regulado en esta reforma energética. Diversas razones pueden impedir tratar de regular la utilización del calor, dos de las principales son, a) El calor se genera en sitio, es decir no se transmite ni se transporta y b) El mecanismo utilizado para la optimización del uso del calor es la eficiencia energética. Queda claro que el calor se genera y una de las formas más eficientes de hacerlo desde las energías renovables es precisamente la solar.

No obstante, la Ley de Transición Energética ha generado diversos mecanismos, los principales ya mencionados en este capítulo para poder trazar la Hoja de Ruta y así incorporar a la generación de calor por medio de la energía solar de una manera significativa a la matriz energética nacional.

---

<sup>47</sup> Sener, 2015. Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C01>

## 4 Consumo de energía en su forma final en México y perspectiva.

La reciente demanda del gas natural en los países occidentales ha venido cambiando en buena medida los patrones de consumo de hidrocarburos en los procesos industriales, no así en otros sectores como el transporte donde predominan eminentemente las gasolinas, el diésel y un incipiente consumo de gas natural vehicular (GNV) o gas natural comprimido (GNC). De esta manera la Agencia internacional de la Energía (International Energy Agency)<sup>48</sup> reporta que los combustibles fósiles concentran más del 80% de la matriz energética mundial.

Por su parte México también tiene un perfil de consumo energético muy bien definido, para diciembre del 2014 la Secretaría de Energía reporta en su Balance Nacional de Energía, un consumo total de energía en su uso final de 5,128 PJ<sup>49</sup>, el sector del transporte es el más demandante con un 43.8% del consumo final total de energía.

En un estudio previo del sistema de transporte en México por modalidad<sup>50</sup>, el autotransporte consumió 92.4% de la energía del sector; de esta cantidad las gasolinas y naftas aportaron la mayor parte de la energía requerida (72.8%), seguidas por el diésel (25.2%) y el gas licuado de petróleo (1.9%). El consumo de gas natural fue 0.54 PJ, no obstante, su aportación al consumo del autotransporte fue marginal. El transporte eléctrico contribuyó con apenas un 0.17% del consumo total del sector transporte equivalente a 3.88 PJ, representado principalmente por los sistemas eléctricos del Valle de México (Metro, Suburbano, Tren Ligero y Trolebús), Monterrey y Guadalajara, los cuales tampoco juegan un rol significativo en este balance. Evidentemente este es el mayor sector consumidor de energía, mismo que a su vez se alimenta en un 99.8% de hidrocarburos en forma directa y prácticamente del 100% de manera indirecta dado que la mayor parte de energía eléctrica se genera en México, precisamente a través de los hidrocarburos.

### 4.1 Consumo final de energía por sector

Durante los últimos 120 años la estructura energética del sistema de transporte nacional ha sido dominada absolutamente por las gasolinas, el diésel y en general los combustibles líquidos, fundamentalmente debido a las siguientes razones: son líquidos a las condiciones de la superficie terrestre, fáciles de transportar, despachar, almacenar y convertir a la vez que contienen alto poder calorífico. Una vez analizadas estas capacidades parece claro que la naturaleza nos había dotado ya del mejor y más accesible sistema de almacenamiento energético: los combustibles fósiles. En contrapartida, estos combustibles tienen dos grandes adversarios; el límite físico de reservas en la tierra y la emisión de contaminantes.

Analizado el consumo final por sectores, figura 4.1, se concluye que al menos el 50% del consumo nacional de energía no presenta posibilidad alguna para las energías renovables. Sin embargo, queda la posibilidad de analizar los sectores: industrial, residencial comercial, público y agropecuario.

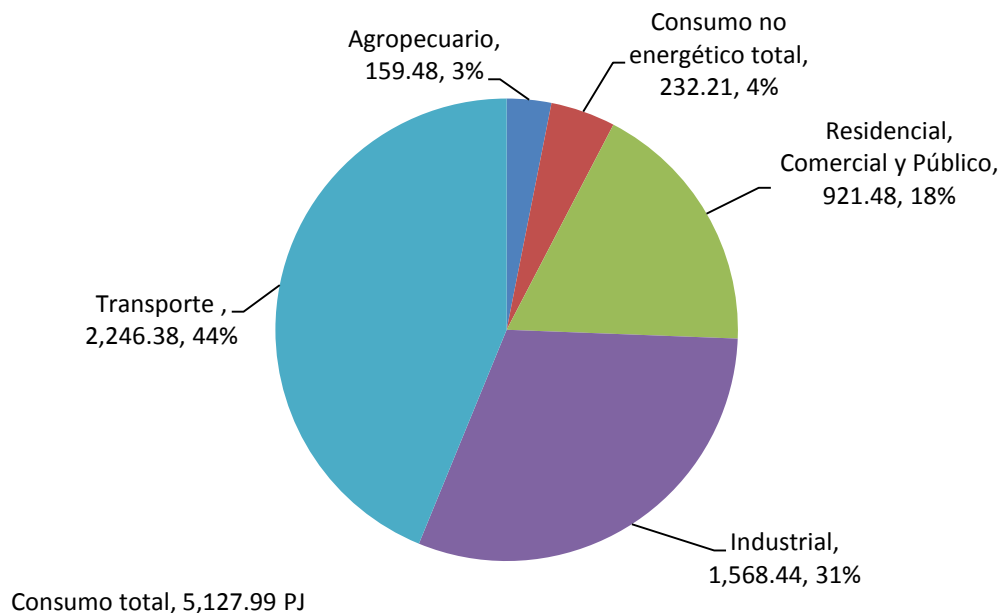
---

<sup>48</sup> IEA. 2014, Key World Energy Statistics. International Energy Agency.

<sup>49</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvequa=IE7C01>

<sup>50</sup> Valdés, A., 2011, Posibilidades de las Energías Renovables en el Sector del Autorransporte. Energías Renovables, 3(11), 4-10.



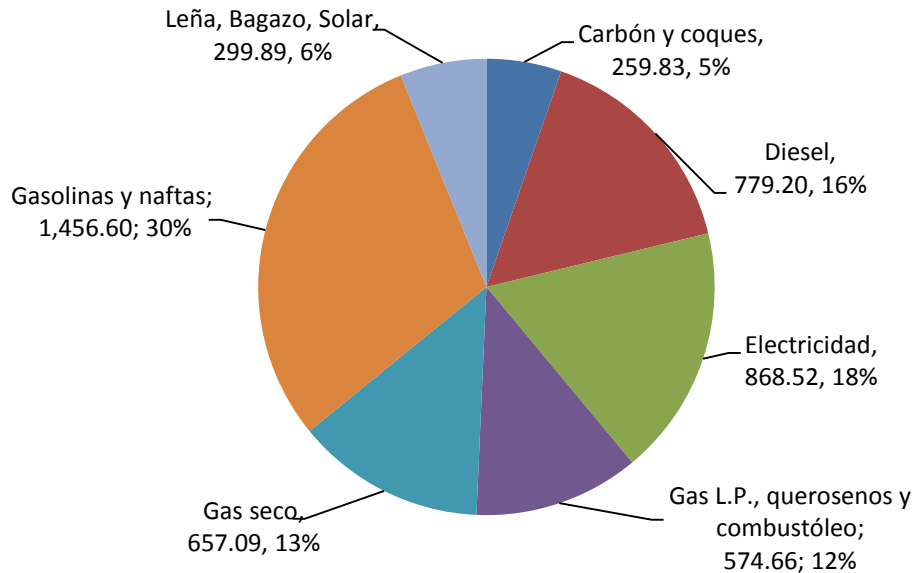


**Figura 4.1.** Consumo final de energía por sector al 2014 (PJ). Fuente: Sener.

## 4.2 Consumo final de energía por energético

Excluyendo el consumo no energético total, para el 2014 se tuvo un consumo final total de energía de 4,895.79 PJ, de los cuales el 45.67% (2,246 PJ)<sup>51</sup> corresponden al sector del transporte. Ahora, considerando que en el consumo final de energía se tienen 17.74% (868.5 PJ) eléctricos consumidos por todos los sectores, entonces se concluye que las aplicaciones térmicas de la energía, excluyendo al sector autotransporte, el cual se mueve en México principalmente a base de gasolinas y diésel, ascienden a un total de 1,791.47 PJ. La figura 4.2 muestra el consumo final de energía por energético.

<sup>51</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvequa=IE7C01>.

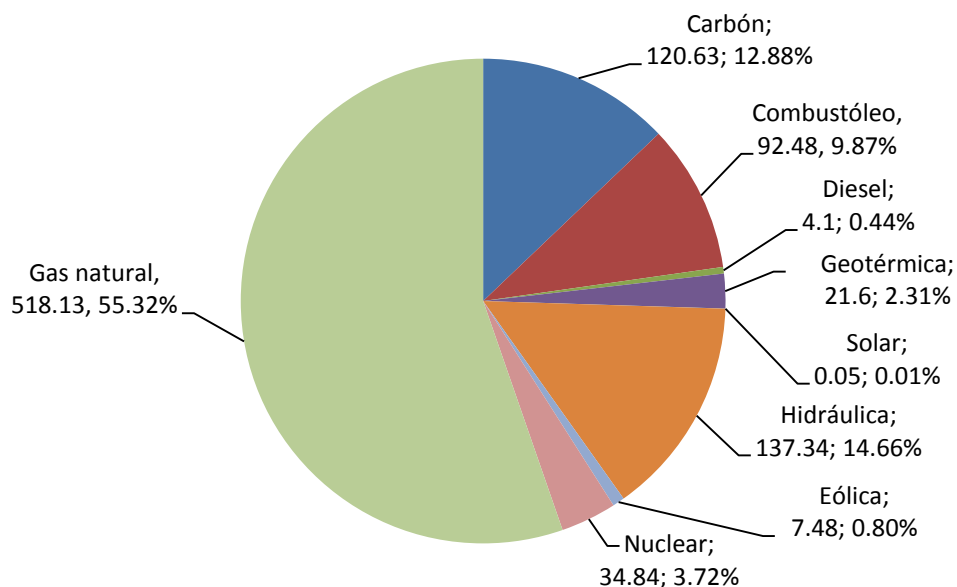


**Figura 4.2.** Consumo final de energía para 2014 según tipo de energético, en PJ Fuente: Sener.

En la figura 4.2 aparece el componente de energía solar, el cual corresponde exclusivamente a la aportación de los sistemas térmicos solares, los cuales al 2014 aportaron un total de 8 PJ (Sener, 2015).

### 4.3 Consumo de energéticos para la generación eléctrica.

Por otra parte, el consumo final de energía eléctrica (868.52 PJ), incluye ya a la generación fotovoltaica y a la generación eólica, ya sujetas a regulaciones de la reforma energética, y se espera que mediante los mecanismos de subastas y los CEL's aumenten su participación en la matriz energética nacional. La figura 4.3, se muestra la composición actual de la participación por fuente energética en la energía eléctrica entregada al usuario final.



**Figura 4.3.** Composición en energéticos primarios de la electricidad consumida en usos finales, en PJ.  
Fuente: Sener.

Se observa en la fig. 4.3 la incipiente participación de las energías renovables, la cual será reforzada a partir del inicio del mercado mayorista y los mecanismos de subastas, en los cuales se incluyen los certificados de energías limpias para estimular estos tipos de fuentes energéticas.

A la fecha de escribir este reporte se han iniciado los procedimientos de subastas con asignación de proyectos para dotar el 5% de la capacidad de distribución de la CFE mediante energías limpias, el resultado en la primera subasta ha sido fuertemente favorecedor para la generación eléctrica fotovoltaica, distribuyéndose los proyectos de generación según la Tabla 4.1 (Martín, 2016).

**Tabla 4.1.** Asignación de proyectos de generación eléctrica con energías limpias en la primera subasta del mercado eléctrico mayorista en México. Fuente: Energía a Debate.

Empresa	EEA (MWh)	EEA (PJ)	CEL	Tecnología
Energía Renovable de la Península	275,502.00	0.99	275,502	Eólica
Aldesa Energías Renovables	113,199.00	0.41	113,199	Eólica
Aldesa Energías Renovables	117,689.00	0.42	117,689	Eólica
Energía Renovable del Istmo	585,731.00	2.11	-	Eólica
Energía Renovable del Istmo	-	-	585,731	Eólica
Consorcio Energía Limpia	291,900.00	1.05	291,900	Eólica
SunPower Systems México	269,155.00	0.97	263,815	Solar
Enel Green Power	972,915.00	3.50	972,915	Solar
Enel Green Power	737,998.00	2.66	737,998	Solar

Empresa	EEA (MWh)	EEA (PJ)	CEL	Tecnología
Enel Green Power	539,034.00	1.94	539,034	Solar
Recurrent Energy México	140,970.00	0.51	140,970	Solar
Vega solar 1	493,303.00	1.78	483,515	Solar
Vega solar 1	246,832.00	0.89	241,935	Solar
Jinko Solar	277,490.00	1.00	277,490	Solar
Jinko Solar	176,475.00	0.64	176,475	Solar
Jinko Solar	48,748.00	0.18	48,748	Solar
Photoemeris	54,974.50	0.20	53,477	Solar
Sol de Insurgentes	60,965.00	0.22	60,518	Solar
<b>Total asignado</b>	<b>5,402,880.50</b>	<b>19.45</b>		

Se asignaron un total de 5.4 millones de MWh, o bien 19.5 PJ lo cual representa un aumento del 2% de energía renovable en la cantidad de energía eléctrica que se entregará al usuario final a partir del 2018.

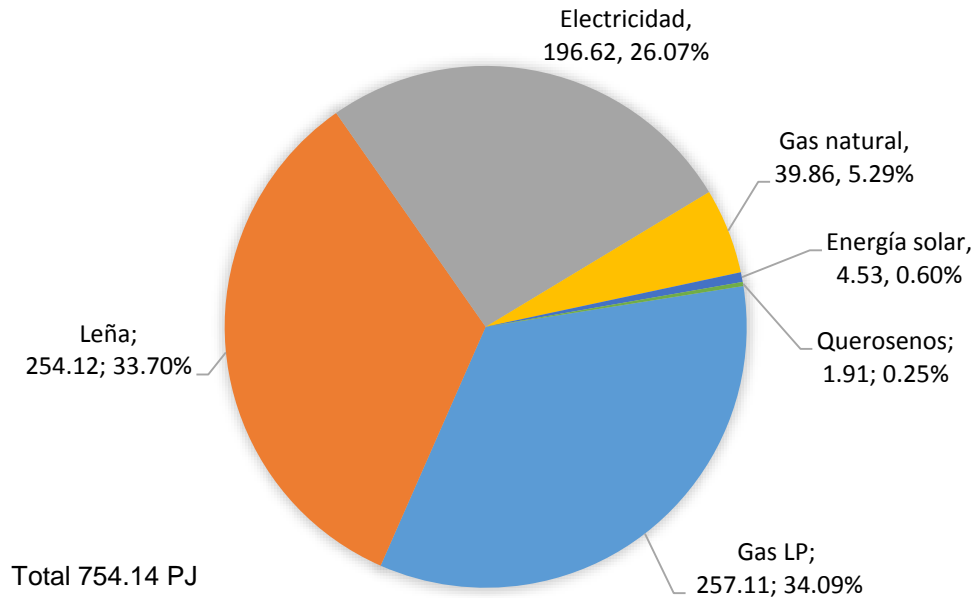
De cualquier manera, la participación de la energía solar térmica, en el mejor de los casos, para el consumo final de energía en México representa apenas 10.81 PJ<sup>52</sup> (ANES, 2015) correspondientes a 3'052,136 m<sup>2</sup> de calentadores solares instalados, cantidad realmente marginal y que debe ser estimulada de una manera similar a la que se está haciendo con el mercado eléctrico.

No obstante, vale la pena seguir describiendo el uso final de la energía según los sectores en que se clasifica nuestra estructura económica, sobre todo en aquellos sectores que tienen mayor demanda de energía térmica. A su vez la distribución del consumo de energéticos en los sectores residencial y comercial e industrial se desglosa en las figuras siguientes.

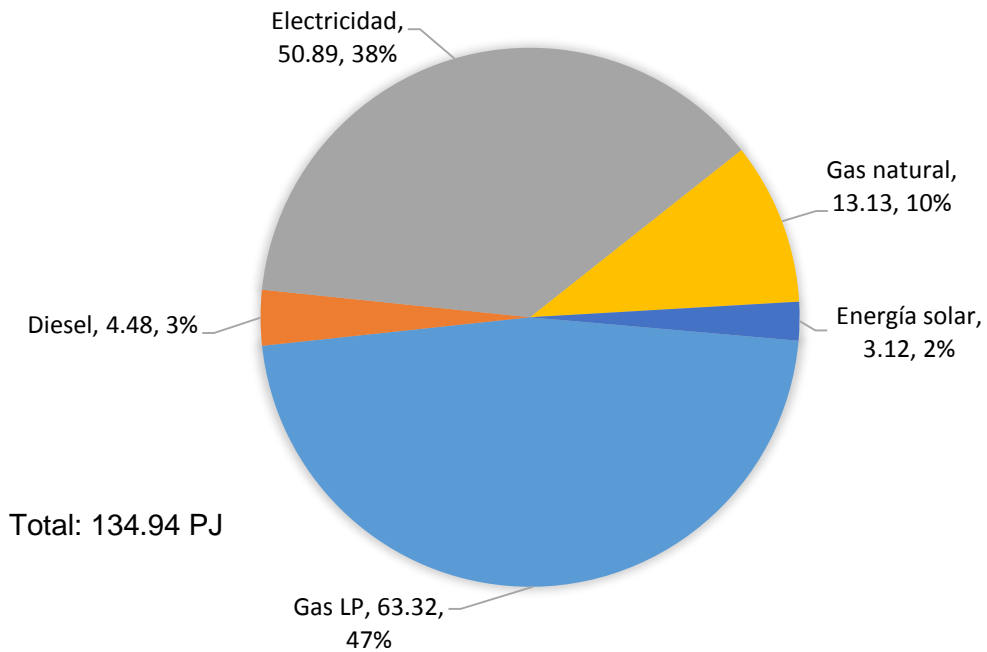
#### 4.4 Consumo de energía en los sectores residencial, comercial e industrial

En el sector residencial, figura 4.4, se observa que excluyendo la electricidad se tienen 557.53 PJ. Mientras que en el sector comercial 84.04 PJ, figura 4.5, y en el sector industrial, figura 4.6, se tiene un consumo de 1,020.07 PJ que se consumen en forma de calor, es decir por medio de combustibles y es en este sentido en el que las fuentes renovables y más específicamente la energía solar en forma de calor tienen su mayor potencial de acción.

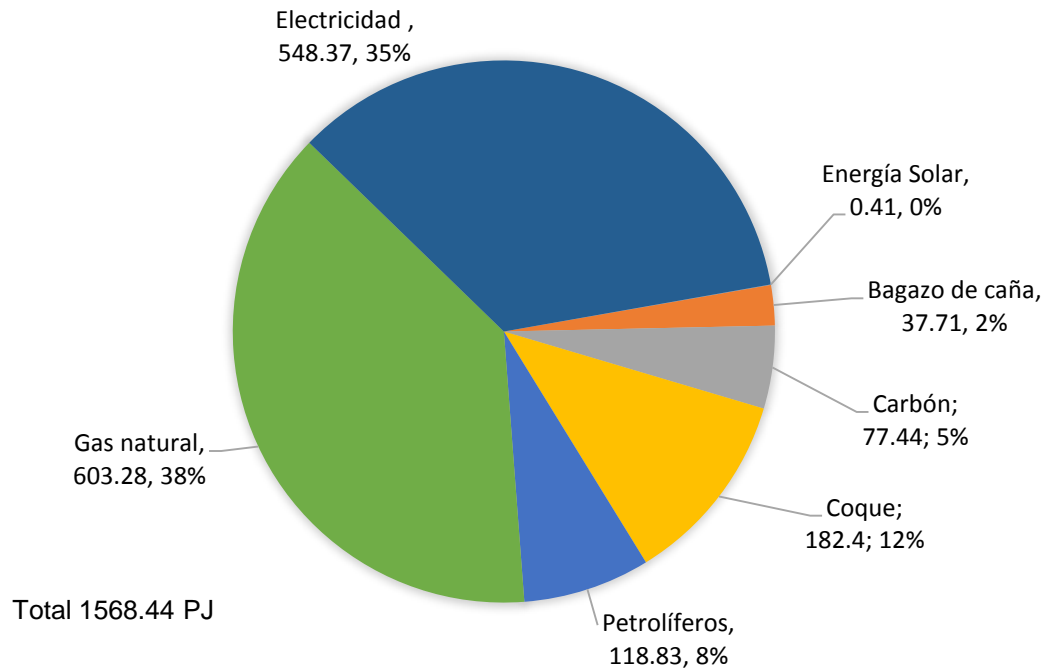
<sup>52</sup> ANES, 18 de Agosto de 2015, Asociación Nacional de Energía Solar, Inventario de Instalación de Calentadores Solares en México: [http://www.anes.org/cms/balance\\_energia.php](http://www.anes.org/cms/balance_energia.php)



**Figura 4.4.** Consumo de energía en el sector residencial en 2014 (PJ).. Fuente: Sener.



**Figura 4.5.** Consumo de energía en el sector comercial en 2014 (PJ). Fuente Sener



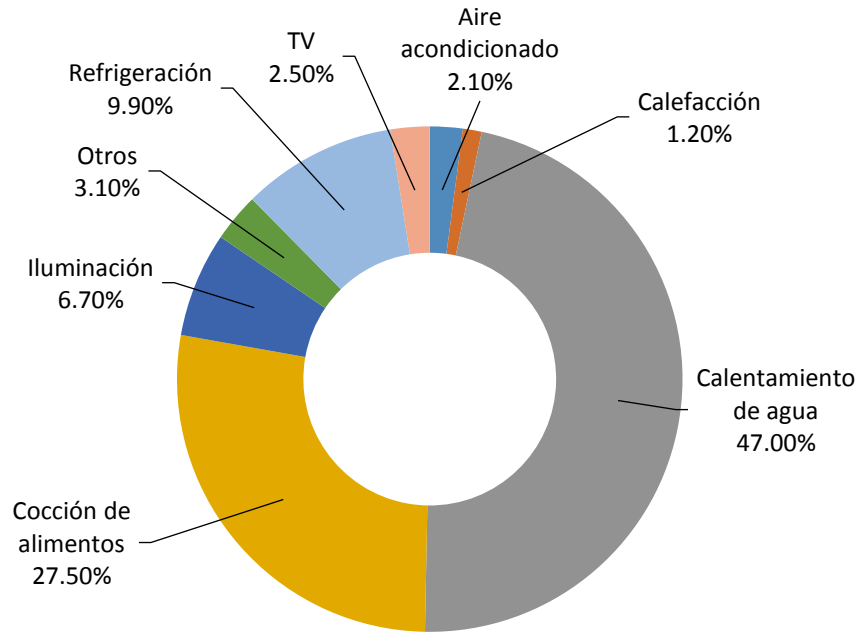
**Figura 4.6.** Consumo de energía en el sector industrial en 2014 (PJ). Fuente: Sener

## 4.5 Distribución del consumo de energía en el sector residencial

El sector residencial es uno de los sectores que muestra grandes oportunidades para el uso de los sistemas solares de agua según lo muestra la figura 4.7, donde puede observarse que el calentamiento de agua representa el 47% de los usos finales de la energía en los hogares, seguido por la cocción de alimentos con el 27.5% y la calefacción con un 1.2%; resultando así un consumo total del 75.7% de energía térmica<sup>53</sup> donde los sistemas solares tienen un gran potencial de aplicación. Los usos restantes son cubiertos por la electricidad.

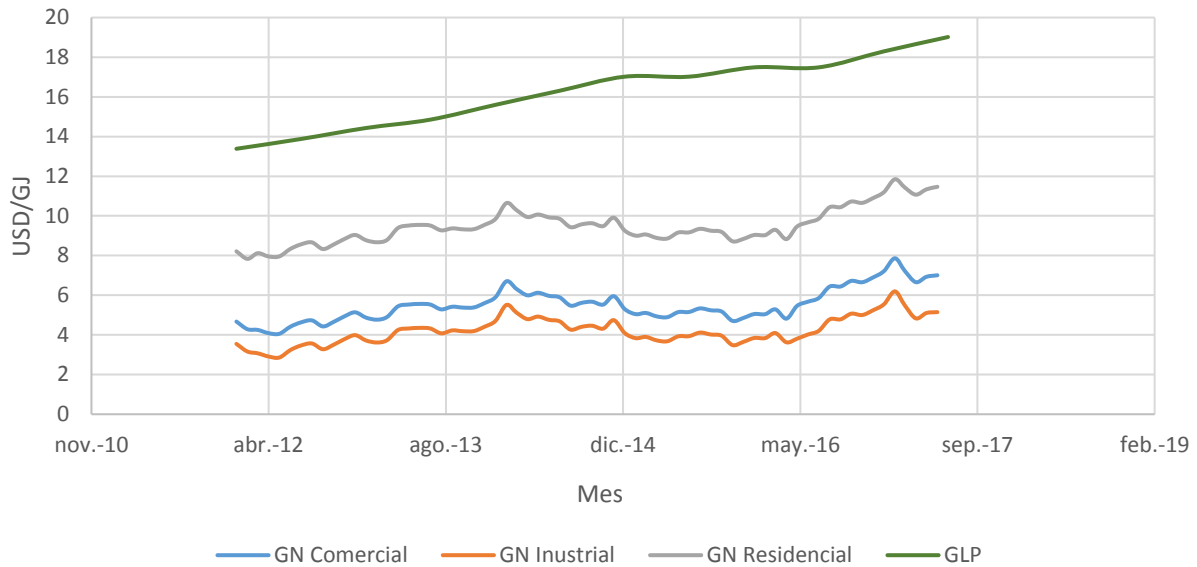
---

<sup>53</sup> Sener, 2011. *Op. cit*



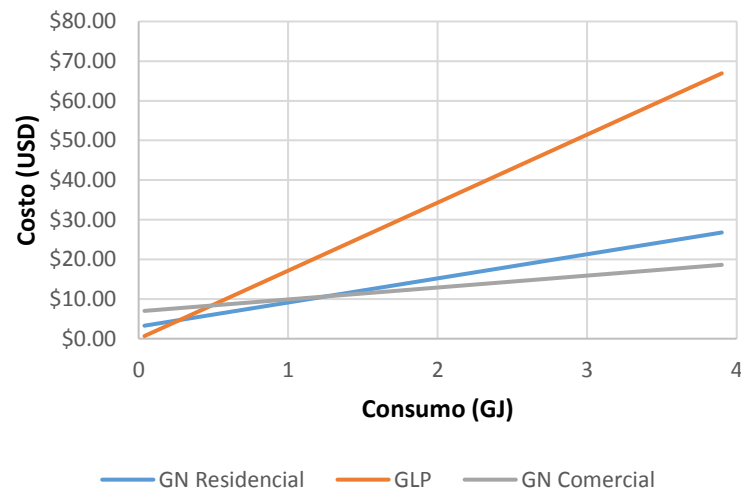
**Figura 4.7.** Distribución de consumo energético en el hogar. Fuente Sener.

