

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA ENERGÍA TERMOSOLAR



SECRETARÍA DE ENERGÍA

Pedro Joaquín Coldwell

Secretario de Energía

Leonardo Beltrán Rodríguez

Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Fernando Zendejas Reyes

Subsecretario de Electricidad

Aldo Flores Quiroga

Subsecretario de Hidrocarburos

Gloria Brasdefer Hernández

Oficial Mayor

Edgar Santoyo Castelazo

Director General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Formación de Recursos Humanos

Fernando Torres Calva

Director de Innovación Tecnológica

REVISIÓN Y APROBACIÓN

SECRETARÍA DE ENERGÍA

Edgar Santoyo Castelazo

Director General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Formación de Recursos Humanos

Efraín Villanueva Arcos

Director General de Energías Limpias

Fernando Torres Calva

Director de Innovación Tecnológica

Jessica Susana Rodríguez Aguilar

Directora de Energías Renovables

COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Israel Jáuregui Nares

Director General Adjunto de Gestión para la Eficiencia Energética

Jorge A. Soriano Muñoz

Director de Innovación

CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR (CEMIE-SOL)

Jesús Antonio del Río Portilla

Responsable Técnico del CEMIE-Sol

Octavio García Valladares

Investigador CEMIE-Sol - IER-UNAM

Rafael E. Cabanillas López

Investigador CEMIE-Sol – Universidad de Sonora

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA
EN ENERGÍA TERMOSOLAR

ELABORACIÓN

EN COLABORACIÓN CON EL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Ernesto Ríos Patrón

Director General

Rafael Ramos Palmeros

Director de Desarrollo de Talento

María Georgina Ortiz Gallardo

Líder de proyecto

César Andrés de la Fuente Melo

Especialista

Martha Beatriz Rodríguez Hidalgo

Especialista

Carlos Miguel Vega Reyes

Especialista

Claudia Rivera Villa

Especialista

Víctor Gerardo Ortiz Gallardo

Líder de la Unidad de Inteligencia Tecnológica Competitiva

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

ÍNDICE

Agradecimientos	10
Introducción	11
Metodología general para la integración del Mapa de Ruta Tecnológica	14
La energía termosolar	18
Visión de la energía termosolar al 2030	32
Implementación de la visión	37
I. Acciones estratégicas: Retos	38
Ia. Energía termosolar en el sector residencial	39
Ib. Energía termosolar en el sector industrial	44
II. Acciones habilitadoras para fortalecer la industria: Barreras	53
IIa. Ámbito Regulatorio	54
IIb. Ámbito Económico	58
IIc. Recursos Humanos	61
IId. Ámbito Social	63
IIe. Ámbito Ambiental	65
III. Acciones de soporte	66
Diagrama	68
Conclusiones y siguientes acciones	69
Referencias bibliográficas	72

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas generales para la integración del Mapa de Ruta Tecnológica de Energía Termosolar.....	14
Figura 2. Irradiación solar directa en México.....	22
Figura 3. Calentadores solares instalados en México 2000-2015.....	23
Figura 4. Capacidad instalada global de colectores descubiertos 2015.....	24
Figura 5. Plantas de generación de calor en México para procesos industriales.....	24
Figura 6. Proyectos que emplean energía solar térmica en procesos industriales.....	25
Figura 7. Curva de costo de suministro por recurso, una perspectiva de negocio.....	26
Figura 8. Potencial de uso de calor térmico en México 2010-2030.....	27
Figura 9. Actores claves para el aprovechamiento de la energía solar en México.....	28
Figura 10. Visión para el aprovechamiento de la energía termosolar al 2030.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicaciones de calor solar por porcentaje de uso (finales de 2015).....	19
Tabla 2. Proveedores de CSA en ANES.....	26
Tabla 3. Retos tecnológicos prioritarios para alcanzar la visión al 2030.....	38
Tabla 4. Retos tecnológicos prioritarios para el desarrollo de la energía termosolar en el sector residencial.....	40
Tabla 5. Retos tecnológicos prioritarios para el desarrollo de la energía termosolar en el sector industrial.....	45

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Calentador solar de agua.....	11
Imagen 2. Instalación de termotanque.....	12
Imagen 3. Termotanques.....	12
Imagen 4. Calentamiento solar de agua sector residencial.....	15
Imagen 5. Planta termosolar en Zacatecas.....	17
Imagen 6. Calentador solar sector vivienda.....	18
Imagen 7. Colector de concentración solar.....	20
Imagen 8. Colector solar de canal parabólico.....	21
Imagen 9. Pruebas de laboratorio en exterior.....	31
Imagen 10. Calentamiento de agua en vivienda.....	32
Imagen 11. Nuevos materiales para calentadores solares de agua.....	34
Imagen 12. Concentradores solares en procesos de Nestlé Lagos de Moreno, Jalisco.....	35
Imagen 13. Concentradores solares power trough 110.....	36
Imagen 14. Pruebas de laboratorio a calentadores solares de agua.....	37
Imagen 15. Sistema termosolar en vivienda.....	39
Imagen 16. Fabricación de tubos al vacío para sistemas de calentamiento de agua.....	44

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Abreviaturas y acrónimos

AMEXCID	<i>Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo</i>
ANCE	<i>Asociación de Normalización y Certificación A.C.</i>
ANES	<i>Asociación Nacional de Energía Solar</i>
BMZ	<i>Bundesministerium für Zusammenarbeit und wirtschaftliche Entwicklung (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania)</i>
CEMIE	<i>Centro Mexicano de Innovación en Energía</i>
CEMIE-Sol	<i>Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar</i>
CENAM	<i>Centro Nacional de Metrología</i>
CENIDET	<i>Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico</i>
CERMA	<i>Consortio de Energías Renovables</i>
CGCEREE	<i>Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética</i>
CIMAV	<i>Centro de Investigación en Materiales Avanzados</i>
CINVESTAV	<i>Centro de Investigación y Estudios Avanzados</i>
CIO	<i>Centro de Investigaciones en Óptica</i>
CoIDT+i	<i>Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación</i>
CONACYT	<i>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología</i>
CONAVI	<i>Comisión Nacional de Vivienda</i>
CONOCER	<i>Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales</i>
CONUEE	<i>Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía</i>
COP21	<i>Conferencia sobre el Cambio Climático de París 2015</i>
CPC	<i>Colector Parabólico Compuesto</i>
CRS	<i>Central Receiver System (Sistema Receptor Central)</i>
CSA	<i>Calentador Solar de Agua</i>
CSP	<i>Concentrating Solar Power (Concentración Solar de Potencia)</i>
DKTI	<i>Deutsche Klima technologie initiative (Iniciativa Alemana de Tecnología Climática)</i>
DNI	<i>Direct Normal Irradiance (Irradiancia Directa Normal)</i>
DOF	<i>Diario Oficial de la Federación</i>
DTESTV	<i>Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda</i>
EC	<i>Estándar de Competencia</i>
EMA	<i>Entidad Mexicana de Acreditación A.C.</i>
ESCO	<i>Energy Service Company (Compañía de Servicio de Energía)</i>

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

FAMERAC	<i>Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables A.C.</i>
FECIME	<i>Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos, Electricistas y Electrónicos de la República Mexicana A.C.</i>
FIDE	<i>Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica</i>
FIRCO	<i>Fideicomiso de Riesgo Compartido</i>
FSE	<i>Fondo de Sustentabilidad Energética</i>
GEI	<i>Gases de Efecto Invernadero</i>
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (Agencia Alemana para la Cooperación Internacional)</i>
IEA	<i>International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía)</i>
IMP	<i>Instituto Mexicano del Petróleo</i>
INAOE	<i>Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica</i>
INEEL	<i>Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias</i>
INVI	<i>Instituto de Vivienda de la Ciudad de México</i>
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency (Agencia Internacional de Energía Renovable)</i>
ISE	<i>Institute for Solar Energy Systems (Instituto para Sistemas de Energía Solar)</i>
KW	<i>Kilowatts</i>
LFR	<i>Linear Fresnel Reflectors (Reflectores Lineales Fresnel)</i>
MRT	<i>Mapa de Ruta Tecnológica</i>
MW	<i>Megawatt</i>
MW_t	<i>Megawatt térmico</i>
NMX	<i>Norma mexicana</i>
NORMEX	<i>Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación</i>
ONNCCE	<i>Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.</i>
PEFRHME	<i>Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética</i>
PJ	<i>Petajoule</i>
PNUD	<i>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo</i>
PT	<i>Parabolic Trough (Canal Parabólico)</i>
SE	<i>Secretaría de Economía</i>
SEMARNAT	<i>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales</i>
SENER	<i>Secretaría de Energía</i>
SEP	<i>Secretaría de Educación Pública</i>
SHCP	<i>Secretaría de Hacienda y Crédito Público</i>

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

SHIP	<i>Solar Heat for Industrial Processes (Calor Solar para Procesos Industriales)</i>
TWh	<i>Terawatt-hora</i>
UABC	<i>Universidad Autónoma de Baja California</i>
UAM	<i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>
UNAM	<i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>
UNICACH	<i>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas</i>
UNISON	<i>Universidad de Sonora</i>

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Agradecimientos

El presente reporte se generó en el marco del proyecto “Desarrollo de los Mapas de Ruta Tecnológicos para los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs)” que el Instituto Mexicano del Petróleo realizó para el Fondo Sectorial CONACYT – SENER – Sustentabilidad Energética (FSE).

Mtro. A. Emmanuel Ramírez Salas

Mtro. Fidel Carrasco González

Lic. Jorge Andrés Soriano Muñoz

Ing. Rosa María Valdés Romero

Ing. David Contreras Rodríguez

Dr. Jesús Antonio del Río Portilla

Dr. Octavio García Valladares

Dr. Camilo Alberto Arancibia Bulnes

Dra. Karla G. Cedano Villavicencio

Dr. Iván Salgado Tránsito

Dr. Ignacio R. Martín Domínguez

Dra. Fabiola Méndez Arriaga

Dr. Nicolás Velázquez Limón

Dr. Rubén Dorantes Rodríguez

Dr. Joel Moreira Acosta

Ing. Daniel García Valladares

Dr. Rafael E. Cabanillas López

M.C. Joscha Rosenbusch

Mtro. Arno van den Bos

M.E.R. Hermilio Oscar Ortega Navarro

M.C. Lucas Grosseheide

Dr. Álvaro Lentz Herrera

Dra. Lourdes Angélica Quiñones Juárez

Arq. Adriana Vicente González

Ing. Carlos Rodríguez Cortés

Ing. Pablo Cuevas Sánchez

Ing. Miguel Angel Torres

Ing. Lidia Mora Vásquez

Lic. Isabel Cristina Aranda Güemez

Ing. Leonardo Minchaca Arreola

Agradecemos al Fondo de Sustentabilidad y a la Secretaría de Energía por su liderazgo, coordinación y por todo el apoyo brindado para la realización de esta iniciativa sin precedente en el país. Asimismo, damos las gracias a los siguientes especialistas que participaron de manera activa y entusiasta durante los talleres y el proceso de retroalimentación de este documento.

SENER

SENER

CONUEE

CONUEE

CONUEE

CEMIE-Sol, IER- UNAM

CEMIE-Sol, IER-UNAM

CEMIE-Sol, IER- UNAM

CEMIE-Sol, IER- UNAM

CEMIE-Sol, CIO

CEMIE-Sol, CIMAV

CEMIE-Sol, II UNAM

CEMIE-Sol, UABC

CEMIE-Sol, UAM-Azcapotzalco

CEMIE-Sol, UNICACH

CEMIE-Sol, FAMERAC / Módulo Solar S.A. de C.V.

CEMIE-Sol, Universidad de Sonora

GIZ

GIZ

GIZ

GIZ

ANES

ANES

CONAVI

FIRCO

PNUD México

ProMéxico

Secretaría de Economía

CENER México

Green Momentum

Hacemos un reconocimiento especial a Wolfgang Kramer, experto en energía termosolar del Instituto Fraunhofer ISE de Alemania, quien proporcionó durante los talleres, una visión de las

acciones que se llevan a cabo en el ámbito internacional para el despliegue de la energía termosolar.

Introducción

En la actualidad México está dando un gran impulso al desarrollo de las energías limpias, esto con la finalidad de diversificar la matriz energética y reducir de esta manera, la fuerte dependencia que tiene el país de los combustibles fósiles. Muestra de ello es la promulgación de la Ley de Transición Energética (DOF, 2015) que impulsa el incremento gradual de la participación de energías limpias en la industria eléctrica y la reducción de emisiones. Esta misma Ley, establece que para el año 2024, el 35% de la generación eléctrica deberá provenir de energías limpias.

Por otra parte, en el ámbito internacional, México asumió compromisos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en París 2015 (SEMARNAT, 2015), de reducir en un 22% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y en un 51% las emisiones de carbono negro hacia el 2030.

Particularmente la energía termosolar puede contribuir de forma significativa en la generación de calor requerido, tanto a nivel residencial como industrial, apoyando con esto el logro de reducción de emisiones y a diversificar la matriz energética en el país. México es privilegiado al ser uno de los países con mayor potencial para el aprovechamiento de este recurso, además existen las capacidades y la voluntad por parte de distintos sectores para lograrlo.

Para impulsar las energías renovables en el país, se han instrumentado diversas acciones y en el ámbito de investigación y desarrollo tecnológico destaca, el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética (FSE), el cual es un Fideicomiso creado por el Gobierno Federal, para atender las principales problemáticas en materia de sustentabilidad energética del país y se enfoca en cuatro líneas principales: eficiencia energética, fuentes renovables, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía. Este Fondo impulsa la creación de capacidades tecnológicas en la academia, la industria y las instituciones públicas, así como la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, la innovación y el despliegue de productos y servicios en el sector energía.

IMAGEN 1. CALENTADOR SOLAR DE AGUA



FUENTE: <http://corporativo soles.com/>

Por su parte, la Estrategia Nacional de Energía 2014-2028 (SENER, 2014a), precisa que se deberá trabajar en desarrollar proyectos que generen valor agregado para la industria energética mexicana, fortalecer a los institutos de investigación y de educación del sector energético, fomentar el desarrollo de recursos humanos capacitados y especializados, y propiciar la creación de redes nacionales e internacionales con las instituciones y centros de investigación, entre otros.

Con base en lo anterior, la Secretaría de Energía (SENER) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) han decidido generar iniciativas a través del Fondo de Sustentabilidad Energética, tales como la conformación de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs). Estos centros tienen el objetivo de abatir las barreras y retos tanto científicos como tecnológicos que enfrenta el país, para el aprovechamiento sustentable de las energías limpias.

Los CEMIEs son consorcios en los que participan instituciones de educación superior (IES), centros e institutos de investigación (CI) y empresas. En el año 2014 iniciaron operaciones tres Centros (CEMIE-Geo, CEMIE-Eólico y CEMIE-Sol) y en el 2016 se constituyeron dos más, el CEMIE-Océano y otro denominado CEMIE-Bio, este último se integra por cinco clústers que se enfocan el estudio de biocombustibles para el transporte y para generación térmica y eléctrica (CONACYT & SENER, 2014).

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

IMAGEN 2. INSTALACIÓN DE TERMOTANQUE



FUENTE: <http://www.hissuma-materiales.com.ar/>

La Secretaría de Energía, a través del FSE, patrocinó la elaboración de los Mapas de Ruta Tecnológicos (MRT) al 2030 para distintas energías, entre estos el correspondiente a la energía termosolar. Lo anterior, como parte de las iniciativas que se realizan para fortalecer la operación de los CEMIEs. Con los MRT, el FSE contará con instrumentos de planeación para direccionar recursos hacia proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, cuyos resultados sean de impacto en la industria termosolar.

El Mapa de Ruta Tecnológica que se presenta en este documento se enfoca exclusivamente en el aprovechamiento de la energía generada a través de sistemas termosolares. El estudio de la energía solar fotovoltaica, se realizó de manera independiente y los resultados obtenidos se presentan en otro Mapa de Ruta Tecnológica que también forma parte del trabajo realizado para el Fondo de Sustentabilidad.

Propósito del Mapa de Ruta Tecnológica

El propósito de este Mapa de Ruta Tecnológica es identificar los retos y barreras que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía termosolar al 2030. En particular, se busca que el MRT sea un insumo de información que sirva de base para orientar la definición de proyectos e iniciativas enfocadas a fortalecer o generar las capacidades tecnológicas necesarias para dar soporte al desarrollo sustentable de la industria termosolar de México, incluyendo infraestructura, recursos humanos especializados y servicios tecnológicos.

Como resultado del ejercicio realizado, se visualiza que para el año 2030 será factible tener una capacidad instalada para el aprovechamiento de la energía termosolar de 44,545,474 m². Esta capacidad equivale a 108 PJ que estarán contribuyendo a la matriz energética nacional. Esta visión se estableció a partir de una serie de talleres realizados en octubre y noviembre del 2017, en los que participaron especialistas en temas de energía termosolar provenientes de la comunidad de investigación y desarrollo tecnológico, el gobierno y la industria.

Para orientar la generación de la visión, se consultaron diversos documentos oficiales publicados por la Secretaría de Energía, entre los que se encuentran la Prospectiva de Energías Renovables (SENER, 2017b) y la Prospectiva de Energía Renovable REMap México (IRENA, 2015). Adicionalmente, se revisaron documentos de carácter técnico para establecer un panorama general de los avances más recientes en las tecnologías para el uso de la energía termosolar.

El Mapa de Ruta Tecnológica presenta una serie de acciones estratégicas y habilitadoras que se consideran prioritarias para favorecer la incorporación oportuna de las capacidades tecnológicas necesarias para alcanzar la visión al 2030, para cada acción, fueron definidas actividades específicas, actores involucrados y los plazos estimados para su ejecución. Cabe señalar que las acciones, actividades, actores y plazos propuestos no representan un programa de trabajo, sino una perspectiva global de las implicaciones y requerimientos para impulsar en México, el aprovechamiento del recurso solar a través de tecnología termosolar.

IMAGEN 3. TERMOTANQUES



FUENTE: <http://solaredwardsaledaide.com.au/>

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Adicionalmente, es preciso mencionar que los resultados que se presentan en este documento, corresponden a las condiciones técnicas, políticas, económicas, legales y sociales, prevalecientes en el contexto nacional al momento en que se desarrollaron los talleres. Por lo anterior, la vigencia, prioridad, actores y/o plazos indicados podrían modificarse en la medida en la que existan cambios significativos en el entorno en alguno de los ámbitos señalados.

Estructura y contenido del reporte

Este documento está conformado por seis capítulos. En el primero se describe la metodología empleada para la generación de este

Mapa de Ruta Tecnológica; en el capítulo dos, se presenta un panorama general de la tecnología termosolar y su estado de desarrollo en México.

En los siguientes dos capítulos, se describen los resultados del Mapa de Ruta Tecnológica, incluyendo la visión al 2030, acciones estratégicas propuestas para implementarla y las acciones habilitadoras que se consideran prioritarias para fortalecer el crecimiento de la industria termosolar.

Finalmente los capítulos cinco y seis, se enfocan en describir el diagrama del Mapa de Ruta Tecnológica, así como las conclusiones y siguientes acciones.

Metodología general para la integración del Mapa de Ruta Tecnológica

El Mapa de Ruta Tecnológica (MRT) es una herramienta de soporte en los procesos de planeación estratégica. Mediante esta herramienta se busca comunicar las acciones clave a desarrollar por los diferentes actores dentro de una organización para incorporar oportunamente las capacidades tecnológicas necesarias para lograr sus objetivos en el largo plazo. Diversas organizaciones del mundo utilizan los MRT como parte de sus procesos de planeación para orientar la definición de sus programas de desarrollo tecnológico y proyectos de generación de nuevos productos.

Los Mapas de Ruta Tecnológicos contribuyen con los procesos de planeación estratégica en dos sentidos. Por una parte, se genera una visión compartida entre los diferentes actores dentro de la organización que están involucrados en el cumplimiento de un objetivo particular. Por otra parte, se obtiene una representación gráfica que permite comunicar a todos los actores, la serie de acciones que se deben llevar a cabo en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar dicho objetivo. En el caso particular de los Mapas de Ruta Tecnológicos, las acciones se focalizan primordialmente en favorecer la adquisición y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas necesarias para lograr un objetivo.

Existen diferentes metodologías para construir los MRT, que varían en la forma de cómo se define el estado y las tendencias de la industria, la identificación de los actores clave y en los métodos empleados para alcanzar consensos en la visión, enfoque, retos y barreras; asimismo, pueden variar en su estructura. La construcción de un MRT se puede realizar a partir de alguno de los siguientes métodos: a) Método basado en la experiencia de expertos; b) Método de talleres basados en discusiones dirigidas y c) Método basado en trabajo de escritorio (Australian Government - Department of Industry, Tourism and Resources, 2001).

En el caso del Mapa de Ruta Tecnológica de energía termosolar, su construcción siguió el método de talleres basados en discusiones dirigidas. La realización del MRT bajo este

método, implicó toda una serie de actividades que van desde el análisis de la situación actual del aprovechamiento de esta energía en el país, hasta la generación del reporte que describe con mayor nivel de detalle las acciones clave para alcanzar la visión establecida al 2030.

La metodología empleada para la generación de este Mapa de Ruta Tecnológica, combina las prácticas propuestas por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2014a) y la Universidad de Cambridge (Phaal, 2001), con la experiencia adquirida por el Instituto Mexicano del Petróleo en la generación de MRT en el contexto del sector hidrocarburos (IMP, 2011; 2017).

La construcción del Mapa de Ruta Tecnológica se realizó a través de un proceso de cuatro etapas (Figura 1):

1. Generación del marco de referencia.
2. Diseño y planeación de talleres.
3. Realización de talleres.
4. Construcción del MRT.

FIGURA 1. ETAPAS GENERALES PARA LA INTEGRACIÓN DEL MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA DE ENERGÍA TERMOSOLAR.



1. Generación del marco de referencia

La primera etapa involucró la generación de la información que sirvió de referencia para diseñar el Mapa de Ruta Tecnológica. En esta etapa se realizó una caracterización general de la estructura de la industria, de las tecnologías clave para el desarrollo de la energía termosolar, y del progreso científico y tecnológico alcanzado en los ámbitos nacional e internacional, en relación a la solución de retos técnicos existentes para el aprovechamiento del recurso solar mediante sistemas termosolares.

Como resultado se generaron dos reportes que fueron insumo fundamental para la definición del enfoque y estructura del Mapa de Ruta Tecnológica. El primero corresponde al Reporte de Inteligencia Tecnológica en Energía Termosolar (SENER-IMP, 2017a) en el que se documentan los retos técnicos y el estado general de las tecnologías para su aprovechamiento; el segundo, corresponde al Diagnóstico de la Gestión de la Innovación del CEMIE-Sol (SENER-IMP, 2017b), el cual se realizó con el fin de conocer las líneas de investigación y desarrollo tecnológico del CEMIE-Sol, así como las acciones que lleva a cabo para transferir los resultados de los proyectos que ejecuta a la industria.

2. Diseño y planeación de talleres

En la segunda etapa, se definió el enfoque particular del Mapa de Ruta Tecnológica, participantes y la estructura de los talleres. A lo largo de esta etapa se realizaron entrevistas con diversos especialistas del sector a fin de tener una mejor comprensión de la estructura de la industria y mayores elementos para diseñar los talleres.

El enfoque y estructura del MRT se estableció a partir del estado de desarrollo de la industria en México y de la madurez de las tecnologías clave. Como parte de etapa de diseño, se identificaron, seleccionaron e invitaron a expertos de diversas instituciones a participar en los talleres. Los asistentes fueron seleccionados por su conocimiento sobre los retos, barreras y posibles soluciones a los problemas existentes en México para el aprovechamiento de los recursos solares con los que cuenta nuestro país mediante sistemas termosolares.

