

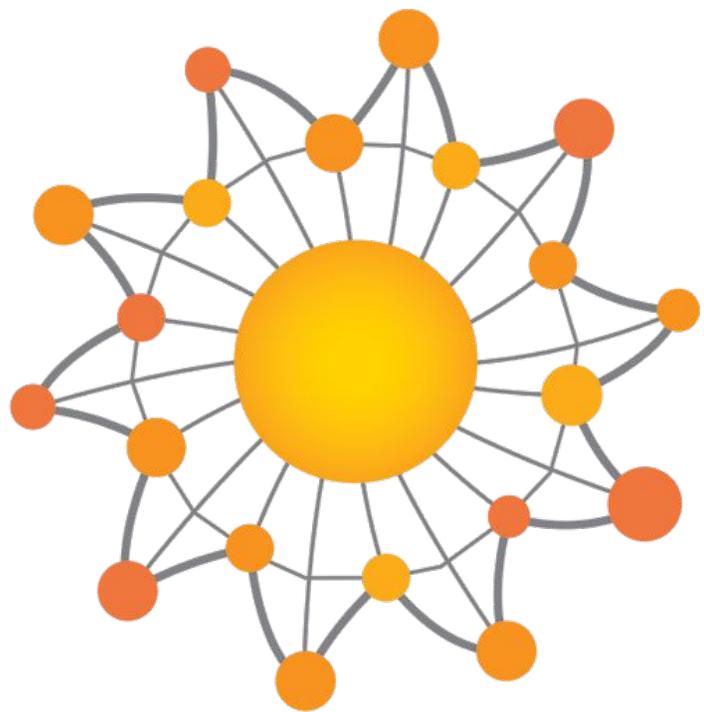
# CeMIE Sol: Sinergia para desarrollar el sector de la energía solar a nivel nacional

Antonio del Río, Manuel Martínez, David Leal, Camilo Arancibia y Karla Cedano

El Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CeMIE Sol) es un proyecto en desarrollo que ejemplifica lo que el apoyo gubernamental, el trabajo académico, el interés de las empresas por participar en el desarrollo de tecnologías en el país y una estrategia de gestión flexible y hecha a la medida pueden lograr por el avance en la implementación de energías renovables en México. Por la diversidad de temas que abarca y el número de participantes (1398 personas al momento de escribir esto) e instituciones (109, considerando universidades, empresas y agrupaciones, tanto nacionales como internacionales) que involucra, se puede afirmar sin temor a equivocarse que es el proyecto más importante en la historia de la investigación en energía solar en México.

El CeMIE Sol es uno de los CeMIEs que ahora se conceptualizan como “agrupaciones de centros de investigación públicos o privados, instituciones de educación superior, empresas y entidades gubernamentales cuyo objetivo es colaborar en proyectos dedicados a tecnologías, productos y servicios, que permitan a nuestro país aprovechar su enorme potencial en las principales energías renovables” (SENER, 2020). Además del CeMIE Sol, se han puesto en marcha el CeMIE Bio, el CeMIE Eólico, el CeMIE Geo y el CeMIE Océano; estos han sido financiados con recursos del Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE, fideicomiso creado con el objetivo de impulsar la investigación científica y tecnológica, así como la innovación y el desarrollo tecnológico en materia de energías renovables, eficiencia energética, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía) desde el año 2014.

Con la actual extensión del proyecto a sus etapas 9 y 10, podemos ver al CeMIE Sol como un claro ejemplo de continuidad de un proyecto que trascendió los avatares de los cambios de gobierno gracias al empuje de la comunidad científica que está detrás de él y al apoyo crucial del FSE.