Otro factor importante a considerar en la potencialización de energía solar como fuente de calor de proceso en México es el precio de la energía térmica. Aunque actualmente el gas natural industrial en México representa el precio más bajo en USD/GJ, este precio, extremadamente bajo por unidad de energía, también muestra una franca evolución al alza. La figura 4.8 muestra la gran ventaja que posee el gas natural sobre los otros tipos de combustibles y en cierta medida explica también el porqué de su aumento de popularidad. De esta manera se vislumbra una época difícil para competir económicamente contra el gas natural como fuente de energía en el sector industrial.



**Figura 4.8.** Evolución de precios de los principales hidrocarburos utilizados en el sector industrial en México, (USD/GJ). Fuente: Elaboración propia con datos de Pemex.

Sin embargo, existen muchas zonas de la república mexicana en las que el uso del gas natural no está generalizado debido a falta de infraestructura y es ahí donde crece la posibilidad de competir económicamente para los sistemas de calentamiento solar. En este sentido, los precios del gas natural para los sectores residencial, comercial y de servicios siguen siendo menores que los del gas LP. La figura 4.9 muestra el costo del consumo de gas LP y gas natural según las tarifas comerciales vigentes a octubre de 2016. Por otra parte, la figura 4.10 muestra los costos medios de consumo de energía según volumen de consumo en dichos sectores.



**Figura 4.9.** Costo del consumo de gas LP y natural en el sector residencial y comercial a octubre de 2016. Fuente: Pemex



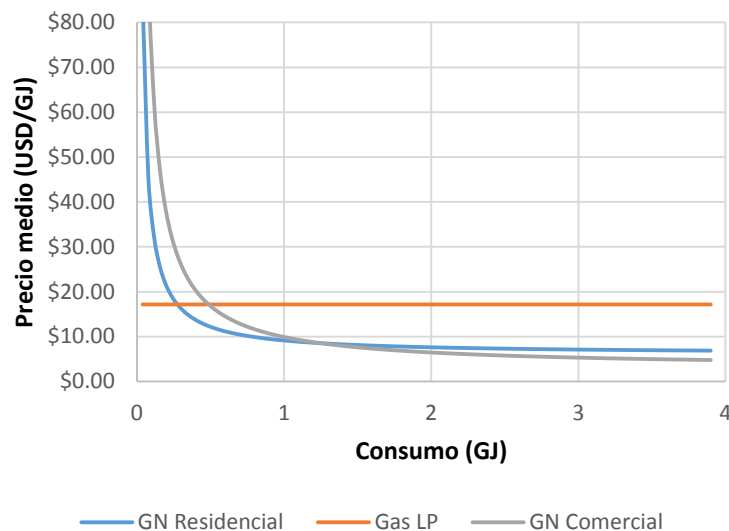


Figura 4.10. Costo medio del gas LP y natural en el sector residencial y comercial a octubre de 2016. Fuente: Pemex

La mayor utilización de los sistemas de combustión a base de gas LP, en estos sectores, proporciona un escenario con muy amplio potencial para las aplicaciones térmicas en las que el calor de proceso, aportado por los diferentes dispositivos solares, puede tener un gran mercado.

## 4.6 Instrumentos de planeación y perspectiva para el 2029

La Hoja de Ruta de la Energía Renovable de IRENA<sup>54</sup> ofrece vías para duplicar la participación de ER en la matriz energética mundial entre 2010 y 2030. La primera edición de la política integral y la hoja de ruta tecnológica se basó en el análisis de los planes nacionales de 26 países. El análisis incluye un apartado especial para México<sup>55</sup>, que es uno de los países con mayor demanda final de energía de la región de América Latina y el Caribe<sup>56</sup>. Además, REmap aporta información sobre la situación actual de los mercados de la ER en los sectores de la electricidad, la calefacción urbana y del consumo final de energía (industria, edificios, transporte), sobre las propuestas nacionales para la mejora del marco político existente, así como sobre los beneficios socioeconómicos de duplicar la cuota de ER.

La segunda edición de REmap incluye a un total de 40 países que representan al 80 % del total de la demanda energética mundial. La mayoría de los países nuevos que se sumaron a REmap son de ALC e incluyen a Argentina, Colombia, República Dominicana y Uruguay, elevando la cobertura de la región hasta alrededor del 75 %<sup>57</sup>.

<sup>54</sup> IRENA, 2014, REmap 2030: Hoja de ruta para las energías renovables. Abu Dabi: IRENA.

<sup>55</sup> IRENA, 2015, REmap 2030. Mexico. IRENA.

<sup>56</sup> IRENA, 2014, Renewable Energy in Manufacturing. IRENA.

<sup>57</sup> IRENA, 2015, REmap 2030. Mexico. IRENA.

#### 4.6.1 Solar Thermal para México de REmap 2030.

Con relación al calor de proceso en México, es decir, el aprovechamiento de la energía solar para proporcionar calor en la industria, el programa REmap 2030 de IRENA, localiza un 80% del total de las opciones solares térmicas para el calor de proceso en la industria de la manufactura, aproximadamente 10 GW. Dos terceras partes de esta cantidad, aproximadamente 6.7 GW (9.57 millones de m<sup>2</sup>) se localizan en el sector de la baja temperatura, en procesos típicos de la industria textil o la de alimentos, por ejemplo. El resto es para procesos de media temperatura donde se requieren sistemas de concentración.

La demanda de energía para agua caliente en las edificaciones al 2030 ascenderá a 23 GW, lo cual sumado con los 10 GW del sector industrial nos dan un total de 33 GW para calentamiento solar en baja y media temperatura o bien 29.7 GW para aplicaciones de baja temperatura. Asumiendo el factor de equivalencia de 0.7 kW por cada metro cuadrado de calentador solar plano, la perspectiva de REmap 2030 ubica entonces una superficie total instalada de 42.45 millones de metros cuadrados para aplicaciones de baja temperatura.

La energía solar térmica es ahora el tercer recurso renovable más grande para la producción de calor después de la madera y bagazo de caña<sup>58</sup>. Sin embargo, el despliegue actual de la tecnología sigue siendo bajo. Con el fin de lograr un desarrollo a largo plazo en concordancia con las metas de REmap 2030, deben tenerse en cuenta varios asuntos particulares de los sectores de la industria y habitacional.

#### 4.6.2 Sector industrial.

El aumento de la energía solar térmica de 13 GW para usos en la industria de la manufactura para el año 2030<sup>59</sup> a partir de la base despreciable en el 2015, significa la instalación anual de unos 867 MW de potencia termosolar entre el periodo 2015-2030. El potencial solar estimado para la refrigeración en la producción de alimentos es menos de 1% de la demanda total de energía en 2030. Suponiendo aproximadamente 5-10 MW de capacidad de producción por planta, esto requeriría aproximadamente 1,300 a 2,600 instalaciones de producción para ser equipados con plantas de energía solar térmica. El calor térmico solar tiene elevados costos de instalación, especialmente si se construye con concentradores solares. Estos están ahora en parte subvencionados por programas nacionales de financiamiento que no se refieren específicamente a desarrollos de energías renovables. El financiamiento específico para las energías renovables es uno de los retos por resolver para cumplir con el potencial identificado por REmap.

#### 4.6.3 Sector edificación.

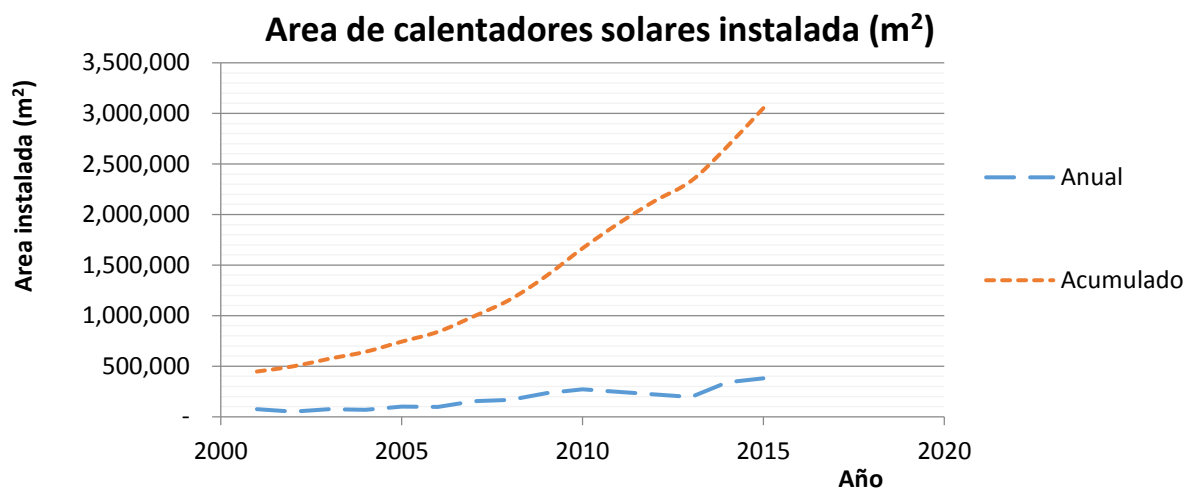
Se espera que la energía solar térmica en la edificación experimente un crecimiento significativo. La economía de la energía solar de los sistemas de calentamiento de agua se basa en la diferencia entre el ahorro económico generado por el combustible sustituido y los costos de equipo, instalación y mantenimiento. El GLP es el principal combustible que se utiliza para calentar el agua en México, así que la alta irradiación solar con que cuenta México es un factor muy importante para construir una economía solar para sustituir en gran medida al costoso GLP. Así, tiene mucho sentido económico, por lo tanto, instalar sistemas solares para calentar el agua.

---

<sup>58</sup> Sener, 2013, Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. México: Sener.

<sup>59</sup> IRENA, 2015, Irena REmap Mexico Summary. Irena.

Bajo la perspectiva del REMAP 2030, el 23% de la demanda total de energía para el calentamiento de agua ( $0.23 \times 320 \text{ PJ} = 72 \text{ PJ}$ )<sup>60</sup>, puede satisfacerse mediante energía solar térmica. Esto implicaría la adición de 1.16 millones de  $\text{m}^2$  / año de superficie de colector durante el periodo 2015-2030<sup>61</sup> (un aumento de tres veces en comparación con los 380 000  $\text{m}^2$  añadidos en 2015) para una capacidad acumulativa total de 20.42 millones de  $\text{m}^2$ . La meta también se podría alcanzar creciendo a un ritmo sostenido del 13.5% anual, cantidad perfectamente realizable conforme al ritmo de crecimiento de la demanda actual del mercado del calentamiento solar de agua en México<sup>62</sup>, Figura 4.11.



**Figura 4.11.** Desarrollo de la demanda de calentadores solares de baja temperatura en México.  
Fuente: ANES.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2015<sup>63</sup>, una superficie de captación solar térmica de aproximadamente  $3 \text{ m}^2$  en promedio es suficiente para satisfacer los requerimientos de agua caliente de un hogar típico mexicano. De acuerdo con la superficie requerida para satisfacer los 72 PJ anuales para calentamiento solar de agua en 2030, esto implicaría la instalación de 386,000 calentadores solares de agua por año en el sector residencial en 2015-2030. Esto es equivalente a equipar a 13.8% de todos los hogares con un techo en buenas condiciones estructurales con energía solar térmica (o aproximadamente 5.790,000 millones de hogares) para el año 2030. Se espera que alrededor de doce millones de viviendas nuevas, ver Figura 4.12, se construyan en el periodo 2010-2030<sup>64</sup>. Esto crea la oportunidad para la integración del calentador de agua solar directa en lugar de reequipamiento.

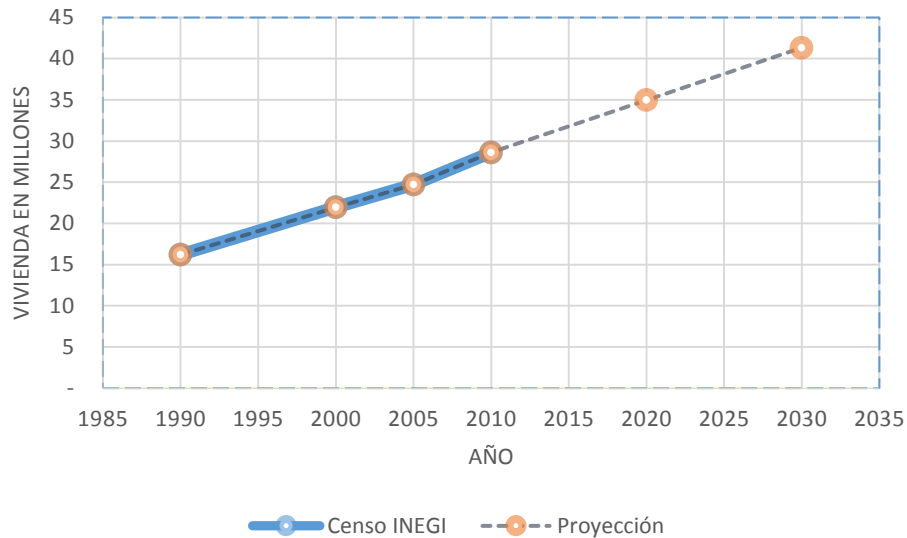
<sup>60</sup> IRENA, 2015,. REmap 2030. Mexico. IRENA.

<sup>61</sup> Considerando que se tiene un rendimiento térmico diario del 52% del calentador solar y sobre una base de irradiación de  $18.8 \text{ MJ/m}^2$  por día.

<sup>62</sup> ANES, 2015, Asociación Nacional de Energía Solar. Inventario de Instalación de Calentadores Solares en México: [http://www.anes.org/cms/balance\\_energia.php](http://www.anes.org/cms/balance_energia.php)

<sup>63</sup> SENER, 2016. *op. cit.*

<sup>64</sup> INEGI. *Censo de Población y Vivienda, 2010*. Tomando como base los datos de vivienda existente, se estimó una proyección simple de la vivienda al año 2030.



**Figura 4.12.** Evolución de la vivienda en México según INEGI y proyección esperada

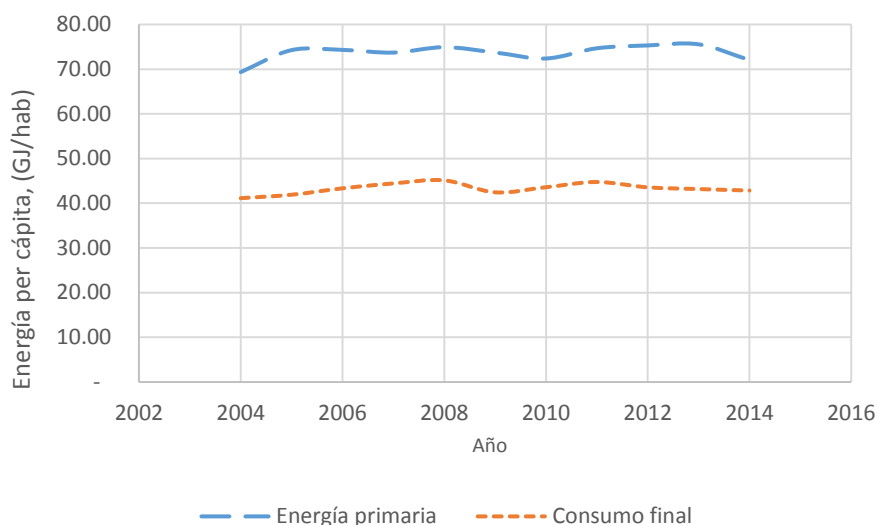
Al observar este potencial, inmediatamente se piensa en el reto que significará la incorporación de estándares de tecnología, la certificación y el control de los sistemas de calentadores de agua solares y la instalación. Esto es necesario para asegurar la calidad y el rendimiento para lograr la máxima eficiencia de la instalación y también una larga duración de los sistemas, al menos que garanticen los periodos mínimos exigidos por los estándares internacionales. En la actualidad existe una amplia gama de sistemas con enormes diferencias en la calidad y de rendimiento. En ocasiones, los desarrolladores no calificados se comprometen ofreciendo proyectos con productos e instalaciones de mala calidad.

Dos barreras deben superarse en el lado de los usuarios. La primera se refiere a la conciencia de la oportunidad económica y los beneficios de calentamiento solar de agua. La segunda preocupación es la disponibilidad financiera para facilitar la inversión inicial de los hogares. El programa 'Hipoteca Verde' en vigor desde 2010 aborda esta cuestión. Su objetivo es promover el uso de tecnologías limpias y eficientes en los hogares, incluidos los servicios de agua y energía. A pesar de que se aplica a todos los sectores, se pretende principalmente para familias de bajos ingresos. Estos pueden ahorrar en sus facturas de agua y de energía, reduciendo costos al tiempo que protege el medio ambiente. El programa proporciona información y asistencia financiera a los consumidores potenciales de la energía solar en los sectores de uso final para fines distintos de la generación de energía.

## 5 Potencial técnico económico para el uso de la energía solar térmica

### 5.1 Potencial de la energía solar térmica en México

Para construir un escenario para el año 2030, se parte sobre la base de que la distribución de los usos energéticos en los diferentes sectores permanece igual que en la actualidad y que además el consumo de energía per cápita permanece constante. Esto basado en el comportamiento del consumo per cápita en México<sup>65</sup>. El cual se muestra en la Figura 5.1 y que prácticamente se va a considerar constante en un rango de 72 a 74 GJ/hab, esto referido a la energía primaria.

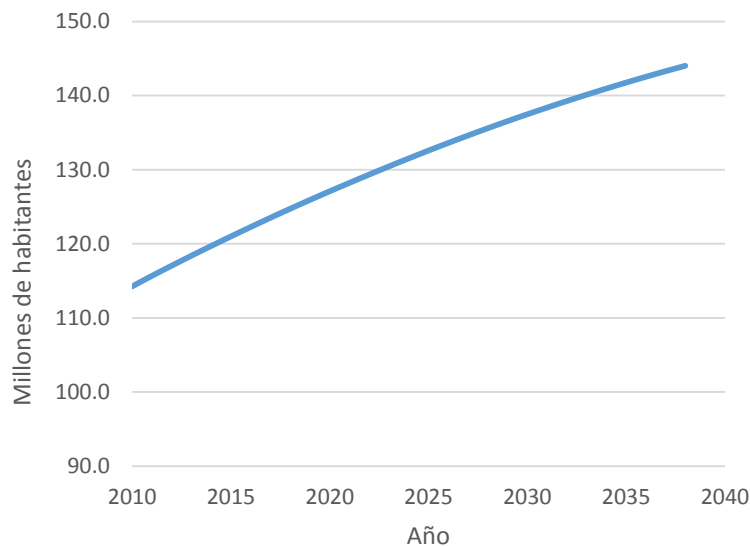


**Figura 5.1.** Consumo de energía per cápita (GJ por habitante) en México. Fuente: Sener

Si se considera que el total de la energía consumida en su uso final por los sectores de la economía mexicana en el 2014 fue de 5,127.99 PJ con una población de 120 millones de habitantes, entonces el consumo de energía final per cápita es de 42.7 GJ/hab. De tal manera que si el aumento poblacional se despliega de acuerdo con las proyecciones del Consejo Nacional de Población y Vivienda<sup>66</sup>, entonces para el año 2030, se espera una población de 137.5 millones de habitantes, Figura 5.2, con lo cual, de acuerdo con el consumo per cápita de energía final, se genera una necesidad de oferta de 5,889.12 PJ.

<sup>65</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C01>

<sup>66</sup> CONAPO, 2016, Datos de Proyecciones CONAPO, [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones\\_Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos).



**Figura 5.2.** Crecimiento poblacional en México, fuente INEGI.

Los compromisos establecidos en la Ley de Transición Energética establecen que México debe incluir al menos un 35% de energías limpias en su generación eléctrica. Sin embargo, la generación eléctrica solamente representa el 18% del consumo final de energía del país<sup>67</sup>, quedando sin esta exigencia el resto de la matriz energética ofrecida al usuario final.

El calor de proceso, al no ser abordado como tal en la reforma energética, no tiene una cuota específica de integración de energías limpias en su forma primaria. De tal manera que una suposición justa para elaborar un escenario a largo plazo debiera contemplar un porcentaje similar al de la industria eléctrica para integrar el uso de energías limpias para su obtención. Esto quiere decir que el 35% del total del consumo de combustibles fósiles utilizados para la obtención de calor, deberían ser sustituidos por energías limpias.

Bajo la premisa anterior se pueden construir escenarios a futuro donde las energías limpias pueden participar en los diferentes sectores económicos de México a excepción del transporte como actualmente se concibe.

Los sectores económicos que presentan el mayor potencial son el sector doméstico, el sector comercial y el sector industrial. Cabe resaltar que dentro el sector comercial los hoteles y hospitales son los que tienen mayor potencial para el uso de calentadores solares para satisfacer sus demandas térmicas.

### 5.1.1 Sector residencial

Existe un consenso a nivel mundial de que las diferentes tecnologías utilizadas para el calentamiento solar de agua en los hogares son consideradas tecnologías maduras, específicamente refiriéndose a los calentadores solares planos y a los calentadores solares de tubos evacuados.

El sector residencial es el que presenta el mayor potencial de mercado para los calentadores solares de agua, esto es consecuencia de los excelentes niveles de radiación solar con que

---

<sup>67</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE7C01>

cuentan las diferentes zonas climáticas del país, así como la temperatura a la cual se entrega la energía térmica, la cual es totalmente compatible con la tecnología de los calentadores solares de agua. Lo anterior ha permitido la instalación de un gran número de sistemas de calentamiento de agua que están en operación en México y se prevé serán instalados en el futuro.

La vivienda existente es dividida en tres categorías: 1) casas-habitación individuales, en condominio y conjunto habitacional horizontales; 2) condominios verticales y 3) conjuntos habitacionales verticales<sup>68</sup>. Sin embargo, durante este acercamiento se considerará una vivienda promedio sin ser clasificada.

Si se toma como base los datos de la vivienda existente de 1990 a 2010, reportados por el INEGI, se observa en la proyección de la figura 4.10, y partiendo de la cantidad de viviendas existentes al 2015, 32'310,000 viviendas, a un ritmo de crecimiento del 1.5% anual sostenido, se podría estimar para el 2030 la cantidad de 40.4 millones de viviendas.

Por otra parte, el sector doméstico para el año 2014 consumió un total de 754.14 PJ (figura 4.4) lo cual representa un porcentaje del 14.71% del consumo final total de energía, entonces para el 2030 se tendrá un consumo de energía del sector doméstico de 863.45 PJ.

En México, según un estudio realizado en 2011<sup>69</sup>, el consumo de energía para el calentamiento de agua para usos sanitarios representa el 47.0% de la energía total consumida en los hogares, como se mostró en la figura 4.7, esto sin considerar el calentamiento de agua para la cocción, toda vez que este proceso regularmente requiere de procesos de ebullición que quedan fuera del alcance de los calentadores solares planos o de tubos evacuados.

Considerando el mismo patrón de consumo que actualmente se tiene en el sector doméstico, mostrado en la figura 4.7, concluimos que el consumo total de energía para el calentamiento de agua para el uso doméstico para el año 2030, será de 426.03 PJ toda vez que el consumo total de energía del sector doméstico será de 863.45 PJ.

Así, el mercado potencial para el calentamiento de agua para el año 2030 será de 426.03 PJ. Sin embargo, cabe señalar que un sistema de calentamiento solar no se instala con el fin de satisfacer el 100% de la demanda térmica del hogar, más bien se instala con el fin de ahorrar aproximadamente un 50% de la energía térmica consumida. Esto limita la magnitud del mercado a un valor de 213 PJ, esto considerando que fuera factible instalar un sistema de calentamiento solar en todos los hogares.

Por otra parte, en el hipotético caso de establecer una obligación de generar un 35% de la energía requerida para el calentamiento de agua, a partir de energías limpias, como se pretende en el sector eléctrico, entonces quedaría un mercado de 149.11 PJ. Ahora corresponde plantear escenarios factibles de penetración de los calentadores solares

---

<sup>68</sup> Quintanilla, J. V., 2000, *Uso Masivo de la Energía Solar en Lugar de Combustibles Fósiles en la ZMVM*. D.F.: Programa Universitario de Energía.

<sup>69</sup> Sener, 2011, op cit.

**Tabla 5.1.** Escenarios de penetración de calentamiento solar en el sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

Escenarios al 2030								
%Energía a sustituir	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	50%
PJ Sustituídos	21.37	42.73	64.10	85.47	106.83	128.20	149.56	213.66
Millones de M <sup>2</sup> req	6.03	12.07	18.10	24.13	30.17	36.20	42.23	60.33
Cant. Colect. adic req	2.98	9.01	15.05	21.08	27.11	33.15	39.18	57.28
Millones de M <sup>2</sup> /año <sup>1</sup>	0.20	0.59	0.99	1.40	1.80	2.20	2.60	3.81
Tasa de crecimiento	4.6%	9.6%	12.6%	14.8%	16.5%	17.9%	19.1%	22.0%

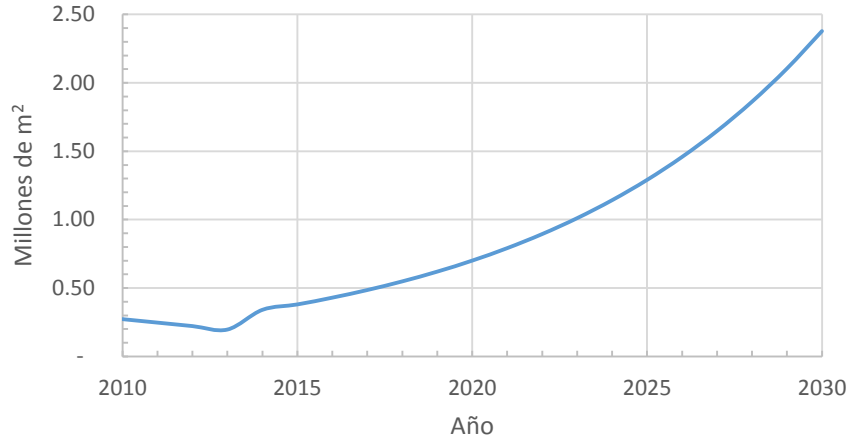
<sup>1</sup>Partiendo de la base que actualmente se tienen 3.05 millones de metros cuadrados y se distribuye uniformemente en el tiempo la cantidad total requerida para los 15 años

En la tabla anterior, el primer renglón especifica el porcentaje de energía térmica a sustituir para el calentamiento de agua. Si se considera que dicho total es de 426.03 PJ, entonces en el segundo renglón se presentan las cantidades correspondientes de energía a sustituir en PJ. Asimismo, y de acuerdo a la concordancia que existe entre energía generada y superficie instalada, de acuerdo con la figura 4.11 se obtiene la cantidad adicional de superficie requerida partiendo de la base que actualmente se tienen 3.05 millones de metros cuadrados de calentadores solares instalados. Posteriormente se presentan los millones de metros cuadrados a instalar anualmente de manera uniforme durante el periodo de 15 años. Finalmente se presenta la razón a la cual deberá crecer el mercado para cubrir la meta establecida en el porcentaje que encabeza cada columna.