IMAGEN 4. CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA SECTOR RESIDENCIAL



FUENTE: <http://suryottam.com/>

3. Realización de talleres

Los talleres se efectuaron durante los meses de octubre y noviembre de 2017, en las instalaciones del Instituto Mexicano del Petróleo en la Ciudad de México. En los talleres se contó con la participación de veintinueve especialistas provenientes de la Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (CoIDT+i)¹, industria y órganos reguladores. Las instituciones representadas en los talleres se indican a continuación:

- Secretaría de Energía (SENER)
- Secretaría de Economía (SE)
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)
- CEMIE-Sol
 - IER-UNAM
 - CIO, A.C.
 - CIMAV
 - UABC
 - UNICACH
 - UNISON
 - UAM-Azcapotzalco
 - II UNAM

¹ La Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, está integrada por las Instituciones de Educación Superior y Centros e Institutos de Investigación y Desarrollo Tecnológico tanto Públicos como Privados, incluyendo al CEMIE-Sol.

- ANES
- FAMERAC
- CENER México
- GIZ
- ProMéxico
- PNUD México
- Fraunhofer ISE

Durante los talleres, los participantes compartieron sus perspectivas actuales y futuras para el desarrollo de la energía termosolar; se abordaron temas comunes para el sector residencial e industrial tales como la calidad de los componentes, nuevos materiales, integración de la cadena de suministro nacional, así como la investigación y desarrollo tecnológico.

Así también, los especialistas emitieron distintas opiniones referentes a la capacidad instalada actual y futura, los principales retos tecnológicos y barreras que limitan el crecimiento del sector, la adopción de nuevas tecnologías; además de establecer una serie de acciones prioritarias sugeridas para la atención de los retos y barreras identificadas.

4. Construcción del Mapa de Ruta Tecnológica (MRT)

La información colectada durante los talleres fue documentada para generar la versión preliminar del Mapa de Ruta Tecnológica. Los participantes recibieron un borrador en el que se indicó la visión de la posible evolución del sector que fue generada durante el taller, principales retos y barreras identificadas, acciones prioritarias sugeridas, plazos de atención y diagrama preliminar del MRT, lo anterior, para su revisión y retroalimentación. Los comentarios recibidos se integraron en el documento final del Mapa de Ruta Tecnológica, que fue presentado al Grupo Consultivo para su aprobación.

Una vez finalizado el reporte del MRT, se realizó un análisis del mismo para especificar las necesidades tecnológicas derivadas de las problemáticas asociadas a los retos y acciones sugeridas. En general, las necesidades tecnológicas se refieren a carencias o deficiencias de capacidades tecnológicas específicas o de alguno de sus componentes, es decir conocimiento, infraestructura, procesos o metodologías de trabajo y herramientas. Las

necesidades identificadas se documentaron en un reporte titulado Cartera de Necesidades de Innovación y Desarrollo Tecnológico (SENER-IMP, 2018). El objetivo de este documento es ofrecer información que sirva como base para generar iniciativas de proyectos específicos.

Fuentes de información consultadas

Las fuentes de información utilizadas incluyen documentos oficiales publicados por SENER, publicaciones técnicas y científicas, entrevistas con expertos técnicos y representantes de los sectores industria y gobierno; así como información recopilada directamente de los especialistas que participaron en los talleres. Dentro de los principales documentos oficiales consultados se encuentran: la Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031 (SENER, 2017b) y la Prospectiva de Energía Renovable REmap México (IRENA, 2015).

Actores involucrados en la elaboración del Mapa de Ruta Tecnológica

La generación del Mapa de Ruta Tecnológica involucró la participación de tres grupos: Grupo consultivo, equipo facilitador y especialistas. El Grupo consultivo, estuvo conformado por Directivos de la Secretaría de Energía, CONUEE, CONACYT y CEMIE-Sol. Este grupo fue responsable de aprobar el enfoque y alcance del MRT, participantes, y la difusión de los resultados obtenidos.

El equipo facilitador por su parte, estuvo conformado por especialistas del Instituto Mexicano del Petróleo. Este grupo fue responsable de conducir el desarrollo del MRT, desde su conceptualización hasta la generación del reporte.

Finalmente, el grupo de especialistas, integrado por los asistentes a los talleres y otros especialistas técnicos entrevistados, aportaron sus perspectivas, opiniones, así como comentarios al reporte de resultados del taller.

Alcances y limitaciones

El Mapa de Ruta Tecnológica presenta una serie de acciones estratégicas y habilitadoras que se consideran prioritarias para fortalecer el desarrollo de las capacidades tecnológicas necesarias para alcanzar la visión al 2030 para el aprovechamiento de la energía termosolar;

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

asimismo, se establecen un conjunto de actividades específicas propuestas, actores y plazos estimados para su realización. Cabe hacer mención que para efectos de este Mapa de Ruta Tecnológica, los plazos se definen de la siguiente forma: corto de 2018 a 2020; mediano de 2020 a 2024 y largo del 2024 al 2030.

Es importante mencionar que estas acciones, actividades, actores y plazos, corresponden a una propuesta y no representan un programa de trabajo, sino una perspectiva global de las implicaciones y requerimientos para impulsar el crecimiento de la industria termosolar de México.

En los talleres, se identificaron varios retos tecnológicos y barreras; sin embargo, sólo se analizaron con detalle aquellos que los participantes consideraron de mayor relevancia para alcanzar la visión generada al 2030 y son los que se discuten en este reporte.

El Mapa de Ruta Tecnológico obtenido también estuvo influenciado por las condiciones técnicas, políticas, económicas, legales y sociales

prevalecientes en el contexto nacional al momento en que se desarrollaron los talleres. Sin embargo, debido al dinamismo de la industria, algunos aspectos contextuales podrían cambiar y modificar la velocidad de crecimiento del sector y/o asimilación de nuevas tecnologías, y en consecuencia, alterar la prioridad de las acciones sugeridas, o bien, indicar la necesidad de considerar nuevas líneas de acción. Por lo anterior, la vigencia, prioridad, actores y/o plazos indicados podrían haberse modificado en la medida en la que se hayan presentado cambios relevantes en el entorno en alguno de los ámbitos señalados.

Finalmente, las actividades y la participación de los distintos actores que se presentan en este MRT, son de carácter indicativo, su finalidad es orientar la definición de políticas públicas, programas e iniciativas, enfocadas en fortalecer las capacidades tecnológicas necesarias para dar soporte al desarrollo sustentable de la industria termosolar en el mediano y largo plazo, incluyendo infraestructura, recursos humanos especializados, servicios tecnológicos, entre otros.

IMAGEN 5. PLANTA TERMOSOLAR EN ZACATECAS



FUENTE: <http://conacytprensa.mx/>

La energía termosolar

Generalidades

La energía solar es el recurso energético más abundante sobre la tierra, es limpio, inagotable y gratis, con alrededor de 885 millones de TWh incidiendo en la superficie del planeta cada año. Esto representa alrededor de 6,200 veces la energía primaria comercial consumida por el hombre en el 2008 (IEA, 2011).

La irradiación solar que llega a la superficie de la tierra equivale a aproximadamente 1 kilovatio por metro cuadrado (kW / m^2), cuando el sol está cerca del punto más alto de su elevación sobre el horizonte. Consta de dos tipos de irradiación: la irradiación directa, que proviene directamente del disco solar; y la irradiación difusa, que viene indirectamente después de ser extendida en todas las direcciones por la atmósfera. La irradiación solar global es la suma de los componentes directos y difusos (IEA, 2014b).

Existen dos tipos de tecnologías para aprovechar los beneficios del sol mismas que son: fotovoltaica y la termosolar.

La energía termosolar es la que convierte los rayos solares concentrados en calor, para la producción de electricidad y calor en diversas aplicaciones. El aprovechamiento del calor proveniente de la energía solar varía de región a región; y para lograr la concentración más efectiva de los rayos del sol, es necesario que se cuente con un cielo despejado, el cual comúnmente se encuentra en regiones calientes semiáridas.

La tecnología para el aprovechamiento de la energía termosolar puede considerarse madura en la actualidad. Como dato histórico en 1891, Clarence Kemp inventa el primer calentador de agua con energía solar, registrando una patente a la cual denominó "Climax".

Posteriormente en 1909, William J. Bailey patentó un calentador de agua solar con un método de circulación del agua y de conservación de calor conocido como termosifón.

Un desarrollo importante fue un calentador solar sumamente eficiente inventado por Charles Greeley Abbott en 1936. El calentador solar de agua se hizo popular por este tiempo en Estados Unidos. El crecimiento de esta industria fue alto

hasta mediados de 1950, cuando el bajo costo del gas natural hizo que este energético se usara como fuente principal para calentamiento.

Actualmente, las aplicaciones termosolares, pueden ser clasificadas por la temperatura a la que operan en aplicaciones de baja, media y alta temperatura, las cuales implican el uso de diferentes tecnologías y materiales.

IMAGEN 6. CALENTADOR SOLAR SECTOR VIVIENDA



FUENTE: <http://www.antusolar.cl/>

Las aplicaciones de baja temperatura, es decir, menores a 100°C , están relacionadas con tecnología de colectores planos, descubiertos y tubos evacuados empleados principalmente para el calentamiento de agua sanitaria y del agua de las albercas.

Las aplicaciones de temperatura media (entre 100°C y 400°C), utilizan tecnologías de tubos evacuados, que alcanzan hasta 120°C de temperatura, así también se utilizan concentradores solares de uso principalmente industrial, para enfriamiento y calefacción de espacios.

Las aplicaciones de alta temperatura (mayores a 400°C) utilizan espejos para concentrar la energía, logrando temperaturas suficientemente altas para la generación de electricidad, o el calentamiento de fluidos para usos industriales.

En la Tabla 1 se enlistan las aplicaciones principales a nivel internacional, de esta fuente de energía.

TABLA 1. APLICACIONES DE CALOR SOLAR POR PORCENTAJE DE USO (FINALES DE 2015).

Aplicaciones	Porcentaje de uso
Sistemas solares de agua caliente para viviendas unifamiliares	63
Sistemas de agua caliente para viviendas multifamiliares, sector turístico, sector público	28
Calentamiento de agua en albercas	6
Combinaciones de alta densidad para el agua caliente y calefacción urbana	2
Redes de calefacción urbana, procesos industriales o enfriamiento térmico	1

FUENTE: Elaborada a partir de datos obtenidos de Solar Heat Worldwide 2017 (Weiss, et.al., 2017).

Muchas tecnologías de calentamiento solar se encuentran en un estado avanzado de madurez y actualmente son competitivas comercialmente. Particularmente, las tecnologías de colectores solares de agua caliente han tenido una amplia penetración de mercado a través de aplicaciones de calentamiento de agua para uso doméstico y calefacción de albercas.

Las aplicaciones de calefacción urbana y generación de calor en procesos industriales se encuentran ya en etapa de comercialización. Por otra parte, las aplicaciones como enfriamiento o calefacción de espacios, requieren todavía de mayor desarrollo tecnológico para que puedan lograr costos competitivos y tener mayor aceptación en el mercado.

En el Mapa de Ruta Tecnológica de calentamiento y enfriamiento solar de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2012) se clasifican en dos grupos las tecnologías de acuerdo al tipo de colector termosolar, mismos que se describen a continuación:

Colector termosolar sin concentración solar

Los colectores termosolares sin concentración solar, son colectores de baja temperatura, ya que generan temperaturas normalmente menores a 85°C, son ideales para calentar agua en las albercas, para uso doméstico y actividades industriales en las que el calor del proceso no requiere temperaturas mayores. Existen dos tipos de colectores termosolares sin concentración (García-Valladares, et. al. 2017):

a) Colector solar plano: es una superficie plana con tubos por los que circula un fluido que se calienta a su paso por el panel, con revestimiento negro absorbente (superficie selectiva).

- Colector plano descubierto: sistema más económico y de bajo rendimiento, se usa para albercas.
- Colector plano protegido: tiene una cubierta transparente entre la superficie de absorción y el medio ambiente.

b) Colector de tubos evacuados: la superficie está aislada por uno o un doble tubo de vidrio al vacío, hay de dos tipos: flujo directo e indirecto (heat pipe).

Colector termosolar con concentración solar

Los dispositivos concentradores de energía solar (CSP por sus siglas en inglés), concentran los rayos del sol para calentar un receptor a mayores temperaturas.

Las tecnologías de colectores termosolares concentrados tienen diversas aplicaciones que van desde el calentamiento de líquidos en procesos industriales como por ejemplo, la pasteurización, teñido de fibras, industria alimentaria, entre otros, hasta la generación de electricidad.

Los concentradores de energía solar para generación de electricidad, son una tecnología probada a nivel comercial, la primera planta comenzó su operación en California de 1984 a 1991 favorecida principalmente por incentivos en los impuestos federales y del estado.

En el Mapa de Ruta Tecnológica de electricidad solar térmica de la Agencia Internacional de energía (IEA, 2014b), se especifican las

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

siguientes tecnologías de concentradores de energía solar (CSP, por sus siglas en inglés):

- a) Colector parabólico compuesto (CPC): Puede usarse en rangos de baja y mediana temperatura, y consta de un receptor cilíndrico. Puede alcanzar temperaturas de hasta 240°C.
- b) Canal parabólico (PT): refleja la irradiación solar y la concentra sobre el receptor que capta la energía, se diseña de forma modular y puede operar a temperaturas hasta de 400°C.
- c) Reflector lineal fresnel (LFR): tiene un mecanismo de seguimiento solar que permite enfocar la energía solar en un receptor a lo largo de la superficie reflejante y puede alcanzar temperaturas hasta de 400°C.
- d) Torre solar o sistema receptor central (CRS): puede alcanzar temperaturas en el rango de 1000°C o incluso mayores.
- e) Plato parabólico: puede alcanzar temperaturas hasta de 1000°C.

IMAGEN 7. COLECTOR DE CONCENTRACIÓN SOLAR



FUENTE: <http://www.sc.ehu.es/>

En términos generales, todas las tecnologías anteriormente mencionadas, utilizan un colector para capturar la energía solar, el elemento principal de estos colectores son los absorbedores, los cuales son responsables de recolectar la irradiación solar. Los colectores contienen un circuito a través del cual circula un fluido de transferencia de calor.

Las tecnologías de colectores que concentran calor como la Fresnel, canal parabólico, recientemente han sido adaptadas para proveer de calor a una variedad de sectores industriales. Debido a la reciente adaptación de esta tecnología al sector industrial, a partir del año 2016 se inició la evaluación a nivel mundial del mercado de calor solar para procesos industriales (SHIP).

Contexto internacional

Durante el 2016, la participación de la energía termosolar a nivel internacional ha contribuido con un ahorro de 40.3 millones de toneladas de petróleo y una disminución en la generación de 130 millones de toneladas de CO₂. Esto muestra la aportación importante de esta tecnología para los objetivos climáticos mundiales (Weiss, et. al., 2017).

Sin embargo, el desarrollo de la energía termosolar enfrenta tiempos difíciles, debido al nivel de competencia, cada vez mayor con otras energías renovables. Esta competencia está enfocada principalmente en el tema de la reducción de precios de la tecnología.

A finales de 2016 a nivel internacional se tenían 456 GW de capacidad termosolar acumulada en operación. Debido a los bajos precios de los combustibles fósiles y a la presión de sistemas fotovoltaicos, la tasa de crecimiento en instalaciones de sistemas termosolares ha tenido una tendencia a la baja a partir del año 2012. La adición en el año 2016 representó un incremento de sólo el 5% que contrasta con 33% de incremento de instalación de sistemas fotovoltaicos.

A pesar de la tendencia a la baja, China se mantiene por mucho como el mercado termosolar más grande. Con sus últimas adiciones de 27.7 GW en 2016, totaliza una capacidad instalada casi 19 veces mayor a la de Turquía que es el segundo mercado más grande.

Es importante mencionar, que la mayoría de la capacidad termosolar a nivel mundial está instalada en China y Europa con 309.5 GW y 49.2 GW respectivamente, que en conjunto acumulan el 82.3% de la capacidad total. Tradicionalmente estos dos mercados han estado enfocados a sistemas de calentamiento de agua en hogares.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

La transición en China de pequeñas unidades termosolares a grandes proyectos para edificios multifamiliares, turismo y el sector público, en 2016 representó un 68% de las adiciones. Esta tendencia fue soportada por un incremento en la demanda de sistemas de calentamiento solar de espacios centralizados al sur de China.

Esta transición ha creado la necesidad de generar códigos de construcción en áreas urbanas, estos establecen el uso obligatorio de calor solar y de bombas de calor en construcciones nuevas y adecuaciones mayores de casas, lo anterior como un medio para reducir la contaminación.

Como se mencionó anteriormente, a nivel internacional, en las últimas cinco décadas, la aplicación principal de la tecnología termosolar ha sido para el calentamiento de agua en casas unifamiliares; el segmento residencial representando un 63% de la capacidad instalada total de colectores a finales de 2015.

En los últimos años, los mercados han mostrado una transición hacia sistemas a gran escala para calentamiento de agua en edificios multifamiliares, para el turismo y sector público.

En 2015, este sector comercial representaba un 29% de los colectores en operación a nivel mundial, pero ese mismo año representó el 54% de la capacidad instalada adicional de colectores.

IMAGEN 8. COLECTOR SOLAR DE CANAL PARABÓLICO



FUENTE: <https://conacyt.gob.mx/>

La calefacción solar urbana ha ido incrementando su mercado sobre todo en Europa y China. En este sentido, Dinamarca tiene el récord anual de nuevas instalaciones y es el país con mayor crecimiento dentro de los mercados más grandes del mundo.

Por otra parte, las tecnologías de colectores que concentran calor como la lineal Fresnel y canal parabólico, recientemente han sido adaptadas para proveer de calor a una variedad de sectores industriales. Debido a la reciente adaptación de esta tecnología al sector industrial, a partir del año 2016 se inició la evaluación a nivel mundial del mercado de calor solar para procesos industriales (SHIP, por sus siglas en inglés). En lo que se refiere a las tendencias en este tipo de plantas SHIP, los segmentos industriales con la mayor cantidad de m² instalados durante 2016 fueron las de alimentos y bebidas, manufactura y textiles.

En términos generales, el desarrollo de la energía termosolar, presentó grandes retos durante el año 2016 en los mercados de Europa y China debido a la caída de los precios de los módulos fotovoltaicos y a los bajos precios de los combustibles fósiles, asimismo, la demanda de energía termosolar en el sector vivienda mantuvo su tendencia a la baja. Es por esta razón que muchos proveedores de sistemas termosolares, han respondido a esta situación diversificando su portafolio de productos. En Australia, por ejemplo, muchos fabricantes de colectores han agregado bombas de calor y soluciones fotovoltaicas a sus productos.

En la industria solar para enfriamiento, el área principal de enfoque ha sido la reducción de los costos. La estandarización de sistemas es una manera de reducir los costos de inversión en esta tecnología. Asimismo otra de las maneras de reducción de costos, es la instalación integral de estos sistemas, es decir, la experiencia muestra que se producen costos más altos al instalar de manera independiente enfriadores, colectores y tinacos.

A nivel mundial los fabricantes, han respondido a este reto desarrollando kits prefabricados de enfriadores solares con capacidades de enfriamiento entre 2.5 kW y 40 kW que son apropiados para hogares unifamiliares o para edificios multifamiliares y establecimientos comerciales.

Costos

De la misma manera que la mayoría de las tecnologías renovables, el calentamiento solar de agua se caracteriza por costos altos en la inversión inicial y costos bajos en su operación y mantenimiento.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Los costos de inversión para el calentamiento de agua dependen del diseño del sistema y características de la aplicación, la complejidad de la tecnología seleccionada y las condiciones del mercado en el país de operación, los cuales afectan de manera directa a los siguientes elementos:

- el equipo básico que incluye los colectores solares
- el equipamiento adicional tal como los soportes para los colectores, recipientes para el almacenamiento y bombeo
- costos de mano de obra para la instalación, lo cual incluye el diseño del sistema, armado y andamiaje

Para un sistema de calentamiento de agua, los costos de inversión pueden variar alrededor del mundo por un factor de casi 10, es decir podrían fluctuar entre USD 250/kW y USD 2,400/kW.

Para el enfriamiento solar, los costos de inversión son difíciles de evaluar debido a que la tecnología aún se encuentra en estatus emergente. Existe experiencia limitada y una cantidad alta de proyectos en demostración, donde una gran

cantidad de los costos provienen de fondos para investigación y desarrollo.

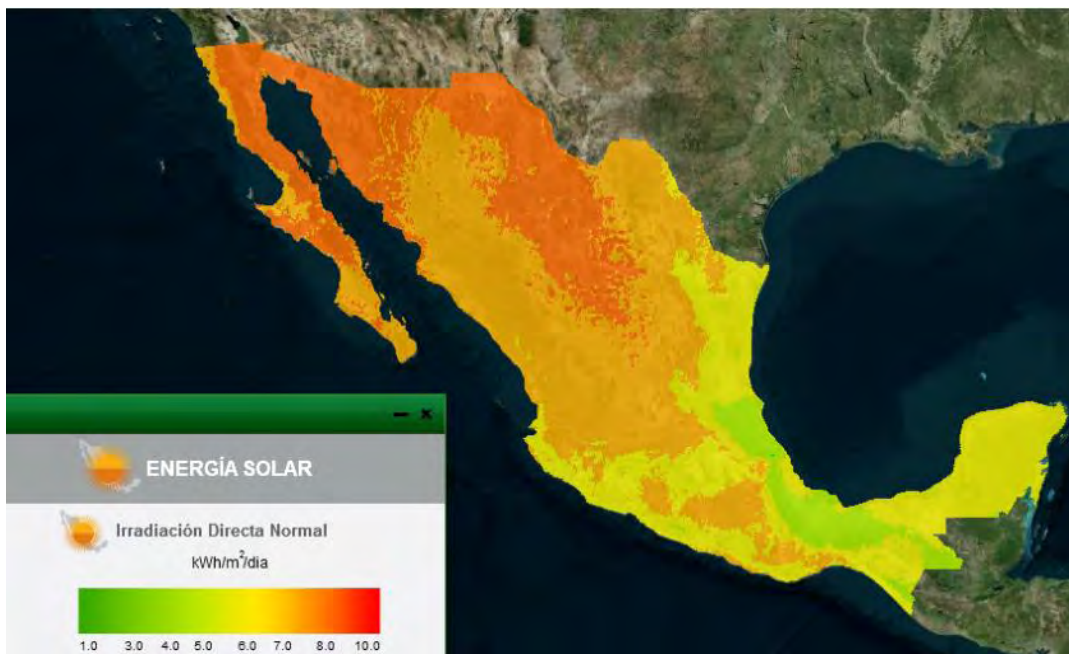
Algunos dispositivos de enfriamiento solar han sido instalados sin un subsidio en regiones tropicales donde los costos de la electricidad son muy altos. Se estima su costo de inversión en sistemas medios y grandes en un rango de costos que oscila entre USD 1,600/kW y USD 3,200/kW (IEA, 2012).

Los costos de operación y mantenimiento para sistemas de calentamiento y enfriamiento solar, generalmente son bajos ya que el sistema no requiere de combustible y solo utiliza un mínimo de electricidad para que puedan operar sistemas auxiliares tales como una bomba de circulación (IEA, 2012).

Contexto nacional

De acuerdo con la SENER, debido a que México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, es un sitio ideal para el aprovechamiento de la energía solar, pues la irradiación global media diaria en el territorio, es de alrededor de 5.5 kWhm²/d (CRE, 2017), siendo uno de los países con mayor potencial para el uso de esta energía en el mundo (ver Figura 2).

FIGURA 2. IRRADIACIÓN SOLAR DIRECTA EN MÉXICO



FUENTE: INERE (SENER, 2017a)

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Es importante mencionar que a partir del año 2007, en el país se dio un impulso a la tecnología termosolar para calentamiento de agua en el período 2007-2012, donde la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), tomó la iniciativa de diseñar e implantar el Programa para la Promoción de Calentadores

Solares de Agua en México (PROCALSOL), con la colaboración de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GIZ, por sus siglas en alemán) y la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

En la Figura 3 se observa el crecimiento que se ha tenido en instalaciones de calentadores de agua.

FIGURA 3. CALENTADORES SOLARES INSTALADOS EN MÉXICO 2000-2015
Area de calentadores solares instalada (m²)



FUENTE: Asociación Nacional de Energía Solar (ANES, 2017)

El PROCALSOL incluyó instrumentos de mercado para la implementación de la tecnología de calentamiento solar de agua (CSA) en los sectores: residencial, comercial, industrial y agronegocios.