La tasa actual de crecimiento acumulado de los calentadores solares en México, entre los años 2001 y 2015, es de 13.7%, lo que quiere decir que si se sigue creciendo al ritmo actual se llegará al 2030 a un total de aproximadamente 17% del requerimiento de calentamiento doméstico cubierto por la energía solar, o bien a una superficie de 21 millones de metros cuadrados, o la instalación de 18 millones de metros cuadrados adicionales a los existentes.

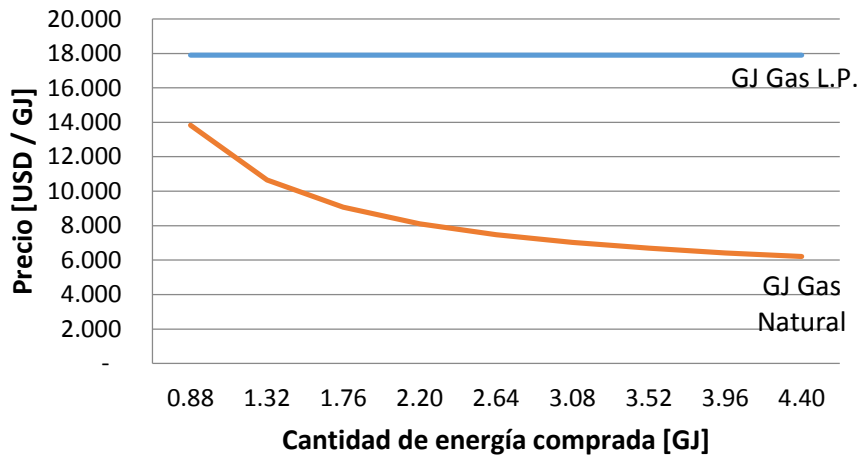
El gran reto que se presenta actualmente no es incrementar la tasa de crecimiento si no la de mantener el ritmo actual. Por citar dos ejemplos, para el año 2020, de continuar con la tendencia actual (figura 5.3), deberían de ser instalados 700,600 m<sup>2</sup> de colectores solamente durante ese año, mientras que para el año 2030 se requeriría instalar 2,400,000 m<sup>2</sup>, que correspondería a una cantidad similar de metros cuadrados a la que ha sido instalada históricamente hasta el año 2013.





**Figura 5.3.** Proyección de instalación anual de superficie de calentadores solares con un ritmo de crecimiento de 13% anual. Fuente: Elaboración propia.

Se considera que un disparador natural del mercado solar de calentamiento de agua en el sector doméstico es el precio del gas LP, mayor que el del gas natural a nivel de usuario final. Definitivamente, el mayor porcentaje de uso del gas LP que el del gas seco o natural en el sector doméstico, 34.09% vs 5.29% respectivamente, abren este enorme potencial de mercado en el sector doméstico. La figura 5.4 muestra la diferencia de precios por Giga-Joule consumido. Se observa que para muy bajos niveles de consumo, por ejemplo un cilindro de gas LP al mes o su equivalencia en gas natural, la diferencia de precios no es muy significativa, sin embargo, esta va creciendo conforme se aumenta el consumo, toda vez que el precio del gas LP permanece constante mientras que el del gas natural va decreciendo.

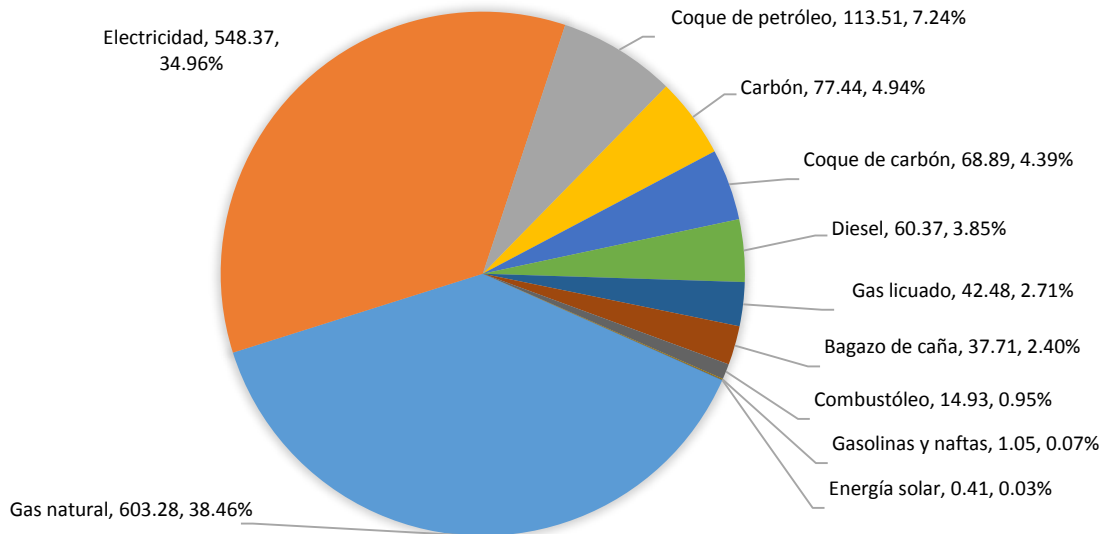


**Figura 5.4.** Precios del Gas LP y del Gas Natural según su volumen de consumo. 0.88 GJ corresponden a un cilindro de gas LP de 20 kg.. Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 Sector industrial

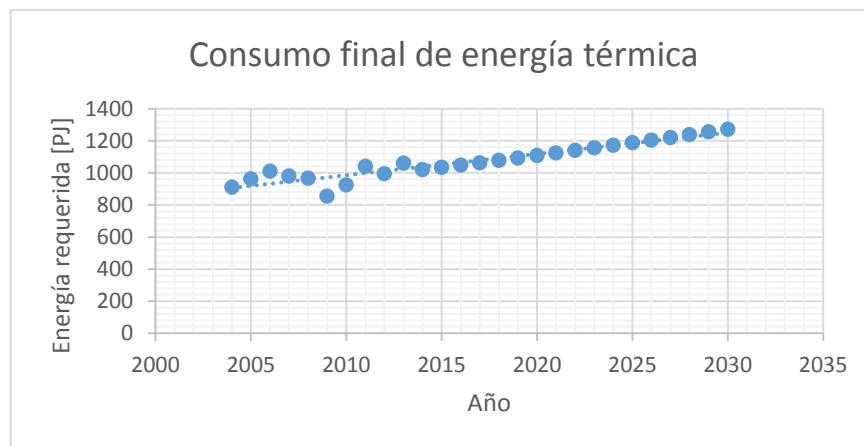
El crecimiento del consumo de energía por el sector industrial en México ha seguido un perfil muy similar al del consumo total, es decir se han mostrado índices discretos en el crecimiento. Actualmente el sector industrial demanda 1,568.44 PJ de energía total, de los cuales 1,020.07

PJ son consumidos en forma hidrocarburos y una fracción marginal por medio de la energía solar, figura 5.5.



**Figura 5.5.** Consumo de energía por tipo de fuente e 2014 (PJ). Fuente: Sener.

Si se toma en cuenta el ritmo de crecimiento del consumo de energía que ha registrado la industria mexicana de 2004 a 2014, que es de aproximadamente 1.4% anual, ver figura 5.6, se estima que la industria para el año 2030 requerirá 1,272.34 PJ de energía térmica.



**Figura 5.6.** Estimación del requerimiento de energía térmica al año 2030. Fuente: extrapolación sobre datos de Sener.

La producción de calor mediante energía solar en la industria en México está en una etapa muy incipiente, sin embargo, ya es reportada en el balance nacional de energía y ha venido creciendo a una tasa del 13%, muy similar a la que se registra en el sector doméstico para los calentadores

solares de agua. No obstante, proyectar a este ritmo de crecimiento sobre la base instalada actual, llevaría a una fracción verdaderamente baja. Según el balance nacional de energía para 2014<sup>70</sup> actualmente se generaron 0.41 PJ, lo cual proyectado al 2030 a una razón de crecimiento del 13% entonces se llegaría a un aporte de 2.90 PJ, es decir el 0.15% del total de energía requerida para la industria en el año 2030.

Para abastecer el 4% del mercado solar industrial de media y baja temperatura al 2030, se requiere tener acumulada una superficie de 6.45 millones de metros cuadrados para ese año.

Esta cantidad, verdaderamente marginal, se obtiene a partir de una base instalada despreciable para el sector industrial en el presente. Por otra parte, IRENA establece que el mercado potencial de la tecnología para aportar Calor Solar para Procesos Industriales (CSPI) es del 3% con relación a la cantidad total de energía requerida por la industria, más un 1% correspondiente a los países con altos niveles de insolación, como es el caso de México<sup>71</sup>. De esta manera, a nuestro país le corresponde un 4%, lo cual implica una cantidad de 78.25 PJ de calor solar de procesos industriales para el 2030.

Partiendo de la base despreciable instalada, se requiere de una superficie a instalar de 20.6 millones de metros cuadrados, o bien 14.4 GWth, lo cual significaría alrededor de 1,925 plantas hipotéticas de 7.5 MW al 2030. Asumiendo que México se puede incorporar a esta tendencia mundial se requeriría de un ritmo de instalación de aproximadamente 1.37 millones de metros cuadrados por año.

No obstante, este optimista escenario debe ser ponderado por el grado de avance que muestra la penetración de los sistemas CSPI en el mundo. Aunque actualmente ya hay una amplia gama de aplicaciones solares térmicas, y ya existen aplicaciones conocidas de CSPI en instalaciones como fábricas procesadoras de alimentos y bebidas, la minería, la agricultura (secado de la cosecha) o el sector textil, durante el año 2015 fueron documentados alrededor de 150 CSPI en todo el mundo de 0,35 MW a 27,5 MW<sup>72</sup>. Un sistema se considera pequeño cuando está sobre 350 kW<sub>t</sub>, o aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, aunque tales sistemas pueden tener una amplia gama de tamaños.

Para determinar un escenario más realista para México con relación a los sistemas CSPI, vamos a considerar los niveles de temperatura a los cuales usualmente se entrega la energía térmica en la industria. Aunque no se localizaron estas fracciones específicamente para México, si existen referencias con respecto a procesos industriales en plantas europeas<sup>73</sup>, mismas que sirven como base para cuantificar el potencial de la energía requerida para los intervalos de baja, media y alta temperatura, definidos en la tabla 5.2.

<sup>70</sup> SENER, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE7C01>

<sup>71</sup> IRENA, 2014, Renewable Energy in Manufacturing. IRENA.

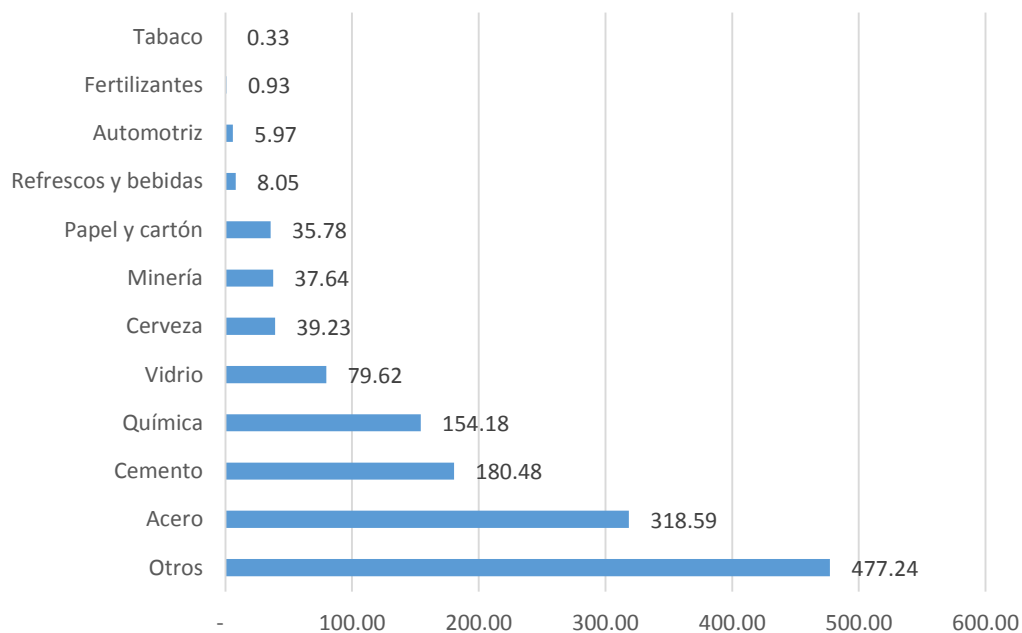
<sup>72</sup> ESTIF, Noviembre de 2016, Solar Heating and Cooling Application Factsheet, Solar Heat for Industrial Process: [http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/publications/downloads/UNEP\\_2015/factsheet\\_ship\\_v05.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/publications/downloads/UNEP_2015/factsheet_ship_v05.pdf)

<sup>73</sup> Ecoheatcool, 2006, The European Heat Market. Euroheat and Power.

**Tabla 5.2.** Fracción de consumo de energía en forma de calor industrial según nivel de temperatura

Demanda de Calor estimado (%) por nivel de temperatura									
	Metales Básicos	Química	Minerales no Metálicos	Equipos de Transporte	Maquinaria	Minería	Alimentos y Tabaco	Papel	Otros
<b>T Alta &gt;400°C</b>	92%	48%	88%	8%	10%	0%	0%	17%	15%
<b>T Media [100°C - 400°C]</b>	5%	29%	6%	30%	23%	40%	45%	56%	35%
<b>T Baja &lt;100°C</b>	3%	23%	6%	62%	67%	60%	55%	27%	50%
<b>Demanda Total</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Por otra, parte se prevé que para el 2030 el consumo total de calor de proceso se distribuya entre las diferentes industrias como se muestra en la figura 5.7.



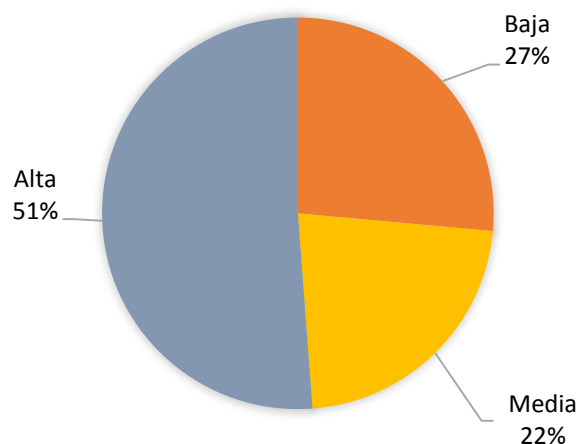
**Figura 5.7.** Consumo de diferentes industrias de calor proceso industrial para el 2030, en PJ.

El balance nacional de energía para México en el 2014<sup>74</sup>, muestra que aproximadamente el 49% de la energía térmica requerida para el sector industrial se ubica dentro del rango de la media y baja temperatura. Este porcentaje, ligeramente superior que el promedio mundial<sup>75</sup>, de cualquier manera, representa un potencial muy atractivo para los sistemas CSPI; según la cantidad de

<sup>74</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE7C01>.

<sup>75</sup> IRENA, 2015, Solar Heat for Industrial Processes. IRENA.

energía térmica requerida para el consumo anual de la industria para el año 2030 (figura 5.8), podríamos obtener un mercado de 343.5 PJ para el sector de baja temperatura y de 280 PJ para las tecnologías de media temperatura. De tal manera que un porcentaje de penetración del 4% de ese potencial para el 2030 equivaldría a 24.5 PJ, equivalentes a 6.45 millones de metros cuadrados, o bien 4.5 GW<sub>t</sub> a instalar entre el 2015 y el 2030. Esta cantidad equivale a instalar de manera constante 430,000 metros cuadrados por año entre el 2015 y el 2030. Esta cantidad, por cierto, no parece ser un reto de grandes dimensiones dada la cantidad actual que se instala anualmente en México.



**Figura 5.8.** Fracción de calor de proceso en la industria en México según nivel de temperatura. Fuente: Sener.

### Tecnologías para el sector industrial

Existen diferentes tecnologías solares adecuadas para la generación de calor de baja y media temperatura. Esta puede ser suministrada por los colectores solares térmicos y los sistemas de bajo nivel de concentración disponibles en el mercado. La mayoría de las aplicaciones de energía solar para procesos industriales tienen un nivel de penetración actual relativamente pequeño y muchos de ellos son todavía de carácter experimental debido principalmente al proceso de integración del sistema solar al proceso de producción mas no por su capacidad de generar calor.

La integración de los sistemas de Calor Solar para Proceso Industrial (CSPI) requieren de un sistema avanzado de medición, monitoreo y control para el abasto del calor en los procesos a la temperatura requerida, es decir, es necesario gestionar la entrega de calor, sobre todo en aquellos procesos de operación continua. Esta particularidad de los procesos impone limitaciones sobre las temperaturas superiores que pueden manejar las diferentes tecnologías, por lo que, frecuentemente, las temperaturas a las que opera un sistema CSPI está muy por debajo del límite de temperatura de su tecnología.

La energía de alta calidad proveniente del Sol, puede ser utilizada como la fuente de energía para varios procesos que operan a temperaturas por arriba de los 100°C. La conversión eficiente de la radiación solar en calor a estos niveles de temperatura requiere del uso de colectores solares de concentración o de colectores solares de tubos evacuados.

Existen diferentes tipos de colectores de concentración atendiendo a diferentes geometrías y aplicaciones térmicas (figura 5.9); se pueden clasificar en una matriz por tipo de foco que poseen y por el tipo de flujo solar, dependiendo de la superficie reflectora, donde el foco puede ser lineal

o puntual, y el flujo puede provenir de una superficie continua o tipo fresnel que también es conocida como superficie segmentada.

Un módulo concentrador del tipo canal parabólico (CCP) además de poseer un foco lineal tiene una superficie reflectora continua. El colector de disco parabólico está constituido por una superficie de revolución de forma que concentra la radiación solar sobre un punto focal en el que se encuentra el receptor de calor. Un concentrador Fresnel, con foco lineal, es un arreglo de espejos independientes que colectan la energía solar en un tubo dispuesto de manera paralela al arreglo de reflectores. El colector de torre central consta de un receptor puntual ubicado en lo alto de una torre y a cuyo pie se distribuyen concéntricamente un arreglo de espejos planos reflectantes llamados helióstatos.

Se estima que los dispositivos solares de baja y media temperatura pueden aportar calor de proceso en 45% del calor requerido en la industria<sup>76</sup>, sin embargo, en este se ha encontrado que dicho factor está alrededor del 49%. De cualquier manera, para el sector industrial se abre un amplio rango de posibilidades para las diferentes tecnologías solares, toda vez que estas son capaces de entregar energía a rangos de temperatura muy variados.

Adicionalmente, dentro del sector industrial, se han identificado diferentes procesos los cuales cuentan con las características y condiciones favorables para la aplicación de energía solar como fuente de suministro de calor. En la Tabla 5.3 se pueden observar algunos de los procesos más importantes con los rangos de temperatura correspondientes (Textoscientíficos.com, 2009):

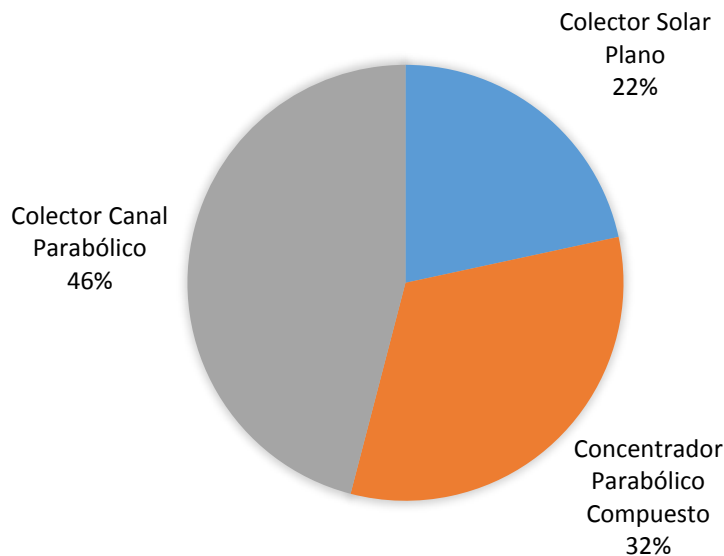
**Tabla 5.3.** Rangos de temperatura para varios procesos industriales

Industria	Proceso	Temp. (°C)	Clasificación	Tecnología
Láctea	Pasteurización	60–80	Baja	CSP
Láctea	Esterilización	100–120	Media	CPC
Láctea	Secado	120–180	Media	CPC
Láctea	Concentrados	60–80	Baja	SCP
Láctea	Agua de alimentación	60–90	Media	CPC
Comida enlatada	Esterilización	110–120	Media	CPC
Comida enlatada	Pasteurización	60–80	Baja	CSP
Comida enlatada	Cocción	60–90	Baja	CSP
Comida enlatada	Blanqueo	60–90	Baja	CSP
Textil	Blanqueo, tintura	60–90	Baja	CPC
Textil	Secado, desengrasado	100–130	Media	SCP
Textil	Tintura	70–90	Baja	CPC
Textil	Fijado	160–180	Media Alta	SCP
Textil	Planchado	80–100	Baja	SCP

<sup>76</sup> IRENA, 2015, Solar Heat for Industrial Processes. IRENA.

<b>Industria</b>	<b>Proceso</b>	<b>Temp. (°C)</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Tecnología</b>
Papel	Cocción, secado	60–80	Baja	CSP
Papel	Agua de alimentación	60–90	Baja	CPC
Papel	Blanqueo	130–150	Media baja	SCP
Química	Jabones	200–260	Media alta	SCP
Química	Caucho sintético	150–200	Media Alta	SCP
Química	Calor de proceso	120–180	Media baja	SCP
Química	Pre-calentamiento de agua	60–90	Baja	CPC
Carne	Lavado, esterilización	60–90	Baja	CPC
Carne	Cocción	90–100	Media baja	SCP
Bebidas	Lavado, esterilización	60–80	Baja	CSP
Bebidas	Pasteurización	60–70	Baja	CSP
Harinas y subproductos	Esterilización	60–80	Baja	CSP
Subproductos de la madera	Termodifusión	80–100	Media baja	CPC
Subproductos de la madera	Secado	60–100	baja	CPC
Subproductos de la madera	Pre-calentamiento de agua	60–90	baja	CPC
Subproductos de la madera	Preparación de pulpa	120–170	media alta	SCP
Ladrillos y bloques	Curado	60–140	Media baja	SCP
Plásticos	Preparación	120–140	Media baja	SCP
Plásticos	Destilación	140–150	media alta	SCP
Plásticos	Separación	200–220	media alta	SCP
Plásticos	Extensión	140–160	media alta	SCP
Plásticos	Secado	180–200	media alta	SCP
Plásticos	Mezclado	120–140	media alta	SCP

Asumiendo estrictamente la clasificación de la tecnología según el rango de temperatura, se obtiene entonces un diagrama cualitativo de la posible penetración de la tecnología en el mercado del sector industrial, figura 5.9.



**Figura 5.9.** Distribución potencial de la tecnología de los CSPI en la industria.

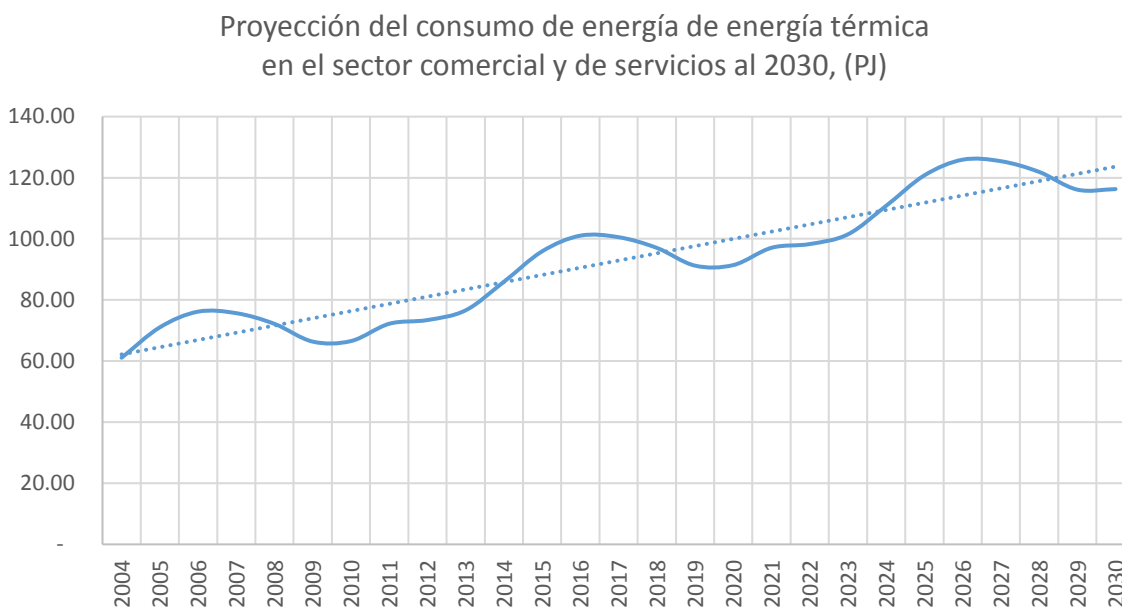
### 5.1.3 Sector comercial y de servicios

De manera análoga, se procede a estimar el potencial del sector comercial y de servicios. Para ello es necesario hacer también varias simplificaciones. En primera instancia, se considera que el sector va a crecer, en cuanto a consumo de energía, con un perfil similar como lo ha hecho durante los últimos 10 años. La figura 5.10 muestra el perfil de crecimiento del 2004 al 2014<sup>77</sup>, así como la proyección al 2030, la cual arroja una tasa de crecimiento acumulada del 2.7%.