Actualmente la CONUEE da seguimiento al Programa de Calentamiento Solar de Agua México 2014-2018, en línea con lo establecido en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE).

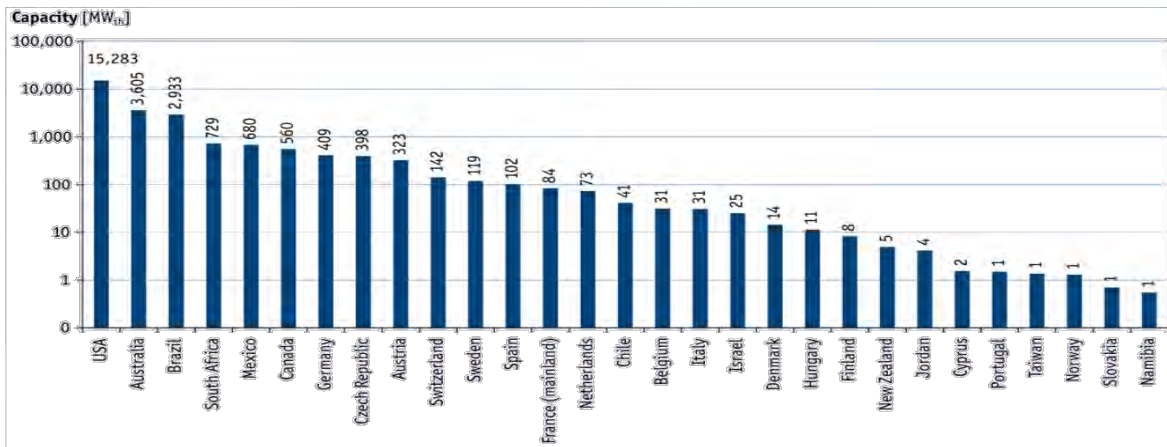
Al 2015, México contaba con aproximadamente 3 millones de metros cuadrados de calentadores solares instalados, equivalente a 2 PJ anuales de

energía. De acuerdo al informe de tendencias de energía termosolar a nivel mundial (Weiss, et. al., 2017) en el año 2015, México ocupaba el quinto lugar en capacidad instalada de colectores descubiertos en operación con 680 MW_t, véase la Figura 4.

En lo que se refiere al desarrollo de proyectos del sector industrial, en México se terminó de construir en el año 2016 el proyecto de calentamiento solar para la mina de cobre la Parreña, la instalación de 6,270 m² fue diseñada para cubrir el 58% de la demanda de calor de la mina.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

FIGURA 4. CAPACIDAD INSTALADA GLOBAL DE COLECTORES DESCUBIERTOS 2015

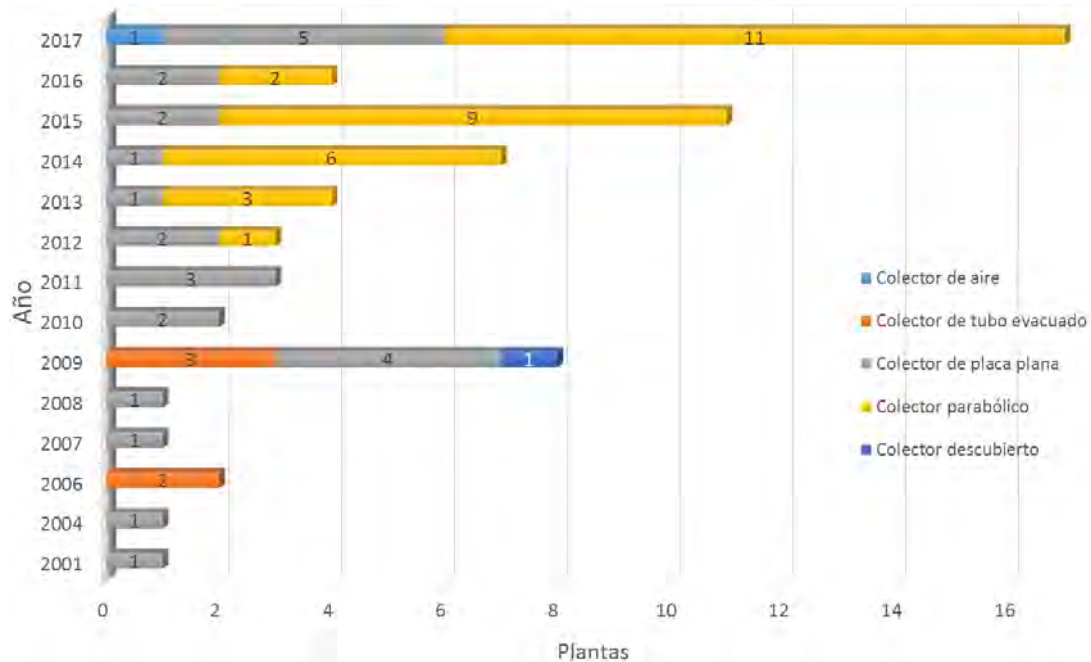


FUENTE: Solar Heat Worldwide Global Market Development and Trends in 2016 (Weiss, et. al., 2017)

A septiembre de 2017, México contaba con 65 proyectos de aplicaciones de calor solar en procesos industriales, con una capacidad instalada de 13.7 MW y una superficie de 22,353 m², esto de acuerdo a la consulta realizada en la base de datos en línea (SHIP Plants, 2017), donde se lleva un registro global de los proyectos de calor solar para procesos industriales.

En la Figura 5, se aprecia que a partir del año 2009, en México se ha tenido un crecimiento notable en la cantidad de aplicaciones de calor solar en procesos industriales, destacando la tecnología de colectores de canal parabólico, la cual a partir del año 2013, ha sido la más utilizada.

FIGURA 5. PLANTAS DE GENERACIÓN DE CALOR EN MÉXICO PARA PROCESOS INDUSTRIALES



FUENTE: Construida a partir de datos consultados en Solar Thermal Plants Database (SHIP Plants, 2017).

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Como ya ha sido mencionado, en México se han desarrollado proyectos con energía termosolar para procesos industriales que emplean colectores de concentración solar de canal parabólico, principalmente en el sector alimenticio, empresas como Nestlé, Lechera Guadalajara, Agropecuaria Tarasca, Canel's, Huevos Guadalupe (PAISA), entre otras, tiene

instalaciones con este tipo de tecnología (ver Figura 6).

Actualmente existen empresas mexicanas que desarrollan y comercializan concentradores solares de canal parabólico para la generación de energía térmica entre los 50°C y 200°C, se puede mencionar como ejemplo a la empresa Inventive Power

FIGURA 6. PROYECTOS QUE EMPLEAN ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN PROCESOS INDUSTRIALES



FUENTE: El empleo de la energía solar térmica en México-CCEEA (CCEEA, 2017).

En lo que se refiere a la cadena de suministro para la industria termosolar, en el país, existen actualmente empresas que fabrican, instalan y dan mantenimiento, tanto a calentadores solares,

como a concentradores parabólicos para procesos industriales. En la Tabla 2 se enlistan algunas de las empresas identificadas con participación en México para el sector residencial e industrial.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

TABLA 2. PROVEDORES DE CSA EN ANES.

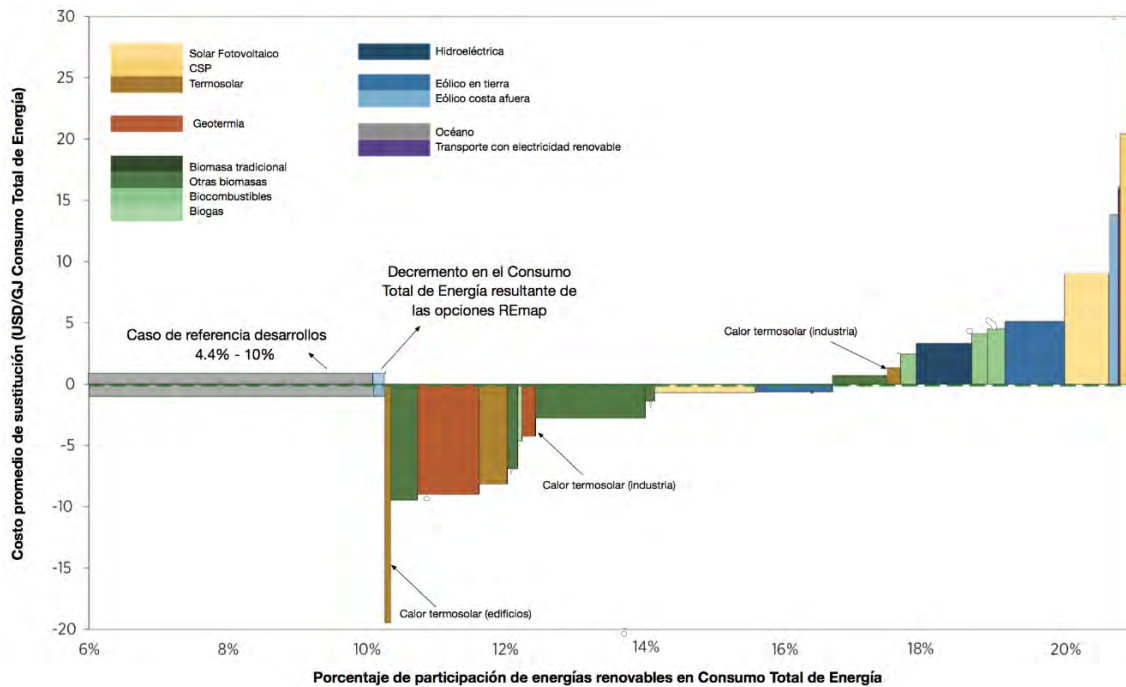
Empresa	Sector residencial	Sector industrial
Aaacsis Planet S.A. de C.V.		
Bicentenario		
Citrus		
Calorex		
Desarrollo de Productos SA		
Enver de México		
Energisol S.A. de C.V.		
Frantor Calentadores Solares (Mr)		
Kioto Clear Energy		
Módulo Solar, S.A. de C.V.		
Onlysun S.A. de C.V.		
Soluciones JSL; S. A. de C. V.		
Savesolar		

FUENTE: Construida a partir de datos consultados en la ANES (ANES, 2017).

Adicionalmente se han efectuado estudios de factibilidad de aplicación de la tecnología termosolar en el país, destacando la prospectiva de energía renovable para México (IRENA, 2015), la cual señala oportunidades rentables de sustitución de combustibles fósiles por aplicaciones termosolares, tanto en procesos industriales, como en el sector de edificios y hogares.

Tal y como se muestra en la Figura 7, el costo de sustitución es negativo en las tecnologías de energía termosolar, por lo que representan una alternativa atractiva con relación a las otras fuentes de energía renovable.

FIGURA 7. CURVA DE COSTO DE SUMINISTRO POR RECURSO, UNA PERSPECTIVA DE NEGOCIO



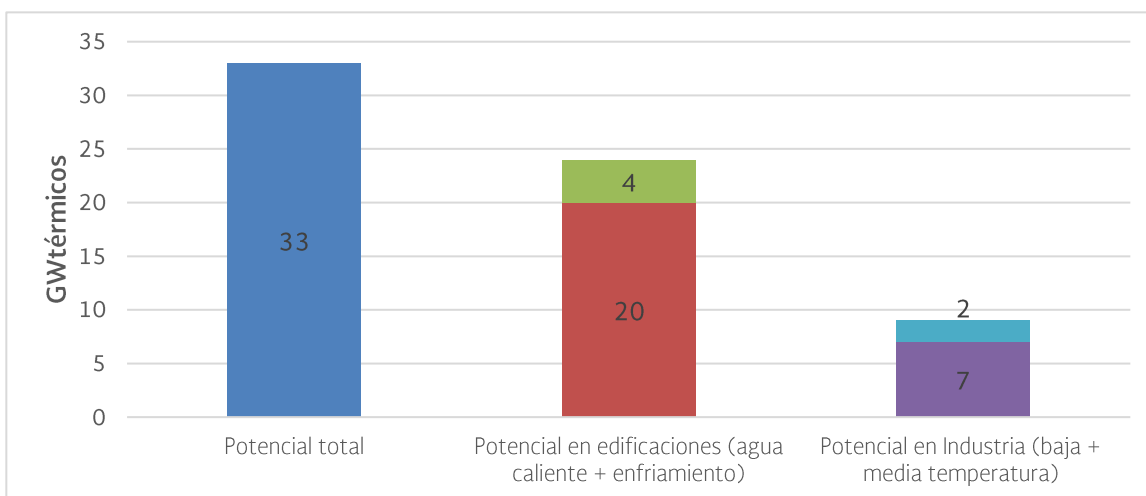
FUENTE: Adaptado de la Prospectiva de energía renovable para México (IRENA, 2015).

Objetivos y metas

El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018, es un instrumento que define la visión estratégica para alcanzar el uso óptimo de energía en el país, en el cual se establece como una de sus estrategias, el fortalecer los programas de uso de calentadores solares de agua en los sectores de consumo final.

Es importante mencionar que la Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031 (SENER, 2017b), no hace mención alguna sobre metas y prospectivas relacionadas con la energía termosolar. Por otra parte, en la presentación del Programa para la Promoción de Calor Solar en México, se indica que el potencial estimado para la industria y edificaciones del país, es de alrededor de 33 GW_t (Figura 8) en el período 2010-2030 (SENER, et. al., 2017).

FIGURA 8. POTENCIAL DE USO DE CALOR TÉRMICO EN MÉXICO 2010-2030



FUENTE: Programa para la promoción de calor solar en México (SENER, et. al., 2017)

De acuerdo al Programa para la promoción de calor solar en México, el potencial de uso de calor térmico en edificaciones al 2030, será mayor a 20 GW_t y para la industria, se estima un potencial de uso de calor térmico aproximado de 9 GW_t en el período 2010-2030, de los cuales 7 GW_t se localizan en el sector de baja temperatura, en procesos típicos de la industria textil, producción de alimentos y algunos procesos químicos.

Los otros 2 GW_t se considera serán aplicados en procesos de media temperatura donde se

requieren sistemas de concentración solar, principalmente para la fabricación de productos químicos.

Actores de la industria

En el programa para la promoción de calor solar en México, se presenta un esquema (Figura 9) donde se enlistan los actores claves en el país para el aprovechamiento del calor solar.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

FIGURA 9. ACTORES CLAVES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO



FUENTE: Programa para la Promoción de Calor Solar en México (SENER, et. al., 2017)

A continuación se describe de manera general cada uno de los grupos de actores:

Público: su función principal radica en la coordinación de los actores claves, desarrollar programas y acciones que impulsen el uso de la energía termosolar. Así también la promoción y difusión de la tecnología termosolar.

Oferta: integrado por asociaciones y empresas dedicadas a la fabricación, venta e instalación de sistemas termosolares.

Demanda: grupo de particulares y empresarios interesados en los sistemas termosolares.

Financiero: integrado por instituciones que otorgan financiamiento para el desarrollo de proyectos, en sectores tales como industrial, servicios, residencial y agronegocios.

Academia y educación: está integrada por las Instituciones de Educación Superior y Centros e Institutos de Investigación y Desarrollo Tecnológico tanto Públicos como Privados, incluyendo al CEMIE-Sol, así como asociaciones y colegios de especialistas de México. Su función principal es facilitar la transferencia y desarrollo

de tecnologías entre centros e institutos de investigación nacionales y la industria, así también desarrollar las capacidades técnicas y la formación de recursos humanos.

Internacional: conformado por organismos extranjeros de diversa índole (asociaciones, bancos, centros de investigación, entre otros) cuya finalidad es apoyar al país para desarrollar de manera sostenible la energía termosolar.

Normatividad

En lo referente al marco regulatorio vinculado con la energía termosolar, en México se han efectuado diversas regulaciones relacionadas principalmente con calentadores solares de agua, ejemplo de esto es el Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda (DTESTV), emitido por la CONUEE, y las cuatro Normas Mexicanas (NMX) desarrolladas por la Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (NORMEX).

El DTESTV es una especificación aplicable a los sistemas de calentamiento de agua, cuya fuente de energía sea la irradiación solar y como respaldo un calentador de agua, basado en gas,

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

energía eléctrica o cualquier otra fuente de energía.

Así también, entre la normatividad internacional para las aplicaciones térmicas de energía solar se puede mencionar la norma ISO 9806:2013 “Solar Energy-Solar Thermal Collectors-Test Methods” (García-Valladares, et al., 2017).

Las normas Mexicanas vigentes de calentamiento solar de agua son:

- NMX-ES-001-NORMEX-2005, para el rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua- métodos de prueba y etiquetado, vigente desde el 14 de octubre de 2005.
- NMX-ES-002- NORMEX-2007 (vigente a partir del 22 de junio de 2007), contiene las definiciones y terminología del CSA. La fecha de emisión fue el 20 de septiembre de 2006.
- NMX-ES-003- NORMEX-2007, establece los requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para calentamiento de agua. La fecha de inicio de vigencia fue el 22 de septiembre de 2008.
- NMX-ES-004-NORMEX-2010, para la evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua- método de prueba. La fecha de inicio de vigencia fue el 11 de junio de 2010.

Por otra parte, un factor clave para asegurar la calidad de los equipos de los Calentadores Solares de Agua (CSA), son los laboratorios de prueba, los cuales mediante procedimientos apegados a la normatividad vigente, comprueban las características de rendimiento y seguridad indicados por los fabricantes de estos equipos. Cabe destacar que a finales de 2018, se tendrá lista la certificación de laboratorios de prueba.

En 2004, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía tenía registrados cinco laboratorios en México para probar los Calentadores Solares de Agua (se presentan en la sección de infraestructura especializada).

Así también dentro del marco regulatorio que favorece el desarrollo de la energía termosolar en México, se pueden mencionar los siguientes instrumentos:

- Norma ambiental para el Distrito Federal. NADF-008-AMBT-2005.
- Reglamento de construcciones del municipio de Centro, Estado de Tabasco 2012.
- Ley de impuesto sobre la renta (ISR), artículo 34.

Es importante mencionar que se ha avanzado en la elaboración de normas obligatorias para regular el mercado, muestra de lo anterior, es que el pasado 28 de noviembre de 2017, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) aprobó la nueva Norma Oficial Mexicana “NOM-027-ENER-2017 Rendimiento Térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas LP o gas natural”.

Esta NOM tiene como finalidad el ahorro de gas en un sistema híbrido solar-gas, es decir un sistema acoplado entre un calentador solar de agua y un sistema de respaldo de gas. Sin embargo, falta elaborar una NOM específica para colectores y componentes del sistema solar (sin respaldo de gas).

Este mismo comité aprobó el programa de normalización para el 2018, el cual contiene los temas a desarrollar en materia de NOM por parte de dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como las Normas Mexicanas (NMX) emitidas por los organismos de normalización. En este programa se destaca el tema de eficiencia energética de los motores de corriente alterna, enfriados por aire, de baja capacidad o subfraccionarios, que ya se publicó para consulta pública como proyecto de NOM para unidades evaporadoras y condensadoras para refrigeración comercial e industrial.

Como se ha mencionado en México, se han efectuado diversos esfuerzos para impulsar los sistemas termosolares; sin embargo, se identifican diversas oportunidades de mejora entre las que destacan las siguientes:

- Vinculación de la regulación de Energías Limpias y renovables (calor solar) con la reducción de emisiones en el sector industrial y sectores de consumo final.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

- Desarrollar recomendaciones para adaptar el marco legal que promueva a la energía solar en la industria (venta de energía), con el fin de dar certeza a los usuarios industriales, la banca y desarrolladores de tecnología.
- Desarrollar y sistematizar normas y estándares para las aplicaciones y tecnologías solares térmicas de baja y media temperatura.
- Promover la aplicación de normas solares en todo el país.

Capacidades de soporte para la realización de investigación y desarrollo tecnológico

Con relación a las capacidades tecnológicas relevantes de soporte que existen en el país para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo tecnológico, se han consolidado diversas asociaciones y consorcios a nivel regional y nacional, muestra de lo anterior es el Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-Sol) y la Plataforma Solar de Hermosillo, esta última tiene como finalidad promover y facilitar la investigación, desarrollo y evaluación de tecnologías solares, así como fomentar la colaboración del sector privado, gobierno y academia.

Por otra parte, el CEMIE-Sol inició sus actividades en el año 2014 y agrupa diversas instituciones nacionales y extranjeras. Su objetivo es generar sinergias en favor del aprovechamiento de la energía solar en el país, planear acciones en el mediano y largo plazo para promover el aprovechamiento de la energía solar, así como la integración y ejecución de una cartera de proyectos estratégicos que propicie la consecución de resultados de valor para el sector energético del país. Por lo que las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que realiza el CEMIE-Sol, se enfocan en los campos solar fotovoltaico y solar térmico (CEMIE-Sol, 2013).

El CEMIE-Sol es un centro virtual y a través de las instituciones que lo integran, dispone de infraestructura (laboratorios nacionales, oficinas de transferencia de tecnología e incubadoras) para la realización de sus proyectos. Así también el CEMIE-Sol considera como tema prioritario el desarrollo de talento nacional.

Los proyectos del CEMIE-Sol relacionados con el tema termosolar se enlistan a continuación:

- Producción de electricidad solar mediante sistemas de disco parabólico, a partir de fotoceldas de alta eficiencia y dispositivos termoiónicos avanzados.
- Desarrollo de Tanques para Almacenamiento de Energía Solar Térmica.
- Desarrollo de Sistemas de Enfriamiento Operados con Energía Solar.
- Combustibles Solares y Procesos Industriales COSOLpi.
- Desarrollo de captadores, sistemas solares y sistemas autocontenidos de baja temperatura con materiales novedosos para México.
- Laboratorios de pruebas para baja y media temperatura, laboratorio para el diseño e integración de sistemas termosolares asistido por computadora.
- Inventario Nacional del Recurso Solar, Mapa del recurso solar.
- Materiales selectivos y reflejantes para sistemas de conversión de energía solar en energía térmica.

Infraestructura especializada

Una parte importante de los esfuerzos que se han realizado por consolidar la energía termosolar en el país, es la creación de infraestructura de apoyo a proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (CEMIE-Sol, 2017a), entre los cuales se destacan los siguientes laboratorios de prueba:

- Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (IER-UNAM – UNISON – CENIDET – INAOE – UAM).
- Laboratorio de Energías Alternativas (CINVESTAV Unidad Querétaro).
- Laboratorio Nacional de Nano y Bio Materiales (CINVESTAV Unidad Distrito Federal) y Laboratorio de Servicios Experimentales (CINVESTAV Unidad Mérida).

IMAGEN 9. PRUEBAS DE LABORATORIO EN EXTERIOR



FUENTE: <http://mexolab.com/>

- Laboratorio de pruebas para colectores solares del Instituto de Energías Renovables IER-UNAM.
- Laboratorio de pruebas para colectores solares del Centro de Investigación Óptica Unidad Aguascalientes.
- Laboratorio de la Universidad de Guanajuato.
- Laboratorio de Grupo Industrial Saltillo.
- Laboratorio Mexicano de Pruebas Solares (Mexolab).
- Laboratorio del Instituto de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables y Eficiencia Energética (IIDEREE).

Cabe mencionar que se encuentra en proceso de construcción el laboratorio de Innovación y Caracterización de Sistemas Termosolares y Fotovoltaicos en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) en Aguascalientes.

Desarrollo de talento

Ante la necesidad de implementar proyectos con energía renovable, el desarrollo de capital humano especializado es otra área de oportunidad, en años recientes se han realizado importantes esfuerzos para formar y elevar la calidad de profesionistas y técnicos del sector.

Al respecto, se estima que la implementación de la Reforma Energética requerirá de 135,000 especialistas en energía renovable y eficiencia energética, el 80% de ellos a nivel técnico. Para enfrentar estos retos, la Secretaría de Energía con el acompañamiento de la Agencia de Cooperación Alemana -GIZ (SENER, 2016b), ha promovido el Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética (CGCEREE), cuyo objetivo es generar capital humano calificado en energía renovable y eficiencia energética, mediante el desarrollo de estándares de competencia (EC) y la certificación del personal técnico bajo dichos estándares.

Actualmente, se cuenta con dos estándares de competencia (CONOCER, 2017), relacionados con instalaciones solares térmicas, mismos que se listan a continuación:

- Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable.
- Instalación de sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque.

Visión de la energía termosolar al 2030

A nivel internacional, la energía termosolar, es junto con la energía eólica, de las más utilizadas debido a que la tecnología para su aprovechamiento es madura, comercialmente disponible y competitiva, es por ello que han surgido diversas aplicaciones que producen o suministran calor solar para calentamiento de fluidos orientadas al sector vivienda, turismo, público e industrial.

Por otra parte, contribuye a un medio ambiente sustentable ya que reduce el consumo de leña (principalmente en las áreas rurales) y el consumo de petrolíferos (gas LP, gas natural, otros); asimismo, conlleva beneficios económicos por tener acceso a fuentes de energía asequibles y reducir la dependencia de los hogares (democratización del acceso a energías limpias y asequibles) al consumo de hidrocarburos, principalmente.

En lo que respecta a México, existe un gran potencial de aprovechamiento de este tipo de energía, debido a los altos niveles de irradiación solar registrados en el territorio nacional durante todo el año. Se han identificado oportunidades en la aplicación de esta tecnología orientadas principalmente al uso del calor en procesos industriales, alimentos, agricultura y calentamiento de agua, los cuales pueden contribuir significativamente al desarrollo económico y social en ciertas regiones.

Asimismo un impulsor importante de la energía termosolar en el país, es su potencial contribución en la matriz energética nacional favoreciendo de esta manera la reducción de gases efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles.

Un objetivo del Gobierno Federal, es lograr la diversificación de la matriz energética, impulsando el aprovechamiento de las energías renovables en la oferta interna bruta para acelerar la transición energética hacia energías limpias, y de esta manera, contribuir al cumplimiento de los compromisos a nivel internacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

IMAGEN 10. CALENTAMIENTO DE AGUA EN VIVIENDA



FUENTE: <http://modernize.com/>

Particularmente, en los últimos años se han establecido diversos esfuerzos para impulsar la energía termosolar en el país, tales como, el programa para la promoción de calentadores solares de agua (Procalsol 2007-2012) y el programa de energía solar a gran escala en México (DKTI Solar) que implementa la GIZ por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ), en conjunto con SENER y AMEXCID, esto como parte de la cooperación intergubernamental entre México y Alemania.

El programa DKTI Solar, se ejecuta desde noviembre de 2015 y se estima que culminará en abril de 2020, tiene el objetivo de mejorar las condiciones tecnológicas, financieras y organizacionales para el aprovechamiento de la energía solar a gran escala (fotovoltaica y solar térmica).

De acuerdo con la FAMERAC², como parte de los esfuerzos mencionados, al año 2015 se alcanzó una capacidad instalada termosolar de 3,257,365 m², de los cuales 1,831,953 m² corresponden a calentamiento de agua en vivienda, 967,512 m² a albercas, 248,101 m² destinados a hoteles y servicios, y por último, 209,799 m² para generar calor en procesos industriales (García, 2017).

La visión que se establece en este Mapa de Ruta Tecnológica deriva del análisis de información sobre el crecimiento de esta energía tanto a nivel nacional como internacional, de las tendencias tecnológicas y del crecimiento estimado de la demanda de las diferentes aplicaciones termosolares en México.

² FAMERAC, Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables A.C.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Al respecto de este último punto, es importante mencionar que no fueron identificadas metas gubernamentales oficiales de crecimiento de la energía termosolar en el país, por lo que para definir la visión del Mapa de Ruta Tecnológico, se tomaron como referencia los datos de la capacidad instalada acumulada al 2015 reportados por la FAMERAC, los rangos de crecimiento de capacidad instalada por año en las cuatro aplicaciones que se abordan en el MRT (García, 2017) y las tasas de crecimiento poblacional (INEGI, 2017).

De esta forma, la visión fue establecida en consenso por los especialistas provenientes de gobierno, industria y la Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (CoIDT+i), que participaron en los talleres para la generación del Mapa de Ruta Tecnológico, la visión incluye cuatro aplicaciones agrupadas en dos sectores: a) Sector residencial que involucra el calentamiento de agua en vivienda y b) Sector industrial integrado por

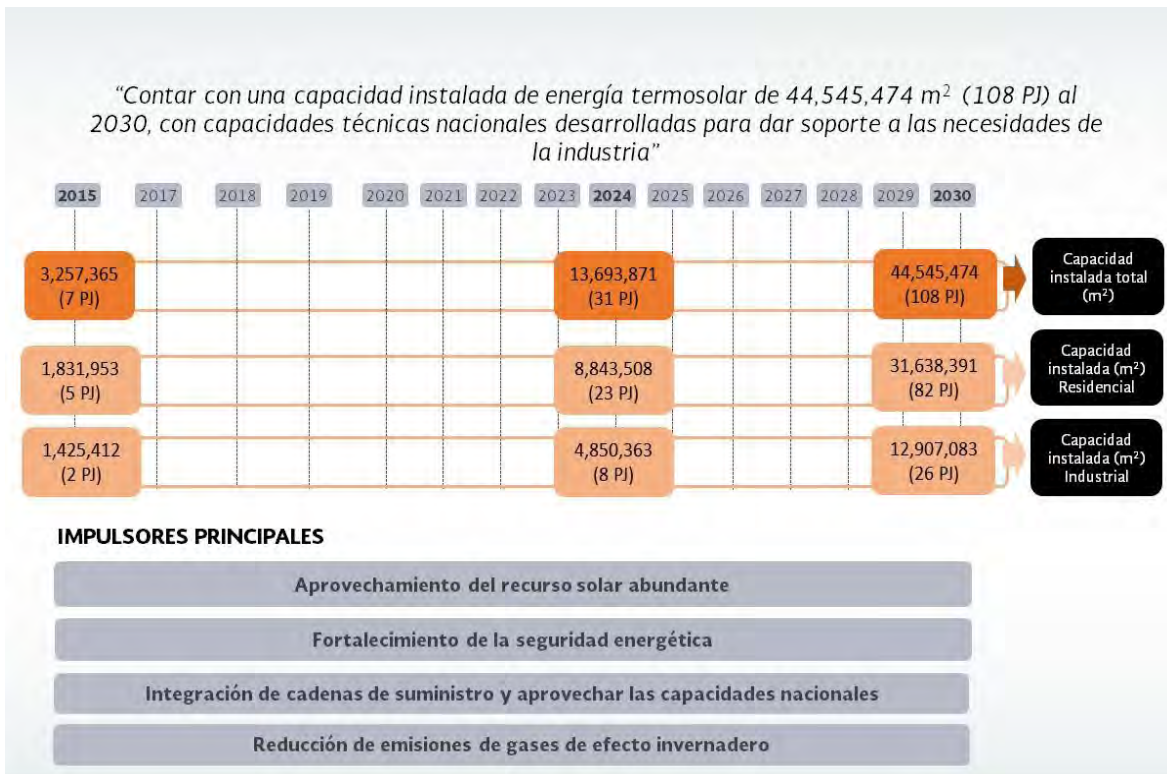
procesos industriales, albercas, hoteles y servicios diversos (hospitales, centros deportivos, centros comerciales, baños públicos, entre otros).

La visión que se propone en este documento, supone que en los próximos años continuará el impulso a esta energía, mediante el establecimiento de políticas públicas que incentiven la industria termosolar.

Así, con base en los elementos que han sido mencionados, se considera factible: **“Contar con una capacidad instalada de energía termosolar de 44,545,474 m² (108 PJ) al 2030, con capacidades técnicas nacionales desarrolladas para dar soporte a las necesidades de la industria”.**

En la Figura 10, se presenta de manera esquemática la evolución de las metas de capacidad instalada que se consideran factibles al 2024 y 2030.

FIGURA 10. VISIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA TERMOSOLAR AL 2030.



Una de las principales premisas que se consideran en la visión es que habrá un crecimiento en el mercado tanto en el sector residencial como industrial, para ello se espera que en los próximos años el Gobierno Federal defina políticas públicas que favorezcan este desarrollo. Dado que la tecnología para el aprovechamiento de la energía termosolar es madura, la estrategia a seguir involucra el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas existentes a nivel nacional, por lo que se visualiza que se desplieguen los servicios, productos, recursos humanos, herramientas e información necesaria para dar soporte a esta industria; lo cual generará oportunidades de empleo y desarrollo social en algunas regiones en el país.

De acuerdo con las metas establecidas en la visión, se estima que para el 2024 la capacidad termosolar instalada en México sea del orden de 13,693,871 m², es decir, se espera un crecimiento de aproximadamente 4 veces en relación a la capacidad instalada en el 2015.

Por su parte se visualiza que para el año 2030 la capacidad termosolar instalada en el país sea de 44,545,474 m², es decir alrededor de 14 veces la capacidad instalada en el 2015³.

Se visualiza que para el 2030, la energía termosolar contribuya a la matriz energética nacional aportando aproximadamente 108 PJ de los cuales 82 PJ provendrán del sector residencial y 26 PJ del sector industrial⁴.

A continuación se describe con mayor detalle la visión para cada uno de los sectores que se incluyen en este Mapa de Ruta Tecnológica.

Visión de la energía termosolar en el sector residencial

La visión del Mapa de Ruta Tecnológica para el sector residencial, considera que es factible el incremento del 25% en la capacidad instalada anual de los metros cuadrados para calentadores de agua en viviendas hacia el año 2030. Lo anterior fundamentado en la expectativa de que para el año 2030 el 33% de las viviendas en

México tenga instalado un sistema termosolar para calentamiento de agua.

IMAGEN 11. NUEVOS MATERIALES PARA CALENTADORES SOLARES DE AGUA



FUENTE: <http://proyectofose.mx/>

De acuerdo a datos del INEGI, el número de viviendas en México al año 2010 era de 28,614,991 (INEGI, 2017) con un factor de crecimiento anual de 2.6%.

Con base en lo anterior, para el año 2030 se esperaría que en el país existieran aproximadamente 48 millones de viviendas de las cuales, de acuerdo a la expectativa planteada en la visión, 15.8 millones de viviendas (33%) estarían utilizando sistemas termosolares para calentamiento de agua en ese año, por otra parte, se estimó que un sistema termosolar típico para una casa con 3 ó 4 habitantes, requiere una superficie de aproximadamente 2 m² (CONUEE, 2014). Lo cual daría como resultado que para el año 2030 se tuvieran aproximadamente 31.6 millones de metros cuadrados instalados correspondientes a calentadores solares en las viviendas en México.

Basado en los argumentos anteriores, se considera factible que para el año 2024 se pueda alcanzar una capacidad instalada de 8,843,508 m², es decir incrementar 5 veces la capacidad instalada del año 2015; asimismo, se prevé que en el año 2030 el país cuente con una capacidad instalada de 31,638,391 m², lo cual implica un crecimiento de 17 veces respecto la capacidad instalada del año 2015⁵.

³ La capacidad instalada termosolar al año 2015, era de aproximadamente 3,257,365 m² (García, 2017).

⁴ Para el cálculo en PJ se considera la información proporcionada en el Solar Heat Worldwide de la irradiación horizontal solar en México de 1,706 Kwh/m²a (Weiss, et. al., 2017), la eficiencia de captadores solares de agua del 42% en viviendas y 18% para albercas (García, 2017), así como datos de la IEA sobre el factor de conversión de 3.6 MJ para cada Kwh (IEA, 2017).

⁵ La capacidad instalada de calentadores solares de agua en vivienda al 2015 fue de 1,831,953 m² (García, 2017).

Uno de los factores importantes para alcanzar esta meta, es el establecimiento de normatividades en estados y ciudades para la incorporación de la energía termosolar en construcciones de casas y viviendas.

Visión de la energía termosolar en el sector Industrial

La visión del Mapa de Ruta Tecnológica para el sector industrial, considera el crecimiento esperado al 2030 de los metros cuadrados instalados de tecnología termosolar para la producción o suministro de calor en procesos y servicios (calentamiento de fluidos: aire, agua y aceites térmicos). En específico, las aplicaciones que fueron consideradas en esta categoría son: procesos industriales, albercas, hoteles y servicios diversos (hospitales, centros deportivos, centros comerciales, baños públicos, entre otros).

En la actualidad el desarrollo de aplicaciones termosolares industriales en México, no ha tenido un impacto significativo en este sector; sin embargo, se visualiza un crecimiento importante en los próximos años de estas aplicaciones impulsado principalmente por las reformas regulatorias e incentivos a las industrias. Cabe hacer mención que el Programa Especial de la Transición Energética (DOF, 2017) considera el fomento del aprovechamiento de la tecnología solar con aplicaciones térmicas en procesos industriales.

De esta forma, se visualiza que para el año 2030 el país cuente con 12.9 millones de metros cuadrados instalados, lo cual representa una contribución a la matriz energética equivalente a 26 PJ de energía.

Asimismo fue planteada una meta intermedia hacia el año 2024 visualizando que es factible contar con 4.8 millones de metros cuadrados instalados en el país, equivalentes a 8 PJ en términos de contribución a la matriz energética nacional.

La visión y las metas para el sector industrial fueron planteadas a partir de las aplicaciones termosolares en hoteles y servicios, calentamiento de agua en albercas, así como para procesos industriales. A continuación se describe la contribución específica de estas aplicaciones en la visión del sector industrial.

IMAGEN 12. CONCENTRADORES SOLARES EN PROCESOS DE NESTLÉ LAGOS DE MORENO, JALISCO



FUENTE: <http://inventivepower.com.mx/>

Para las aplicaciones termosolares orientadas a hoteles y servicios, el crecimiento de la capacidad instalada durante los años 2012 al 2015 de acuerdo a la FAMERAC fue del 7% anual. Considerando esta cifra, la visión plantea que es factible alcanzar para el año 2030 una capacidad instalada de 1,844,523 m², lo anterior equivale a una tasa de crecimiento del 14% anual. Cabe hacer mención que en términos de contribución a la matriz energética esta meta representa aproximadamente 5 PJ de energía.

En lo que respecta al calentamiento de agua en albercas, actualmente no se tiene un registro oficial actualizado de la capacidad instalada, por lo que también se tomó como referencia el dato estimado por la FAMERAC, quien registró un crecimiento de este sector durante los años 2012 al 2015 del orden del 5% anual. De esta forma, la visión para el crecimiento de la capacidad instalada en sistemas termosolares para el calentamiento de agua en albercas plantea que es factible contar con 4,981,663 m² para el año 2030, es decir, tener un crecimiento sostenido anual del orden del 10% en la capacidad instalada. Esta meta es equivalente a 5 PJ de energía.

Este escenario considera la definición de un marco legal que establezca la obligatoriedad de la instalación de sistemas termosolares para calentamiento de agua en albercas; asimismo, contempla que los equipos de calentamiento que emplean gas LP, serán cada vez menos viables económicamente para los usuarios.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

En lo que respecta, a la aplicación de la tecnología termosolar en procesos industriales, se visualiza que es factible que para el año 2030 se tenga una capacidad instalada de 6,080,896 m², es decir, esta tecnología podría incrementar su capacidad instalada en 29 veces, con respecto a la que se tenía instalada en el año 2015 (209,799 m²). Por otra parte, en términos de contribución a la matriz energética, esta meta es equivalente a 16 PJ de energía, cabe hacer mención, que esta visión plantea la sustitución de aproximadamente 1% de tecnologías convencionales por tecnología termosolar en el sector industrial.

Es importante mencionar que el sector industrial en México es el segundo consumidor de energía

con aproximadamente el 31% (1601.84 PJ) del consumo energético total nacional (5,094.74 PJ) (SENER, 2016a). Por otra parte, históricamente este sector ha utilizado combustibles fósiles como principal insumo para generar calor industrial. Sin embargo, esta tendencia ha ido cambiando a nivel internacional debido a los avances tecnológicos de la energía termosolar, los costos de los combustibles fósiles y las regulaciones ambientales establecidas en distintos países. Con base en lo anterior, se visualiza que México incorpore gradualmente la tecnología termosolar principalmente en el sector industrial de alimentos, área donde se ha identificado una de las mayores demandas de energía térmica del sector (Ramos *et al.*, 2014).

IMAGEN 13. CONCENTRADORES SOLARES POWER TROUGH 110



FUENTE: <https://ccee.mx>

Implementación de la visión

Alcanzar la visión al 2030 que se plantea en el Mapa de Ruta Tecnológica, depende de la solución de una serie de retos técnicos, así como del abatimiento de barreras del ámbito regulatorio, social y económico. A partir del análisis del proceso general para el desarrollo de proyectos termosolares, que involucra las etapas de diseño y fabricación de componentes, planeación, construcción, instalación, operación y mantenimiento; se identificaron para cada etapa, los retos técnicos y barreras que se consideran prioritarias de atender, lo anterior, tomando en cuenta el impacto que tienen para lograr la meta de 44,545,474 m² de capacidad instalada en energía termosolar al 2030.

Esta visión implica la generación y el fortalecimiento de capacidades nacionales para soportar el crecimiento que se espera de esta energía, en el sector residencial e industrial.

Para fines prácticos en este Mapa de Ruta Tecnológica, se considera un reto a la acción enfocada en resolver una problemática relevante que limita el cumplimiento de la visión, vinculado principalmente con aspectos técnicos del proceso, entre los que se encuentran aquellos relacionados con procesos de trabajo (por ej. estándares y metodologías), infraestructura y herramientas (por. ej. software, bases de información, entre otros).

En lo que se refiere a las aplicaciones termosolares enfocadas en el sector residencial, se considera como prioritario atender en México la dependencia tecnológica para la fabricación e innovación en componentes y equipos, además la incertidumbre de mercado sobre la eficiencia y calidad de los proyectos termosolares residenciales.

Tomando en consideración esta problemática, se definieron retos tecnológicos enfocados en fabricación y proveeduría de componentes y equipos termosolares, la innovación de materiales y componentes adecuados a las condiciones del país, así como en el establecimiento de una metodología para desarrollar proyectos termosolares.

En lo que se refiere al sector industrial, los retos considerados prioritarios están relacionados con la necesidad de contar con información validada sobre las necesidades de consumo de calor de los

diferentes sectores industriales del país con la finalidad de identificar oportunidades de desarrollo de sistemas termosolares. Otro de los retos importantes por atender, es la necesidad de estandarizar el diseño e implementación de proyectos termosolares, facilitando a los desarrolladores su aplicación.

IMAGEN 14. PRUEBAS DE LABORATORIO A CALENTADORES SOLARES DE AGUA



FUENTE: <http://mexolab.com/>

Asimismo se identificó un reto relacionado con la implementación de esta tecnología en el sector agropecuario, cabe hacer mención que este sector consume el 3.5% del consumo final energético del país (SENER, 2016a), lo cual crea una oportunidad importante de contribución de la energía termosolar en los procesos industriales.

Por otra parte, se identificó un reto vinculado con la fabricación de componentes de mediana y alta temperatura, a partir de su solución, se espera que se desarrollen nuevas aplicaciones para el sector industrial nacional, se asegure el soporte a la industria y disminuyan los costos de esta tecnología.

Por último, se identificó una acción relacionada con la evaluación del recurso solar, la cual fue clasificada como de soporte; en virtud de que su proceso de solución es compartido con la energía solar fotovoltaica.

Un factor clave de éxito en la implantación del Mapa de Ruta Tecnológica, es el involucramiento de los actores relevantes para la implementación de las acciones propuestas, en este sentido se identificaron tres grupos cuya participación es medular; por una parte, los organismos del gobierno integrados principalmente por SENER, SE, SHCP, SEMARNAT, SEP, CONUEE y CONACYT; cuyas tareas principales están relacionadas con la creación de un marco legal que impulse el crecimiento de la industria y el fortalecimiento de capacidades nacionales.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

En un segundo grupo se encuentra la Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (CoIDT+i) que está integrada por las Instituciones de Educación Superior, los Centros e Institutos de Investigación y Desarrollo Tecnológico tanto públicos como privados del país, incluyendo al CEMIE-Sol, cuyo rol se centra en generar soluciones a los problemas reales de la industria a través de la ejecución de actividades de innovación y desarrollo tecnológico; así como generar capacidades tecnológicas y formar recursos humanos para mejorar el aprovechamiento del recurso solar.

Finalmente, en el tercer grupo se encuentra la industria, integrada por fabricantes, desarrolladores y empresas de servicios, de quienes se esperan inversiones en el sector, así como la aplicación de las soluciones propuestas por la Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e innovación (CoIDT+i).

En las siguientes secciones se describen con mayor detalle las acciones estratégicas que tienen correspondencia con los retos tecnológicos identificados como prioritarios, las acciones habilitadoras para mitigar las barreras identificadas y las acciones de soporte, que en conjunto, se consideran son las que tienen mayor relevancia para el desarrollo sostenible de la industria termosolar al 2030.

I. Acciones estratégicas: Retos

En la Tabla 3 se muestran las acciones estratégicas que tienen correspondencia con los principales retos tecnológicos que se considera tienen un impacto sustantivo en el logro de la visión. Estas acciones se plantean tanto para la generación de calor en el sector residencial como industrial.

TABLA 3. RETOS TECNOLÓGICOS PRIORITARIOS PARA ALCANZAR LA VISIÓN AL 2030.

Residencial
<ul style="list-style-type: none">• Impulsar el desarrollo para la fabricación nacional de ciertos componentes para sistemas y equipos de energía termosolar.• Desarrollar una metodología homologada para el diseño e instalación de sistemas termosolares.• Desarrollar materiales, componentes y equipos de energía termosolar innovadores adecuados a las características del país y al tiempo de vida esperado en estos sistemas.
Industrial
<ul style="list-style-type: none">• Efectuar el diagnóstico energético de la industria para identificar la viabilidad de aplicaciones termosolares.• Desarrollar capacidades nacionales de diseño e implementación de proyectos termosolares industriales.• Desarrollar metodologías para la evaluación técnica y económica de los proyectos termosolares industriales.• Desarrollar paquetes tecnológicos basados en energía termosolar para aplicaciones agropecuarias.• Desarrollar las capacidades técnicas necesarias para crear una industria nacional de componentes para mediana y alta temperatura.

Para cada uno de los retos que se presentan, se indica la estrategia a seguir, misma que fue establecida a partir del tiempo para su atención y las capacidades técnicas disponibles en el país. En este sentido se consideran tres estrategias tecnológicas genéricas:

- Desarrollo con capacidades tecnológicas disponibles a nivel nacional.
- Desarrollo en colaboración con entidades en el ámbito internacional.
- Implementación de soluciones o tecnologías existentes a nivel comercial.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

La primera de las estrategias indica que existen recursos y capacidades a nivel nacional para atender el reto.

La segunda estrategia aplica en situaciones en las que algunas de las capacidades o recursos clave para la atención del reto están siendo atendidas, o podrían ser atendidas, por entidades en el ámbito internacional.

Finalmente, la tercera estrategia es aplicable a situaciones en las que por su urgencia es conveniente adquirir una solución o tecnología comercial para atender el reto.

A continuación se presentan de manera detallada los retos tecnológicos para las aplicaciones de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.

1a. Energía termosolar en el sector residencial

De acuerdo con la visión de este Mapa de Ruta Tecnológica, se espera que para el año 2030, el país cuente con una capacidad instalada en el sector residencial de 31,638,391 m².

Para alcanzar esta visión se definieron tres retos prioritarios. El primer reto está vinculado con el desarrollo de capacidades nacionales para la fabricación de ciertas partes y componentes, con el fin de proveer al mercado local productos de calidad y precio competitivo.

Es importante mencionar que la fabricación de componentes es incipiente en el país; sin embargo se espera que en los próximos años aumente la demanda de sistemas termosolares y por consiguiente, el mercado demandará mayores fabricantes y proveedores nacionales, por lo que este reto está enfocado en desarrollar gradualmente las capacidades que se requieren.

El segundo reto está relacionado con el desarrollo de una metodología homologada, para el diseño e instalación de sistemas termosolares para el sector residencial. Una de las problemáticas que se presentan a nivel residencial es la aplicación de herramientas y metodologías no unificadas, y que son empleadas por parte de las empresas que

diseñan e instalan la tecnología termosolar en el país, lo cual deriva que en algunos casos haya inconformidad de los clientes en virtud de que no cumplen con la calidad esperada en el diseño e instalación.