---

<sup>77</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C01>.





**Figura 5.10** Proyección del consumo de energía de energía térmica en el sector comercial y de servicios al 2030, (PJ)

Adicionalmente se da por válido el estudio elaborado por la GIZ donde se establece el universo de establecimientos potencialmente hábiles para recibir sistemas de calentamiento solar<sup>78</sup>. En el sector comercial y de servicios, entre las actividades que requieren de cantidades importantes de calor y tienen gran potencial de aplicación para el uso de sistemas de calentamiento solar de agua de baja y media temperatura, se encuentran los molinos de nixtamal, hoteles, moteles, hospitales, lavanderías y tintorerías, clubes deportivos, curtidoras y Tenerías.

Considerando el estudio anterior realizado por GIZ, *op cit*, donde se enumeran estos sectores, así como el número de establecimientos y sus correspondientes consumos típicos de agua caliente, se ha estimado el consumo total de energía en el sector, ver figura 5.11. Cabe destacar que las actividades con mayor intensidad energética son las correspondientes a las lavanderías y tintorerías, donde el uso de los de los sistemas solares tiene su mayor potencial, esto seguido por los molinos de nixtamal. Tabla 5.4.

<sup>78</sup> GIZ, 2014, Estudio sobre el potencial y la rentabilidad de CSA en PYMES. México: GIZ.

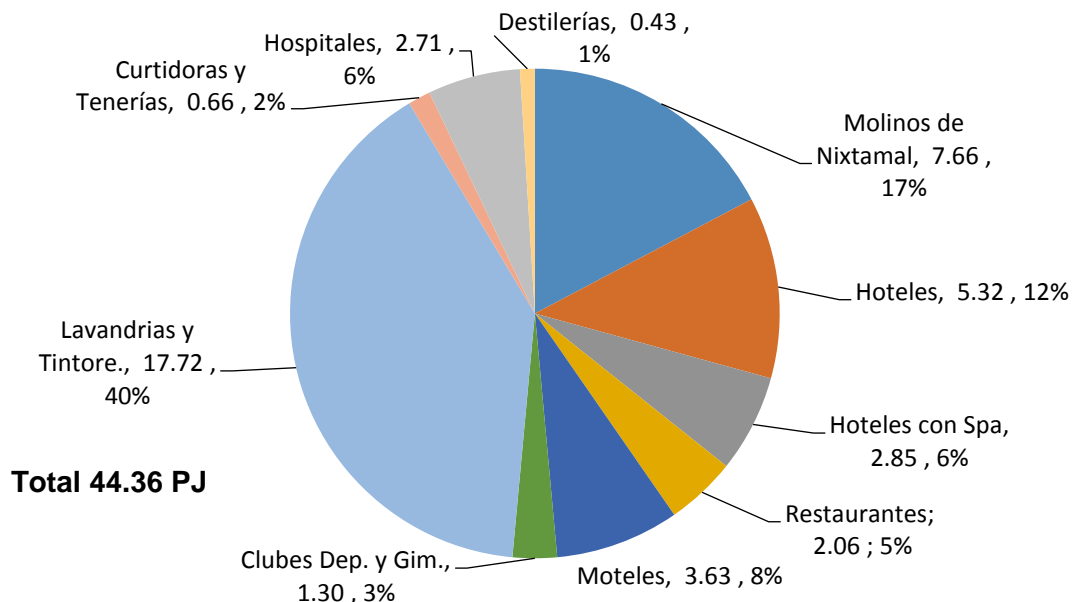


Figura 5.11. Consumo total de energía para el sector comercial y subsectores al 2030

Tabla 5.4 Negocios característicos que consumen agua caliente

Sector	Unidades Comerciales	Cant. Típica Agua, (l)	Temp. Op. (°C)	Delta T (°C)	Tecnología
Molinos de Nixtamal	18852	1000	90	70	CTV-HP
Hoteles	10176	3000	50	30	CSP-CTV
Hoteles con Spa	4098	4000	50	30	CSP-CTV
Restaurantes	8883	1000	60	40	CSP-CTV
Moteles	2083	10000	50	30	CSP-CTV
Clubes Dep. y Gim.	1240	6000	50	30	CSP-CTV
Lavanderías y Tintorerías	25434	3000	60	40	CSP-CTV
Curtidoras y Tenerías	945	2000	80	60	HP
Hospitales	1945	8000	50	30	CSP-CTV
Destilerías	373	2000	120	100	CTV-HP

CSP = Colector Solar Plano, CTV = Colector de tubos al vacío, CTV-HP = Colector de Tubos al Vacío con Heat Pipe.

El total del consumo de calor de proceso para el año 2030 en el sector comercial y de servicios, con los subsectores identificados con mayor potencial, descritos anteriormente, arroja un total de 44.34 PJ. Es importante notar que estos subsectores corresponden principalmente al rango de baja temperatura, mientras que el consumo total de calor proyectado para el 2030, según la figura 5.10, es de 122 PJ, esto significa que mediante los subsectores identificados como usuarios potenciales del calor solar de proceso y principalmente en el rango de temperatura baja se localiza un mercado del 36% del calor total consumido por el sector comercial y de servicios.

De la misma manera, una meta moderada de un 10% de penetración del mercado potencial, significa la generación de 4.34 PJ de sistemas solares, principalmente de baja temperatura, o bien la acumulación de 1.14 millones de metros cuadrados de sistemas de calentamiento solar. Cantidad realmente accesible, dada la capacidad de crecimiento que ha mostrado el mercado nacional.

#### 5.1.4 Sector agropecuario

Toca el turno al sector agropecuario, a continuación, se presenta la estimación del potencial de dicho sector. Para ello es necesario considerar únicamente los consumos del gas en el sector, ya que no es posible desagregar en el Balance Nacional de Energía el diésel utilizado para calor y para transporte. Se observa que el consumo de gas LP ha registrado un decrecimiento moderado en los últimos 10 años. La figura 5.12 muestra el perfil desarrollado del 2004 al 2014<sup>79</sup>, así como la proyección al 2030, la cual arroja una tasa de crecimiento negativa acumulada del -0.007%.

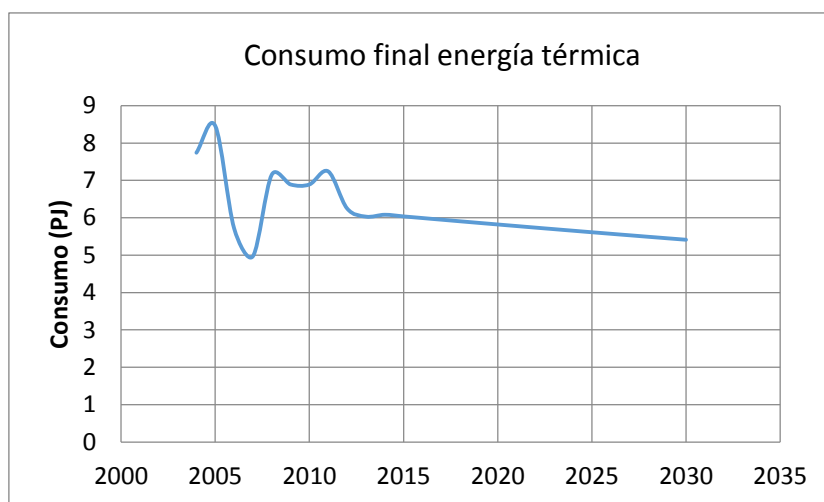


Figura 5.12. Proyección del consumo de energía de energía térmica en el agropecuario al 2030, (PJ)

Con esta dinámica en el consumo del gas en el sector se estima que para el año 2030 el sector consumirá 5.4 PJ. Considerando una meta moderada de 10% de penetración del mercado potencial, significa la generación de 0.54 PJ por sistemas solares, principalmente de baja temperatura, o bien la instalación de 142, 550 metros cuadrados de sistemas de calentamiento solar. Cantidad realmente accesible, dado el comportamiento que ha mostrado el mercado nacional.

<sup>79</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvequa=IE7C01>.

A este respecto cabe mencionar lo realizado por el Fideicomiso de Riego Compartido (FIRCO), que ha promovido de forma exitosa la instalación de sistemas de calentamiento solar en el sector. Del año 2008 a 2014 se han apoyado la instalación de 140 sistemas térmicos solares en 23 estados de la república. Estas instalaciones han logrado desplazar 1'110,442 litros de gas L.P., 460.911 litros de Combustóleo, 69,802 litros de diésel y 45,103 m<sup>3</sup> gas Natural<sup>80</sup> con sus consiguientes equivalencias energéticas. Tabla 5.5.

**Tabla 5.5.** Energía generada por sistemas termo-solares en el sector agroindustria bajo el auspicio de FIRCO durante el periodo 2008-2014.

Combustible desplazado por equipos térmicos solares.			
Tipo de combustible	Cantidad desplazada	Unidad	Energía generada (PJ)
Gas L.P.	1,110,442.00	litros	0.0295
Combustóleo	460,911.00	litros	0.0199
Diésel	69,802.00	litros	0.0026
Gas Natural	45,103.00	m <sup>3</sup>	0.0016
		Total	0.0536

De conformidad con la evolución del mercado de calentamiento solar requerida para el sector agropecuario, se deberían instalar cerca de 10,000 metros cuadrados por año, del 2015 al 2030, para alcanzar el 10% de los requerimientos de calor del sector, es decir 0.54 PJ, lo que equivale a generar anualmente una cantidad de energía 10 veces mayor que la que se logró en el programa ejemplificado anteriormente.

## 5.2 Capacidad instalada de calentadores solares de agua y volumen potencial del mercado al año 2030

Como se vio en el capítulo 4 el mercado del calentamiento solar de agua en México viene creciendo a un ritmo sostenido del 13% anual, en el año 2015 se instalaron 380,256 m<sup>2</sup>, esto representa una capacidad instalada acumulada de 3'052,136 m<sup>2</sup> al cierre del año 2015 y una generación anual de 11.59 PJ para el año 2015 según lo reportado por la ANES<sup>81</sup>.

<sup>80</sup> FIRCO, 2015, *Energía Solar Calentamiento de Agua*. Interpretado por Montufar Octavio. Centro de convenciones, Campeche, Camp.

<sup>81</sup> ANES, 2015, Asociación Nacional de Energía Solar. Inventario de Instalación de Calentadores Solares en México: [http://www.anes.org/cms/balance\\_energia.php](http://www.anes.org/cms/balance_energia.php)

### 5.3 Volumen potencial del mercado de calentadores solares de agua al año 2030

Para estimar los precios del volumen de mercado, se hizo una revisión de precios públicos de los diferentes sistemas de calentamiento solar, encontrándose diferentes rangos. Se muestran los precios por metro cuadrado instalado, entendiéndose que en una economía de escala pudieran mejorar estas ofertas, no obstante, se entiende que los precios actualmente publicados incluyen a toda la cadena de comercialización. A estos precios se les asigna sus correspondientes valores de instalación. La tabla muestra precios por metro cuadrado instalado. Tabla 5.6.

**Tabla 5.6** Precios actuales de la tecnología para calentamiento solar de agua.

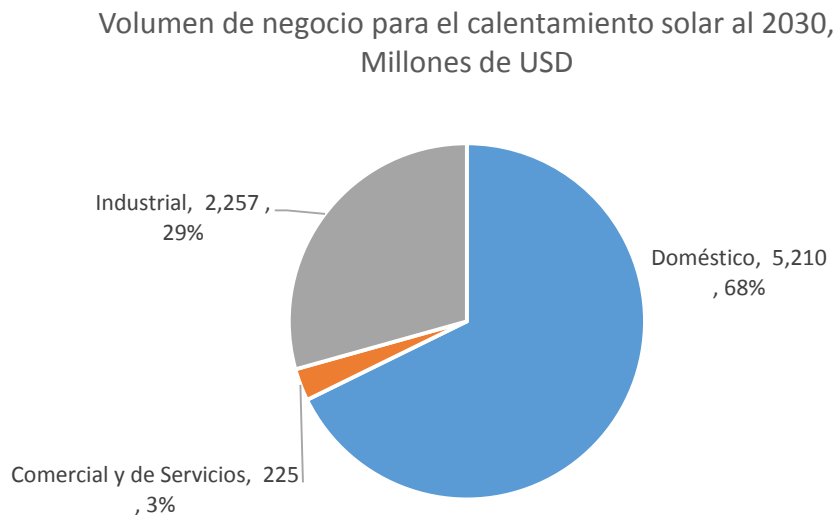
	Albercas	Doméstico uni-familiar	Doméstico multi-familiar	Comercial y de servicios	Industrial
<b>Rango de precio (USD/m<sup>2</sup>)</b>	40-79	200-400	190-260	190-260	300-400
<b>Promedio (USD/m<sup>2</sup>)</b>	60	300	225	225	350

En sector doméstico partiendo del hecho que en el año 2015 se tienen 3.052 millones m<sup>2</sup> de calentadores solares y se espera llegar al año 2030 a la cifra de 20.419 millones de metros cuadrados, con el mismo ritmo de crecimiento de 13 %. Considerando que el metro cuadrado de calentador solar tiene un precio promedio de 300 USD, se estima que el mercado en el periodo 2016 al 2030 será de 5,210 millones de dólares.

En el sector industrial partiendo del hecho que se tiene una capacidad instalada base prácticamente despreciable y se requiere instalar una superficie de 6.45 millones de metros cuadrados. Considerando que el metro cuadrado de calentador solar para la industria tiene un precio promedio de 350 USD se estima que el mercado en el periodo 2016 al 2030 será entre 2,257.5 millones de dólares.

En el sector comercial partiendo del hecho que se tiene una meta de 1.14 millones de metros cuadrados. Considerando que el metro cuadrado de calentador solar para la industria tiene un precio de \$225 USD se estima que el mercado en el periodo 2016 al 2030 será de 256 millones de dólares.

Esto representa, considerando los tres sectores, un mercado potencial en el periodo 2016 al 2030 de 7,692.00 millones de dólares. Ver Figura 5.13.



**Figura 5.13.** Volumen de negocio para el calentamiento solar al 2030

## 5.4 Principales actores en el tema de calentamiento solar de agua

Dentro de los diferentes actores en el tema de calentamiento solar tenemos a las instituciones del gobierno, a las instancias certificadoras, las asociaciones, las cámaras industriales, las universidades o instituciones de educativas, los organismos internacionales.

En este sector han participado un gran número de instituciones que tienen el objeto de dar las directrices del país en materia de política económica y en política energética, otras tienen carácter normativo y dirigen los destinos de la situación actual. A continuación, se presentan los principales actores:

### 5.4.1 Organismos gubernamentales

#### Secretaría de Energía (SENER)

Secretaría del Estado mexicano encargada de controlar, administrar y regular todos los medios energéticos, además de todas las concesiones que se aplican para la explotación y su uso.

*Fue la SENER quien elaboró y promovió la Reforma Energética, dentro de ella se han suscrito diversos compromisos mediante los cuales se tiene que diseñar conjuntamente con otras dependencias las estrategias y políticas públicas para el cumplimiento de los mismos.*

#### Secretaría de Economía (SE)

Secretaría del Estado Mexicano encargada de administrar los impuestos locales y de exportación de los productos, incluyendo la defensa del consumidor ante el comercio. También administra el buen uso de la Norma Oficial Mexicana y el Sistema Internacional de Unidades.

#### Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)

Encargada de todo lo relacionado con la recaudación tributaria, administración financiera y fiscalización de recursos del gasto público, así como la regulación y vigilancia de las instituciones bancarias y de valores de México.

*La Secretaría de Hacienda al ser una dependencia del Poder Ejecutivo Federal controla la política económica del Gobierno Federal en materia financiera, cuya política recaudatoria a girado en gran medida alrededor de la industria petrolera, ante el nuevo marco legal de la reforma*

*energética sin duda se tendrá que dar un giro a la política el propósito de consolidar un país con crecimiento económico.*

### **Sistema de Administración Tributaria (SAT)**

Tiene la responsabilidad de aplicar la legislación fiscal y aduanera, con el fin de que las personas físicas y morales contribuyan proporcional y equitativamente al gasto público, de fiscalizar a los contribuyentes para que cumplan con las disposiciones tributarias y aduaneras.

### **Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Distrito Federal (SEDUVI).**

Dependencia de la Ciudad de México encargada del diseño, coordinación, reordenación, promoción inmobiliaria y aplicación de la política urbana de la Ciudad de México.

### **Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)**

Dependencia del Gobierno de la República encargada de planificar, coordinar, administrar, generar y ejecutar las políticas públicas de ordenamiento territorial, de igual forma asegurar una vivienda digna, un desarrollo urbano y rural.

### **Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit)**

Institución tripartita donde participa el sector obrero, el sector empresarial y el gobierno, dedicada a otorgar un crédito para la obtención de vivienda a los trabajadores y brindar rendimientos al ahorro que está en el Fondo Nacional de Vivienda para las pensiones de retiro.

### **Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)**

Tiene como objetivo conducción y evaluación de políticas públicas que conlleven a la protección del medio ambiente, preservación y restauración ecológica, crecimiento verde, así como la mitigación y adaptación al cambio climático en el país.

### **Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)**

Tiene como objetivos promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en industrias, comercios y servicios, MiPyMES, municipios, sector residencial y agrícola.

### **Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (Conocer)**

El Comité de Gestión por Competencias es un grupo de personas que actúa como la instancia responsable para promover el modelo de Gestión por Competencias técnico-profesionales en las organizaciones del sector que representan.

### **Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee)**

Tiene como objetivo central promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

### **Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)**

Tiene como tareas impulsar y fortalecer el desarrollo científico, mediante la formación de recursos humanos, promoción y sostenimiento de proyectos de investigación y la difusión de la información científica y tecnológica.

### **Banca en México**

Dentro del sector de la Banca en México las principales instituciones que han participado en el tema de calentamiento solar de agua podemos contar a las siguientes:

### **Banco Nacional de Comercio Exterior S.N.C. (Bancomext)**

Ha impulsado el desarrollo del comercio exterior, y ha fomentado el financiamiento al comercio exterior mediante la atención de sus clientes con programas de financiamiento, garantías y otros servicios financieros especializados.

### **Nacional Financiera (NAFIN)**

Es una institución de banca de desarrollo encargada de promover el ahorro y la inversión a través de la gestión de proyectos, el establecimiento de programas de financiamiento, la coordinación de inversiones de capitales y el incremento de la productividad.

### **Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (Banobras)**

Es una institución de banca de desarrollo que tiene por objeto financiar o refinanciar proyectos de inversión pública o privada en infraestructura y servicios públicos, así como coadyuvar al fortalecimiento institucional de los gobiernos federal, estatal y municipal.

## **5.4.2 Entidades certificadoras**

### **Asociación de Normalización y Certificación (ANCE)**

Ha evaluado el grado de cumplimiento con las especificaciones técnicas que señala el FIRCO sobre proyectos de energía renovable para temas como: Sistemas Fotovoltaicos de bombeo de agua e interconectados a la red, Calentadores de agua solares y Biodigestores.

### **El Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE)**

Se ha dedicado a las actividades de normalización, certificación y verificación, que han contribuido a la mejora de la calidad de los productos, procesos, sistemas y servicios.

### **La Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C. (NORMEX)**

Elabora las normas NMX-NORMEX, de carácter voluntario, ofrece servicios de certificación, verificación, laboratorio de pruebas para garantizar la independencia e imparcialidad en la evaluación de la conformidad de productos, procesos y sistemas.

## **5.4.3 Asociaciones**

Las asociaciones han jugado un papel fundamental en el tema de calentamiento solar, han agrupado a la mayor parte de la sociedad interesada. A continuación, se enlistan a las principales asociaciones:

### **Asociación Nacional de Energía solar A.C. (ANES)**

Es una asociación civil que reúne al sector académico e industrial. Tiene como objetivo proporcionar un foro para la discusión de ideas, la comparación o intercambio de resultados y, en general, la divulgación y promoción de la utilización de la energía solar en sus manifestaciones de radiación solar y del aprovechamiento de los fenómenos que producen en forma indirecta.

### **Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos, A. C. (ANFAD)**

Es una asociación que representa los intereses de la industria de aparatos domésticos. Es promotora de acciones que generen valor a sus miembros y mejoren la calidad de vida de los consumidores a través de productos y servicios.



### **Sociedad de Tecnología Solar Avanzada de Tubos Evacuados. (Sotecsol)**

Es una asociación civil que agrupa a los fabricantes del sector de energía sustentable en el campo de Calentadores Solares de Tubos Evacuados para aplicaciones industriales, comerciales y domésticas. Tiene como objetivo promover e impulsar el uso de las energías limpias y sustentables en México.

### **Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables A. C. (Famerac)**

Es una asociación de industriales mexicanos que agrupa a empresas fabricantes de tecnologías para el aprovechamiento y uso de energías renovables y tiene como objetivo promover el uso de calentadores solares de agua.

## **5.4.4 Cámaras industriales**

Existen diferentes cámaras industriales que representan a gran número de empresas que fabrican o comercializan calentadores solares de agua y participan activamente en el sector. Las principales son:

### **Cámara Alemana-Mexicana de Comercio (Camexa)**

Promueve las relaciones económicas entre los dos países y representa los intereses de los miembros del gobierno, de las instituciones y asociaciones públicas y privadas.

### **Cámara Nacional de la industria de la transformación (Canacindra)**

Institución de interés público, autónoma, no lucrativa con personalidad jurídica propia, integrada por industriales de toda la República Mexicana. Busca también promover acciones en gobierno como de otros organismos empresariales que puedan contribuir a mejorar la actividad industrial.

### **Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda (CANADEVI)**

Representa y apoya a las empresas promotoras y desarrolladoras de vivienda de México, para impactar positivamente en la calidad de vida de los mexicanos.

## **5.4.5 Instituciones educativas**

Existe un gran número de Universidades e instituciones de educativas, así como institutos de investigación que tienen una larga trayectoria en el tema de calentamiento solar de agua. A continuación se mencionan algunos de ellos:

### **Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav)**

Contribuye de manera destacada al desarrollo de la sociedad mediante la investigación científica y tecnológica de vanguardia y la formación de recursos humanos de alta calidad. En este centro se han desarrollado un sinnúmero de investigaciones en el área solar fotovoltaica y solar térmica.

### **Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM)**

Es un centro de investigación en diversas áreas de la ingeniería. Ha realizado investigación orientada a problemas generales de la ingeniería, colaborar con entidades públicas y privadas para mejorar la práctica de la ingeniería en el ámbito nacional. En él se encuentra la planta solar experimental de canal parabólico.

### **Instituto de Energías Renovables (IER)**

Realiza investigación científica básica y aplicada en energía, con énfasis en energías renovables, enfocados al desarrollo de tecnologías energéticas sustentables. Cuenta con gran número de instalaciones solares térmicas para investigación y desarrollo y cuenta con un laboratorio de pruebas para certificar la calidad de los calentadores solares de agua.

### **Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)**

La universidad cuenta con un laboratorio de Energía Fotovoltaica en la UAM unidad Iztapalapa (UAM-I).

### **Universidad Autónoma de Guanajuato (UAG)**

En el Instituto de investigaciones científicas se cuenta con un Banco de pruebas para el estudio y caracterización termo-hidráulica de dispositivos para la conversión térmica de energía solar.

## **5.4.6 Organismos internacionales**

### **El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**

Su función es contribuir a la mejora de la calidad de vida de las naciones. Ayuda a los países a elaborar y compartir soluciones que permitan responder a los retos que plantean la energía y medio ambiente entre otras muchas acciones.

### **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Medio Ambiente (PNUMA)**

Es un facilitador para promover el uso sensato y el desarrollo sostenible del medio ambiente.

### **USAID**

Agencia internacional dependiente del Gobierno de los Estados Unidos de América que tiene entre sus funciones colaborar con el Gobierno de México para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

### **Procobre**

Es una organización intencional encargada en la promoción del uso del cobre, administrada por profesionales de diversas áreas y que reúne todos los sectores interesados en la cadena productiva. Tiene entre sus propuestas aumentar el uso del calentamiento solar de agua

### **Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ)**

Agencia del gobierno federal alemán, especializada en la cooperación técnica para el desarrollo sostenible en todo el mundo, (Agencia de Cooperación Alemana, GIZ) que ofrece soluciones personalizadas a problemas complejos. Ofrece servicios personalizados basados en la demanda para el desarrollo sostenible.

## 6 Barreras y líneas de acción para impulsar la energía solar térmica

Muchos han sido los actores que se han reunido para abordar el tema del calentamiento solar en México, muchos de ellos han identificado barreras que han frenado el desarrollo del mercado y también se han detectado o sugerido los catalizadores que eventualmente pudiesen superar esas barreras para el avance del mercado de calentadores solares. En esta sección se presentan las principales barreras identificadas y las principales líneas de acción propuestas en diferentes foros y programas de fomento a los calentadores solares.

El documento elaborado al inicio del “Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México” (Procalsol), identificó gran parte de las barreras para el desarrollo del mercado de calentadores solares de agua que han sido también documentadas por otros programas y organismos referentes al mismo tema, entre los que podemos citar a: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Agencia Internacional de la Energía Renovable (IRENA), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INEEC) y Secretaría de Energía (SENER).

Dentro del programa del Procalsol, elaborado por la CONAE bajo la promoción de GIZ y ANES, se identificaron las siguientes barreras<sup>82</sup>.

- Alto costo inicial de los equipos.
  - Escasez de incentivos fiscales
  - Economía de escala
- Altas tasas de interés y limitado acceso al financiamiento.
  - Escasez de esquemas de financiamiento por la banca comercial enfocados al uso de calentadores solares
  - Altas tasa de interés al crédito
- Desconfianza en la tecnología.
  - Desconfianza de usuarios y compradores
  - Desconfianza de financieros en la tecnología
- Existencia muy limitada de técnicos capacitados.
  - Desconfianza en las instalaciones

Para lograr mitigar estas barreras se recomendaron las siguientes líneas de acción:

1. Regulación:
  - 1.1. Promover y facilitar el desarrollo de normas e instrumentos regulatorios para sistemas e instalaciones.
  - 1.2. Programa de capacitación y certificación de técnicos especializados en CSA.
  - 1.3. Apoyo a la implementación de normas ambientales para el calentamiento solar, es decir, que exista la obligación para instalar equipos de calentamiento solar de agua.

---

<sup>82</sup> CONAE, 2007, *Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México, PROCALSOL*. SENER, Ciudad de México.