El tercer reto se refiere a la necesidad de realizar innovación en materiales, componentes, equipos y procesos de energía termosolar, para asegurar su funcionalidad y eficiencia de acuerdo con las condiciones de las diferentes regiones del país, así como optimizar los costos de estos sistemas. La solución de este reto implicará la generación de capacidades nacionales en investigación, escalamiento, comercialización y transferencia de tecnología.

La estrategia para atender estos retos, consiste en una combinación entre desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional y la colaboración a través de convenios internacionales con líderes en este sector para lograr la asimilación de la tecnología y desarrollar las capacidades en el país para fabricar componentes y equipos termosolares a precios competitivos. Se busca que con la solución de estos retos se fortalezcan las cadenas de suministro nacionales y se impulse la consolidación de la industria nacional.

En la Tabla 4, se muestran los retos tecnológicos de la energía termosolar del sector residencial en México, así como los resultados esperados y la estrategia sugerida para su atención.

IMAGEN 15. SISTEMA TERMOSOLAR EN VIVIENDA



FUENTE: <http://www.iunijar.es/>

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

TABLA 4. RETOS TECNOLÓGICOS PRIORITARIOS PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA TERMOSOLAR EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Reto	Resultado esperado	Estrategia
<i>Impulsar el desarrollo para la fabricación nacional de ciertos componentes para sistemas y equipos de energía termosolar.</i>	<p>Banco de información de componentes clave factibles de fabricar nacionalmente.</p> <p>Plan nacional para desarrollar la industria de fabricación de componentes clave de energía termosolar.</p> <p>Programas de adquisición y asimilación de tecnología de fabricación de componentes clave por empresa interesada.</p> <p>Procesos y maquinaria de desarrollo nacional para la fabricación de componentes clave.</p> <p>Cadenas de suministro nacionales de partes y componentes.</p>	Desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional y en colaboración con entidades extranjeras.
<i>Desarrollar una metodología homologada para el diseño e instalación de sistemas termosolares.</i>	<p>Ingeniería desarrollada de forma eficiente y rápida.</p> <p>Metodología para el desarrollo de proyectos termosolares.</p>	Desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional.
<i>Desarrollar materiales, componentes y equipos de energía termosolar innovadores adecuados a las características del país y al tiempo de vida esperado en estos sistemas.</i>	<p>Diagnóstico e identificación de áreas de oportunidad para la innovación en materiales, componentes y equipos de energía termosolar.</p> <p>Plan nacional de innovación tecnológica en materiales, componentes y equipos de energía termosolar.</p> <p>Programas de innovación tecnológica en materiales, componentes y equipos de energía termosolar seleccionados por empresa interesada.</p> <p>Materiales, componentes y equipos innovadores de desarrollo nacional.</p>	Desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional y en colaboración con entidades extranjeras.

A continuación, se describen las acciones estratégicas propuestas para atender los retos tecnológicos identificados como los que tienen

mayor impacto en el desarrollo futuro de la energía termosolar en el sector residencial.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

a) Impulsar el desarrollo para la fabricación nacional de ciertos componentes para sistemas y equipos de energía termosolar.

Esta acción estratégica tiene como objetivo principal desarrollar las capacidades nacionales para fabricar ciertos componentes de los sistemas y equipos de energía termosolar, para fortalecer la industria nacional con ventajas competitivas en calidad y precio. Cabe hacer mención que en el país actualmente ya existen fabricantes de calentadores solares de agua, por lo que existe la suficiente experiencia para la fabricación de algunos componentes. Esto implica llevar a cabo previamente la identificación y selección de dichos componentes.

De acuerdo a la visión de este Mapa de Ruta Tecnológica, se espera que en los próximos años aumente la demanda de sistemas termosolares y por consiguiente, el mercado demandará más fabricantes y proveedores nacionales, por lo que este reto está enfocado en desarrollar gradualmente las capacidades nacionales en este sentido.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2025

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Identificar componentes y equipos de energía termosolar factibles de fabricación nacional.	12 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i e Industria.
Evaluar alternativas tecnológicas para adquirir tecnologías de fabricación de componentes y equipos de energía termosolar.	24 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria, Instituciones financieras, SE.
Elaborar programas de adquisición y asimilación de tecnología de fabricación de componentes y equipos de energía termosolar para cada empresa interesada.	12 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria, Instituciones financieras, SE.
Elaborar un plan nacional de desarrollo de la industria de fabricación de componentes y equipos de energía termosolar.	24 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i e Industria.
Diseñar, construir y operar instalaciones de fabricación de componentes y equipos de energía termosolar.	5 años	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, Industria.

Para atender este reto se proponen cinco acciones prioritarias, la primera consiste en identificar los componentes y equipos de energía termosolar factibles de fabricarse en el país, lo cual implicará efectuar un mapeo de las capacidades actuales de la industria, así como determinar aquellos componentes estratégicos en los que es necesario crear capacidades para la fabricación nacional.

Con esto se espera disponer de un banco de información de componentes seleccionados como prioritarios para fabricarlos localmente.

La segunda acción, consiste en realizar un análisis técnico-económico para la evaluación de las diferentes alternativas tecnológicas, para la fabricación de los componentes identificados como estratégicos en la primera acción. Un factor clave a considerar para la selección de la alternativa tecnológica es la factibilidad de aplicación de la tecnología en el mercado nacional.

La tercera acción, se orienta de manera específica en realizar un programa de adquisición y asimilación de tecnología para la fabricación de

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

componentes y equipos de energía termosolar. Esto implica convenios de colaboración con entidades extranjeras como alternativa para la adquisición de tecnologías.

La cuarta acción, se refiere a desarrollar un plan estratégico para el desarrollo de la industria nacional para la fabricación y comercialización de la tecnología, esta acción considera actividades relacionadas con la prueba y adaptación de la tecnología, entrenamiento y opciones de financiamiento para adquisición de tecnología, para las empresas interesadas.

La quinta acción, se refiere a diseñar, construir y operar instalaciones de fabricación de componentes y equipos de energía termosolar, con maquinaria nacional.

Las tres primeras acciones se pueden atender de manera paralela, una vez terminadas estas acciones se ejecutarían las dos últimas acciones secuencialmente.

Los principales actores para la realización de las acciones son SENER, CONUEE, SE, la CoIDT+i (particularmente el CEMIE-Sol) y la industria.

La estrategia para desarrollar este reto considera recursos disponibles a nivel nacional con la colaboración de entidades extranjeras.

Se estima que los primeros resultados se alcancen del mediano a largo plazo. Por la naturaleza del reto, estas acciones tienen un carácter permanente.

b) Desarrollar una metodología homologada para el diseño e instalación de sistemas termosolares.

Una de las problemáticas que se presentan en el sector residencial, está relacionada con la incertidumbre de los clientes sobre la calidad del diseño e instalación de sistemas termosolares originado principalmente por una falta de estandarización de las metodologías y herramientas utilizadas por diversos proveedores para este proceso, dando como resultado que en algunos, casos se hagan instalaciones defectuosas o los costos varíen de manera significativa.

Este reto tiene como objetivo diseñar una metodología para el desarrollo de proyectos de ingeniería aplicable de manera homologada, para unificar los criterios y entregar un servicio satisfactorio al cliente.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2021

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Sensibilizar a empresarios y autoridades del sector para el uso de una metodología homologada.	24 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria, ANES, CoIDT+i.
Elaboración de la metodología homologada, que concluya en una norma mexicana.	4 años	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria, ANES, CoIDT+i.

Para atender este reto se proponen dos acciones, la primera acción, consiste en realizar la sensibilización a empresarios y autoridades del sector termosolar y del sector vivienda para el uso de una metodología homologada, esto con el fin de que la metodología que se desarrolle sea aceptada y aplicable.

La metodología propuesta debe estandarizar las variables necesarias para definir el diseño y características de los equipos necesarios para cumplir las expectativas de los clientes.

Cabe hacer mención que en México existen dos estándares de competencia que pudieran considerarse como un insumo de esta metodología para asegurar su alineación. Estos

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

estándares son el ECO325 Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable y el ECO473 Instalación del sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque.

La segunda acción, se refiere a la elaboración de una norma mexicana (NMX), para el diseño e instalación de sistemas termosolares en el país, esta norma debe precisar las variables y cálculos necesarios para determinar el tipo de diseño y los equipos necesarios para brindar una eficiencia determinada.

Se visualiza a la ANES como la entidad que pueda liderar el desarrollo de la metodología y a la CONUEE en su implementación.

Un aspecto fundamental para dar solución al reto, es contar con una base de datos nacional homologada de información meteorológica. Esta base de datos es un insumo fundamental para el diseño e instalación de sistemas termosolares en el país; no obstante su uso no es de aplicación exclusiva de la industria termosolar por lo que se le considera como una “acción de soporte” y será desarrollada con detalle en una sección posterior.

Estas actividades se podrían realizar de manera paralela. Los principales actores para ejecutar estas acciones son la SENER, CONUEE, la CoIDT+i (particularmente el CEMIE-Sol) y ANES. La estrategia para desarrollar este reto es con recursos disponibles a nivel nacional.

c) Desarrollar materiales, componentes y equipos de energía termosolar innovadores adecuados a las características del país y al tiempo de vida esperado en estos sistemas.

Esta acción estratégica tiene como finalidad realizar investigación y desarrollo tecnológico para el desarrollo de nuevos materiales, componentes y equipos, con el fin de reducir costos y aumentar el rendimiento de los sistemas termosolares, considerando su adaptación a las condiciones de las diferentes regiones del país.

En lo que respecta a este reto, es importante mencionar que en el país existen grupos de investigación orientados al desarrollo de materiales, componentes y equipos termosolares innovadores; por ejemplo, el CEMIE-Sol actualmente realiza un proyecto para el desarrollo de tanques de almacenamiento de energía solar térmica, sistemas de enfriamiento, desarrollo de captadores, sistemas solares y sistemas autocontenidos de baja temperatura con materiales novedosos, así como el desarrollo de materiales selectivos y reflejantes para sistemas de conversión de energía solar en energía térmica.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2024

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Elaborar un diagnóstico de los problemas tecnológicos que enfrenta la industria de fabricación e instalación de equipos de energía termosolar y definir necesidades tecnológicas de la industria.	12 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria, CoIDT+i.
Elaborar un programa de innovación tecnológica que integre las capacidades disponibles nacional e internacionalmente para cada una de las empresas interesadas.	24 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Instituciones financieras, CoIDT+i.
Construir, integrar y operar la infraestructura y procesos de trabajo y formar recursos humanos especializados para la innovación tecnológica.	36 meses	CEMIE-Sol, Industria, Instituciones financieras, CoIDT+i.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Investigar, escalar, comercializar y transferir tecnología de producto, equipo, procesos y paquetes tecnológicos para la industria de energía termosolar.	4 años	CEMIE-Sol, Industria, ColDT+i.

Para la atención de este reto, se proponen cuatro acciones prioritarias. La primera acción consiste en realizar un diagnóstico de la industria nacional respecto a los problemas tecnológicos y principales necesidades relacionadas con materiales, equipos y componentes.

El diagnóstico implicará la identificación de las diferentes problemáticas que presentan los materiales, componentes y equipos termosolares, analizando aspectos de diseño, instalación, operación, así como el efecto de factores ambientales y operativos (granizo, sobrepresión, congelamiento, corrosión, sobrecalentamiento, salinidad, entre otros).

La segunda acción, tiene como objetivo implementar un programa nacional de innovación tecnológica de materiales, componentes y equipos termosolares, que considere las necesidades identificadas. Esta acción debe considerar estrategias para impulsar la innovación en tecnologías para el aprovechamiento de energía limpia (por ejemplo premio PRODETES⁶).

Como se mencionó anteriormente, el CEMIE-Sol ya tiene proyectos de innovación en algunos materiales; sin embargo se percibe aún la necesidad de continuar y reforzar la investigación y el financiamiento hacia programas de innovación de materiales, componentes y equipos orientada a incrementar la competitividad del sector.

La tercera acción, se refiere a la implementación del programa de innovación definido, la cual consiste en generar las capacidades tecnológicas nacionales para innovar en componentes, materiales y equipos termosolares, es decir, contar con la infraestructura, los procesos de trabajo, las herramientas técnicas (software, simuladores) y el personal especializado.

⁶ El premio PRODETES (Proyecto de Desarrollo de Tecnologías de Energía Sustentable), es convocado por la Secretaría de Energía, el Banco Mundial y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, para impulsar la innovación en tecnologías de energía limpia y apoyar propuestas en el ámbito de las energías renovables, eficiencia energética y bioenergéticos, para el desarrollo sustentable de México.

Por último, la cuarta acción consiste en transferir, escalar y comercializar productos, equipos, procesos y paquetes tecnológicos.

La primera y segunda acción se pueden ejecutar de manera consecutiva, posteriormente las dos últimas acciones se realizan en paralelo. La implementación de estas acciones, requiere de la participación de la SENER, CONUEE, Instituciones Financieras, Industria, CEMIE-Sol y la ColDT+i. La estrategia para desarrollar este reto es con recursos disponibles a nivel nacional. Se estima iniciar este reto en el 2018, estimando tener resultados en el mediano plazo (2024).

IMAGEN 16. FABRICACIÓN DE TUBOS AL VACÍO PARA SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA



FUENTE: <http://www.tectonica-online.com/>

1b. Energía termosolar en el sector industrial

De acuerdo con la visión establecida para el desarrollo de la energía termosolar en el sector industrial, se estima que para el año 2030, el país cuenta con una capacidad instalada de 12,907,083 m², de los cuales 6,080,896 m² corresponden a procesos industriales, 1,844,524 m² a hoteles y servicios para calentamiento de agua y por último, 4,981,663 m² correspondientes a calentamiento de agua en albercas.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Como se mencionó anteriormente, se espera que en los próximos años exista un crecimiento importante de la energía termosolar en el sector industrial. Como parte de este ejercicio de Mapa de Ruta Tecnológica, fueron definidos cinco retos considerados de mayor relevancia o prioritarios de atender para alcanzar la visión.

El primer reto, consiste en efectuar diagnósticos energéticos por rama industrial, con la finalidad de identificar oportunidades de aplicaciones termosolares en la industria.

El segundo reto, busca desarrollar capacidades nacionales de diseño e implementación de proyectos termosolares, es decir, desarrollar metodologías, estándares de diseño, herramientas técnicas (programas de cómputo, bases de datos, entre otras), así como el desarrollo de personal y empresas que puedan especializarse en este tipo de proyectos. Este reto a su vez, busca impulsar el desarrollo de nuevas empresas para que se integren en la cadena de valor del sector, para participar en el mercado nacional e internacional.

El tercer reto, está orientado en desarrollar metodologías estandarizadas para realizar evaluaciones técnico-económicas de los proyectos, con el fin de facilitar la aprobación de financiamiento o apalancamiento para su implementación.

El cuarto reto se enfoca en el desarrollo de paquetes tecnológicos para el sector

agropecuario utilizando la energía termosolar, en este sentido, se ha identificado la oportunidad de maximizar el aprovechamiento de productos agropecuarios (frutos, vegetales, cereales, legumbres, oleaginosas, entre otros), mediante la utilización de deshidratadores solares industriales que eviten la pérdida de cosechas. Es importante mencionar que de acuerdo al Balance Nacional de Energía 2015, el sector agrícola es el cuarto en importancia con relación al consumo de energía a nivel país (SENER, 2016a).

El quinto reto, está orientado a disminuir la dependencia tecnológica en materia de fabricación y proveeduría de equipos termosolares en el país, en este sentido se busca fortalecer las capacidades técnicas para la fabricación de componentes de mediana y alta temperatura, identificando los elementos de la cadena de valor en los que se puede fortalecer el contenido nacional.

La estrategia para atender estos retos es una combinación entre el desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional y la colaboración a través de convenios internacionales con líderes en este sector, con la finalidad de desarrollar proyectos industriales en el país que fortalezcan la industria termosolar.

En la Tabla 5, se muestran los retos tecnológicos de la energía termosolar en el sector industrial en México, así como los resultados esperados y la estrategia sugerida para su atención.

TABLA 5. RETOS TECNOLÓGICOS PRIORITARIOS PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA TERMOSOLAR EN EL SECTOR INDUSTRIAL.

Reto	Resultado esperado	Estrategia
<i>Efectuar el diagnóstico energético de la industria para identificar la viabilidad de aplicaciones termosolares.</i>	Estimaciones reales para elaborar proyecciones. Sistema de registro y medición para el consumo de energía en procesos industriales. Diagnóstico de las principales ramas industriales con las mejores oportunidades de integrar calor solar térmico en sus procesos.	Desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional.
<i>Desarrollar capacidades nacionales de diseño e implementación de proyectos termosolares industriales.</i>	Empresas nacionales especializadas que sean capaces de diseñar e implementar proyectos industriales.	Desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Reto	Resultado esperado	Estrategia
<i>Desarrollar metodologías para la evaluación técnica y económica de los proyectos termosolares industriales.</i>	Metodologías estandarizadas para la evaluación de proyectos que sean de uso público, emitidas por asociaciones civiles de especialistas.	Desarrollo con recursos disponibles a nivel nacional.
<i>Desarrollar paquetes tecnológicos basados en energía termosolar para aplicaciones agropecuarias.</i>	Tecnologías para aplicaciones agropecuarias. Sistemas multipropósito que resulten rentables. Suministro de fluidos con los requerimientos térmicos adecuados a las diferentes aplicaciones industriales (invernaderos, granjas acuícolas, oportunidades de cogeneración, etc.). Vinculación de la industria con la academia.	Desarrollo en colaboración con entidades extranjeras.
<i>Desarrollar las capacidades técnicas necesarias para crear una industria nacional de componentes para mediana y alta temperatura.</i>	Componentes nacionales a partir de las capacidades existentes. Elementos de la cadena de valor identificados, en los que se puede aumentar el componente nacional.	Desarrollo en colaboración con entidades extranjeras.

A continuación, se describen las acciones estratégicas propuestas para atender los retos tecnológicos identificados como los de mayor impacto para el desarrollo de la energía termosolar, en el sector industrial.

a) Efectuar el diagnóstico energético de la industria para identificar la viabilidad de aplicaciones termosolares.

Esta acción estratégica tiene como objetivo principal tener un sistema de registro y medición del consumo de energía en procesos industriales y posteriormente, utilizar esta información como un insumo para establecer medidas de ahorro y uso eficiente empleando sistemas termosolares.

Cabe mencionar que el sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía en el país. Las industrias que se identifican como mayores consumidoras de energía son la industria básica de hierro y acero, fabricación de cemento, petróleo, industria química, fabricación de vidrio,

industria alimentaria, productos agrícolas y minería (SENER, 2016a), en muchos de estos sectores se han identificado oportunidades de emplear tecnología termosolar en la generación de calor de proceso. De acuerdo con la Prospectiva desarrollada por IRENA REmap (IRENA, 2015), la energía termosolar es una opción económicamente viable, para sustituir el consumo de combustibles fósiles en la industria.

Sin embargo en México todavía no se cuenta con estudios específicos que cuantifiquen el potencial aporte de la tecnología termosolar en la industria, es decir no se tiene disponible la información de las necesidades de consumo de combustibles fósiles en las diferentes ramas industriales, por lo tanto no es posible cuantificar proyecciones del mercado potencial que se puede cubrir con la tecnología termosolar.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2021

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Difundir y hacer obligatoria la norma de eficiencia energética que especifica los requisitos para llevar a cabo un diagnóstico energético en instalaciones industriales.	12 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, Industria, SEMARNAT. Gobiernos estatal y municipal.
Aplicar diagnósticos energéticos a empresas clave de los sectores identificados.	24 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i e Industria.
Desarrollar una plataforma en línea para diagnósticos energéticos voluntarios.	36 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria.
Formar grupos de especialistas para la aplicación de diagnósticos energéticos.	24 meses	SENER, CEMIE-Sol, CONUEE, Industria, CoIDT+i.
Generar un banco de información (público y accesible a través de internet) sobre el consumo energético por sector industrial.	24 meses Permanente	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, Industria, SEMARNAT. Gobiernos estatal y municipal.

Para solucionar este reto, se proponen cinco acciones prioritarias, la primera acción se refiere a la difusión de la normatividad ambiental (NMX-AA-162-SCFI-2012 auditoría ambiental) y de eficiencia energética (NMX-J-SAA-50002-ANCE-IMNC-2015 auditorías energéticas) a todos los sectores industriales. Asimismo se propone transformar estas dos normas mexicanas (NMX) en normas oficiales mexicanas (NOM), en virtud de que es necesaria la obligatoriedad de aplicación de las mismas.

La segunda acción, consiste en realizar proyectos que cuantifiquen el consumo térmico a través de un muestreo de varias industrias seleccionadas de diferentes ramos, con lo cual se podrá contar con el insumo de información para estimar la demanda tanto de energía eléctrica como de energía térmica por sector industrial a nivel nacional, determinando de esta manera posibles nichos de mercado para la energía termosolar, es decir el diagnóstico deberá incluir recomendaciones para la sustitución de energías fósiles por sistemas termosolares.

Es importante mencionar que existen diversos esfuerzos nacionales que impulsan las iniciativas de eficiencia energética, ejemplo de ello es el balance nacional de energía y el sistema de información energética de la SENER, donde se especifican los consumos energéticos totales por sector, el cual es un insumo importante para establecer el enfoque de los estudios a realizar.

Por otra parte, el FIDE ha establecido programas y premios para el ahorro de energía de la pequeña y mediana empresa.

Asimismo la SAGARPA a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) ha logrado generar impactos con energía renovable y eficiencia energética en el sector agropecuario, fomentando el desarrollo sustentable, la inversión de proyectos para hacer más eficiente el uso de la energía (FIRCO, 2017).

La tercera acción, se refiere a la creación de una plataforma en línea para la realización de diagnósticos energéticos voluntarios por parte de las empresas de todos los sectores, los cuales deberán ser al menos de segundo nivel, es decir deberán de incluir recomendaciones para establecer medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.

La cuarta acción, se enfoca en la formación de grupos de especialistas en diagnósticos energéticos. Se propone que en la CoIDT+i se puedan crear grupos de trabajo en donde se capaciten alumnos en el tema bajo la modalidad de servicio social.

Por último, se requiere contar con un banco de información pública y accesible a través de internet, sobre el consumo energético a nivel industrial que se obtendrá como resultado del

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

análisis mencionado, por tipo de industria y tomando en cuenta pautas para preservar la confidencialidad de la información.

Las acciones dos a la cinco, pueden ser ejecutadas de manera paralela, una vez obtenidos los resultados de la primera acción. Para ejecutar estas acciones, se requiere la participación de la SENER, SEMARNAT, CONUEE, Gobiernos estatal y municipal, CEMIE-Sol, CoIDT+i y la industria. La estrategia para atender este reto, es con recursos disponibles a nivel nacional. Estas acciones deberán iniciar a la brevedad, de tal forma que se obtengan avances significativos en el año 2021.

b) Desarrollar capacidades nacionales de diseño e implementación de proyectos termosolares industriales.

Actualmente una de las problemáticas del sector es contar con herramientas técnicas (programas de cómputo, bases de información, entre otras) y metodologías homologadas que faciliten a los desarrolladores el diseño y la implementación de los proyectos termosolares; asimismo se ha identificado la necesidad de desarrollar personal competente para este tipo de proyectos.

Con esta acción estratégica se espera incrementar la capacidad nacional, con herramientas y recursos humanos especializados en el diseño y estandarización de los sistemas energía termosolar en procesos industriales.

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2022

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Desarrollar metodologías homologadas y estándares para el diseño e implementación de proyectos termosolares industriales.	12 meses	SENER, CONUEE, SE, CoIDT+i, CEMIE-Sol, Industria.
Desarrollar herramientas técnicas para el diseño e implementación de proyectos termosolares industriales.	24 meses	SENER, SE, CoIDT+i, CEMIE-Sol, Industria.
Implementar programas de capacitación específicos para el diseño e implementación de proyectos termosolares industriales en el país.	36 meses	SENER, SE, SEP, CoIDT+i, CEMIE-Sol, Industria.

Para atender este reto se proponen tres acciones, la primera tiene como finalidad al igual que en el sector residencial, disponer de metodologías homologadas, así como elaborar estándares para el diseño e implementación de proyectos termosolares, lo cual pudiera derivar en una norma mexicana (NMX), en esta se deberán precisar las variables y cálculos necesarios para determinar el tipo de diseño, los equipos así como el seguimiento y control para brindar una eficiencia determinada.

La segunda acción, consiste en desarrollar programas de cómputo para el diseño e implementación de los sistemas termosolares industriales, cabe mencionar que esta acción implicará la revisión y análisis del software de

diseño existentes en el mercado y determinar la viabilidad de un desarrollo nuevo o bien, su adquisición y asimilación.

La tercera acción, está orientada a la implementación de programas para el desarrollo del recurso humano en el tema de diseño e implementación de proyectos termosolares industriales, que considere la certificación en los estándares de competencia laboral del CONOCER, relacionados con este tema. Asimismo debe considerar estrategias para difundir el estándar y las herramientas desarrolladas en el sector industrial, gubernamental y académico.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Se estima realizar las dos primeras acciones en paralelo y la última acción se podrá ejecutar después de los resultados obtenidos. Para efectuar estas acciones se requiere de la participación de SENER, SE, SEP, CoIDT+i (particularmente el CEMIE-Sol) y la industria. La estrategia para atender este reto es con recursos disponibles en el país.

La acción estratégica se proyecta iniciar en el 2018 y se espera que en cinco años se generen las capacidades para el diseño e implementación de proyectos industriales termosolares.

c) Desarrollar metodologías para la evaluación técnica y económica de los proyectos termosolares industriales.

Esta acción estratégica tiene como objetivo principal estandarizar las metodologías para la

evaluación de proyectos termosolares industriales. Se espera que estas metodologías sean emitidas por asociaciones civiles en temas de energía termosolar (por ej. ANES) y estén disponibles para uso público.

Actualmente se requiere de metodologías unificadas para evaluar técnica y económicamente los proyectos termosolares industriales, y poder acceder a créditos o apalancamiento para su desarrollo.

Para atender este reto, se plantean tres acciones prioritarias, la primera consiste en desarrollar capacidades en evaluación técnica-económica de proyectos termosolares, esto implica la ejecución de cursos y talleres de capacitación dirigidos a especialistas de instituciones financieras e industria.

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2022

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Desarrollar capacidades en evaluación técnica-económica de proyectos termosolares.	24 meses	SENER, CONUEE, Instituciones financieras, Industria, CoIDT+i.
Estandarizar una metodología para la evaluación de proyectos termosolares.	24 meses	SENER, SE, CONUEE, Instituciones financieras, Industria, CoIDT+i.
Acreditar asociaciones y colegios de profesionales que puedan evaluar proyectos termosolares.	36 meses	SENER, CONUEE, asociaciones y colegios de especialistas, Instituciones financieras, CoIDT+i.

La siguiente acción, consiste en unificar al menos dos metodologías utilizadas internacionalmente para la evaluación técnico-económica de este tipo de proyectos, se pretende que con esta acción se contribuya a facilitar el proceso de financiamiento de proyectos termosolares en el país.

Lo anterior, implica la adecuación o generación de nuevas metodologías para la evaluación del riesgo de los proyectos termosolares, un factor importante a considerar en esta metodología es la variación del recurso solar en el territorio nacional.

La última acción, se refiere a la acreditación de asociaciones y colegios de profesionales para que puedan evaluar proyectos termosolares industriales. Esto con el fin de contar con instituciones imparciales y con las competencias para realizar dichas acciones.

Se propone realizar las dos primeras acciones en paralelo, y la última acción al concluir la metodología. Para dar atención a estas acciones, se plantea que la estrategia se realice a través de recursos disponibles a nivel nacional y con la participación de actores como son la SENER, CONUEE, SE, Instituciones financieras, CEMIE-Sol, la CoIDT+i y la industria. Estas acciones deberán iniciar a la brevedad, de tal forma que se obtengan avances significativos en el año 2022.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

d) Desarrollar paquetes tecnológicos basados en energía termosolar para aplicaciones agropecuarias.

Esta acción estratégica está direccionada al sector agropecuario, con la finalidad de reemplazar el uso de combustibles fósiles y disminuir la merma (desperdicios) elevada de los productos agrícolas en el país.

Una problemática de la producción agrícola, específicamente en frutas y hortalizas es que, en términos generales, en América Latina (incluido México), se desperdicia la mitad de la producción, lo que impacta en su precio y en un menor acceso a estos productos por parte de la población (SENADO, 2017).

Por otra parte, el desperdicio de los cultivos tiene impactos relacionados con el inapropiado uso de agua y energía, es importante mencionar que alrededor del 72% de la pérdida y desperdicio de alimentos, se da en los primeros eslabones de la cadena productiva desde su pre cosecha hasta su distribución, el 28% sucede en la venta al

menudeo y como resultado de los hábitos de los consumidores finales (SEMARNAT, 2017).

Una de las opciones que puede aplicarse y contribuir a reducir esta problemática es emplear la tecnología termosolar en el sector agroindustrial; sin embargo, en algunas regiones del país existe desconocimiento por parte de productores y asociaciones agroindustriales sobre las aplicaciones y ventajas de esta tecnología. Específicamente el secado y deshidratación de alimentos es una de las aplicaciones de la energía termosolar que permite la preservación por mayores periodos de tiempo; asimismo representa una oportunidad de incrementar el valor y comercialización de los productos tanto en el mercado nacional como en el internacional. Se espera que la solución a este reto contribuya al desarrollo social y económico de las comunidades rurales.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2023

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Identificar y clasificar los tipos de aplicaciones y el impacto-beneficio.	12 a 24 meses	SENER, SAGARPA, SE, Asociaciones de productores agroindustriales, gobiernos estatal y municipal, CEMIE-Sol.
Desarrollar tecnologías termosolares adecuadas a los productos y condiciones locales.	5 años	CEMIE-Sol, CoIDT+i, industria, SAGARPA, CONACYT, gobiernos estatal y municipal.
Seleccionar proyectos termosolares tipo que demuestren su impacto.	12 meses	CEMIE-Sol, SAGARPA, Asociaciones de productores agropecuarias.
Promover proyectos colaborativos desde el CEMIE-Sol.	36 meses	CEMIE-Sol, SENER, SAGARPA, SE, gobiernos estatal y municipal, Asociaciones de productores agroindustriales, CONACYT, Instituciones financieras, CoIDT+i.
Transferir el conocimiento a la industria.	4 años	SE, CEMIE-Sol, Asociaciones de productores agroindustriales, Instituciones financieras.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Para la atención del reto se identificaron cinco acciones prioritarias, la primera consiste en identificar y clasificar los tipos de aplicaciones agropecuarias en las que se pueden desarrollar e integrar sistemas termosolares, así como evaluar su impacto y beneficio. Como resultado de esta actividad se contará con un diagnóstico regional de las necesidades existentes y del beneficio que podría obtenerse al aplicar la tecnología termosolar en el sector agropecuario, así como de los actores que deberán ser involucrados para aplicar con éxito esta tecnología.

La segunda acción, se orienta a desarrollar las tecnologías termosolares adecuadas a los productos y condiciones locales identificadas. Para la ejecución de esta acción se considera importante contar con el apoyo del gobierno (SENER y SAGARPA) para proporcionar financiamiento a través de convocatorias direccionadas a fortalecer las capacidades tecnológicas para adaptar o desarrollar las tecnologías necesarias para las aplicaciones agropecuarias que se requieren en el país.

La tercera acción, se enfoca en la selección de proyectos termosolares tipo donde se puedan mostrar los beneficios y su impacto, para esto se requiere el apoyo de las asociaciones de productores agroindustriales para realizar campañas de concientización del uso de la energía termosolar entre sus agremiados y dar seguimiento a los proyectos piloto para que lleguen a la escala industrial.

La cuarta acción está dirigida a promover proyectos colaborativos con la participación del CEMIE-Sol, instituciones de educación e investigación entre otras organizaciones que concentren a actores clave en este sector.

Por último, la quinta acción, se refiere a la transferencia del conocimiento, donde a partir de proyectos piloto exitosos, se pueda transferir el conocimiento a la industria para que se comercialicen los nuevos desarrollos. Este proceso implica la formación de recursos humanos especializados y paquetes tecnológicos.

Las acciones dos a la cinco pueden ser ejecutadas en paralelo una vez concluida la primera acción.

Para ejecutar estas acciones se requiere la participación de la SENER, SAGARPA, CEMIE-Sol, ColDT+i y asociaciones de productores agroindustriales. La estrategia para atender este reto, es realizar las actividades tanto con recursos disponibles a nivel nacional como a través de la colaboración con instituciones de la ColDT+i a nivel internacional.

Este reto debe atenderse de inmediato y se estima que se obtengan resultados significativos en los próximos seis años; no obstante, estas acciones tienen un carácter permanente.

e) Desarrollar las capacidades técnicas necesarias para crear una industria nacional de componentes para mediana y alta temperatura.

Las aplicaciones de la energía termosolar de mediana y alta temperatura, se enfocan principalmente a procesos industriales, específicamente para la industria química, papelera, producción de vapor, acondicionamiento de naves industriales y generación de electricidad.

Uno de los factores clave para dar soporte a la industria termosolar, es el desarrollo de capacidades tecnológicas nacionales para la generación de nuevas aplicaciones, metodologías de control, análisis termodinámico, así como la fabricación de componentes de mediana y alta temperatura.

Con relación a este tema, se han identificado necesidades relacionadas con la producción de absorbedores, superficies reflejantes, tubos al vacío, colectores y vidrio de calidad solar, así como de estrategias para fortalecer el mercado de estos componentes.

Es importante mencionar, que en relación al desarrollo de componentes de mediana y alta temperatura existe experiencia en el país, ejemplo de lo anterior, es el proyecto "Materiales selectivos y reflejantes para sistemas de conversión de energía solar en energía térmica" desarrollado por expertos del CEMIE-Sol.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2022

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Identificar los elementos de la cadena de valor y la matriz de capacidades de la industria actual.	12 meses	SENER, SE, CONUEE, Industria, CoIDT+i.
Identificar las brechas en la cadena de valor y evaluar impactos.	12 meses	SENER, SE, CONUEE, CEMIE-Sol, Industria, gobiernos estatal y municipal, CoIDT+i.
Desarrollar y efectuar pruebas de prototipos (colectores solares de alta y mediana temperatura).	4 años	SENER, SE, CEMIE-Sol, Industria, CONACYT.
Establecer mecanismos de transferencia de tecnología de los prototipos seleccionados.	4 años	SENER, CEMIE-Sol, Industria, CONACYT.

Para la atención del reto se identificaron cuatro acciones prioritarias, la primera consiste en hacer un diagnóstico a nivel nacional de la cadena de valor y la matriz de capacidades de la industria para la fabricación de componentes de mediana y alta temperatura.

La segunda acción tiene como objetivo identificar las brechas y áreas de oportunidad para la fabricación nacional de ciertos componentes en aplicaciones de mediana y alta temperatura.

La tercera acción toma como base la información generada en la primera y segunda acción para determinar los componentes clave a mejorar o desarrollar nacionalmente. El objetivo de esta acción es el desarrollo y prueba de prototipos de componentes de mediana y alta temperatura (enfocados principalmente en colectores solares). Esto implica que se desarrolle la infraestructura necesaria para probar y escalar estos prototipos, para ello es importante la participación de la CoIDT+i, específicamente del CEME-Sol.

La cuarta acción, está enfocada en implementar los mecanismos de transferencia de tecnología con la finalidad de escalar a nivel industrial los

prototipos. Esto implica el desarrollo de estrategias gubernamentales para incentivar el mercado e implementar programas para el desarrollo de proveedores nacionales.

Complementario a lo anterior, se visualiza la necesidad de formación de recursos humanos especializados de nivel técnico, licenciatura y posgrado.

La primera y segunda acción se puede realizar en paralelo y posteriormente, ejecutar la tercera y cuarta acción. Para realizar estas acciones se considera clave la participación de la SENER, SE, CEMIE-Sol, CoIDT+i e industria. La estrategia para atender este reto, es realizar las actividades tanto con recursos disponibles a nivel nacional, así como a través de la colaboración con instituciones de la CoIDT+i a nivel internacional.

Este reto debe atenderse de inmediato y se estima que se obtengan resultados significativos en los próximos cinco años; no obstante, estas acciones tienen un carácter **permanente**.

II. Acciones habilitadoras para fortalecer la industria: Barreras

Un aspecto fundamental para facilitar la implementación de las acciones estratégicas que se han establecido para alcanzar la visión de la energía termosolar hacia el año 2030, es la definición de acciones habilitadoras orientadas a solucionar las principales barreras identificadas.

En términos generales, las barreras se clasifican en cinco tipos:

- **Regulatorias:** Barreras relacionadas con los aspectos de política tecnológica, energética e industrial; instrumentos legales; así como de administración de permisos de uso y explotación de recursos naturales y manifestación de impacto ambiental.
- **Económicas:** Estas incluyen aspectos de mercado, financiamiento, inversiones, y de la existencia y disposición de actores relevantes (clientes, proveedores, inversionistas e instituciones de financiamiento) requeridos para facilitar los proyectos de energías renovables.
- **Recursos Humanos:** Consideran aspectos relacionados con la disponibilidad, suficiencia y especialización de personal técnico y

profesionista para soportar las actividades de la cadena de valor de la producción de energías renovables.

- **Sociales:** Este tipo de barreras considera el impacto en las comunidades y la participación de la sociedad en general, durante el desarrollo e implementación de proyectos de energías renovables. Por ejemplo, este tipo de barreras comprenden aspectos relacionados con impacto en la salud, seguridad industrial, participación en la toma de decisiones, disposición a utilizar la energía renovable, por citar algunos.
- **Ambientales:** Consideran los impactos potenciales en relación al uso de la tierra, ecosistemas naturales, áreas naturales protegidas, activos históricos y culturales. Algunas veces estos impactos pueden constituir el mayor conflicto con otros intereses. Estos impactos pueden ser reducidos por el uso de medios técnicos.

A continuación se describen las barreras que fueron identificadas como prioritarias para lograr los objetivos y metas establecidas al 2030, así como las acciones habilitadoras sugeridas para su mitigación.

Ámbito	Barrera	Acción habilitadora
Regulatorio	Incertidumbre en la calidad de los productos termosolares que se ofrecen en el mercado.	Asegurar la calidad de los equipos de energía termosolar, mediante la aplicación de normas oficiales mexicanas homologadas internacionalmente y el fortalecimiento de la infraestructura de soporte a la normatividad.
	Escasas políticas públicas para incentivar los sistemas termosolares.	Desarrollar políticas públicas para incentivar el mercado de los sistemas termosolares en el sector residencial e industrial.
Económico	Falta de modelos de negocio y financiamiento adecuados para proyectos termosolares.	Desarrollar modelos de negocios y financiamiento adecuados para proyectos termosolares para el sector industrial y residencial.
	Insuficiente diversificación del mercado nacional de productos y proveedores de componentes, equipos y sistemas termosolares.	Fortalecer la cadena de suministro nacional mediante el impulso a emprendedores y la creación de spin offs.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Ámbito	Barrera	Acción habilitadora
Recursos Humanos	Falta de personal especializado para atender las necesidades del mercado, actual y futuro, de energía termosolar del sector residencial.	Formar especialistas técnicos en cantidad y calidad suficiente para atender las necesidades del mercado actual y futuro, para el aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.
Social	Faltan mecanismos de comunicación y difusión de las ventajas y los beneficios de la tecnología termosolar que permitan su asimilación por la sociedad mexicana.	Implementar estrategias de comunicación y difusión de las tecnologías de aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.

A continuación se describen las acciones habilitadoras propuestas para mitigar las barreras que se consideran de mayor impacto para el crecimiento del sector.

Ila. Ámbito Regulatorio

En México se han realizado diversos esfuerzos para fortalecer el marco normativo relacionado con la calidad de los productos termosolares, entre estos se encuentran en los últimos años, la emisión de varias normas y otros documentos que se listan a continuación:

- Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda (DTESTV).
- NMX-ES-004-NORMEX-2010 “Energía Solar – Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua – método de prueba”.
- NMX-ES-001-NORMEX-2005 y NMX-ES-003-NORMEX-2008, aplicables a captadores y sistemas de calentamiento solar de agua.
- NADF-008-AMBT-2005, norma ambiental para la Ciudad de México.
- NOM-027-ENER-2017, Rendimiento Térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas LP o gas natural.

- Programa de normalización para el 2018, el cual contiene los temas a desarrollar en materia de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) por parte de dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

Sin embargo, aún con estos esfuerzos existe incertidumbre por parte de los clientes sobre la calidad de los productos termosolares, lo cual refleja la necesidad de continuar con la elaboración de otras normas de carácter obligatorio (normas oficiales mexicanas), para asegurar el cumplimiento y alineación de los fabricantes y proveedores con la calidad y desempeño esperado por los clientes.

Otra problemática del ámbito regulatorio, está relacionada con el establecimiento de políticas públicas integrales para el desarrollo e impulso del mercado nacional de equipos termosolares. Cabe destacar que en el país se han definido programas orientados a incentivar el mercado de los sistemas termosolares, ejemplo de lo anterior es el Programa de Vivienda Sustentable que promueve el uso de ecotecnias⁷ en las nuevas viviendas construidas por el Instituto de Vivienda de la Ciudad de México (INVI), este programa considera la instalación de calentadores solares en vivienda, es importante mencionar que en el 2016 se instalaron 3,353 m² de calentadores solares (INVI, 2017).

⁷ Las ecotecnias, son aplicaciones, sistemas de instalaciones, herramientas e innovaciones tecnológicas que se pueden adaptar a cualquier espacio habitable para ayudar a conservar y restablecer el equilibrio natural, a través del uso racional de los recursos naturales (Gobierno de la Ciudad de México, 2017).

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Considerando los aspectos mencionados, se propusieron las siguientes acciones habilitadoras para superar las barreras de tipo regulatorio.

- Asegurar la calidad de los equipos de energía termosolar, mediante la aplicación de normas oficiales mexicanas homologadas internacionalmente y el fortalecimiento de la infraestructura de soporte a la normatividad.
- Desarrollar políticas públicas para incentivar el mercado de los sistemas termosolares en el sector residencial e industrial.

A continuación se describen las acciones habilitadoras y las actividades sugeridas para atenderlas.

a) Asegurar la calidad de los equipos de energía termosolar, mediante la aplicación de normas oficiales mexicanas homologadas internacionalmente y el fortalecimiento de la infraestructura de soporte a la normatividad.

En México se dispone de normatividad relacionada con equipos y sistemas de energía termosolar; sin embargo esta es de carácter voluntario, por lo que la fabricación e instalación de los colectores solares conlleva el riesgo de no tener el desempeño y eficiencia esperada por los clientes.

Cabe hacer mención, que recientemente fue aprobada la NOM-027-ENER-2017, denominada “Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con

respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas LP o gas natural”. Sin embargo, es necesario también una NOM específica para colectores y componentes del sistema solar (sin respaldo de gas).

Otro aspecto a considerar en el despliegue de esta acción habilitadora, es que se requieren de laboratorios y entidades de certificación acreditadas.

Adicionalmente, los laboratorios existentes en México están orientados a la realización de pruebas de sistemas termosolares para baja temperatura, siendo evidente que es necesario incorporar capacidades para la realización de pruebas a sistemas termosolares para mediana y alta temperatura aplicables a procesos industriales (CEMIE-Sol, 2017b).

Actualmente en México existen cinco laboratorios (IER-UNAM, Grupo industrial Saltillo, Universidad de Guanajuato, Laboratorio Mexicano de pruebas solares MEXOLAB, Instituto de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables y Eficiencia Energética) para la certificación de sistemas termosolares de baja temperatura (CONUEE, 2017).

Se visualiza que con el reforzamiento en las capacidades de estos laboratorios se estaría en condiciones de dar servicio al mercado nacional e internacional, con la finalidad de que sean autosustentables.

Las actividades sugeridas para desarrollar la acción habilitadora son:

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2021 (hasta 2025 para la acreditación de los laboratorios)

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Diagnosticar el estado actual del marco normativo aplicable a la fabricación e instalación de equipos y sistemas de energía termosolar e identificar mejoras y cambios requeridos.	12 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, NORMEX, ONNCCE, EMA, CENAM, GIZ.
Elaborar un plan de actualización, mejora y desarrollo del marco normativo para la fabricación e instalación de equipos de energía termosolares.	12 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, NORMEX, ONNCCE, EMA, CENAM.
Desarrollar e implementar mejoras y cambios al marco normativo aplicable a equipos y sistemas de energía termosolar a fabricarse e instalarse en México.	24 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, NORMEX, ONNCCE, EMA, CENAM.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Adaptar la infraestructura (laboratorios y procesos de trabajo) disponible para la aplicación de las normas, construir la infraestructura faltante y formar a los recursos humanos requeridos para su operación.	24 meses 5 años adicionales para la acreditación	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, EMA, CENAM.
Desarrollar sistemas de gestión de calidad para la industria termosolar.	4 años	SE, industria, ANCE, entidades certificadoras.

Para implementar esta acción se definieron cinco actividades, la primera tiene como finalidad realizar un diagnóstico del marco normativo aplicable a la fabricación e instalación de equipos y sistemas de energías termosolar, de esta manera se identifican las mejoras y cambios que se requieran realizar.

La segunda actividad, tiene como objetivo elaborar un plan de actualización, mejora y desarrollo del marco normativo para la fabricación e instalación de equipos de energía termosolares. Esto considera además la certificación de productos y servicios, así también la creación de grupos de trabajo para la actualización periódica de las metodologías contenidas en las normas oficiales, esta se propone realizar cada cinco años.

La tercera actividad, está vinculada con el desarrollo e implementación de mejoras al marco normativo nacional, aplicable a equipos y sistemas de energía termosolar. Esto implica realizar labor de concientización a empresarios y autoridades del sector para la aplicación de la normatividad vigente.

La cuarta actividad, se enfoca en adaptar o crear la infraestructura (laboratorios, unidades de verificación y procesos de trabajo) disponible para la aplicación de la normatividad de componentes y sistemas termosolares. Esto implica la gestión de recursos financieros y humanos para su operación.

La quinta actividad, tiene como objetivo desarrollar sistemas de gestión de calidad en la industria termosolar, para que el fabricante realice su proceso de producción que cumpla con las especificaciones para el aseguramiento de calidad. Esto implica generar una certificación para las empresas que cuenten con las

competencias necesarias para el diseño, integración o desarrollo de sistemas termosolares.

Las primeras dos actividades se pueden llevar a cabo en paralelo, al concluir la segunda actividad se pueden ejecutar la tercera y cuarta actividad, y por último, la quinta actividad se puede realizar de manera independiente.

Los actores que se considera que son relevantes para la ejecución de estas actividades son: SENER, CONUEE, CoIDT+i, CEMIE-Sol, ANES, EMA, NORMEX, ONNCCE, CENAM, ANCE, GIZ y entidades certificadoras.

b) Desarrollar políticas públicas para incentivar el mercado de los sistemas termosolares en el sector residencial e industrial.

En México se han implementado varias iniciativas con el fin de apoyar las energías renovables; sin embargo, para el caso de la energía termosolar falta fortalecer su desarrollo a través de programas e incentivos para el uso de sistemas termosolares en el sector industrial y residencial (en viviendas existentes y nuevas).

De acuerdo al balance nacional de energía, los sectores residencial e industrial representan aproximadamente el 50% del total del consumo nacional de energía, particularmente la energía termosolar puede tener un impacto significativo en estos dos sectores.

Sin embargo, en la perspectiva de energías renovables 2017-2031, no se establecen metas para esta energía, por lo que es necesario establecer objetivos claros en los próximos años,

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

para impulsar esta energía en estos dos sectores, en función de su aportación en términos de eficiencia energética y reducción de gases efecto

invernadero. Las actividades sugeridas para desarrollar la acción habilitadora son:

Fecha de inicio: 2018

Fecha de término: 2021

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Efectuar un censo de los equipos termosolares instalados en el país.	12 meses	SENER, INEGI, Industria, CoIDT+i
Proponer una iniciativa de Ley para el aprovechamiento de la energía térmica en México.	4 años	SENER, CEMIE-Sol, Industria, ANES.
Implementar políticas públicas que incentiven el desarrollo de la energía termosolar en el país, direccionadas a empresas y personas físicas.	4 años	SENER, SE, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, Industria, Asociaciones, CONAVI, INFONAVIT, Gobiernos estatal y municipal.
Colaborar con las autoridades locales en relación a los reglamentos de construcción en viviendas, en las capitales de los estados.	4 años	SENER, Industria, ANES.
Incluir el uso de calentadores solares en el código de edificación de vivienda de la CONAVI.	4 años	SENER, CONUEE, INFONAVIT, CONAVI, INVI.