2. Incentivos económicos a usuarios:
  - 2.1. Colaboración entre SENER, CONAE y SHCP, para promover incentivos fiscales como a empresas y personas físicas.
  - 2.2. Aplicación de financiamiento hipotecario a la compra de sistemas de calentamiento solar en vivienda nueva (sector residencial).
  - 2.3. Fomento de instrumentos financieros disponibles en la banca de desarrollo para aplicaciones productivas (sectores industrial, servicios y agronegocios).
  - 2.4. Fondo especial de fomento a la creación de créditos de bajos intereses o con facilidades de pago para la adquisición de equipos de calentamiento solar.
3. Fortalecimiento de la oferta:
  - 3.1. Certificación de empresas de diseño, instalación, operación y mantenimiento de equipos de calentamiento solar de agua.
  - 3.2. Apoyos para PyMEs dedicadas a fabricación, venta e instalación de equipos de calentamiento solar de agua.
  - 3.3. Seminarios de intercambio de ofertas y demandas de desarrollo tecnológico.
  - 3.4. Establecer sello de calidad de equipos de calentamiento solar de agua.
4. Información:
  - 4.1. Campaña de sensibilización a la población sobre las ventajas económicas de utilizar calentadores solares de agua, así como los incentivos fiscales existentes.
  - 4.2. Campaña de promoción del Procalsol a distintos sectores específicos.
  - 4.3. Sitio en Internet para dar a conocer la información de los beneficios y los requerimientos para utilizar las tecnologías CSA.
5. Gestión:
  - 5.1. Comité Técnico y Unidad de Coordinación, apoyando al Procalsol dando seguimiento a iniciativas individuales o conjuntas.
  - 5.2. Mecanismos de evaluación y seguimiento para monitorear los avances del programa y asegurar la implementación efectiva del mismo.

En el programa de la GIZ “*Lecciones aprendidas y mejores prácticas del Proyecto 25,000 Techos Solares para México*”<sup>83</sup>, se identifican algunas barreras para el desarrollo de las tecnologías termo-solares, así como medidas tomadas para su solución:

Barreras:

- Aspectos de calidad de equipos e instalaciones (oferta).
- Sensibilización de los derechohabientes que incentive la adquisición de CSA dentro del Programa Hipoteca Verde (demanda).
- Difusión del Proyecto y sensibilización de los usuarios.

Medidas Sugeridas:

- Mejorar las deficiencias de calidad de los equipos, con base en la necesidad identificada por el Comité Técnico del PROCALSOL de contar con las características y especificaciones de calidad y desempeño de los equipos de calentamiento de agua que se instalaban en Hipoteca Verde.

---

<sup>83</sup> GIZ, 2015, *Lecciones aprendidas y mejores prácticas del Proyecto 25,000 Techos Solares para México*. México, D.F.

- Mejorar las deficiencias en la calidad de las instalaciones de sistemas de calentamiento solar de agua para viviendas, para el desarrollo de una Norma Técnica que establezca los requisitos mínimos indispensables.
  - Desarrollo y publicación de Estándares técnicos de instalación.
  - Capacitación y certificación de instaladores solares bajo estándares nacionales de competencias laborales.
  - Equipos certificados en laboratorios de pruebas nacionales acreditados.
  - Verificación *in situ* de la calidad de todas las instalaciones para dar certeza a entidades financieras, usuarios finales, fabricantes y proveedores de CSA, prestadores de servicios de instalación y mantenimiento.
- Contar con una estrategia conjunta con el INFONAVIT para la difusión y sensibilización al público meta y las oficinas regionales del Instituto. Presencia en foros y la distribución de materiales de sensibilización con lenguaje accesible.

En el documento de la GIZ *Estudio sobre el potencial y la rentabilidad del uso de calentadores solares de agua (CSA) en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs)*<sup>84</sup>, resulta de interés analizar la situación específica de las PyMEs, ya que estas comprenden más del 90% de las empresas que existen en la economía nacional, y que en general carecen de herramientas tecnológicas que potencialicen el ahorro energético. Entre las barreras detectadas para este sector se enuncian las siguientes:

- Financiamiento Banca Privada:
  - Régimen Fiscal no elegible para créditos bancarios.
  - Administración informal, no tienen cuenta bancaria ni Estados Financieros.
  - No tienen historial crediticio, ni tienen la antigüedad requerida (2 años).
  - Antecedentes crediticios negativos (buró de crédito).
  - No tienen garantías solicitadas (bienes raíces libres de gravamen).
  - Arraigo insuficiente en la localidad (mínima de 3 años en los dos últimos domicilios).
  - Se dedican a giros restringidos como construcción, bares y centros nocturnos, escuelas, prensa, etc.
- Financiamiento Banca Estatal:
  - No cuentan con la antigüedad requerida (seis meses mínimos).
  - Antecedentes crediticios negativos (buró de crédito).
  - No tienen garantías solicitadas (aval u obligado solidario).
- Programas del Gobierno Federal
  - No cuentan con la antigüedad requerida en el negocio (doce meses como mínimo).
  - Antecedentes crediticios negativos en Buró de Crédito (menos estricto que la Banca Comercial).
  - No cuentan con las garantías solicitadas (bienes inmuebles libres de gravamen).
  - Se requiere intervención de un asesor para elaboración de un Plan de Negocios

---

<sup>84</sup> GIZ. (2014). *Estudio sobre el Potencial y la Rentabilidad del Uso de sistemas solares térmicos (SST) en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES)*. CONUE, México, D.F.

- No existe un conocimiento general sobre la efectividad y desempeño de las tecnologías termo-solares, por lo que se genera desconfianza y escepticismo entre los usuarios potenciales.

Con base en todo lo anterior, se creyó pertinente proponer las siguientes recomendaciones

- Coordinar el proceso de evaluación de la factibilidad y conveniencia de desarrollar un programa dedicado a la promoción y el financiamiento de CSA / Tecnologías de eficiencia térmica para PyMEs.
- Seleccionar a los participantes del proceso entre ejecutivos y funcionarios de alto nivel de las entidades auspiciantes NAFIN, Banco KfW y GIZ.
- Programar la sesión de trabajo para llevar a cabo el proceso de toma de decisión.
- Publicar el presente estudio (NAFIN/GIZ).

En caso de que el programa dedicado a este sector fuera aprobado, se deberían tomar en consideración los siguientes puntos:

- Seleccionar y contratar al consultor especializado para el desarrollo del programa
- Elaborar el plan de trabajo correspondiente (Diagrama de Gantt) estableciendo actividades o tareas, responsables, fechas de inicio y término, presupuesto y observaciones o comentarios.
- Ejecutar las acciones determinadas en el plan elaborado anteriormente.

El PNUD en su documento *“Iniciativa para la Transformación y el Fortalecimiento del Mercado de Calentadores Solares de Agua”*<sup>85</sup>, identificó las siguientes barreras:

- Falta de medidas de promoción del uso de calentadores solares.
- Falta de mecanismos para garantizar la calidad de los calentadores solares.
- Falta de mecanismos para garantizar la calidad de las instalaciones de calentadores solares de agua.
- Inexistencia de normas adecuadas y armonizadas con el marco normativo internacional.

Para lograr los objetivos trazados por esta iniciativa, se trazaron las siguientes líneas de acción:

- Desarrollo de una estrategia de promoción y difusión a nivel nacional enfocado en el sector hotelero.
- Actualización del documento normativo para sistemas solar-gas (Dictamen de Idoneidad Técnica).
- Desarrollo de un manual de buenas prácticas para instalaciones en vivienda vertical y desarrollo de un programa de certificación de instaladores (2012).
- Actualización de la Norma Voluntaria de colectores solares para su homologación con los métodos de prueba de ISO.

La International Renewable Energy Agency (IRENA) ha desarrollado estudios enfocados en Latinoamérica para desarrollar la prospectiva de las Energías Renovables en la región, entre

---

<sup>85</sup> PNUD, 2011, *Iniciativa para la Transformación y el Fortalecimiento del Mercado de Calentadores Solares de Agua*, [http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment\\_and\\_energy/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol.html](http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol.html)

estos documentos se encuentran también aquellos referidos específicamente a México. En el documento “REmap 2030. Hoja de ruta para las energías renovables (Resumen de las conclusiones)”<sup>86</sup>, se identifican diferentes barreras, así como propuestas para acelerar la implementación de las energías renovables incluyendo a la termosolar, entre las que podemos enunciar:

Acciones para desplegar las energías renovables:

- Planificación realista pero ambiciosa de vías de transición
  - Evaluar la situación del año base y las tendencias del caso de referencia para las energías renovables para 2030.
  - Elaborar una hoja de ruta nacional a fin de lograr los objetivos. Supervisar el progreso y volver a evaluar los objetivos, la eficacia y la eficiencia del marco periódicamente.
  - Optimizar los procesos de planificación y garantizar su coherencia y su carácter inclusivo en diferentes niveles, lo que concierne las planificaciones municipal, nacional y regional.
  - Garantizar la capacidad humana e institucional para desarrollar y respaldar la transición.
  
- Crear y habilitar un entorno empresarial propicio
  - Establecer una serie de marcos de políticas creíbles y previsibles para el sector eléctrico y los sectores de uso final (edificios, transporte e industria) que se puedan mantener durante periodos más largos.
  - Reducir el riesgo de los inversores a fin de reducir el costo de capital.
  - Garantizar la igualdad de condiciones para las energías renovables comerciales y otras opciones energéticas de manera que los costos y los beneficios se valoren adecuadamente.
  - Promover los mercados tecnológicos internacionales; p. ej., mediante normativas y certificación.
  
- Gestionar el conocimiento de las opciones tecnológicas para su despliegue.
  - Crear una base sólida de conocimientos y de acceso público sobre los costos tecnológicos, el potencial y opciones de las tecnologías de energías renovables.
  - Establecer y fortalecer programas que aumenten la concienciación y refuercen la capacidad de los fabricantes, instaladores y usuarios.
  
- Garantizar una integración fluida con la infraestructura existente
  - Considerar cuestiones relativas a los vínculos en el desarrollo de estrategias para energías renovables, especialmente entre energías renovables, eficiencia y acceso; el uso de energía, agua y tierra; y el desarrollo energético e industrial.
  
- Impulsar la innovación
  - Garantizar los mecanismos de apoyo adecuados para las energías renovables emergentes según su estado y perspectiva de desarrollo.
  - Revisar las aplicaciones que entrañan un gran consumo de energía y elaborar programas para superar el desfase tecnológico.

---

<sup>86</sup> IRENA, 2014, *REmap 2030: Hoja de ruta para las energías renovables*. Abu Dabi.

Durante el “Diálogo Público Privado sobre CND en el Residencial y Comercial”, llevado a cabo el 24 de agosto del 2016 en la Ciudad de México, participaron diferentes actores del sector entre los cuales se encontraron: el Instituto Nacional de Ecología (INECC), la SHCP, la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), la CONUE, la SEMARNAT, el PNUD, la Agencia de Energía Danesa, la GIZ y la ANES. Entre los puntos abordados se discutieron las barreras y oportunidades para los programas de vivienda sustentable, concluyéndose los siguientes puntos:

Barreras:

- Oferta
  - Ausencia de conocimientos técnicos sobre el abastecimiento de instalaciones adecuadas de materiales y tecnologías de construcción eficientes.
  - La falta de alineación de incentivos para la construcción de vivienda verde.
  - Precios mayores en algunas tecnologías y materiales que no han penetrado el mercado.
- Demanda
  - Falta de conciencia acerca de las tecnologías de eficiencia energética y sus beneficios.
  - La falta de alineación de incentivos como el subsidio a los costos de la energía, especialmente para grupos de menores ingresos.
  - No reconocimiento por parte del mercado y de las unidades de valuación de las medidas de eficiencia energética.
  - Las barreras financieras, debido a que existe un enfoque a corto plazo sobre los costos de adquisición por adelantado y no en los costos de uso.
- Banca
  - Baja penetración de conocimientos y prácticas de sustentabilidad en las instituciones
  - La falta de incentivos para los intermediarios financieros por llevar a cabo procesos adicionales
- Normatividad
  - Falta de normas oficiales que exijan el cumplimiento del Código de Edificación Sustentable
  - Rechazo a las exigencias normativas por parte las empresas desarrolladoras
  - Falta de ejecución de las actividades de verificación de las normas vigentes

Dentro de las oportunidades identificadas, se comentaron las siguientes.<sup>87</sup>:

- Existe un gran potencial para hacer a estas viviendas más eficientes en su uso de agua y energía, lo que representa una gran oportunidad para mitigar emisiones de GEI y contribuir al desarrollo sustentable del país.
- Existen canales de financiamiento climático que pueden ser aprovechados por la banca privada y de desarrollo, como el financiamiento mediante Bancas multi y bilaterales (con BID / KfW), bonos verdes y/o fondos de inversión.

---

<sup>87</sup> SHCP. (2016). *Financiamiento de proyectos: barreras y oportunidades*. Ciudad de México.



En las tablas 6.1 y 6.2 se encuentra a forma de matriz las barreras identificadas por los diferentes actores analizados en los párrafos previos, de igual forma se categorizaron por tipo de barrera, y posteriormente se realiza una clasificación de las acciones que deben emprenderse para mitigar las barreras por categorías.

**Tabla 6.1.** Barreras identificadas por diferentes actores, para el desarrollo del mercado de colectores solares de agua en México.

	TIPO	BARRERA	ACTORES									
			PROCAL SOL	PNUD	ANES	GIZ 25,000 TS	GIZ PYMES	CONJEE	IRENA	INEEC	SENER	
1	Políticas públicas	Tiempos insuficientes para lograr metas propuestas por programas de desarrollo del mercado		X								
2	Información	Fallas en las medidas de promoción, difusión y sensibilización de los posibles usuarios		X		X	X					X
3	Información	Falta de experiencia en la implementación de proyectos de CSA por parte de la banca de desarrollo y ausencia de proyectos demostrativos para difundir la tecnología				X						
4	Financiamiento	Altas tasas de interés y limitado acceso al financiamiento	X		X	X	X	X	X	X	X	
5	Financiamiento	Ausencia de estrategias nacionales de promoción, difusión y financiamiento				X	X				X	
6	Inversión	Alto costo inicial de los equipos	X		X	X	X	X			X	
7	Desarrollo industrial	Desconfianza en la tecnología	X	X	X	X		X			X	X
8	Desarrollo industrial	Existencia muy limitada de técnicos capacitados	X	X	X	X		X	X	X	X	X
9	Marco regulatorio	Inexistencia de normas técnicas adecuadas con el marco normativo internacional		X	X			X			X	
10	Desarrollo industrial	Medidas implementadas para mejorar deficiencias en la calidad de instalaciones			X	X	X				X	
11	Desarrollo industrial	Desarrollo de mercado				X	X	X				X
12	Investigación, innovación y desarrollo tecnológico	Medidas para mejorar deficiencias de la calidad de equipos			X	X			X	X		

13	<i>Investigación, innovación y desarrollo tecnológico</i>	Complejidad para emprender e innovar								X		X
14	<i>Investigación, innovación y desarrollo tecnológico</i>	No hay desarrollo tecnológico conforme a las necesidades del mercado										X

**Tabla 6.2.** Líneas de acción y directrices para cada tipo de barrera en el desarrollo de tecnologías de calentamiento de agua en México.

	DIRECTRIZ	LÍNEA DE ACCIÓN	TIPO DE BARRERA						
			Políticas Públicas	Marco Regulatorio	Financiamiento	Inversión	Desarrollo industrial	Cooperación internacional	
1	Regulación	Promover y facilitar el desarrollo de normas e instrumentos regulatorios para sistemas e instalaciones		X				X	
2		Programa de capacitación y certificación de técnicos					X		
3		Apoyo a la implementación de normas ambientales para el calentamiento solar (obligación para instalar)	X						
4	Incentivos económicos a usuarios	Colaboración entre SENER, CONUEE y SHCP	X	X	X		X		
5		Colaboración de organismos internacionales GIZ, PNUD, USAID		X	X	X		X	
6		Aplicación de financiamiento hipotecario a la compra de sistemas de calentamiento solar en vivienda nueva (sector residencial)			X				
7		Fomento de instrumentos financieros disponibles en la banca de desarrollo para aplicaciones productivas (sectores industrial, servicios y agronegocios)			X				
8		Fondo especial de fomento			X				
9		Apoyos para PyMEs dedicadas a fabricación, venta e instalación				X	X		
10	Fortalecimiento de la oferta	Seminarios de intercambio de ofertas y demandas de desarrollo tecnológico					X		
11		Establecer sello de calidad de equipos		X			X		
12	Información	Campaña de sensibilización a la población		X			X	X	
13		Campaña de promoción de aspectos específicos de programas de promoción (Procalsol, 25 mil techos solares, Hipoteca Verde) a distintos grupos metas		X	X		X		

14		Desarrollo de manuales de buenas prácticas para instalaciones solares: en viviendas e industrias.					X	
15		Sitio en Internet					X	
16	Gestión	Comité Técnico y Unidad de Coordinación	X	X			X	
17		Mecanismos de evaluación y seguimiento			X	X	X	X

## 6.1 Jerarquización de las barreras

Derivado del análisis de la Tabla 6.1 en donde se analizan 9 documentos donde se emiten las opiniones de diferentes actores, se puede resumir y enunciar de forma jerárquica las principales barreras que existen para desarrollar el mercado de calentamiento solar de agua.

### 6.1.1 Existencia muy limitada de técnicos capacitados

Es considerada como una de las principales barreras, por partes de los actores analizados, los documentos revisados muestran que el 89% (8 de 9) consideran que la falta de técnicos frena el desarrollo del mercado de calentadores solares en México. Las empresas tienen dificultades para encontrar técnicos capacitados para realizar las labores de diseño, instalación, mantenimiento y reparación de equipos de calentamiento solar. Esta situación sin duda ha inhibido el desarrollo del mercado.

### 6.1.2 Altas tasa de interés y limitado acceso al financiamiento

La mayoría de los actores, el 77% (7 de 9) coinciden en la barrera 4, en el sentido en que se tiene un acceso limitado al financiamiento para la adquisición de los equipos de calentamiento solar de agua. Los créditos a los que se puede tener acceso por parte de la banca comercial tienen tasas de interés altas. Como línea de acción, se requieren esquemas de financiamiento especializados donde los créditos para la adquisición de equipos de calentamiento solar de agua tengan tasas preferenciales.

### 6.1.3 Desconocimiento de la tecnología

A pesar de que los esfuerzos que han hecho para promover la tecnología de calentadores solares de agua de uso doméstico, el 77% (7 de 9) de los actores, coinciden en que existe desconfianza por parte de las personas, esto se puede deber en gran medida por la falta de una campaña masiva de promoción conjunta por parte de todos los sectores. Se han hecho esfuerzos individuales, pero hace falta un trabajo en conjunto para su difusión; por otra parte, se suman las malas experiencias que desgraciadamente han experimentado algunos usuarios con equipos de baja calidad o con una mala instalación de su equipo. Asimismo, hace falta difundir las buenas experiencias de los usuarios que cuentan con un calentador solar y resaltar los beneficios económicos que se tienen debido a los ahorros del gas y cómo estos ahorros permiten que se pague la inversión inicial en un plazo típicamente no mayor de 4 años.

### 6.1.4 Costo inicial alto

Otro aspecto que va muy ligado al anterior, que tiene que ver con la información, es la percepción que se tiene de los equipos solares, el 67% (6 de 9) de los actores coinciden en que la población percibe un alto costo inicial, si bien muchos hogares no cuentan con el recurso y no les es posible adquirir los equipos, es muy conveniente ofrecer esquemas de financiamiento que permitan su

adquisición. En contraparte, no se ha hecho del conocimiento general de que los ahorros generados durante el periodo de vida del equipo pagan el costo del mismo y pueden representar un ingreso adicional, pues ya no se requiere la compra del combustible y se cuenta con el agua caliente. El dinero que era destinado a la compra de combustible ahora puede ser utilizado para la compra de otro bien.

### **6.1.5 Fallas en las medidas de promoción, difusión y sensibilización de los posibles usuarios**

Los diferentes actores atribuyen como una barrera el hecho de que no se ha realizado la suficiente difusión, el 44.4% (4 de 9), coinciden en que la promoción no se ha hecho de forma adecuada; coinciden en que es necesaria una mayor difusión de los calentadores solares en todos los niveles. Desde los diferentes niveles socioeconómicos, como en el hogar, el gobierno, la industria, el campo y en el sector comercial y de servicios.

### **6.1.6 Inexistencia de normas técnicas adecuadas con el marco normativo internacional**

Se ha hecho un gran esfuerzo para lograr el desarrollo de normas para colectores solares y para los sistemas de calentamiento, pero el 44.4% (4 de 9) piensan que las normas internacionales no debieran de modificarse, es decir, deberían de estar de acuerdo con el marco normativo internacional, el hecho de que se realicen modificaciones a las normas internacionales en algunos casos genera graves problemas, incertidumbre y desconfianza en los sectores comercial e industrial, y en algunos casos contraviene al espíritu de la norma internacional.

### **6.1.7 Medidas implementadas para mejorar deficiencias en la calidad de instalaciones**

Las instalaciones de mala calidad y de forma deficiente constituyen una barrera importante, el 44.4% (4 de 9) de los actores coinciden en la existencia de instalaciones de CSA de forma inadecuada, también coinciden en que es necesaria una mayor capacitación de los técnicos que realizan instalaciones de los calentadores solares. Además de la certificación de los técnicos es necesaria la exigencia de las autoridades de Gobierno responsables de exigir que las instalaciones de los CSA en los diferentes programas sean hechas por instaladores certificados.

### **6.1.8 Desarrollo de mercado**

Con respecto a esto, el 44.4% (4 de 9) coinciden en que es necesario el desarrollo del mercado de calentadores solares en nuestro país. Aún es percibido como un mercado incipiente, que apenas empieza y por lo tanto no existe mucha confianza en la tecnología de calentamiento solar.

### **6.1.9 Medidas para mejorar deficiencias de la calidad de equipos**

Otro aspecto considerado como un obstáculo importante es no poder tener seguridad en la calidad de los equipos solares, 44.4% (4 de 9) coinciden en que la población percibe que no existe certeza en la calidad al adquirir los equipos, es muy conveniente ofrecer certeza de la calidad que permitan su adquisición. Una norma obligatoria para verificar la calidad de todos los sistemas de CSA es muy necesaria.

### **6.1.10 Complejidad para emprender e innovar**

Otra de las barreras identificadas por los actores es la complejidad para emprender e innovar en las empresas de CSA, un 22.2% (2 de 9), coinciden en esta barrera a pesar de los esfuerzos

realizados por los diferentes programas. A diferencia de la tecnología fotovoltaica, la cual ha tenido un acelerado decremento en los precios al público, la tecnología termosolar, de no ser por los tubos evacuados, muestra un gran rezago en la carrera contra los precios, esto es un indicativo de la dificultad para innovar para las empresas de CSA.

Finalmente, las barreras reconocidas por el 11.1% (1 de 9) de los actores, son las siguientes:

- Tiempos insuficientes para lograr metas propuestas por programas de desarrollo del mercado
- Falta de experiencia en la implementación de proyectos de CSA por parte de la banca de desarrollo y ausencia de proyectos demostrativos para difundir la tecnología
- No hay desarrollo tecnológico conforme a las necesidades del mercado

## 6.2 Líneas de acción.

La totalidad de barreras mencionadas, identificadas a través de diferentes foros y programas, han sido ya abordadas mediante líneas de acción y actividades específicas, algunas de ellas con resultados concretos y algunas otras con falta de seguimiento o bien no se han comunicado de manera idónea. No obstante, debido a que el actual entorno normativo mexicano, mediante la Reforma Energética, comprende ya diversos instrumentos para la promoción de las energías limpias, es muy conveniente realizar un balance de las acciones y líneas recomendadas previamente y reencausarlas mediante los nuevos instrumentos.

Para ejemplificar lo anterior, tómnese un grupo de barreras detectadas en el programa Procalsol. En la tabla 6.3 se muestran las actividades propuestas dentro de la *Línea de Acción 1* de la directriz *Regulación* que incide sobre la siguiente barrera, tomada de Procalsol, *op cit*.

- *Inexistencia de normas técnicas adecuadas con el marco normativo internacional*

A su vez, estas actividades contribuyen a:

- *Reducir la desconfianza de los posibles usuarios y/o compradores en la tecnología, al crear un sistema que garantice la calidad, durabilidad y rendimiento de los equipos, sistemas e instalaciones.*
- *Ampliar la existencia de técnicos capacitados para diseñar e instalar los sistemas de acuerdo con lo establecido por las regulaciones.*

Tabla 6.3. Línea de Acción 1 de la directriz regulación, contenida en el Programa Procalsol

Línea de acción	Actividades propuestas (Procalsol)	Actividades realizadas
<b>1. Promover y facilitar el desarrollo de normas e instrumentos regulatorios para sistemas e instalaciones</b>	Formalizar convenio ANES-Conae	Firmado
	Elaborar norma voluntaria de sistemas de CSA	Norma Ambiental 08 del Gobierno del DF
	Elaborar protocolos de certificación de sistemas de CSA	Elaboración de normas NMX 04
	Elaborar norma voluntaria para instalaciones de CSA	Elaboración de norma NMX 03

	Finalizar el Decálogo de instalación	No documentado
	Elaborar protocolos de instalaciones de CSA	
	Elaborar protocolo y mecanismo de certificación de empresas de diseño, instalación, operación y mantenimiento de CSA	ISO 9001, etc
	Difundir las normas voluntarias Comité de Normalización	Normex, Ance, ONNCEE

Posteriormente, en la Hoja de Ruta del capítulo 8 de este trabajo se retoman las líneas de acción para actualizarlas y reorientarlas de conformidad a los requerimientos actuales.

### 6.2.1 Programa de capacitación y certificación de técnicos

Habiendo sido identificada la falta de técnicos calificados como la principal barrera, cabe hacer mención que, en este rubro, se han desarrollado en el CONOCER estándares de competencia laboral para verificar los conocimientos de los instaladores de CSA. Esto dará mayor seguridad a los usuarios de que los equipos estarán siendo instalados por personal certificado. Como ejemplo, se menciona lo reportado por el CONOCER a julio de 2016 en el Comité de gestión por competencias laborales, que ha certificado en el estándar de competencia laboral “Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termo-sifónico en vivienda sustentable” a 471 técnicos, 420 hombres y 51 mujeres<sup>88</sup>.

Adicionalmente a lo anterior gran número de instituciones de educación media y educación superior tienen planes y programas de estudio referentes al aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y en particular en aprovechar de la energía solar térmica. Los técnicos y profesionistas reciben los conocimientos necesarios para entender el funcionamiento de los SCA para poder realizar diseño, mantenimiento, construcción y una correcta instalación de los mismos.

## 6.3 Instrumentos de fomento

Los principales instrumentos de fomento que actualmente están vigentes se concentran principalmente en temas de regulación y económicos, los cuales se presentan a continuación en la tabla 6.4. Muchos de éstos fueron originados a partir del Procalsol. Algunos de ellos son normativos, como las normas voluntarias NMX-ES, 01, 02, 03 y 04, relacionadas con el rendimiento térmico de los colectores solares, la terminología, los requisitos de instalación y los métodos de prueba respectivamente, fueron elaborados previamente a la formación del Procalsol por el grupo de trabajo NESO-13 en Normex. Asimismo, un intento regulatorio, también voluntario por parte del Gobierno de la Ciudad de México, se hizo mediante la Norma Ambiental del Gobierno del Distrito Federal NADF-008-AMBT-2005, publicada en la gaceta del DF<sup>89</sup>, la cual estipula como obligatorio que los establecimientos nuevos o totalmente remodelados que cuenten con más de 50 empleados utilicen sistemas solares para satisfacer al menos el 30% de los requerimientos necesarios para calentamiento de agua de albercas y otros usos. Existe también el Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda (DTESTV), originado a

<sup>88</sup> CONOCER, 2016, <http://www.conocer.gob.mx/>

<sup>89</sup> GODF, 2006, <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/images/archivos/sedema/leyes-reglamentos/normas/locales/NADF-008-AMBT-2005.pdf>

casusa de los requerimientos técnicos a satisfacer por las instalaciones de equipos solares en el programa de Hipoteca Verde del Infonavit.

Posteriormente, ya como resultado de la reforma energética, se han creado otros instrumentos de promoción, ahora de energías limpias, como la Ley de Transición Energética que ampara una serie de nichos sobre los que dinámicamente se irán insertando por diversos grupos de trabajo las diferentes líneas de acuerdo a los nuevos requerimientos y compromisos de nuestro país.

**Tabla 6.4.** Instrumentos de fomento

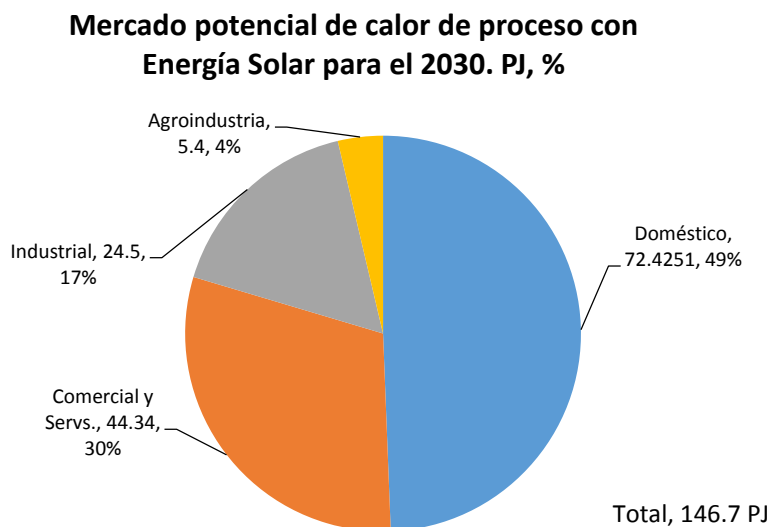
Tipo	INSTRUMENTOS DE PROMOCIÓN EXISTENTES
<b>Instrumentos de Regulación</b>	Ley de Transición Energética (LTE)
	Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 (ENE)
	Programa Sectorial de Energía 2013-2018 (PROSENER)
	Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018 (PEAER)
	Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética (PEFRHME)
	NMX-ES-001-NORMEX-2005 Rendimiento Térmico y Funcionalidad de Colectores Solares para Calentamiento de Agua. Métodos de Prueba y Etiquetado
	NMX-ES-002- NORMEX-2007 Definiciones y Terminología
	NMX-ES-003- NORMEX-2007 Requerimientos Mínimos para la Instalación de Sistemas Solares Térmicos para Calentamiento de Agua
	NMX-ES-004-NORMEX-2010 Evaluación Térmica de Sistemas Solares para Calentamiento de Agua. Método de Prueba
	DICTAMEN DE IDONEIDAD TÉCNICA 2007 Especificaciones para determinar el ahorro de gas LP en sistemas de calentamiento de agua que usan la energía solar y el gas LP
	Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda (DTESTV).
	Norma ambiental del Gobierno del Distrito Federal NADF-008-AMBT-2005
	<b>Instrumentos Económicos</b>
Fondo Sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE)	

	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
	Programa de Energía renovable para la Agricultura (PERA)



## 7 Identificación de sectores y subsectores prioritarios e instrumentos de fomento más adecuados

Comenzando por el excelente nivel de radiación solar de que dispone México en la mayoría de sus regiones, se han identificado diferentes sectores y subsectores de la economía nacional susceptibles de alojar en sus instalaciones sistemas de calentamiento solar. Como anteriormente se ha demostrado en este trabajo, los tres principales sectores son el doméstico, industrial y comercial y de servicios, Figura 7.1. Estos son los sectores en los que, de acuerdo con las diversas tecnologías para el calentamiento solar de fluidos, poseen un mayor potencial.



**Figura 7.1.** Principales sectores susceptibles de alojar Sistemas Solares de Calentamiento. Fuente: Elaboración propia, proyección sobre datos de SENER

Queda por ahora la tarea de dimensionar o ubicar a los sistemas solares en los subsectores con mayores posibilidades de éxito, a fin de poder generar una economía sustentable de los calentadores solares. A continuación, se analizan las posibilidades en cada uno de estos sectores.

### Sector doméstico

Este sector presenta el potencial más grande para la instalación de calentadores solares. Esto es consecuencia del gran número de sistemas convencionales de calentamiento de agua que existen y se prevé existirán en el futuro. Ello conlleva a crecientes consumos de combustibles fósiles, principalmente gas licuado y gas natural en menor medida, en el sector vivienda de la se distinguen tres grandes categorías de viviendas o subsectores<sup>90</sup>:

- 1) Casas habitación individuales, en condominio y conjunto habitacional horizontales;
- 2) Condominios verticales, y
- 3) Conjuntos habitacionales verticales.

<sup>90</sup> Quintanilla, J. V., 2000, *Uso Masivo de la Energía Solar en Lugar de Combustibles Fósiles en la ZMVM*. D.F.: Programa Universitario de Energía.

Para cada uno de estos subsectores de vivienda existen a su vez tres niveles de estrato socioeconómico (alto, medio y popular) excepto en el caso de conjuntos habitacionales, en donde, solo se consideraron los estratos popular y medio.

Quintanilla<sup>91</sup> muestra en su estudio que los consumos promedio están entre 30 y 45 litros de agua caliente a 50°C por persona para el estrato popular, entre 50 y 65 litros para el estrato medio y de 60 a 80 litros para el estrato alto. Ello conduce al requerimiento de 1 a 2 colectores solares para el estrato popular, de 2 para el estrato medio y de 3 para estrato alto.

No obstante, haciendo una evaluación del potencial de la vivienda en los estados de la República Mexicana, considerando el nivel de irradiación, la población y la temperatura media, se encuentra que estos pueden brindar los criterios suficientes para diferenciar el potencial del mercado, pero con características regionales.

En primera instancia, aun cuando es bien sabido que México es un país que cuenta con excelentes niveles de irradiación solar, es útil mostrar ese mismo valor, pero ponderándolo con otros factores como la temperatura ambiente media y la población, para proporcionar indicadores cuantitativos a nivel regional.

#### Irradiación solar diaria

Este parámetro determina la cantidad de energía solar que cada dispositivo puede recibir por unidad de área a lo largo de un día. Para su cuantificación en diferentes sitios de la república mexicana se consultaron los mapas de radiación solar del Instituto de Ingeniería de la UNAM<sup>92</sup>. Para establecer un parámetro de “calidad de la radiación solar” se dividió la diferencia entre los valores de la máxima y mínima irradiación promedio anual de las diferentes regiones del país en cinco intervalos, posteriormente se asignó una calificación a cada intervalo correspondiendo la calificación de 5 al máximo valor de irradiación existente en el país, y así descendiendo proporcionalmente hasta llegar al valor de 1 el cual corresponde al nivel de irradiación solar más bajo en el país.

#### Temperatura Media

Un aspecto a considerar en la penetración de los calentadores solares domésticos es la temperatura media. En diferentes localidades de temperatura media alta, la población considera innecesaria la instalación de calentadores solares, e inclusive muchos lugares llegan a prescindir de los sistemas convencionales a gas para el calentamiento de agua. Por consiguiente, se considera que la temperatura media es un factor determinante para la instalación de calentadores solares. Para asignar un indicador, se dividió la diferencia entre las temperaturas medias máxima y mínima en la república mexicana<sup>93</sup> en cinco intervalos. La calificación más alta corresponde a los lugares con menor temperatura media, es decir estos lugares con temperatura media más baja obtienen una calificación de 5 (máxima), en tanto que los lugares con temperatura media más alta obtienen la calificación de 1 (mínima), esto en razón de que es muy probable que no deseen instalar calentador solar.

#### Población

---

<sup>91</sup> *op. cit.*

<sup>92</sup> Almanza R., 1992, *Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana*. UNAM. México, D.F.: Instituto de Ingeniería.

<sup>93</sup> SMN, 2016, *Servicio Meteorológico Nacional*. Obtenido de [smn.cna.gob.mx/es/climatologia](http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia)

Para dimensionar el potencial con mayores posibilidades de éxito es necesario saber la cantidad de viviendas existentes en las localidades<sup>94</sup>, toda vez que son estas viviendas las que realmente constituyen el mercado. Para su calificación se dividió la diferencia entre las regiones con mayor y menor población en cinco intervalos, correspondiendo la calificación de 1 a las regiones con menor nivel de población y 5 a las más pobladas.

La Tabla 7.1 muestra los indicadores seleccionados con su correspondiente peso específico para hacer la ponderación. La calificación se otorga a cada indicador según el valor que éste tiene de acuerdo al intervalo formado entre los valores mínimo y máximo. En la misma tabla 1 se observan que las calificaciones mínima y máxima posibles son de 0 y 5 para cualquier parámetro. Mientras que el factor de peso se asigna de acuerdo con la importancia que tiene cada parámetro para influir en la elección de la instalación de un CSA. Vale la pena mencionar que, para el caso de la ponderación de estos indicadores, la suma de los factores de peso de los mismos siempre tiene que ser igual a 1 o al 100%<sup>95</sup>.

**Tabla 7.1.** Calificaciones y factores de peso de los indicadores considerados para el potencial de los calentadores solares.

Indicador	Calificación (mín, máx)	Factor de peso (%)
Irradiación solar	(0,5)	30
Temperatura media	(0,5)	50
Población	(0,5)	20

La Tabla 7.2 muestra los valores de los indicadores seleccionados, así como sus correspondientes calificaciones y valor ponderado para cada región. Por ejemplo, el dato indicador de irradiación solar diaria media en diferentes regiones del país oscila entre los valores máximo y mínimo de 21.7 y 14.4 MJ/m<sup>2</sup>, entonces se generan 5 intervalos de  $(21.7 - 14.4)/5 = 1.45$  MJ/m<sup>2</sup> para ir calificando el nivel de irradiación solar diaria promedio anual de cada región; de ahí que Oaxaca, por ejemplo, muestre una calificación de 4.38, esto quiere decir que esta región se ubica dentro de las mejores del país en cuanto al recurso solar se refiere.

Mención especial requiere el caso de la temperatura media, ya que, en el caso de la Tabla 7.2, se puede observar que, a mayor temperatura media en la región, se asigna menor calificación, esto es debido a que a temperaturas medias altas se convierte menos atractiva entre la población doméstica la posibilidad de instalar un calentador solar, esto bien podría ser considerado como una barrera ya que en regiones muy cálidas la gente llega a prescindir inclusive del calentador convencional.

El valor ponderado, mostrado en la Tabla 2, se obtiene a partir de sumar los productos de la calificación de cada indicador por su respectivo factor de peso, mostrado en la tabla 7.1. Numéricamente:

<sup>94</sup> INEGI, 2016, *Análisis de Vivienda por Entidad Federativa 2015*.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb286&s=est&c=32904>

<sup>95</sup> Baca, U. G., 2001, *Evaluación de Proyectos*. México, D.F.: McGraw-Hill.

$$VP = \sum_{i=1}^3 C_i * F_i$$

Donde:

VP = Valor ponderado

$C_i$  = Calificación del indicador  $i$

$F_i$  = Factor de peso del indicador  $i$

**Tabla 7.2.** Análisis de sensibilidad mediante ponderación de indicadores para el potencial de los CSA en el sector doméstico.

Estado	Rad. Prom. Anual	Calif. Rad.	Temp. Media	Calif. Temp.	N° de Viviendas	Calif. Viviendas	Valor Ponderado
	(MJ/m <sup>2</sup> )		(°C)				
<b>Aguascalientes</b>	20.2	3.97	18.3	3.22	334,252	0.16	2.84
<b>Baja California</b>	19.8	3.70	25.3	0.63	961,553	0.95	1.62
<b>Baja California Sur</b>	20.6	4.25	23.6	1.26	208,972	0.01	1.90
<b>Campeche</b>	17	1.78	26.4	0.22	244,299	0.05	0.66
<b>Chiapas</b>	16.7	1.58	24.5	0.93	1,238,565	1.30	1.20
<b>Chihuahua</b>	21.3	4.73	18.4	3.19	1,033,216	1.05	3.22
<b>Coahuila</b>	17.3	1.99	18.4	3.19	809,111	0.76	2.34
<b>Colima</b>	17.7	2.26	25.3	0.63	204,949	0.00	0.99
<b>D.F.</b>	17.7	2.26	15.6	4.22	2,599,081	3.02	3.39
<b>Durango</b>	20.6	4.25	17.8	3.41	455,860	0.32	3.04
<b>Guanajuato</b>	20	3.84	17.9	3.37	1,442,381	1.56	3.15
<b>Guerrero</b>	19	3.15	23.2	1.41	894,621	0.87	1.82
<b>Hidalgo</b>	19.3	3.36	14.2	4.74	756,798	0.70	3.52
<b>Jalisco</b>	20.1	3.90	19.4	2.81	2,058,775	2.34	3.05
<b>México</b>	18.3	2.67	18	3.33	4,166,570	5.00	3.47
<b>Michoacán</b>	17.7	2.26	17.8	3.41	1,191,405	1.25	2.63

<b>Morelos</b>	17.2	1.92	22	1.85	523,231	0.40	1.58
<b>Nayarit</b>	17.3	1.99	20.6	2.37	332,279	0.16	1.81
<b>Nuevo León</b>	15.7	0.89	22.2	1.78	1,393,322	1.50	1.46
<b>Oaxaca</b>	20.8	4.38	20.2	2.52	1,042,941	1.06	2.79
<b>Puebla</b>	19.7	3.63	16.6	3.85	1,553,451	1.70	3.36
<b>Querétaro</b>	21.4	4.79	19	2.96	533,457	0.41	3.00
<b>Quintana Roo</b>	16.8	1.64	26.4	0.22	440,663	0.30	0.66
<b>San Luis Potosí</b>	16.8	1.64	16.5	3.89	709,959	0.64	2.57
<b>Sinaloa</b>	17.5	2.12	25.3	0.63	805,854	0.76	1.10
<b>Sonora</b>	21.7	5.00	24.8	0.81	812,567	0.77	2.06
<b>Tabasco</b>	19.5	3.49	27	0.00	646,059	0.56	1.16
<b>Tamaulipas</b>	16.5	1.44	23.8	1.19	986,886	0.99	1.22
<b>Tlaxcala</b>	18.2	2.60	16.4	3.93	310,416	0.13	2.77
<b>Veracruz</b>	14.4	0.00	24	1.11	2,250,001	2.58	1.07
<b>Yucatán</b>	17.8	2.33	25.9	0.41	564,613	0.45	0.99
<b>Zacatecas</b>	20.9	4.45	13.5	5.00	418,756	0.27	3.89

Por otra parte, se tiene información de la distribución del parque solar instalado en el sector doméstico a nivel nacional<sup>96</sup>, en esta información se localiza el porcentaje de viviendas que tienen CSA instalado por entidad federativa. Esta información se muestra en la tabla 7.3, y en la misma se muestra el porcentaje de viviendas que cuentan con calentador de agua de cualquier género.

<sup>96</sup> INEGI, 2016, *Análisis de Vivienda por Entidad Federativa 2015*.  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb286&s=est&c=32904>.

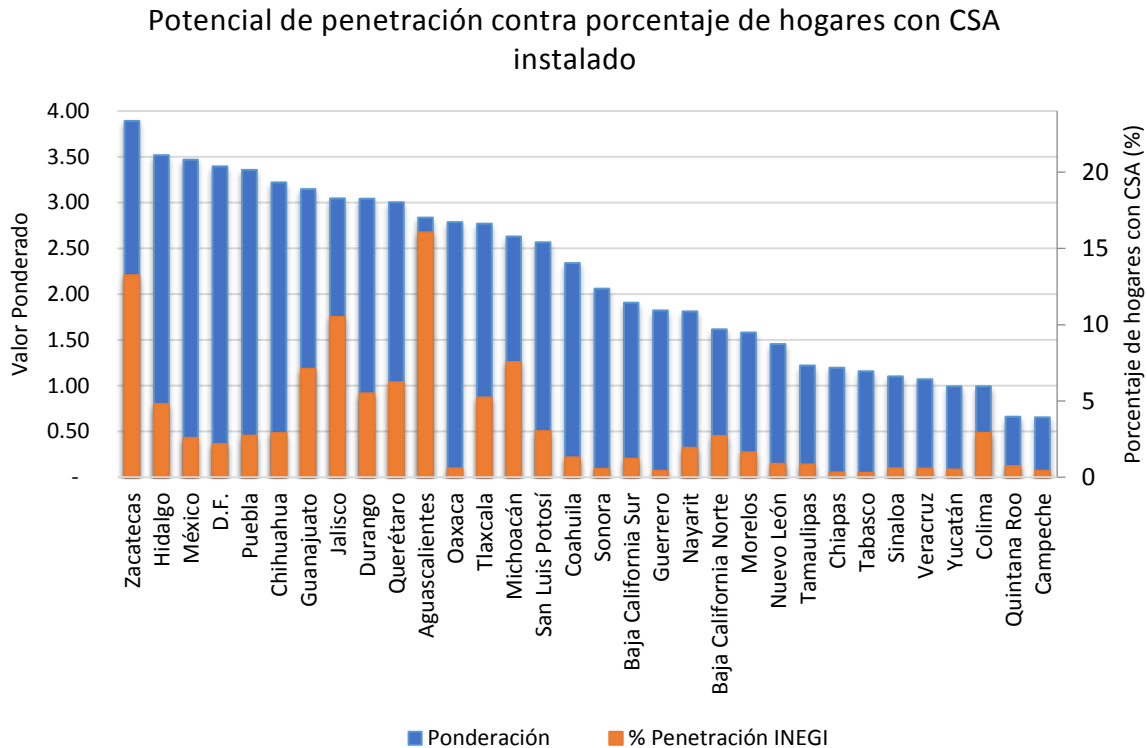
**Tabla 7.3.** Disponibilidad de calentador de agua y calentador solar en las entidades federativas de México. Fuente INEGI 2015.

Entidad federativa	Número de viviendas particulares habitadas	Disponibilidad de calentador de agua (Porcentaje)			Disponibilidad de calentador solar de agua (Porcentaje)		
		Dispone	No dispone	No especificado	Dispone	No dispone	No especificado
<b>Estado</b>	<b>31 924 863</b>	<b>48.82</b>	<b>50.40</b>	<b>0.78</b>	<b>3.18</b>	<b>95.79</b>	<b>1.02</b>
Aguascalientes	334 252	60.40	39.31	0.29	16.06	83.71	0.23
Baja California	961 553	62.63	37.00	0.37	2.72	96.51	0.77
Baja California Sur	208 972	43.71	55.40	0.89	1.22	97.62	1.16
Campeche	244 299	12.98	86.72	0.29	0.43	99.20	0.37
Coahuila	809 111	60.77	38.62	0.61	1.31	97.50	1.18
Colima	204 949	36.23	63.28	0.49	2.92	96.52	0.56
Chiapas	1 238 565	8.48	90.83	0.69	0.33	98.91	0.77
Chihuahua	1 033 216	74.75	22.89	2.36	2.91	94.27	2.82
Distrito Federal	2 599 081	81.47	17.64	0.88	2.20	96.46	1.34
Durango	455 860	68.64	30.90	0.46	5.51	93.98	0.52
Guanajuato	1 442 381	55.95	43.51	0.54	7.12	92.26	0.63
Guerrero	894 621	7.26	92.12	0.62	0.42	98.92	0.66
Hidalgo	756 798	54.63	44.83	0.53	4.82	94.61	0.56
Jalisco	2 058 775	63.91	35.43	0.66	10.52	88.77	0.70
México	4 166 570	62.77	36.38	0.85	2.59	96.31	1.10
Michoacán	1 191 405	46.55	52.92	0.54	7.56	91.88	0.56
Morelos	523 231	46.85	52.72	0.43	1.65	97.77	0.59
Nayarit	332 279	31.94	67.75	0.31	1.93	97.68	0.39
Nuevo León	1 393 322	61.53	37.63	0.83	0.90	97.29	1.80
Oaxaca	1 042 941	15.91	81.75	2.34	0.60	96.97	2.43
Puebla	1 553 451	47.90	51.43	0.67	2.74	96.45	0.81

Querétaro	533 457	57.10	42.22	0.68	6.23	92.74	1.03
Quintana Roo	440 663	24.91	74.68	0.41	0.75	98.67	0.59
San Luis Potosí	709 959	46.15	53.29	0.56	3.02	96.17	0.80
Sinaloa	805 854	30.48	69.05	0.47	0.59	98.63	0.77
Sonora	812 567	46.08	52.64	1.28	0.56	97.73	1.71
Tabasco	646 059	7.84	91.42	0.74	0.31	98.83	0.85
Tamaulipas	986 886	33.02	66.14	0.84	0.85	97.89	1.27
Tlaxcala	310 416	63.74	35.79	0.47	5.22	94.27	0.52
Veracruz	2 250 001	24.34	75.16	0.50	0.57	98.76	0.66
Yucatán	564 613	21.49	77.86	0.65	0.51	98.71	0.78
Zacatecas	418 756	68.84	30.55	0.61	13.23	86.21	0.56

A manera de iniciar el análisis del mercado potencial de los CSA en el sector doméstico se presenta la figura 7.2, la cual muestra la sobreposición de la evaluación regional del potencial del mercado de los CSA con el porcentaje de penetración de la tecnología en los estados de la república según datos del INEGI<sup>97</sup>.

<sup>97</sup> INEGI, 2016, *Análisis de Vivienda por Entidad Federativa 2015*.  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb286&s=est&c=32904>



**Figura 7.2.** Evaluación del potencial de los CSA en el sector doméstico, valores ponderados y porcentaje de hogares con CSA instalados.

En la Figura 7.2 se puede observar en el eje del lado izquierdo el valor de la ponderación realizada de acuerdo con los indicadores de irradiación solar diaria promedio anual, temperatura media anual y número de viviendas en cada estado al año 2015. En el eje del lado derecho se observa el porcentaje de viviendas que cuentan con CSA en cada estado. Cabe hacer notar que mediante los indicadores y factores de peso correspondientes elegidos, existe una marcada preferencia por la instalación de CSA a partir de un valor ponderado de 2.5 para arriba, es decir en los estados que se ubican a la izquierda a partir de San Luis Potosí en el orden establecido en la Figura 7.2. En este grupo de estados con valores ponderados arriba de 2.5, el promedio del porcentaje de instalación de CSA es del 6.02%, mientras que, en los estados con valores ponderados por debajo de 2,5, el promedio de penetración es del 1.06%.

De esta manera, se concluye que, para el caso de la vivienda, es más importante identificar las regiones con mayor potencial en el país que dividir el sector en subsectores por tipo de vivienda. Así se puede establecer un mapa de regiones viables con sus correspondientes cantidades de energía generada, emisiones evitadas y valor de mercado.



## 7.1 Identificación de instrumentos de fomento.

### 7.1.1 Instrumentos económicos.

En el sector residencial se consumen el 34.09% de gas LP y 5.29% de gas natural<sup>98</sup>, en tanto que el principal consumo energético en el sector doméstico lo representa el calentamiento de agua para usos sanitarios, esto en promedio alcanza un 49.34%, seguido por la cocción de alimentos, 23.88% y la electricidad con un 26.78%<sup>99</sup>. De acuerdo con la estructura nacional de precios de los energéticos para el sector doméstico, en la cual la electricidad viene acompañada con un subsidio importante para los usuarios con tarifa 1, el principal gasto en energéticos se realiza por medio del gas LP mientras que el usuario no accede a la tarifa doméstica de alto consumo (DAC). En la Figura 7.3 se muestra la estructura de gasto en energéticos para un hogar según su consumo en electricidad dado que este es un insumo facturable y fácilmente medible, no así el gas LP que frecuentemente es adquirido a pie de camión. Se omite el análisis con gas natural debido a que su consumo es marginal en el sector doméstico. En la misma figura se presenta en el eje izquierdo el costo total de la factura energética mensual compuesto por el pago en electricidad y gas LP. En el eje del lado derecho se muestra el porcentaje de pago correspondiente al consumo de gas LP con respecto a la factura total.