Para esta acción habilitadora se sugieren cinco actividades, la primera consiste en realizar un censo de los sistemas termosolares instalados en México, es importante resaltar que la información con la que se cuenta actualmente es recabada entre los fabricantes lo cual aunado a que existen muchos pequeños importadores, causa que los números que se tienen registrados no sean confiables. Por este motivo es importante resaltar la necesidad de tener en un futuro un censo más confiable de los sistemas termosolares instalados en el país.

Al respecto, un esfuerzo importante a destacar es el del INEGI ya que en el censo de 2015 se incluyeron preguntas relacionadas con la instalación de calentadores solares a nivel residencial, resultando que el 3.18% de las viviendas en México cuentan con un calentador solar. Sin embargo, todavía hace falta complementar esta información con datos de las características del calentador solar, así como la superficie instalada.

Esta primera actividad permitirá contar con información real y confiable de los sistemas

termosolares instalados en el país tanto a nivel residencial como industrial, lo cual constituirá una base para establecer propuestas para impulsar el mercado y verificar el cumplimiento de las metas propuestas.

La segunda actividad tiene como finalidad proponer una iniciativa de Ley para el aprovechamiento de la energía térmica en México, lo que implica lograr un resultado a mediano plazo, o realizar una propuesta para la próxima revisión de la Ley de Transición Energética donde se incluya un apartado relacionado con el uso de calor solar y las metas para los sectores residencial e industrial.

La tercera actividad, visualiza que se establezcan políticas públicas en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) que incentiven el desarrollo nacional de la energía termosolar tanto a nivel residencial como industrial.

Esto implica la generación de programas de gobierno e incentivos que establezcan los objetivos y metas para el desarrollo de la energía termosolar en el sector industrial y residencial. Así

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

también la gestión de apoyos a proveedores nacionales, promoviendo certificaciones, capacitación y programas de investigación y desarrollo que sustenten el desarrollo de la industria en el país.

Como parte de las políticas públicas, se identifica la necesidad de establecer las siguientes estrategias para impulsar la industria termosolar en México:

- Crear una comisión nacional del uso de energías renovables y un consejo consultivo para el uso de la energía termosolar, encabezada por autoridades del gobierno, academia e industria para que en conjunto se desarrollen las estrategias nacionales para el impulso de esta energía.
- Crear una cámara nacional de energías renovables, lo que permitirá ser una entidad legal ante la autoridad y fortalecer su influencia en la industria.
- Establecer un porcentaje de contenido nacional para fortalecer la capacidad de fabricación en el país, se espera que este porcentaje sea publicado en el Diario Oficial de la Federación.
- Establecer un porcentaje mínimo de energía termosolar en el sector industrial, este porcentaje deberá variar dependiendo del sector industrial y las necesidades de calor específicas.
- Promover desde el ámbito gubernamental los proyectos termosolares con alto contenido nacional.
- Promover la vinculación entre los diferentes actores, particularmente entre la industria y la ColDT+i.

La cuarta actividad, tiene el objetivo de realizar la modificación del reglamento de construcción en viviendas en las capitales de los estados, donde se incorpore el uso de colectores solares. Actualmente, la Ciudad de México ya dispone de un reglamento para este propósito.

Por último, la quinta actividad propone la inclusión del uso de calentadores solares en el código de edificación de vivienda de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI).

Se propone desarrollar las actividades de manera paralela. Los actores considerados clave para realizar esta actividad, son SENER, SE, SHCP, CONUEE, CEMIE-Sol, ColDT+i, INFONAVIT, CONAVI, ANES, INVI e industria.

IIb. Ámbito Económico

En México se han implementado programas para impulsar el mercado termosolar, ejemplo de ello es el “Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol) 2007 – 2012” e Hipoteca Verde del INFONAVIT, particularmente el Procalsol impulsó la instalación de calentadores solares en los diversos sectores del país y tenía como meta que para el año 2012 se tuvieran 1,800,000 m² instalados de calentadores solares de agua (CONUEE, 2007).

Asimismo, es importante mencionar que en el país se han implementado otros programas e incentivos que buscan el crecimiento del mercado de calentadores solares de agua (CSA) entre los que destacan los siguientes:

- Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua (CSA) en México, implementada del año 2009 hasta el mes de abril de 2016, con la cual se crearon mecanismos de financiamiento para este tipo de sistemas.
- Subsidio Federal “Esta es tu casa”, operado por CONAVI, donde los trabajadores de menores ingresos pueden adquirir sistemas de calentamiento solar de agua.
- Proyecto piloto denominado “Mecanismo Financiero Piloto (MFP) en la Península de Yucatán con factor de réplica nacional, para fomentar el uso de sistemas de calentamiento solar de agua (SCSA), dentro del sector servicios en México”, este mecanismo es una colaboración entre la CONUEE y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el apoyo de la Universidad del Caribe, Banco Nacional de Comercio Exterior (Bancomext) y Banco del Bajío.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

- Iniciativa Climática Internacional del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania, denominado Solar Payback, el cual busca disminuir el consumo de combustibles fósiles y reducir emisiones de bióxido de carbono, mediante el aprovechamiento de la energía termosolar (PROMEXICO-GIZ-IER, 2017).

No obstante, aun cuando se han puesto en marcha todos estos mecanismos, todavía se percibe como problemática la carencia de esquemas de financiamientos viables y atractivos, para promover la adquisición de equipos y sistemas termosolares; lo cual impacta en el desarrollo del mercado y el crecimiento en la instalación de la tecnología termosolar.

Por otra parte, se ha identificado un bajo crecimiento del mercado nacional de equipos, sistemas y servicios para el aprovechamiento de la energía termosolar, siendo evidente la falta de modelos de negocios novedosos que faciliten la adquisición, instalación y operación de sistemas termosolares.

Considerando los aspectos antes mencionados, se proponen las siguientes acciones habilitadoras para superar las barreras de tipo económico.

- Desarrollar modelos de negocio y financiamiento adecuados para proyectos termosolares para el sector industrial y residencial.
- Fortalecer la cadena de suministro nacional mediante el impulso a emprendedores y la creación de spin offs.

A continuación se describen las acciones habilitadoras y las actividades sugeridas para atenderlas.

a) Desarrollar modelos de negocio y financiamiento adecuados para proyectos termosolares para el sector industrial y residencial.

Para la implementación de proyectos de energía termosolar se requieren modelos de negocio y financiamiento adecuados para el diseño, construcción y operación de plantas y sistemas de energía termosolar. Actualmente en México este tipo de proyectos son considerados de alto riesgo por la incertidumbre de mercado. Los mecanismos financieros no se adecuan a la tasa de retorno estándar de los proyectos para la instalación de plantas y sistemas industriales.

Se han realizado esfuerzos para tener alternativas de créditos de la banca comercial a los consumidores; sin embargo no se han logrado consolidar. Las actividades sugeridas para desarrollar la acción habilitadora son:

Fecha de inicio: 2018

Fecha de término: 2023

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Desarrollar esquemas de financiamiento que incentiven el diseño, adquisición, mantenimiento y operación de equipos de energía termosolar.	6 años	SENER, CONUEE, Industria, Instituciones Financieras, SHCP, INFONAVIT, CONAVI.
Intensificar los casos de estudio para dar confianza a la banca y difundir casos nacionales e internacionales de éxito.	4 años	SENER, CONUEE, Industria, Instituciones Financieras.
Desarrollar programas de sensibilización de los sectores bancarios y financieros.	36 meses	SENER, SE, CONUEE, CEMIE-Sol, CoLDT+i, Industria, Instituciones Financieras.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Se proponen tres actividades, la primera se enfoca en crear y mejorar esquemas de financiamiento para acceso a tecnología que permita aprovechar la energía termosolar en el sector residencial e industrial. Esto implica contar con un financiamiento público que fomente la participación de los diferentes niveles de gobierno (estados y municipios) para impulsar los proyectos de energía termosolar.

En este sentido se deberán establecer reglas claras para otorgar financiamiento público y con tasas de interés bajas y accesibles. Por otro lado, con la finalidad de crear una base financiera sólida para el desarrollo de los proyectos, se propone establecer mecanismos de financiamiento del sector privado para que exista mayor apertura e interés por parte de los inversionistas en estos proyectos.

La segunda actividad, tiene la finalidad de generar confianza en la banca e iniciativa privada para el financiamiento de este tipo de proyectos, mediante la difusión de casos de éxito de los proyectos de energía termosolar en la industria.

La tercera actividad, consiste en realizar programas de sensibilización a empresarios, autoridades y entidades financieras que puedan promover la creación de créditos para el crecimiento de la industria termosolar.

Estas actividades pueden realizarse de manera simultánea. Entre los actores clave están la

SENER, SE, CONUEE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, Industria, Instituciones Financieras, INFONAVIT, CONAVI y se estima que en los primeros resultados se obtengan en tres años.

b) Fortalecer la cadena de suministro nacional mediante el impulso a emprendedores y la creación de spin offs.

En México existen pocas empresas mexicanas enfocadas en diseño, integración y desarrollo de la tecnología termosolar, lo que deriva en una falta de competitividad y dependencia de empresas extranjeras, esta problemática está relacionada principalmente con el limitado crecimiento del mercado nacional de equipos, sistemas y servicios para el aprovechamiento de la energía termosolar por la falta de una oferta suficientemente diversificada de productos, servicios y proveedores.

El mercado nacional requiere de un conjunto de factores que estimulen su crecimiento tales como: equipos diseñados a las condiciones climatológicas y ambientales del país; de empresas fabricantes de componentes y equipos que sean competitivas a nivel mundial; de modelos de negocio novedosos que faciliten la adquisición, instalación y operación de equipos de energía termosolar por parte de consumidores en el sector residencial.

Con base en lo anterior, se sugiere la ejecución de las siguientes actividades:

Fecha de inicio: 2018

Fecha de término: 2025 (permanente)

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Crear y mejorar mecanismos de apoyo para la formación y desarrollo de emprendedores en la creación de nuevas empresas en el sector de energía termosolar.	5 años	Gobiernos estatal y municipal, SE, SHCP.
Crear y mejorar mecanismos de acompañamiento, de mercado, de innovación tecnológica, a empresas del sector de energía termosolar para el desarrollo de nuevos productos.	8 años permanente	SENER, industria, SE, CEMIE-Sol, CoIDT+i, CONACYT.
Impulsar la creación de <i>spin offs</i> de diseño e instalación de sistemas termosolares.	5 años	SENER, CONUEE, CoIDT+i, ANES, SHCP.

Se proponen realizar tres actividades, la primera se refiere a promover el incremento de la oferta nacional de sistemas, equipos y componentes de energía termosolar para cubrir la demanda proyectada, lo que implica la creación de nuevas empresas, así también se requiere innovar en modelos de negocio que disminuyan el riesgo para el usuario en la adquisición de esta tecnología.

La segunda actividad, consiste en impulsar el apoyo a los emprendedores para la creación de nuevos productos y el acompañamiento para su desarrollo. Esto implica también implementar estrategias de penalización cuando se utilicen los combustibles fósiles. Un aspecto a resaltar de esta actividad es la promoción de empresas especializadas en el diseño, instalación y puesta en marcha de sistemas termosolares a nivel industrial.

La tercera actividad, está relacionada con estimular la creación de *spin offs* particularmente de aquellas enfocadas en el diseño e instalación de sistemas termosolares. Esto implica proponer iniciativas y esquemas para que se desarrollen las estructuras y mecanismos de apoyo necesarios.

Estas actividades se pueden realizar de manera independiente. Entre los principales actores clave se encuentran: SENER, SE, SHCP, Gobiernos Estatal y Municipal, CEMIE-Sol, CoIDT+i y CONACYT. El tiempo estimado para la atención de esta acción habilitadora se considera en el largo plazo.

IIc. Recursos Humanos

Con la implementación de la reforma energética y de acuerdo a datos de la SENER (SENER, 2014b), se requerirán en los próximos años en el país cerca de 135,000 especialistas en energía renovable y eficiencia energética. Ante este reto en los últimos años se han puesto en marcha mecanismos orientados a impulsar la preparación de recursos humanos en esta materia tanto a nivel profesional como técnico, muestra de ello es el Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética, impulsado por SENER, SEP y CONACYT, que tiene por objetivo fomentar la oferta de programas de adiestramiento y certificación de competencias conjuntamente con el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER).

Por otra parte, la SENER ha impulsado la creación del Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética (CGCEREE), cuyo objetivo es generar capital humano calificado en energía renovable y eficiencia energética, mediante el desarrollo de estándares de competencia y la certificación del personal técnico.

Particularmente en lo que respecta a instalaciones solares térmicas (CONOCER, 2017), se cuenta con dos estándares de competencia: “Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable” e “Instalación de sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque”. Lo anterior, constituye un insumo importante para definir programas de formación y desarrollo de especialistas.

Como se ha mencionado de manera reiterada en otras secciones de este Mapa de Ruta Tecnológica, una de las problemáticas identificadas para el desarrollo de la energía termosolar en México, es la falta de especialistas tanto nivel técnico y profesional que aporten valor en todas las etapas de la cadena de valor de un proyecto termosolar, por otra parte, no se dispone de una detección de necesidades de capacitación que considere el proceso integral, que abarque desde el diseño hasta la comercialización y postventa de los sistemas.

Considerando lo anterior, se propone la siguiente acción habilitadora para superar la barrera de recursos humanos.

- Formar especialistas técnicos en cantidad y calidad suficiente para atender las necesidades del mercado actual y futuro, de aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.

A continuación se describe la acción habilitadora y las actividades sugeridas para atenderla.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

a) Formar especialistas técnicos en cantidad y calidad suficiente para atender las necesidades del mercado actual y futuro, para el aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.

Actualmente una limitante para el desarrollo de la energía termosolar, es la insuficiente cantidad de especialistas que puedan atender las necesidades del mercado actual y futuro de energía termosolar. Se requieren expertos técnicos para diseñar, instalar y operar este tipo de proyectos, así como personal técnico certificado y centros públicos de capacitación de nivel técnico a lo largo del país.

Asimismo, se identifica la necesidad de fortalecer programas que apoyen los procesos de certificación local de técnicos interesados en tener una competencia relacionada con esta energía.

Cabe hacer mención que esta acción habilitadora integra las necesidades en materia de formación de recursos humanos de los retos técnicos descritos a lo largo de este Mapa de Ruta Tecnológica.

Las actividades sugeridas para desarrollar la acción habilitadora son:

Fecha de inicio: 2018

Fecha de término: 2022 (permanente).

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Elaborar un diagnóstico del tamaño de la oferta y del nivel de competencia de los recursos humanos necesarios en la cadena de valor de energía termosolar.	12 meses	CoIDT+i, CGCEREE, Entidades de Certificación de Competencias Laborales, SEP, CONACYT.
Elaborar un plan nacional para la formación y actualización de especialistas requeridos en la cadena de valor de energía termosolar.	24 meses	CoIDT+i, CGCEREE, Entidades de Certificación de Competencias Laborales, SEP, CONACYT.
Elaborar y ejecutar programas de formación y desarrollo de competencias de especialistas técnicos para la energía termosolar.	36 meses	CoIDT+i, CGCEREE, Entidades de Certificación de Competencias Laborales, SEP, CONACYT.
Evaluar y certificar las competencias de los especialistas técnicos y retroalimentar para actualizar el inventario de especialistas técnicos para la energía termosolar.	36 meses permanente	CoIDT+i, CGCEREE, Entidades de Certificación de Competencias Laborales, SEP, CONACYT.
Establecer redes de aprendizaje y de colaboración.	Permanente	Industria, CoIDT+i, asociaciones.

Para la atención de esta acción habilitadora, se propone realizar cinco actividades, la primera se refiere a determinar la cantidad y el nivel de competencia de los recursos humanos requeridos para el desarrollo de la energía termosolar, a

través de un diagnóstico que considere las necesidades de recursos humanos para el diseño, fabricación, instalación, operación, mantenimiento y comercialización de los sistemas termosolares.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

En este sentido, de manera preliminar fueron identificadas necesidades específicas de formación de recursos humanos en los siguientes temas:

- Diagnóstico energético para identificar la viabilidad de aplicaciones termosolares.
- Fabricación y comercialización de las tecnologías.
- Adaptación de tecnologías termosolares de acuerdo a las necesidades del país.
- Diseño e implementación de proyectos termosolares industriales.
- Innovación de materiales, componentes y equipos adecuados a las características del país y al tiempo de vida esperado en estos sistemas.
- Desarrollo de aplicaciones termosolares orientados hacia el sector agropecuario.

La segunda actividad, consiste en elaborar un plan estratégico nacional de formación y especialización de recursos humanos en sistemas termosolares para las necesidades en el sector residencial e industrial, en los niveles técnico, profesionalista y posgrado. Este plan debe tener un alcance que cubra el proceso de innovación tecnológica y las mejores prácticas educativas relacionadas que hayan funcionado en otros países.

Una de las estrategias para contar en el corto plazo con personal competente, es dar impulso a la creación de estándares en áreas clave de la cadena de valor de proyectos termosolares, tanto para el sector residencial como el industrial, por lo que se deben fortalecer las capacidades nacionales para certificar al personal en las competencias clave del proceso.

Un insumo importante para esta actividad son los estándares de competencia, desarrollados para la industria termosolar por el Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética (CGCEREE), así como el Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética.

La tercera actividad, se relaciona con la puesta en marcha de programas de formación y desarrollo de especialistas, esto implica ajustes y mejoras en

los planes de estudio, así como impulsar la certificación. Lo anterior, tiene la finalidad de que estos programas estén alineados a los principales temas que demanda el mercado de energía termosolar. Asimismo, esta actividad implicará el fortalecimiento de la infraestructura educativa para formar y desarrollar talento en ésta área.

La cuarta actividad, tiene como objetivo evaluar los resultados del plan de formación y asegurar su actualización. Esto considera el desarrollo de metodologías de evaluación que permitan conocer el grado de dominio del personal técnico.

La quinta actividad, está dirigida a establecer redes de aprendizaje y colaboración con los actores relacionados con la aplicación de la energía termosolar en el sector residencial e industrial. Esto con el fin de compartir casos de éxito, lecciones aprendidas y posteriormente integrarse para el desarrollo de nuevos proyectos.

Las primeras dos actividades se pueden ejecutar en paralelo, posteriormente se propone llevar a cabo la tercera y cuarta actividad, y finalmente, realizar la quinta. Los participantes considerados clave para el logro de esta acción habilitadora son la SEP, CGCEREE, CoIDT+i (particularmente el CEMIE-Sol), Industria, entidades de certificación de competencias laborales y CONACYT.

La duración estimada para la atención de esta acción habilitadora es de cinco años; sin embargo, por la naturaleza de la acción habilitadora estas actividades se deberán ejecutar de manera permanente.

IId. Ámbito Social

Un factor que influye en la decisión de las personas para adoptar una tecnología es contar con información suficiente que le proporcione un panorama sobre aspectos generales relacionados con la confiabilidad de los equipos, inversión inicial, tipo de mantenimiento requerido, relación costo-beneficio, implicaciones o adecuaciones necesarias para su instalación, así como los servicios de soporte y mantenimiento disponibles en el país.

En este sentido, es importante mencionar que se considera que existe muy poca información integrada y adecuada para los diferentes usuarios de la tecnología termosolar tanto en el sector residencial como industrial. Considerando lo

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

anterior, se propone la siguiente acción habilitadora para superar la barrera social.

- Implementar estrategias de comunicación y difusión de las tecnologías de aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.

A continuación se describe la acción habilitadora y las actividades sugeridas para atenderla.

a) Implementar estrategias de comunicación y difusión de las tecnologías de aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.

Entre los factores que limitan la asimilación de la tecnología termosolar por parte de la sociedad

mexicana es la falta de información disponible referente a los diferentes elementos que caracterizan a esta tecnología, como pueden ser: confiabilidad de los equipos, inversión inicial, tipos de mantenimientos requeridos, relación costo-beneficio, implicaciones o adecuaciones necesarias para su instalación, así como los servicios de soporte y mantenimiento disponibles en el país.

Se considera importante comunicar esta información a los diferentes sectores que impactan en la tecnología termosolar, es decir, es necesario implementar una estrategia de comunicación permanente, dirigida a gobierno, instituciones financieras, industriales y público en general, con la finalidad de promover e incentivar el mercado en el país. Las actividades sugeridas para desarrollar la acción habilitadora son:

Fecha de inicio: 2018

Fecha de término: 2021(permanente)

Actividad sugerida	Tiempo estimado para su solución	Principales actores involucrados
Implementar una estrategia de comunicación y promoción de las bondades y ventajas del uso de la tecnología de aprovechamiento de la energía termosolar en el sector residencial e industrial.	12 meses permanente	SENER, CONUEE, Instituciones financieras, CEMIE-Sol, Industria, INFONAVIT, CONAVI. Áreas de comunicación social.
Implementar un plan nacional de difusión de la tecnología termosolar en el sector residencial e industrial que permita la adopción, asimilación y uso en la sociedad mexicana.	18 a 24 meses permanente	SENER, CONUEE, Instituciones financieras, CEMIE-Sol, Industria, INFONAVIT, CONAVI.
Apoyar la construcción y operación de proyectos demostrativos en todas las entidades del país y documentar y comunicar en los medios los resultados de dichos proyectos.	4 años permanente	SENER, CONUEE, Instituciones financieras, CEMIE-Sol, Industria, INFONAVIT, CONAVI.
Desarrollar una plataforma con información técnica de los sistemas termosolares.	14 meses	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, ANES.

Para esta acción habilitadora se proponen cuatro actividades, la primera consiste en implementar una estrategia de comunicación y promoción de las bondades y ventajas de la tecnología, estableciendo un grupo de trabajo multidisciplinario con representantes del gobierno, industria e instituciones financieras. Esto implica diseñar e implementar campañas para hacer extensiva la información a los usuarios potenciales, lo cual debe considerar que esta

comunicación se haga a través de diversos medios de prensa escrita, radio y televisión.

Es importante también para el mercado y el usuario final que los captadores y equipos termosolares que se comercialicen ofrezcan garantías y hayan aprobado la normatividad nacional para poder disponer de sistemas más confiables y que se le pueda asegurar por parte del fabricante una garantía al usuario final, superior al tiempo en que se recupera la inversión

del sistema y de preferencia no menor a 10 años contra cualquier defecto que pudiera presentar el mismo; o como sucede en otros países que se vendan los sistemas termosolares, sobretodo lo de gran escala, con un seguro de cobertura amplia que garantice la vida de los equipos por al menos 10 años.

Asimismo es muy relevante disponer de una base de datos o directorio de fabricantes y proveedores confiables de estas tecnologías.

La segunda actividad, consiste en implementar el plan de promoción y difusión de la tecnología termosolar que considera información técnica dirigida en especial a los desarrolladores y operadores de la tecnología. Esto implica la elaboración de artículos informativos, casos de éxito, material de promoción, asistencia a ferias y exposiciones, campañas de difusión en radio, televisión, revistas, periódicos e internet.

La tercera actividad tiene como objetivo promover la tecnología mediante la elaboración de proyectos demostrativos en todas las entidades del país, con énfasis en los estados con mayor densidad de población o con mayores consumos energéticos.

La cuarta actividad, consiste en crear una plataforma con información técnica de las tecnologías, incluyendo reportes de monitoreo de los sistemas instalados y la energía producida, estudios, artículos científicos y material de apoyo para potenciales usuarios, así como una lista de proveedores confiables.

Las cuatro actividades propuestas se pueden desarrollar de manera simultánea. Entre los participantes clave se ubican SENER, CONUEE, Instituciones financieras, ColDT+i (particularmente el CEMIE-Sol), Industria, INFONAVIT, CONAVI, Órganos Gubernamentales de Comunicación y áreas de comunicación social. Se espera tener resultados en el corto plazo; sin embargo, estas actividades tienen un carácter permanente.

Ile. **Ámbito Ambiental**

En este Mapa de Ruta Tecnológica no se identificó ninguna barrera de tipo ambiental que tuviera implicaciones relevantes para el fortalecimiento de la industria termosolar del país; sin embargo, se considera importante que al igual que en otras tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables, se realicen estudios sobre el “Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Assesment)”, que tomen como referencia las mejores prácticas internacionales.

De esta forma se podrá evaluar la sustentabilidad ambiental de manera más integral e identificar las etapas del desarrollo de los proyectos que representan un área de oportunidad para mejorar el desempeño ambiental y energético a lo largo de su ciclo de vida (Santoyo-Castelazo, *et al.*, 2011; Santoyo-Castelazo & Azapagic, 2014; Santoyo-Castelazo, *et al.*, 2014).

III. Acciones de soporte

Uno de los factores clave para establecer los planes de crecimiento y desarrollo de la energía termosolar, es contar con información de calidad sobre información meteorológica nacional tanto histórica como en tiempo real. Por lo que se definió una acción específica para la creación de una base de datos estandarizada y oficial de información meteorológica, que incluya datos como son irradiación solar, temperatura, velocidad de viento y humedad, en el territorio nacional.

Es importante mencionar que tanto la UNAM como el INEEL, cuentan con bases de datos del recurso solar. Otro de los esfuerzos importantes en esta materia, es el proyecto del CEMIE-Sol denominado: “Inventario Nacional del Recurso Solar (Mapa del recurso solar)”, cuyo objetivo es generar una red de estaciones solarimétricas, los resultados de este proyecto permitirán conocer la distribución espacial y temporal de la irradiación solar en superficie nacional, dando con ello, mayor confiabilidad en las evaluaciones del recurso y, por consiguiente, permitirá realizar una adecuada planificación de proyectos orientados a su aprovechamiento.

La acción que se plantea a continuación también es aplicable a la energía solar fotovoltaica por lo que se le ha considerado de soporte y consiste en integrar los diferentes esfuerzos existentes en el país para consolidar una sola base de información del recurso solar y definir los responsables de mantenerla actualizada y validada. A continuación se describe el planteamiento de dicha acción.

IIIa. Evaluar el recurso solar e implementar una base de datos meteorológica homologada en México de referencia oficial.

Actualmente, existen en el país estaciones meteorológicas, modelos comerciales basados en imágenes de satélite, redes de información, entre otros instrumentos y herramientas, orientados hacia la evaluación del recurso solar. Sin embargo, se ha identificado la necesidad de validar estas herramientas, así como dar mantenimiento, calibrar y mejorar la infraestructura disponible.

A este respecto, es importante mencionar que se tienen pocas mediciones de irradiación solar confiables en tierra y no hay suficientes estaciones de medición para validar los modelos existentes. Por otra parte, la información sobre el recurso solar no está consolidada, le faltan mecanismos de validación y es difícil acceder a ella.

El planteamiento de la presente acción de soporte, es lograr la consolidación de una base de información meteorológica que considere datos de irradiación solar, temperatura, ambiente, velocidad de viento y humedad que sirva de referente nacional disponible para uso público.

Una problemática relacionada consiste en la homologación de la forma en que se adquiere, se procesa y se presenta la información. Por otra parte, es necesario adecuar los modelos de evaluación del recurso solar, aprovechando la información satelital disponible para México.

A continuación se presentan las acciones sugeridas para atender este reto, el plazo de atención y los participantes clave en la realización de las acciones:

Fecha de Inicio: 2018

Fecha de término: 2022 (permanente)

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Realizar un diagnóstico de los repositorios existentes.	6 meses	SENER, CEMIE-Sol, CONUEE, SEMARNAT, CONACYT, Servicio Meteorológico Nacional, INEGI.
Revisar y mejorar los modelos de evaluación del recurso solar a partir de imágenes satelitales para México.	30 meses	SENER, CEMIE-Sol, CONUEE, CONAGUA, Servicio Meteorológico Nacional, INEGI, CoIDT+i.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Acciones prioritarias sugeridas	Periodo de atención	Participantes clave
Implementar una plataforma nacional de datos con acceso en línea.	24 a 36 meses	SENER, SEMARNAT, Servicio Meteorológico Nacional, INEGI, CoIDT+i.
Instalar estaciones solarimétricas de referencia con sensores para los diferentes componentes de irradiación solar.	5 años	SENER, SEMARNAT, CONAGUA, Servicio Meteorológico Nacional, CoIDT+i.
Establecer programas de mantenimiento, calibración y validación de datos en las estaciones de medición.	Permanente	SEMARNAT, CONAGUA, Servicio Meteorológico Nacional, CoIDT+i.
Implementar la actualización, calibración y mantenimiento de la plataforma e infraestructura.	Permanente	SENER, CONUEE, CEMIE-Sol, Servicio Meteorológico Nacional, INEGI.

Para la atención del reto se proponen seis acciones prioritarias, la primera consiste en realizar un diagnóstico de los repositorios de información solar existentes en el país.

La segunda acción, está dirigida a revisar y mejorar los modelos de evaluación del recurso solar basados en imágenes satelitales.

La tercera acción, está enfocada en crear una plataforma nacional de datos con acceso en línea, de esta manera, se proyecta tener un servicio nacional de información que compile, valide, actualice y difunda la información de energía solar. Este sistema de información deberá mantenerse actualizado.

La cuarta acción, se refiere a la instalación de estaciones solarimétricas de referencia con sensores para los diferentes componentes de irradiación solar (irradiación solar directa, global y difusa, ultravioleta e infrarroja), esto con objeto de mejorar la infraestructura existente para la medición del recurso solar y contar con datos suficientes para validar los modelos existentes.

La quinta acción, se orienta a elaborar programas de mantenimiento, calibración y validación de datos de las estaciones de medición.

Finalmente la sexta acción, se refiere a la actualización, calibración y mantenimiento de la plataforma e infraestructura. Se propone que el Servicio Meteorológico Nacional pueda coordinar los esfuerzos para la creación y mantenimiento de la plataforma de información y del mejoramiento de la infraestructura de medición.

Las cinco primeras acciones se pueden realizar en paralelo y la última acción se puede ejecutar después de concluida la tercera acción. La estrategia para la solución del reto consiste en utilizar los recursos nacionales disponibles. Entre los actores clave para esta acción están la SENER, CEMIE-Sol, CONUEE, CONAGUA, CoIDT+i, Servicio Meteorológico Nacional e INEGI.

Las acciones para la solución del reto deben iniciarse de manera inmediata y se espera obtener resultados relevantes en el mediano plazo, es decir cinco años, manteniendo posteriormente una atención permanente de este reto.

Diagrama

El Mapa de Ruta Tecnológica es una herramienta gráfica que permite visualizar las acciones a realizar en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar las metas y objetivos establecidos.

En particular, el Mapa de Ruta Tecnológica de energía termosolar, está compuesto por una serie de capas que relacionan la visión, las metas, los impulsores principales, las acciones estratégicas (retos), las acciones habilitadoras y una acción de soporte para desarrollar esta energía en un horizonte de tiempo del 2018 al 2030.

El esquema inicia con la visión al 2030, misma que se ubica en la parte superior, de esta forma, la primera capa muestra la meta general de capacidad instalada de energía termosolar que se espera alcanzar para el 2030, así como una intermedia para el 2024. Debajo de esta meta general, se presentan las metas específicas tanto para sector residencial como para el industrial. La segunda capa muestra los principales impulsores para el desarrollo de la energía termosolar en México.

La tercera capa, contiene las acciones estratégicas (retos técnicos) identificadas como prioritarias en el sector residencial e industrial. Para el primer caso, se observa de manera general, que las acciones consideradas estratégicas para la solución de los retos, reflejan la necesidad de fortalecer las capacidades nacionales para la fabricación de sistemas termosolares, así como en asimilar tecnología para innovar en materiales para estos sistemas, adecuados a las condiciones del país.

En lo que respecta a los retos del sector industrial, éstos se encuentran principalmente en el diseño y fabricación de componentes termosolares para mediana y alta temperatura, así como la evaluación e implementación de proyectos industriales termosolares. Las problemáticas que se observan se relacionan, en general, con la necesidad de incrementar los proyectos industriales termosolares.

A continuación, en la cuarta capa se presentan las acciones habilitadoras para fortalecer el desarrollo de la industria termosolar, las cuales se muestran agrupadas en diferentes tipos: regulatorios, económicos, sociales y de recursos humanos.

En la última capa, se encuentra una acción considerada de soporte, ya que no es exclusiva de la industria termosolar, comparte la misma problemática con la energía solar fotovoltaica. Esta acción resalta la importancia mejorar la evaluación del recurso solar.

Por último, es importante mencionar que los retos y acciones habilitadoras fueron resumidos en el diagrama del Mapa de Ruta Tecnológica para facilitar su lectura y visualización.

En términos generales, la lectura del diagrama debe realizarse en cada capa de la esquina inferior izquierda a la esquina superior derecha. De esta manera, las acciones que requieren de un menor plazo para atender las barreras y retos se sitúan en la parte inferior y aquellas que implican un mayor plazo se localizan en la parte superior.

Anexo a este reporte se incluye el diagrama correspondiente.

Conclusiones y siguientes acciones

Conclusiones

El Gobierno Federal tiene como objetivo lograr la diversificación de la matriz energética, impulsando el aprovechamiento de las energías renovables, entre estas la energía solar. En México, existe un gran potencial de aprovechamiento del recurso solar, debido a los altos niveles de irradiación registrados en el territorio nacional durante el año. En este sentido, el aprovechamiento de la energía termosolar contribuirá en la disminución tanto del uso de combustibles fósiles, como en la emisión de los gases de efecto invernadero.

Este Mapa de Ruta Tecnológica plantea una visión al 2030 para el aprovechamiento de la energía termosolar en los sectores residencial e industrial del país, define las acciones estratégicas y habilitadoras para fortalecer su desarrollo en el corto, mediano y largo plazo.

Las metas propuestas de capacidad instalada que se consideran factibles al 2030, fueron establecidas a partir de la información disponible y el consenso entre especialistas en temas de energía termosolar provenientes de la Comunidad de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, la Industria y el Gobierno. De esta forma, se plantea que al 2030 se tendrá una capacidad instalada de 44,545,474 m² (108 PJ) de energía termosolar. De los cuales, 31,638,391 m² (82 PJ) corresponden al sector residencial y 12,907,083 m² (26 PJ) al sector industrial.

Estas metas se consideran factibles debido al crecimiento esperado para los próximos años del mercado de sistemas termosolares. Un factor clave para mantener el crecimiento consiste en la definición de políticas públicas que favorezcan el crecimiento y el financiamiento de estos sistemas. Asimismo, considerando que la tecnología para el aprovechamiento de la energía termosolar es madura y competitiva a nivel comercial, se espera que se fortalezcan en el país capacidades para dar soporte a esta industria.

Para lograr la visión al 2030 de la energía termosolar en México, se requiere solucionar retos tecnológicos y barreras de tipo regulatorio, económico, social y de recursos humanos. A partir del análisis del proceso general para el desarrollo de proyectos termosolares, se definieron los retos tecnológicos y acciones habilitadoras prioritarias

para alcanzar la visión, tanto para el sector residencial como para el industrial.

En general, los retos prioritarios están direccionados en optimizar costos de los proyectos termosolares. Así también se orientan a la fabricación e innovación de ciertos materiales y componentes, generación de capacidades nacionales, desarrollo de proyectos termosolares en la agroindustria, y la mejora en las metodologías para la planeación y diseño de proyectos termosolares.

Adicionalmente, se identificó una acción denominada de soporte que se considera clave para el crecimiento de la industria termosolar y que además, es común a la energía solar fotovoltaica, esta consiste en la evaluación del recurso solar en México.

Los retos tecnológicos prioritarios de este Mapa de Ruta Tecnológico, destacan la importancia de la mejora en las capacidades tecnológicas nacionales en áreas específicas de la cadena de valor. Además de enfatizar la colaboración con entidades nacionales e internacionales líderes en la industria termosolar, para aprovechar su experiencia y reducir tiempos de desarrollo.

En el Mapa de Ruta Tecnológica también se detallaron acciones habilitadoras en el ámbito regulatorio, económico, social y de recursos humanos, para facilitar la implementación de las acciones estratégicas, todas ellas direccionadas a lograr la visión que se plantea de la energía termosolar en México al 2030.

Entre las acciones habilitadoras de tipo regulatorio que se consideran relevantes, se identifica la necesidad de continuar con el fortalecimiento de las normas de calidad de los equipos termosolares y desarrollar políticas públicas para impulsar el uso de esta tecnología en el país.

En el ámbito económico, se considera importante impulsar modelos de negocio y fortalecer la cadena de suministro.

Con relación a los recursos humanos, es necesario incrementar la cantidad y calidad de especialistas para la atención de las necesidades actuales y futuras de la industria termosolar. Se identificaron algunos temas relevantes en los cuales es conveniente enfocar el desarrollo de especialistas entre los que destacan: diagnóstico energético,

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

fabricación y comercialización de tecnología, adaptación de tecnologías, diseño e implementación de proyectos termosolares industriales, innovación en materiales-componentes y equipos termosolares, desarrollo de aplicaciones termosolares en el sector agropecuario.

Con respecto al ámbito social, se considera necesario la formulación de estrategias de comunicación y difusión de los beneficios del aprovechamiento de la energía termosolar y de sus tecnologías en aplicaciones para los sectores residencial e industrial.

Los actores relevantes, necesarios para la implementación de las acciones tanto estratégicas como habilitadoras propuestas al 2030, son la Industria, el Gobierno y la Comunidad de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del país. Esta comunidad que incluye a todas las Instituciones de Educación Superior, Centros e Institutos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, tanto públicos como privados de México, involucrados en temas de energía termosolar, deberá ejecutar proyectos cuyos resultados solventen problemas reales de la industria y que fortalezcan las capacidades tecnológicas para dar soporte a las necesidades actuales y futuras de la industria.

En este sentido, será relevante la conformación de consorcios nacionales y regionales que integren a los expertos de la industria y de la ColDT+i para coordinar la ejecución de proyectos, asegurando que sus resultados incrementen la competitividad de la industria termosolar del país, ejemplo de ello es el CEMIE-Sol.

El rol del gobierno en la definición de políticas para continuar impulsando el crecimiento de la industria termosolar, mejorar su regulación, apoyar a la investigación y el desarrollo tecnológico, así como promover el financiamiento de los proyectos termosolares se considera clave. La SENER, la Secretaría de Economía y el CONACYT, son las entidades cuya participación en la implementación de las acciones propuestas es relevante.

Por su parte, de la industria integrada principalmente por desarrolladores, fabricantes, proveedores, empresas de servicios, operadores y asociaciones; se esperan inversiones para fabricar equipos y comercializar soluciones termosolares,

creando empleos en el país. Asimismo, se considera que las diferentes empresas que integran la industria serían los principales usuarios de gran parte de las soluciones tecnológicas que genere la Comunidad de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Es importante resaltar que si bien, las acciones sugeridas que se presentan en este MRT, señalan la participación de ciertos actores de la industria, el gobierno y la comunidad de investigación y desarrollo tecnológico, esta solo debe considerarse de manera indicativa para orientar la definición de políticas públicas, programas e iniciativas enfocadas a fortalecer, incrementar y/o generar las capacidades tecnológicas necesarias para dar soporte al desarrollo sustentable de la industria termosolar en el mediano y largo plazo, incluyendo infraestructura, recursos humanos especializados, y servicios tecnológicos, entre otros.

Siguientes acciones

Los resultados que se presentan en este Mapa de Ruta Tecnológica, responden a las condiciones prevalecientes del contexto en el que se desarrollaron los talleres. Por lo anterior, la vigencia y prioridad de algunas acciones podría haberse modificado o bien, pudieran ya estarse atendiendo. A medida que evolucione la industria termosolar en el país, se tendrá nueva información para actualizar la visión y premisas que se presentan en este MRT, por lo que este documento deberá ser actualizado de manera periódica.

El presente Mapa de Ruta Tecnológica establece una visión al 2030, que fue el punto de partida para identificar los principales retos tecnológicos, barreras y acciones necesarias en el corto, mediano y largo plazo, para lograr la generación de calor a partir de la energía termosolar en el país. Dicha visión, se estableció considerando la información y capacidades existentes, y deberá ser actualizada para adecuarse a los cambios que sucedan en el contexto tecnológico, regulatorio, económico, social y ambiental, tanto a nivel nacional como internacional.

La implementación de este Mapa de Ruta Tecnológica se espera se inicie en 2018, lo que requerirá un apoyo sustantivo del gobierno, en particular de la SENER y de la CONUEE, para difundir, impulsar y coordinar las acciones estratégicas definidas en el mismo.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

Además, se requiere establecer un plan de implementación que considere ciclos de revisión y evaluación de resultados.

Estos ciclos deben considerar la evaluación de los resultados de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Para estos ciclos de evaluación es necesario desarrollar indicadores y criterios tanto para los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Adicionalmente, como parte del ciclo de evaluación se deben monitorear los resultados de

las acciones habilitadoras y su impacto en relación al contexto económico, social, regulatorio y desarrollo de recursos humanos, para la ejecución de proyectos de energía termosolar.

Finalmente, se recomienda que este MRT se actualice cada tres años, y que se implemente una estrategia de difusión para dar a conocer los resultados de esta iniciativa entre todas las instituciones involucradas en la realización de las acciones estratégicas y habilitadoras para lograr la visión establecida al año 2030.

Referencias bibliográficas

- ANES. (2017). *Asociación Nacional de Energía Solar*. Obtenido de <http://www.anes.org/cms/index.php>
- Australian Government - Department of Industry, Tourism and Resources. (2001). *Technology Planning for Business Competitiveness: A Guide to Developing Technology Roadmaps*. Editor Industry, Science and Resources.
- CCEEA. (2017). *El empleo de la energía solar térmica en México-CCEEA*. Obtenido de <https://ccea.mx/energia-solar/el-empleo-de-la-energia-solar-termica-en-mexico/>
- CEMIE-Sol. (2013). *Plan General de Proyecto del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-Sol)*. México.
- CEMIE-Sol. (2017a). *Infraestructura de laboratorios nacionales*. Obtenido de <http://www.CEMIEsol.mx/infraestructura/>
- CEMIE-Sol. (2017b). *Proyectos CEMIE-Sol*. Obtenido de <http://www.cemiesol.mx/project/p13-laboratorios-de-pruebas-para-baja-y-media-temperatura-laboratorio-para-el-diseno-e-integracion-de-sistemas-termosolares-asistido-por-computadora/>
- CONACYT & SENER. (2014). *Términos de Referencia de la convocatoria de conformación del Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía*.
- CONOCER. (2017). *Estándares de Competencia por Sector Productivo*. Obtenido de <http://conocer.gob.mx/estandares-competencia-sector-productivo/>
- CONUEE. (2007). *Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México (Procalsol) 2007-2012*. México: CONUEE.
- CONUEE. (2014). *Calentamiento Solar de Agua*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-funcionamiento?state=published>
- CONUEE. (2017). *Acciones y programas*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/certificacion-de-productos-calentamiento-solar-de-agua?state=published>
- CRE. (2017). *Retos y avances de la reforma energética: la perspectiva de la CRE*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/211552/Presentaci_n_Retos_y_Avances_d_e_la_Reforma_Energ_tica_La_perspectiva_de_la_CRE_en_la_C_mara_de_Diputados.pdf
- DOF. (24 de diciembre de 2015). *Ley de Transición Energética*. *Diario Oficial de la Federación*.
- DOF. (31 de mayo de 2017). *Programa Especial de la Transición Energética*. *Diario Oficial de la Federación*.
- FIRCO. (2017). *FIRCO contribuye a mejorar el medio ambiente con el uso de eficiencia energética en procesos productivos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/firco/prensa/firco-contribuye-al-medio-ambiente-con-proyectos-de-eficiencia-energetica-en-oaxaca-de-juarez-oaxaca?idiom=es>
- García, O. (2017). *Capacidad instalada de energía termosolar 2015 en México, según datos de FAMERAC*. (IMP, Entrevistador)
- García, O., Pilatowsky, I., Cabanillas, R., Ramos, C., Ramírez, J., Beltrán, J., . . . Recio, R. (2017). *Aplicaciones térmicas de la energía solar, en los sectores residencial, servicios e industrial*. México: IER-UNAM.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

- Gobierno de la Ciudad de México. (23 de marzo de 2017). Ley de Vivienda para la Ciudad de México. *Gaceta de la Ciudad de México*.
- IEA. (2011). *Solar Energy Perspectives*. París: OECD Publishing.
- IEA. (2012). *Technology Roadmap Solar Heating and Cooling*. París: IEA.
- IEA. (2014a). *Energy Technology Roadmaps a guide to development and implementation*. París: IEA.
- IEA. (2014b). *Technology Roadmap solar thermal electricity*. París: IEA.
- IEA. (2017). *Manual de estadísticas energéticas*. Obtenido de https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual_spanish.pdf
- INEGI. (2017). *Censo Población y Vivienda 2010*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=cpv10_viviendas
- INVI. (2017). *Informe preliminar 2016. Avance de metas y en programas sustantivos*. Obtenido de <http://www.invi.df.gob.mx/portal/I2016Metas.aspx>
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Prospects: Mexico, REmap 2030 analysis*. Abu Dhabi: IRENA.
- Phaal, R. (2001). *T-Plan the fast start to technology roadmapping. Planning your route to success*. Cambridge: University of Cambridge.
- PROMEXICO-GIZ-IER. (2017). *La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México*. México: SE.
- Ramos, C., Ramírez, R., & Beltrán, J. (2014). Potential assessment in Mexico for solar process heat applications in food and textile industries. *Energy Procedia* 49, 1879-1884.
- Santoyo, E., & Azapagic, A. (2014). Sustainability assessment of energy systems: integrating environmental, economic and social aspects. *Journal of Cleaner Production*, 119-138.
- Santoyo, E., Gujba, H., & Azapagic, A. (2011). Life Cycle Assessment of Electricity Generation in Mexico. *Energy*, 1488-1499.
- Santoyo, E., Stamford, L., & Azapagic, A. (2014). Environmental implications of decarbonising electricity supply in large economies: The case of Mexico. *Energy Conversion & Management*. 272-291.
- SEMARNAT. (2015). *México cumplió sus objetivos en la COP21: Rafael Pachiano*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/mexico-cumplio-sus-objetivos-en-la-cop21-rafael-pachiano>
- SEMARNAT. (2017). *Impulsa SEMARNAT estrategia nacional para evitar desperdicios de alimentos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/impulsa-semarnat-estrategia-nacional-para-evitar-desperdicio-de-alimentos>
- SENADO. (2017). *Senadores analizan la problemática del desperdicio de alimentos en México*. Obtenido de <http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/39391-senadores-analizan-la-problematika-del-desperdicio-de-alimentos-en-mexico.html>
- SENER. (2014a). *Estrategia Nacional de Energía 2014-2028*. México: SENER.

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN ENERGÍA TERMOSOLAR

- SENER. (2014b). *Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética*. México: SENER.
- SENER. (2016a). *Balance Nacional de Energía 2015*. México: SENER.
- SENER. (2016b). *Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética*. México: SENER.
- SENER. (2017a). *Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)*. Obtenido de <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>
- SENER. (2017b). *Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031*. México: SENER.
- SENER, CONUEE, ANES, GIZ. (2017). *Programa para la Promoción de Calor Solar en México*. México.
- SENER-IMP. (2017a). *Reporte de Inteligencia Tecnológica en Energía Termosolar*. México: IMP.
- SENER-IMP. (2017b). *Diagnóstico Tecnológico del CEMIE-Sol*. México.
- SENER-IMP. (2018). *Cartera de Necesidades de Innovación y Desarrollo Tecnológico - Termosolar*. México.
- SHIP Plants. (2017). *SHIP = Solar Heat for Industrial Processes*. Recuperado el 4 de septiembre de 2017, de <http://ship-plants.info/solar-thermal-plants>
- Weiss, W., Spörk-Dür, M., & Mauthner, F. (2017). *Solar Heat Worldwide Global Market Development and Trends in 2016*. Austria: IEA.

2018



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