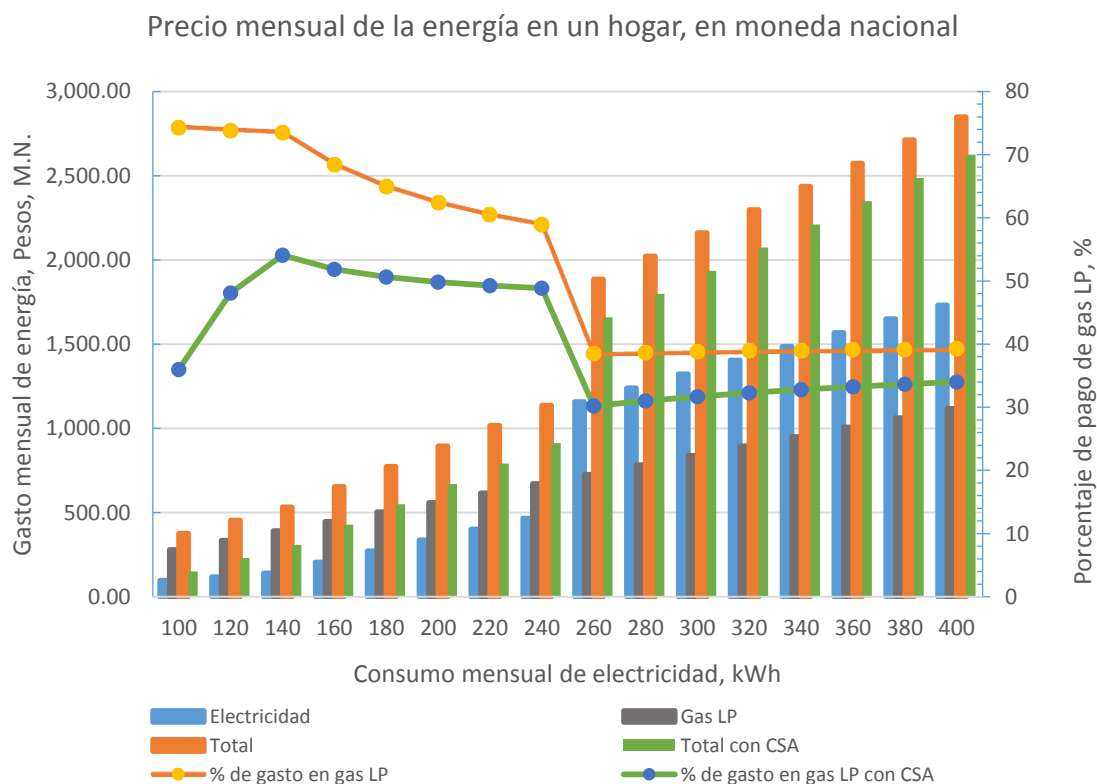


Figura 7.3. Porcentaje de ahorro en un hogar con un calentador solar

<sup>98</sup> Sener, 2015, Balance Nacional de Energía 2014, <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C01>.

<sup>99</sup> CONUEE, 2011, Programa de promoción de calentadores solares de agua 2007- 2012 Avance 2007 - 2009 y plan operativo 2010 - 2011. Ciudad de México.

En la figura 7.3 se observa que para los usuarios por debajo de la tarifa DAC, hasta 250 kWh/mes, el gasto en gas LP llega a ser hasta un 60%, cuando menos, del consumo total de energía en el hogar, mientras que para los usuarios en tarifa DAC, por su nivel de consumo, el porcentaje de pago en la factura del gas representa un 39% del pago total de energía. Esto significa que existe un nivel del sector doméstico que es muy sensible al consumo de gas LP y es precisamente el de usuarios que en promedio consumen menos de 250 kWh/mes de electricidad. En la misma figura se puede apreciar la influencia del CSA en la economía doméstica, las barras verdes muestran el pago total de la factura de energía cuando se instala un calentador solar de agua de dos metros cuadrados de área de captación en una localidad promedio de irradiación de 18 MJ/m<sup>2</sup> por día, también se observa en el eje derecho que el porcentaje de pago por el servicio de gas en la factura total decae notoriamente; esto, desde luego es más significativo en los usuarios de menor consumo.

Actualmente la CFE reporta el 88.6% de un total de 40.4 millones de sus clientes contratados en Tarifa 1 (CFE, 2016). Esto significa que en su mayoría la instalación de un calentador solar de 2 m<sup>2</sup> representará un ahorro significativo en la economía de estos usuarios. Por este motivo es necesario buscar instrumentos de fomento económico capaces de acelerar la promoción de los CSA en este importante sector de la población.

No obstante, lo anterior, la mayoría de los actores consultados en este trabajo el 77% (7 de 9), coinciden en que una barrera importante es que se tiene un acceso limitado al financiamiento para la adquisición de los equipos de calentamiento solar de agua ya que los créditos a los que se puede tener acceso por parte de la banca comercial tienen tasas de interés altas. Como líneas de acción, se requieren:

- Esquemas de financiamiento especializados en la adquisición de CSA donde los créditos tengan tasas preferenciales.
- Aplicación de financiamiento hipotecario a la compra de sistemas de calentamiento solar en vivienda nueva (sector residencial).
- Campaña de capacitación a la banca de desarrollo sobre aspectos específicos para desarrollar programas de financiamiento
- Esquemas de incentivos fiscales diferenciados dado que gran sector de la población no se encuentra inscrita en el padrón fiscal y en cierta medida no es elegible para este tipo de incentivos.
- Esquemas de estímulos en impuestos locales como el predial.

Para el sector comercial y de servicios, al igual que para el sector industrial, la problemática es diferente al sector doméstico, sin embargo y dado que existe un gran número de empresas medianas y pequeñas que presentan prácticamente las mismas barreras que el sector doméstico, con la diferencia que todos estos negocios están constituidos formalmente y por consecuencia susceptibles de recibir estímulos fiscales. Asimismo, estos negocios tienen acceso a la banca comercial para mecanismos específicos de financiamiento para energías renovables y eficiencia energética; sin embargo, estos créditos generalmente resultan costosos para las micro, pequeñas y medianas empresas. Algunos mecanismos sugeridos para estos sectores son:

- Esquemas de financiamiento especializados en la adquisición de CSA donde los créditos tengan tasas preferenciales.
- Campaña de capacitación a la banca de desarrollo sobre aspectos específicos para desarrollar programas de financiamiento.
- Depreciación acelerada para personas morales.
- Fomento de instrumentos financieros disponibles en la banca de desarrollo para aplicaciones productivas (sectores: industrial, comercial, servicios y agronegocios).

- Esquemas de financiamiento en subsectores específicos para penetración tecnológica con participación de organismos públicos, privados y financieros.

Actualmente opera un esquema de este tipo coordinado por la Conuee para financiar sistemas de calentamiento solar en el sector hotelero de la península de Yucatán. Mediante un mecanismo financiero piloto, el proyecto se desarrolla a partir de este año, 2016, en la Península de Yucatán, para apoyar a hoteles que deseen instalar los mencionados sistemas con financiamiento de la banca comercial, y la contragarantía de Bancomext<sup>100</sup>.

Por su parte, el sector agroindustrial también requiere de instrumentos financieros de fomento a tasa preferenciales y sistemas de estímulos fiscales. En este caso existe la experiencia en México de organismos como Fira y Firco que han promovido la contratación de créditos a tasas preferenciales para proyectos productivos, instrumentos que deben ser actualizados ante un inminente programa de penetración de CSA en el agro.

### 7.1.2 Instrumentos regulatorios

La nueva regulación del sector energético mexicano, emanada de la Reforma Energética y la Ley General de Cambio Climático, establece los lineamientos del nuevo marco legal, el cual comprende prácticamente todas las líneas de acción analizadas y recomendadas por grupos de expertos. De ahí se identifica como uno de los instrumentos regulatorios más adecuados la *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*<sup>101</sup>, la cual contempla una serie de acciones genéricas que de algún modo ya han sido analizadas y/o propuestas previamente. En las tablas 6.1 y 6.2 se presentan las barreras identificadas y líneas de acción propuestas para superarlas por diversos grupos de trabajo, que, aunque fueron hechas en otro tiempo, no dejan de ser vigentes. En la tabla 7.4 se presentan las acciones de la estrategia de transición que atienden a las barreras previamente identificadas, con su correspondiente calificación. Esta calificación representa simplemente la frecuencia con la cual los diferentes grupos de expertos las han mencionado como barreras importantes a superar.

**Tabla 7.4.** Acciones de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios.

Acciones		Calificación de barrera (%)
<b>Regulaciones y Política Pública</b>		
	Desarrollar regulaciones para el aprovechamiento de superficies en las construcciones para la instalación de tecnologías solares	NC
	Fomentar la creación de programas de aprovechamiento de la tecnología solar con aplicaciones térmicas en procesos industriales.	33

<sup>100</sup> [http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/el\\_pnud\\_bancomext\\_la\\_universidad\\_del\\_caribe\\_y\\_la\\_c](http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/el_pnud_bancomext_la_universidad_del_caribe_y_la_c)

<sup>101</sup> <http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estrategia-de-transicion-para-promover-el-uso-de-tecnologias-y-combustibles-mas-limpios-64062>

	Establecer NOM's para los dispositivos e instalación de sistemas para el aprovechamiento solar con aplicaciones térmicas.	44
<b>Capacidades Técnicas y recursos humanos</b>		
	Desarrollar programas de capacitación y certificación de profesionistas y técnicos en las áreas de diseño, construcción e instalación de sistemas con tecnologías solares.	89
	Promover el incremento de proveedores de sistemas térmicos solares certificados con aplicaciones industriales.	44
<b>Instituciones</b>		
	Fortalecer instituciones sub-nacionales que impulsen políticas, programas y proyectos que aprovechen el potencial del recurso solar.	NC
	Coordinar la integración de una red para el aprovechamiento de energía solar térmica en procesos industriales que vincule a los principales actores.	NC
<b>Mercados y financiamiento</b>		
	Fortalecer mecanismos de garantía en proyectos de gran escala.	
	Crear esquemas de financiamiento que faciliten la adquisición de equipos para el aprovechamiento de la energía solar	77
	Desarrollar modelos de negocio que permitan una penetración acelerada de la tecnología solar térmica.	11
<b>Investigación, desarrollo e innovación</b>		
	Realizar estudios sobre el consumo final de energía en el sector industrial para establecer el potencial técnico y económico de la tecnología solar térmica.	22

NC: No considerado en grupos previos de análisis de barreras.

Si bien la *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios* ha identificado líneas de acción que permiten superar barreras consideradas como muy importantes, también es cierto que se omiten las acciones correspondientes al tema de la información, aspecto de mucha importancia para la difusión de la energía solar. Algunas líneas adicionales al respecto son las siguientes:

- Sensibilización de los posibles usuarios y promoción de la tecnología, 50%
- Ausencia de estrategias nacionales de promoción y difusión, 33%
- Campañas de promoción de aspectos específicos a la banca de desarrollo, 50

No obstante la incorporación de las energías limpias al mix energético nacional, la Ley de Transición Energética ha generado diversos mecanismos principalmente enfocados a la generación eléctrica, y ahora, de manera genérica, la *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios* incorpora aspectos necesarios para poder trazar la Hoja de Ruta y así incorporar a la generación de calor por medio de la energía solar de una manera significativa a la matriz energética nacional. Es de destacar que no todas las acciones de la estrategia están desarrolladas y deberá realizarse un riguroso programa de desarrollo y seguimiento para que todas estas acciones sean incluidas de manera cuantitativa, es decir estableciendo metas y tiempos específicos, en la estrategia de la Ley de Transición Energética.

### 7.1.3 Normas para los sistemas de CSA

En el año de 2007 La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) trabajó con la colaboración de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) en el “Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México” PROCALSOL. Este programa consideraba dentro sus líneas de acción promover y facilitar el desarrollo de normas e instrumentos regulatorios para sistemas e instalaciones solares, además de impulsar los programas de capacitación y certificación de técnicos.

En este sentido, en la actualidad existen en nuestro país cuatro normas mexicanas para los sistemas térmicos de energía solar, que se enlistan a continuación: Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua- Métodos de Prueba y Etiquetado (NMX-ES-001-NORMEX-2005), Energía Solar-Definiciones y terminología (NMX-ES-002-NORMEX-2007), Requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para calentamiento de agua (NMX-ES-003-NORMEX-2007) y Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua - Método de ensayo (Prueba). (NMX-ES-004-NORMEX-2010)

La (NMX-ES-001-NORMEX-2005) fue publicada en el Diario de La Federación el 18 de febrero del 2005 y entró en vigor el 14 de octubre de ese mismo año, llamada “Norma Mexicana - Energía Solar - Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para Calentamiento de Agua - Métodos de Prueba y Etiquetado y fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar NESO-13, que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías.

La (NMX-ES-004-NORMEX-2005) fue publicada en el Diario de La Federación el 26 de marzo y entró en vigor el 12 de abril de 2010, llamada Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua – Método de ensayo Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua – Establece el método de ensayo (prueba) para evaluar y comparar el comportamiento térmico de sistemas de calentamiento de agua solares, principalmente para uso doméstico hasta una capacidad máxima de 500 litros y hasta una temperatura máxima de 90°C como dominio de temperaturas de agua caliente. Aplica a los sistemas solares domésticos para calentamiento de agua.

Por otro lado, se cuenta con el Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda (DTESTV), desarrollado por la Comisión Nacional de Uso Eficiente de Energía CONUEE), el cual es obligatorio desde julio de 2012 para los calentadores solares que participen dentro del programa Hipoteca Verde del Infonavit y para todos los programas de vivienda que instrumenten las dependencias de la Administración Pública Federal.

Con la finalidad de fortalecer la capacitación se creó la Norma Técnica de Competencia Laboral (NTCL) para “Instalación del sistema de calentamiento solar de agua”, que certifica las

competencias laborales de las personas que instalan calentadores solares de agua, donde los interesados deben interpretar diagramas y manuales, preparar el área, materiales y herramientas e instalar, y poner en marcha los componentes del sistema solar.

En el Distrito Federal existe una norma con carácter de obligatoria que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavandería y tintorería.

Actualmente existen en nuestro país 5 laboratorios de pruebas para colectores solares entre los que se encuentran:

- Laboratorio del Instituto de energías renovables IER, UNAM.
- Laboratorio de la Universidad de Guanajuato.
- Laboratorio de Grupo Industrial Saltillo GIS
- Laboratorio Mexicano de Pruebas Solares (Mexolab)
- Laboratorio del Instituto de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables y Eficiencia Energética (IIDEREE).

## **8 Hoja de Ruta**

La localización de México en la región tropical del planeta le permite disponer de un excelente potencial solar, un promedio comúnmente aceptado por arriba de los 5 kWh/m<sup>2</sup> por día en la mayor parte de su territorio. Este potencial, debidamente aprovechado, se convertirá en un elemento muy importante para afrontar los retos que México ha asumido para la modernización de su estructura energética y consecuentemente, para abatir sus índices de emisión de gases de efecto invernadero.

Con una capacidad de generación eléctrica instalada de 67 GW para el 2015 y una producción importante de petróleo y gas natural, México se ubica como décimo productor mundial de petróleo y gas natural, pero también consume la quinta parte de energía total que consume toda la América Latina. No obstante, existen las importaciones de gas natural, gas LP y productos refinados como la gasolina, que permiten suponer que la actual expansión de la red de gasoductos en el país, la conversión de centrales termoeléctricas de combustóleo a gas natural y la proyección de capacidad instalada de 118 GW para el 2030, generarán mayores volúmenes de importación sobre todo de gas natural.

Por lo anterior, el gobierno mexicano promulgó en 2013 una reforma energética que tiene por objeto principal modernizar la estructura energética del país, produciendo mayores cantidades de energía más limpia, de mayor calidad y con precios más baratos para el usuario final. Además de cumplir con este mandato, nuestro país ha suscrito una serie de compromisos internacionales para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. El primer gran objetivo trazado por la Ley de Transición Energética (LTI), emanada de la Reforma Energética, es llegar al año 2024 con el 35% de generación eléctrica a partir de energías limpias, para posteriormente aumentar su participación al 37.7% para el año 2030. En las energías limpias se incluye a las renovables como la solar, la eólica y la hidráulica, así como la geotermia, nuclear y ciertos combustibles considerados limpios en su modalidad de combustión con captura de carbono.

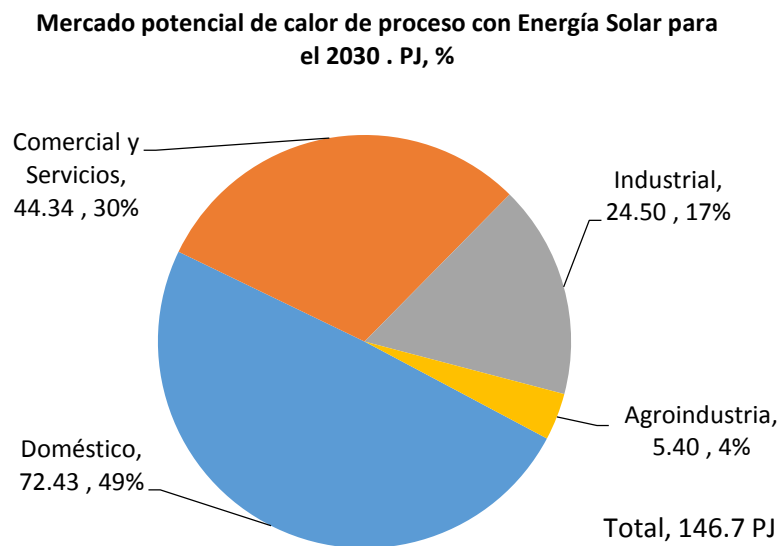
La Reforma Energética en México ha abierto la puerta del mercado eléctrico mayorista a la energía solar. Mediante el mecanismo de Certificados de Energías Limpias (CEL) y los ajustes de precios marginales locales, la electricidad solar fotovoltaica ha demostrado ser la opción más barata entre las energías limpias y ha superado con mucho, en precio, a la generación con combustóleo y con carbón inclusive sin considerar a los CEL, esto ha quedado de manifiesto en las dos subastas realizadas por la CFE para llegar a ajustar su obligación de integrar a su oferta de distribución el 5% de energías limpias a partir del 2018. De acuerdo con los resultados de las subastas, a partir del 2018 aproximadamente el 3.75% de la electricidad que llegue a los hogares, comercios e industrias mexicanos, provendrá del sol, esto sin contar el creciente mercado de la generación distribuida que actualmente se está regulando y que promete ser aun de mayor tamaño que el generado por las plantas de gran escala en el mercado mayorista.

No obstante, el mercado eléctrico solamente representa el 18% del consumo de energía en su forma final en México, el otro 82% se conforma de: 46% de gasolinas, naftas y diésel, 25% de gas LP y gas natural, 5% de carbón y coques y 6% de leña, bagazo y solar. Si se considera que el sector transporte, donde muy poco tienen que hacer las energías renovables de manera directa, consume un 45.7% de energía prácticamente en forma de gasolina y diésel, entonces queda un 37% del consumo final de energía (1,791 PJ) en forma de hidrocarburos que irremediablemente son sometidos a procesos de combustión, principalmente en los sectores doméstico, industrial, comercial, servicios y agroindustria.

Actualmente los Sistemas de Calentamiento solar en México son conocidos en ciertos sectores, pero todavía falta mucho trabajo por hacer para que esta tecnología ocupe el lugar que realmente le corresponde como medio para aprovechar un elemento energético local, abundante y de alta calidad como lo es la energía solar. Al 2015 se tiene instalada, de manera distribuida en el país,

una extensión de 3.1 millones de metros cuadrados de sistemas de calentamiento solar, equivalentes a una capacidad instalada de 2.2 GW<sub>t</sub>, que generan 11.9 PJ de energía térmica, principalmente utilizada para el calentamiento de agua. Esta cantidad ha sido alcanzada con el apoyo de programas institucionalizados como el PROCALSOL, desde donde se han impulsado programas como el de Hipoteca Verde del Infonavit y 25,000 Techos Solares, promovido por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México GIZ. Asimismo, la sociedad civil ha colaborado a este crecimiento, contando con la promoción y difusión de asociaciones civiles como la ANES.

El potencial identificado en este trabajo para las aplicaciones térmicas solares para el año 2030 es de 146.7 PJ, equivalente a 27.05 GW<sub>t</sub>, distribuidos según se muestra en la Figura 8.1. De acuerdo con la capacidad instalada, queda un camino por recorrer de 24.85 GW que para un periodo de 15 años deben ser instalados, motivo por el cual habrá que optimizar la armonía entre normatividad, regulación, capacitación, políticas públicas y financiamiento, áreas en las que se ha trabajado por varios años en México.



**Figura 8.1.** Mercado potencial del calor de proceso con energía solar para el 2030.

Para el año 2030 México estará utilizando en el sector doméstico 426.03 PJ solamente por el concepto de calentamiento de agua, en su mayoría alimentado por gas LP que es el principal combustible que consumen los hogares mexicanos. Si consideramos que el calentamiento solar en los hogares principalmente se utiliza para economizar el consumo de gas y que un CSA aporta un ahorro aproximado del 50% de este consumo, entonces el potencial asintótico en el sector doméstico representa 213 PJ. Sin embargo, la cifra prevista como alcanzable es de 72.42 PJ, lo cual equivale a una razón de penetración del 34% del mercado potencial de CSA. Esta cantidad representa un ahorro de 1,620 millones de kilogramos de gas LP anuales y un ahorro de emisiones de 16.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, con un valor de mercado de la tecnología de CSA de 11,600 millones de dólares, distribuidos entre los años 2016 al 2030. Esto se podrá lograr mediante dos formas, una mantener el ritmo de crecimiento de 13.5% anual que ha mostrado el mercado del calentamiento solar en México durante los últimos tres años, o bien, induciendo una estrategia para instalar 1.16 millones de metros cuadrados de CSA, cantidad que parece ser alta pero alcanzable de acuerdo con la capacidad de fabricación e importación de equipos. Sin



embargo, precisamente al enfocar estas cantidades, es donde se requiere optimizar el trabajo estratégico y operativo.

## **8.1 Políticas para acelerar la energía renovable**

México ha comenzado ya la etapa de transición energética hacia las energías limpias y en particular con la energía solar térmica ya se tiene experiencia y actualmente ésta crece a un ritmo acelerado. No obstante, es necesario implementar una serie de políticas para asegurar el ritmo de crecimiento orientándolo hacia los nichos más seguros y donde realmente se garantice el cumplimiento de metas energéticas y ambientales al mediano y al largo plazo. Es necesario entonces definir las áreas estratégicas sobre las que se deben fomentar las políticas de desarrollo para los sistemas de calentamiento solar.

### **8.1.1 Planificación de rutas y escenarios de transición:**

La recientemente promulgada Reforma Energética ha colocado al sector energético en la ruta de la modernización y la sustentabilidad, generando una serie de leyes y regulaciones que apoyarán al cumplimiento de metas relacionadas con el abatimiento de los índices de emisión de gases efecto invernadero y la incorporación de energías limpias. En este sentido, se deben plantear rutas y escenarios de transición mesurados y congruentes en cuanto a la planificación de integración de energía solar térmica al mix energético y la infraestructura correspondiente. Actualmente no existen reglas claras y adecuadas para la integración de los sistemas solares térmicos a la generación de energía como si lo existen para los módulos fotovoltaicos generadores de electricidad, sin embargo, como se menciona antes, esta reglamentación puede ser fácilmente incorporada a la estructura de la Reforma Energética.

El mayor potencial de ahorro económico mediante la utilización de la energía solar térmica lo presenta el sector doméstico, y precisamente en los niveles de menor ingreso este porcentaje de ahorro es más significativo. Por esto se deben diseñarse políticas específicas dirigidas a este sector. Los programas de vivienda y de licenciamiento de construcción y remodelación de vivienda serán necesarios para acelerar la absorción del calentamiento solar de agua en el sector doméstico.

Si bien el sector industrial es un usuario intensivo de energía térmica, lo cierto es que la implementación de los sistemas de calentamiento solar, requieren de un poco más de instrumentación para ser integrados y sincronizados con las plantas de producción, más aún cuando se trata de procesos de media temperatura. El desarrollo actual es incipiente y por tal motivo se debe ser muy discreto en fijar metas específicas. En este terreno aún no se cuenta con regulación y normatividad para calificar equipos y procedimientos.

### **8.1.2 Creación de un entorno empresarial propicio:**

Un entorno empresarial saludable proporciona mayor rentabilidad reduciendo los riesgos para los inversionistas en las energías renovables. El mercado mexicano del calentamiento solar de agua prevé un potencial de 27 GW para el 2030, equivalente a un área de 38.5 millones de metros cuadrados instalados, principalmente con tecnologías de baja y media baja temperaturas, como lo son los calentadores solares planos y de tubos evacuados, de plástico y concentradores estacionarios y de baja razón de concentración. Esto representa un mercado del orden de 11,600 millones de dólares en los próximos 15 años. De esta manera se requieren políticas adecuadas para implementar incentivos económicos, financieros y fiscales para acelerar las inversiones. También será muy importante incorporar externalidades en los estudios económicos para determinar los parámetros económicos de una inversión.

El precio actual del gas LP y su evolución a lo largo de los últimos 15 años proporciona altas tasas internas de retorno y cortos tiempos de recuperación de la inversión para los sistemas domésticos y comerciales, el gas LP es por mucho el combustible más consumido en estos sectores, así como también es un combustible caro comparado con el gas natural, de esta manera será muy necesario que las asociaciones organizadas luchen porque no se proporcione mayores subsidios al gas LP.

### **8.1.3 Asegurar la integración de las diferentes tecnologías de CSA en los diferentes sectores**

El calor de proceso mediante los CSA tiene diferentes escenarios para ser implementado hablando desde un punto de vista tecnológico. En el sector doméstico fundamentalmente se requiere del bien conocido calentador solar plano o de tubos evacuados, ya sea en el subsector vivienda individual como en el de vivienda familiar. Igualmente, en el sector comercial y de servicios, donde se requiere agua caliente, el calentador solar tiene un gran campo de aplicación, sin embargo, en este caso tanto los espacios habilitados para calentamiento solar, así como la instalación de cantidades relativamente grandes de captadores solares integrando bancos, requiere de cierta ingeniería con mayor grado de dificultad que la requerida por los sistemas domésticos. Igualmente existen giros comerciales, como clubes deportivos donde el calentamiento de agua para albercas representa un consumo de energía significativo y donde los captadores de plástico son altamente populares pero que no tienen normativa mexicana aplicable.

Se puede decir que la tecnología de los CSA en el sector doméstico tiene un alto grado de capacidad de integración, al mismo tiempo que para el sector comercial y de servicios, en aquellos giros en los que se requiere de agua caliente para operar, también hay una alta capacidad de penetración, pero habrá que desarrollar estándares de diseño e instalación de bancos de captadores y pruebas de calidad y operación. En lo referente a las medianas temperaturas, por arriba de los 80°C y ya más enfocados en el sector industrial, los sistemas de concentración estacionarios y algunos concentradores parabólicos de baja razón de concentración se presentan ya como opciones tecnológicas viables y operando ya en varias plantas industriales, principalmente del sub-sector alimenticio. No obstante, también es necesario desarrollar estándares de diseño e instalación, así como normativas de calidad, operación y eficiencia que no existen en México para esta tecnología. Definitivamente las altas temperaturas, por arriba de los 150°C no se recomiendan para introducir tecnología de calor de proceso solar, aunque dichas tecnologías existen (paraboloideas y torres centrales), se considera demasiado complicado incluirlos para el calor de proceso.

### **8.1.4 Gestión difusión y conocimiento:**

Se debe fortalecer el puente de colaboración entre los actores gubernamentales, organizaciones financieras, fabricantes, desarrolladores/instaladores de proyectos y usuarios finales. Es muy importante instrumentar programas de fortalecimiento del mercado dentro del marco de la Ley de Transición Energética y en general aprovechar todos los instrumentos que se han generado para incorporar a las energías limpias a balance energético nacional. Las organizaciones gubernamentales y financieras deben tener conocimiento pleno del grado de madurez tecnológica de los CSA y de las capacidades reales de éstos, aquí juegan un papel muy importante las Asociaciones Civiles que generalmente se forman con expertos, científicos y en general profesionistas muy calificados en la materia. Estas asociaciones, generalmente sin fines de lucro, pueden servir como enlace entre las diferentes entidades que pueden fomentar el desarrollo tecnológico, ya sea elaborando políticas públicas, financiando proyectos,

desarrollando programas normativos y asesorando para la elaboración de programas regulatorios.

### **8.1.5 Fomento de la innovación:**

Los SCA Deben conjugar alta calidad, durabilidad y bajo costo para ser competitivos en el mercado. Aquí la innovación juega un papel determinante para introducir a la industria nacional al plano competitivo de acuerdo a los requerimientos de crecimiento de la utilización de los SCA. Desde el año 2013 se inició el programa Cemie-Sol con el fin de que los centros de investigación mexicanos hagan contribuciones importantes sobre todo para la industria nacional, se pretende romper barreras relacionadas con los costos y la disponibilidad de tecnologías que han visto hasta ahora un crecimiento limitado.

Se prevé que, durante el diseño e integración de políticas y estrategias para la masificación de los CSA, se incorporen al mercado actores internacionales que de momento no tienen una visión clara del potencial solar térmico en México. Esto debe ser motivo de atención para los fabricantes e integradores mexicanos y deben orientar su producción basados en la infraestructura de calidad que, dicho sea de paso, también debe ser fortalecida. Entonces la innovación y la colaboración con los centros de investigación deben constituirse en una estrategia de mercado con el fin de ofrecer productos y sistemas seguros, confiables, garantizados y a bajo precio.

### **8.1.6 Infraestructura de la calidad y capacitación**

Utilizando el gas LP ahorrado en los hogares se puede alimentar líneas de transporte confinado como el Metrobús, ya que estas unidades pueden ser reconvertidas a Gas LP o GNC, con ello logramos las siguientes ventajas

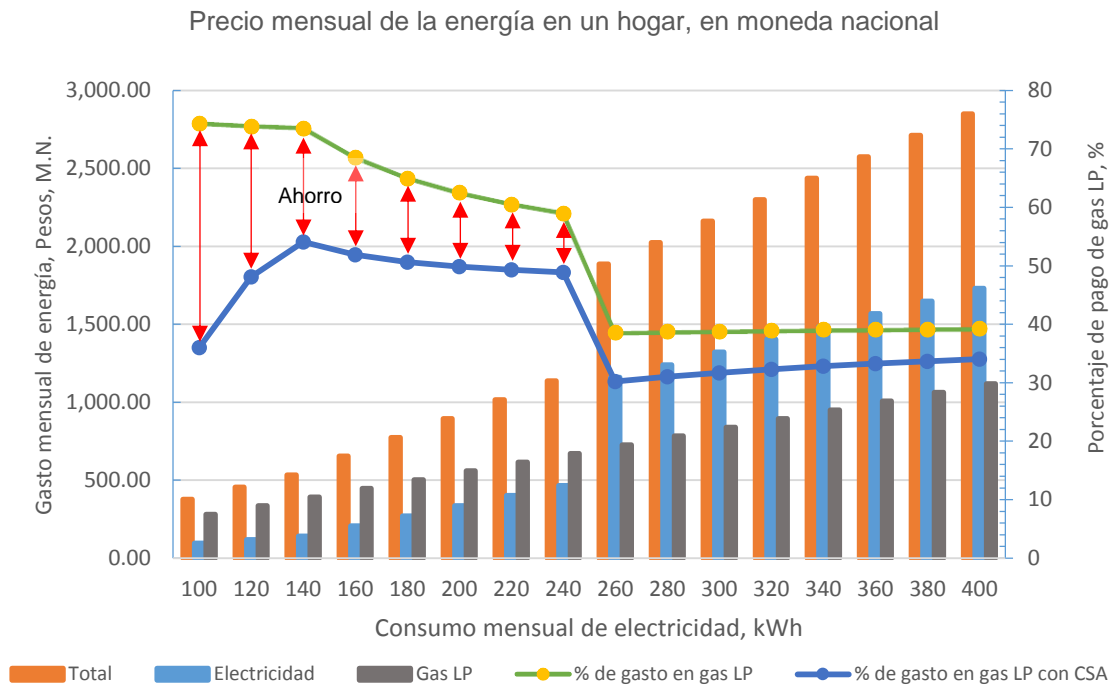
- a) Se utiliza un combustible más limpio para el transporte
- b) Se reducen emisiones
- c) Se aprovecha al amplio potencial del combustible para producir trabajo mecánico y no para calentar alimentos o fluidos a baja temperatura
- d) Se incentiva el uso de la energía solar en el sector doméstico

### **Importancia del uso del calentador solar en la economía Familiar.**

En el sector residencial se consumen el 34.09% de gas LP y 5.29% de gas natural. (SENER, BNE 2015), en tanto que el principal consumo energético en el sector doméstico lo representa el calentamiento de agua para usos sanitarios, esto en promedio alcanza un 49.34%, seguido por la cocción de alimentos, 23.88% y la electricidad con un 26.78%<sup>102</sup>. De acuerdo con la estructura nacional de precios de los energéticos para el sector doméstico, en la cual la electricidad viene acompañada con un subsidio importante para los usuarios con tarifa 1, el principal gasto en energéticos se realiza por medio del gas LP. En la figura 8.2 se muestra la estructura de gasto en energéticos para un hogar según su consumo en electricidad dado que este es un insumo facturable y fácilmente medible, no así el gas LP que frecuentemente es adquirido a pie de camión. Se omite, el análisis con gas natural debido a que su consumo es marginal en el sector doméstico.

---

<sup>102</sup> CONUEE, 2011, *Programa de promoción de calentadores solares de agua 2007- 2012 Avance 2007 - 2009 y plan operativo 2010 - 2011*. Ciudad de México.



**Figura 8.2.** Precio mensual de la energía en un hogar, en moneda nacional.

En la figura se observa que para los usuarios por debajo de la tarifa DAC, hasta 250 kWh/mes, el gasto en gas LP llega a ser hasta un 60%, cuando menos, del consumo total de energía en el hogar, mientras que para los usuarios en tarifa DAC, por su nivel de consumo, el porcentaje de pago en la factura del gas representa un 39% del pago total de energía. Esto significa que existe un nivel del sector doméstico que es muy sensible al consumo de gas LP y es precisamente el de usuarios que en promedio consumen menos de 25% kWh/mes de electricidad.

## 9 Evaluación de la rentabilidad y beneficios

### 9.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas

Para obtener las emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>, se ha seguido la metodología utilizada en el informe 2014 de Solar Heat Worldwide. El programa SHC IEA acordó utilizar un factor de 0,7 kW<sub>f</sub>/m<sup>2</sup> para estimar la capacidad instalada nominal de colectores solares. Los ahorros de energía final consideran las toneladas equivalentes de petróleo (tep): 1Ton<sub>e</sub> = 11.630 kWh. Adicionalmente las emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> por las diferentes aplicaciones de energía solar térmica se citan como kilogramos equivalentes de dióxido de carbono (kgCO<sub>2e</sub>) por toneladas de petróleo equivalente: 1 Ton<sub>e</sub> = 3.228 tCO<sub>2e</sub>. El factor de emisión solo representa las emisiones directas. Se estima que 1 m<sup>2</sup> de captador solar con un 50% de eficiencia global y sometido a una irradiación diaria promedio de 18.2 MJ/m<sup>2</sup> proporciona 3.28 GJ como calor útil ya entregado al fluido de trabajo, sin embargo, si ese fluido fuera calentado por medio de un calentador o caldera y ese equipo de combustión tiene una eficiencia global promedio del 72%, entonces la cantidad anual de hidrocarburo a evitar por un metro cuadrado de calentador solar es de 3.28/0.72 = 4.55 GJ cantidad que representa un ahorro de emisión de 296 kg CO<sub>2e</sub> por año.

La tabla 9.1 muestra los factores de emisión afectados para diferentes hidrocarburos, entendiéndose que la emisión correspondiente se obtiene a partir de la combustión directa del hidrocarburo.

**Tabla 9.1.** Factores de emisión de CO<sub>2e</sub> para diferentes hidrocarburos.

Combustible	Unidades de medida física	Factor de conversión		Factor de emisión	
				(Kg de CO <sub>2</sub> e/kWh)	(Kg de CO <sub>2</sub> e/MJ)
Gas natural	Nm <sup>3</sup>	10.7056	kWh/Nm <sup>3</sup>	0.2016	0.056
Diésel	Litros	10.6	kWh/l	0.2628	0.073
Fuel	Kg	11.1611	kWh/Kg	0.2736	0.076
GLP Genérico	Kg	12.6389	kWh/Kg	0.234	0.065
Carbón nacional	Kg	5.6972	kWh/Kg	0.4032	0.112

En el sector residencial considerando la tasa actual de crecimiento acumulado de 13.7% para los CSA en México, para el año 2030 se llegará a una superficie de 21 millones de metros cuadrados, equivalente a evitar la emisión de 6.04 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.

Referente a los instaladores, según lo reportado por el CONOCER a julio de 2016 en el Comité de gestión por competencias laborales, ha certificado en el estándar de competencia laboral "Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termo-sifónico en vivienda sustentable" a 471 técnicos, 420 hombres y 51 mujeres.

**Tabla 9.2.** Emisiones evitadas anuales de 2015 a 2030

año	m <sup>2</sup>	Tons CO <sub>2</sub>
2015	3,052,136.27	903,432.34
2016	3,481,825.55	1,030,620.36
2017	3,967,374.44	1,174,342.83

<b>2018</b>	4,516,044.68	1,336,749.23
<b>2019</b>	5,136,042.05	1,520,268.45
<b>2020</b>	5,836,639.08	1,727,645.17
<b>2021</b>	6,628,313.73	1,961,980.86
<b>2022</b>	7,522,906.08	2,226,780.20
<b>2023</b>	8,533,795.43	2,526,003.45
<b>2024</b>	9,676,100.41	2,864,125.72
<b>2025</b>	10,966,905.02	3,246,203.89
<b>2026</b>	12,425,514.24	3,677,952.22
<b>2027</b>	14,073,742.66	4,165,827.83
<b>2028</b>	15,936,240.77	4,717,127.27
<b>2029</b>	18,040,863.63	5,340,095.63
<b>2030</b>	20,419,087.47	6,044,049.89
	Total	44,463,205.33

En la tabla 9.2 se muestran la estimación de los metros cuadrados a instalar de CSA y las emisiones evitadas en el periodo de 2015 a 2030 con una tasa de crecimiento de 13.7% anual.

Para el potencial detectado en los cuatro sectores analizados par el 2030, se calcula que se deberán tener instalados 27,21 millones de metros cuadrados, de los cuales existen 3.05 millones al 2015, de cualquier manera, la emisión de GEI para el 2030, de cumplirse las metas, debería ser de 8.05 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.

## 9.2 Ahorro de subsidios

El gobierno mexicano designó al gas LP, junto con otros combustibles, como un bien indispensable para el desarrollo de la sociedad, y como tal, este debe contar con un suministro confiable de calidad y a precios competitivos de este producto<sup>103</sup>. De esta forma la industria del gas LP ha esperado la implementación de la medida debido a que el 15 por ciento de la población recurre a la quema de leña para calefacción y cocina. Este porcentaje no tiene acceso, por economía y capacidad de distribución al gas LP, que podría ser el combustible sustituto. Además, cabe destacar que actualmente se importa el 30% del gas LP que consume el país y que durante el último año el precio de este energético ha disminuido.

---

<sup>103</sup> PND. (2007-2012). *Plan Nacional de Desarrollo 2012*.

El problema del precio del gas LP viene asociado con su medio de distribución, una gran parte de la población no posee tanque estacionario y debe consumir el gas por medio de cilindros intercambiables, en formato de 20 kg, los cuales muchas veces no pueden ser adquiridos por las familias, es decir no tienen el dinero suficiente para adquirir 20 kg de gas LP en una exhibición. Esto ha ocasionado que los distribuidores soliciten el subsidio focalizado hacia las clases más populares.

El problema aparece cuando México tiene que importar aproximadamente el 30% del gas que se consume en el país y el precio del gas a nivel internacional es mayor que el establecido en México, entonces el gobierno cubre ese diferencial que, en 2010, representó 29 mil millones de pesos (CIDAC, 2012), o bien 1,450 millones de dólares al tipo de cambio actual.

La promoción y reorientación de estas cantidades de dinero hacia los SCA podría liberar cantidades importantes de gas LP que eventualmente se dejaría de importar. Otra opción es buscar objetivos indirectos como por ejemplo los sistemas de transporte público. Inicialmente la línea 1 del Sistema de Transporte Metrobús fue diseñado para transportar un millón de usuarios por semana; sin embargo, el número real superó ampliamente las expectativas llegando a transportar un millón 600 mil, con lo que se consumen en promedio 83,117 litros de diésel. Un sencillo cálculo arroja una cantidad promedio de 0.052 litros de diésel por usuario o bien en su equivalente de acuerdo al poder calorífico del diésel, 1.85 MJ o 0.51 kWh. Este número excepcionalmente bajo, solamente comparable con la eficiencia energética por pasajero transportado con el STC Metro, se debe a que el Metrobús se opera bajo las mejores condiciones para el transporte eficiente: carril confinado exclusivo y un mínimo de tiempos muertos durante el recorrido.

Si tomamos en cuenta que un calentador solar doméstico de dos metros cuadrados, de cobre o de vidrio, puede aportar ahorros de gas LP de 7.5 kg mensuales por metro cuadrado, llegamos a la conclusión de que se necesitarían 18,000 calentadores instalados para desplazar una cantidad equivalente de gas LP para mover un medio de transporte idéntico al Metrobús, pero accionado por gas LP, mismo que podría ser abastecido en las estaciones terminales del sistema.

El programa Procalsol del gobierno federal proyectó una meta de 1 millón 800 mil metros cuadrados de calentadores solares en el territorio mexicano<sup>104</sup>, esta cantidad podría desplazar la cantidad de energía para alimentar a 50 líneas similares a la Línea 1 del Metrobús.

### **9.3 Ahorro económico para usuarios finales**

El sector que se ve mayormente impactado por una política de desarrollo de los CSA es definitivamente el residencial, el uso del gas LP de manera prácticamente generalizada parece ser el principal motivo, más aún, según se ha demostrado en este trabajo (Tarea 7), los usuarios de menor consumo energético son proporcionalmente los más beneficiados, por este motivo es altamente recomendable fomentar el uso masivo de los CSA en el sector residencial mediante programas sociales, no como eco-técnicas opcionales sino como equipo obligatorio de origen. La tabla 9.3 muestra el impacto del energético ahorrado según el sector y potencial identificado:

---

<sup>104</sup> CONAE, 2007, Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México, PROCALSOL. SENER, Ciudad de México.

**Tabla 9.3.** Potencial de ahorro económico anual conforme a la sustitución de combustibles por los CSA al 2030.

Potenciales de ahorro	Área Col Req. (m <sup>2</sup> )	Combustible (Tipo)	Combustible ahorrado	Unidades de Comb. Ahorrado	Ahorro Anual (MMUSD)
<b>Sector</b>					
<b>Residencial</b>	17,369,000	Gas LP	2,314.28	MM kg	1,562
<b>Comercial</b>	1,920,000	Gas LP	276.90	MM kg	187
<b>Industrial</b>	4,640,000	Gas Nat	1,005.96	MM m <sup>3</sup>	73
<b>Agroindustria</b>	234,076	Diésel	41.37	MM lt	29.99
	24,163,076				1,852

Quizá el sector menos atractivo sea el industrial debido a que en su mayoría consume gas natural y en muchas veces por medio de ducto, donde se tiene el precio más bajo para este hidrocarburo. Definitivamente la política de promoción en el sector industrial, además de un moderado o bajo abatimiento de los precios mediante un sistema de tiempo de recuperación largo, debe ir encaminada hacia la responsabilidad social y la sustentabilidad. Por este argumento hemos sido muy cautos en fijar límites razonables de penetración en este sector del mercado, otra situación muy diferente de generaría si la industria estuviera consumiendo combustóleo, diésel o cualquier otro hidrocarburo diferente del gas natural.

Por otra parte, considerando el monto de inversión contra los ahorros económicos obtenidos para una perspectiva al 2030, hay varios comentarios que se pueden hacer al respecto, de acuerdo con la tabla 9.4.

**Tabla 9.4.** Tiempo de recuperación de inversión para los SCA en diferentes sectores

Potenciales de ahorro	Área Col Req. (m <sup>2</sup> )	Valor de mercado (MMUSD)	Ahorro Anual (MMUSD)	Tpo. Rec. Inv. (Años)
<b>Sector</b>				
Residencial	17,369,000	5,211	1,562	3.34
Comercial	1,920,000	432	187	2.31
Industrial	4,640,000	1,624	73	22.32
Agroindustria	234,076	70	29.99	2.34
	24,163,076	7,337	1,852	

Para elaborar la tabla 9.4 el sector residencial se consideró como un consumidor exclusivo de gas LP, en este sentido y mediante una simple expresión lineal se obtiene un tiempo de recuperación de la inversión de 3,34 años, cantidad ciertamente observada en muchos sistemas domésticos, aún sin la economía de mercado que presupone este estudio.

El sector comercial ofrece un tiempo de recuperación considerablemente más bajo debido a que en forma general el costo de los equipos a escala es más bajo y además entran también muchos metros cuadrados de captadores para alberca y como precalentamiento para hoteles y otros giros comerciales de altos volúmenes de agua a bajas temperaturas. Es aquí donde se presenta el mejor tiempo de recuperación y por ende la mayor rentabilidad. Aquí la problemática puede no ser el análisis económico sino más bien el desconocimiento de los empresarios de estos giros



acerca de las tecnologías y posibilidades de las mismas. La norma solar del nuevo reglamento de construcción de la Ciudad de México puede ser un magnífico detonador de estos sistemas y su popularización en toda la república.

El precio de 1.95 USD por GJ del gas natural crea una gran barrera para la popularización de los SCA en el sector industrial. Si bien en la actualidad la generación eléctrica mediante módulos fotovoltaicos comienza a ser competitiva y en ocasiones hasta más económica que la generación con gas natural, así se ha visto en las recientes subastas eléctricas en México, los SCA no han podido bajar de precio tan dramáticamente como lo han hecho los módulos fotovoltaicos y por consecuencia, su competitividad con el gas natural industrial es muy limitada. Obsérvese como el sector agroindustria obtiene, por otra parte, tiempos de recuperación muy cortos debido a que se ha considerado que este consume gran cantidad de diésel o combustóleo como energético primario.

## 10 Referencias

- ABRAVA. (2013). *Produção de Coletores Solares para Aquecimento de Água e Reservatórios Térmicos no Brasil*. Obtenido de DASOL.: Obtenido de <http://www.dasolabrava.org.br/>.
- Almanza R., E.-C. V. (1992). *Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana*. UNAM. México, D.F.: Instituto de Ingeniería .
- Almanza, R. V. (1981). *Concentradores Solares*. México, D.F.: Instituto de Ingeniería.
- ANES. (18 de Agosto de 2015). *Asociación Nacional de Energía Solar*. Obtenido de Inventario de Instalación de Calentadores Solares en México: [http://www.anes.org/cms/balance\\_energia.php](http://www.anes.org/cms/balance_energia.php)
- ASIT. (2015). *info@asit-solar.com*. Obtenido de ASIT: [www.asit-solar.com](http://www.asit-solar.com)
- Baca, U. G. (2001). *Evaluación de Proyectos*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- CFE. (5 de Septiembre de 2016). *Clientes CFE*. Obtenido de [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/clientes.aspx](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/clientes.aspx)
- CICC. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Recuperado el 30 de Agosto de 2016, de [http://www.inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015\\_mex\\_indc\\_presentacion.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015_mex_indc_presentacion.pdf)
- CIDAC. (2012 de 2012). *Subsidio al gas LP: Caro e Ineficiente*.
- Conacyt. (2016). *Fondo Sectorial Conacyt-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética*. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de <http://conacyt.gob.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/conacyt-sener-sustentabilidad-energetica>
- CONAE. (2007). *Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México, PROCALSOL*. SENER, Ciudad de México.
- CONAPO. (26 de Agosto de 2016). *Datos de Proyecciones CONAPO*. Obtenido de [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones\\_Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos)
- CONOCER. (2016). *Conocer*. Recuperado el 2016, de <http://www.conocer.gob.mx/>
- CONUEE. (2011). *Programa de promoción de calentadores solares de agua 2007- 2012 Avance 2007 - 2009 y plan operativo 2010 - 2011*. Ciudad de México.
- Conuee. (2016). *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*. Sener.
- DOF. (2015). *Ley del Impuestp Sobre la Renta*. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5415878&fecha=18/11/2015&print=true](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5415878&fecha=18/11/2015&print=true)
- Ecoheatcool. (2006). *The Eropean Heat Market*. Euroheat and Power.
- ESTIF. (Noviembre de 2016). *Solar Heating and Cooling Application Factsheet*. Obtenido de Solar Heat for Industrial Process: [http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/publications/downloads/UNEP\\_2015/factsheet\\_ship\\_v05.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/publications/downloads/UNEP_2015/factsheet_ship_v05.pdf)
- FIRCO. (Octubre de 2015). *Energía Solar Calentamiento de Agua*. (M. Octavio, Intérprete) Centro de convenciones, Campeche, Camp.
- GIZ. (2014). *Estudio sobre el potencial y la rentabilidad de CSA en PYMES*. México: GIZ.
- GIZ. (2014). *Estudio sobre el Potencial y la Rentabilidad del Uso de sistemas solares térmicos (SST) en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES)*. CONUE, México, D.F.

- GIZ. (2015). *Lecciones aprendidas y mejores prácticas del Proyecto 25,000 Techos Solares para México*. México, D.F.
- Gobierno de la República. (2015). *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Período 2020-2030*.
- IEA. (2014). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- INECC. (2016). Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) Sector: Residencial y Comercial. *Diálogos Público-Privados sobre las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND)*. México.
- INEGI. (6 de Septiembre de 2016). *Análisis de Vivienda por Entidad Federativa 2015*. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb286&s=est&c=32904>
- IRENA. (2014). *REmap 2030: Hoja de ruta para las energías renovables*. Abu Dabi: IRENA.
- IRENA. (2014). *Renewable Energy in Manufacturing*. IRENA.
- IRENA. (2015). *Solar Heat for Industrial Processes*. IRENA.
- IRENA. (2015d). *Irena REmap Mexico Summary*. Irena.
- IRENA. (2015). *REmap 2030. Mexico*. IRENA.
- Luo, Z. Z. (2009). Study on the situation of solar water heater industry and its development plan in China. *Solar Energy*, 8, 11-14.
- Ma, B. S. (2014). Diffusion of solar water heaters in regional China: Economic feasibility and policy effectiveness evaluation. *Energy Policy*, 72, 23-34.
- Mauthner, F. W.-D. (2016). *Solar Heat Worldwide*. Gleisdorf, Austria: IEA Solar Heating & Cooling Programme.
- PND. (2007-2012). *Plan Nacional de Desarrollo 2012*.
- PNUD. (2011). *Iniciativa para la Transformación y el Fortalecimiento del Mercado de Calentadores Solares de Agua*. Obtenido de [http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment\\_and\\_energy/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol.html](http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol/transformacion-y-fortalecimiento-del-mercado-de-calentadores-sol.html)
- Quintanilla, J. V. (2000). *Uso Masivo de la Energía Solar en Lugar de Combustibles Fósiles en la ZMVM*. D.F.: Programa Universitario de Energía.
- Quintanilla, J. V. (2000). *Uso Masivo de la Energía Solar en Sustitución de Combustibles Fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México*. México, D.F: Programa Universitario de energía.
- SEDATU. (Agosto de 2016). *Programa de Mejoramiento Integral Sustentable en la Vivienda*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de <https://www.gob.mx/sedatu/articulos/el-programa-de-mejoramiento-integral-sustentable-en-vivienda-permitira-ahorros-hasta-por-5-mil-pesos-anuales-en-consumo-de-energia?idiom=es>
- Semarnat. (2015b). *Intended Nationally Determined Contribution (INDC) h*. Recuperado el 30 de Agosto de 2016, de <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>
- Semarnat. (2016). *Vivienda Sustentable en México*.

- Sener. (2014). *Estrategia Nacional de Energía 2014-2028*. Recuperado el 2 de Agosto de 2016, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf>
- Sener. (2013). *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*. México: Sener.
- Sener. (2014). *Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía*. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE\\_2014.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE_2014.pdf)
- Sener. (31 de 12 de 2014). *Sistema de Información Energética*. Recuperado el 30 de 8 de 2015, de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C02>
- Sener. (2015). *Balance Nacional de Energía 2014*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C01>
- Sener. (2015). *Balance Nacional de Energía 2014*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C01>
- SENER. (2015). PROSPECTIVA DE GAS NATURAL Y GAS L.P. En SENER, *PROSPECTIVA DE GAS NATURAL Y GAS L.P.* (págs. 31 - 35). MEXICO.
- Sener. (2016). *Creado por mandato del artículo 27 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/el-fondo-para-la-transicion-energetica-y-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia-es-un-instrumento-de-politica-publica-de-la-secretaria>
- Sener. (2016). *Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de <http://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-estrategico-de-formacion-de-recursos-humanos-en-materia-energetica-pefrhme-7732>
- SENER. (2011). *Indicadores de Eficiencia energética en el Sector Residencial*. México: SENER. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85305/Bibliograf\\_a\\_6.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85305/Bibliograf_a_6.pdf)
- SHCP. (2016). *Financiamiento de proyectos: barreras y oportunidades*. Ciudad de México.
- SMN. (30 de Agosto de 2016). *Servicio Meteorológico Nacional*. Obtenido de [smn.cna.gob.mx/es/climatologia](http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia)
- Valdés, A. (2008). *Análisis el impacto de la Norma NADF008*. Tlalnepantla, Estado de México: ICA, Procobra.
- Valdés, A. (2011). Posibilidades de las Energías Renovables en el Sector del Autortransporte. *Energías Renovables*, 3(11), 4-10.
- Vijay, S. M. (2004). *Estimating Air Pollution Emissions from Fossil Fuel Use in the Electricity Sector in Mexico*. Moston, MA: Massachusetts Institute of Technology.