Tras un proceso de selección de la mejor propuesta para la estructuración de un consorcio que “**genere sinergias en favor del aprovechamiento de la energía solar en el país, [...] y ejecución de una cartera de proyectos estratégicos que propicie la consecución de resultados de valor para el sector energético del país**” (CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética, 2013), el Fondo de Sustentabilidad aprobó la propuesta del consorcio liderado por el Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La responsabilidad de coordinar las ideas para integrar la propuesta, así como del desarrollo técnico del CeMIE Sol, recayó en el IER y, específicamente, en el Dr. Antonio del Río Portilla, quien fuera director del IER entre los años 2013 y 2021. La Dra. Karla Cedano Villavicencio, responsable de la Secretaría de Gestión Tecnológica y Vinculación del IER, asumió la responsabilidad administrativa y la conserva hasta la fecha. Actualmente, y desde el año 2019, el Dr. Camilo Arancibia Bulnes, investigador del IER, tiene la responsabilidad técnica.

La integración de la propuesta se respaldó con los más de 40 años de trabajo y experiencia de la comunidad de energía solar en México; fueron meses de diálogos y debates, tanto personales como institucionales, para consolidar una idea de CeMIE Sol que terminó integrando una cartera de 50 proyectos estratégicos propuestos en las áreas de energía solar fototérmica y fotovoltaica, así como en sistemas pasivos y laboratorios de pruebas. De acuerdo con la citada convocatoria, cada uno de estos proyectos estratégicos propuestos debía contar con la participación de dos o más instituciones de investigación y con el potencial de desarrollar innovación, así como tener fundamentos científicos sólidos. La participación de empresas en los proyectos era deseada mas no requerida, y estas podían aportar recurso concurrente.

Además de la cartera de proyectos, la propuesta del CeMIE Sol incluyó un sistema de gestión diseñado desde cero y específicamente para él. Este sistema fue clave para que el CeMIE Sol fuera posible y para que tuviera éxito y continuara operando hasta el día de hoy.

De los 50 proyectos estratégicos inicialmente propuestos, solamente 22 fueron aprobados por el FSE para iniciar el consorcio y para integrar la cartera del Centro. Estos proyectos fueron divididos en dos grandes temáticas: los enfocados en la energía solar fototérmica y los enfocados en energía solar fotovoltaica.

Entre los tópicos que han abarcado los proyectos estratégicos del CeMIE Sol se encuentran: desarrollo de nuevos materiales para celdas solares, materiales absorbedores solares selectivos, materiales reflejantes, tecnología de torre solar, química solar, secado solar, evaluación del recurso solar, tecnología de interconexión, empoderamiento social con tecnologías solares, combustibles solares, seguimiento solar, materiales autolimpiables, refrigeración solar; también se han desarrollado laboratorios para pruebas de tecnología solar fototérmica de baja y media temperatura, para evaluación de conformidad de módulos y componentes fotovoltaicos, y para edificaciones sustentables y evaluación de sistemas solares pasivos

Es importante mencionar que, aunque la propuesta inicial estaba programada para una duración de cuatro años, con miras a una posible extensión por otros cuatro años, los procesos del FSE demoraron el desarrollo del proyecto en varias ocasiones y hasta por 9 meses. De esta manera, las etapas originales del proyecto terminaron extendiéndose más de lo programado. Con los nuevos proyectos, programados para sólo dos etapas adicionales, dada la extinción del FSE, el CeMIE Sol concluirá a finales de noviembre de 2021.

## El sistema de gestión del CeMIE Sol: sustento y articulación de las capacidades para un CeMIE Sol exitoso

A pesar de estos y otros obstáculos, el éxito de la propuesta y del desarrollo del proyecto CeMIE Sol se fundamenta en su sistema de gestión multinivel y en red, el cual se diseñó específicamente para este Centro. De hecho, ha servido de inspiración y fundamento para otros proyectos similares al CeMIE Sol. Parte de este sistema de gestión es la estructura organizacional, la cual se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Estructura organizacional del CeMIE Sol

La estructura organizacional está constituida por tres niveles: el Grupo Técnico, integrado por las personas que proponen y realizan los proyectos estratégicos; el Grupo Directivo, integrado por representantes de las instituciones más relevantes del consorcio y que están encargadas de la planificación y las decisiones estratégicas, y el Grupo Operativo, encargado de la gestión técnica, innovativa y de administración del Centro.

Parte vital del Centro son las Comisiones Dictaminadoras, que consisten en tres grupos de personas expertas que realizan la evaluación interna de los proyectos al término de cada una de las etapas. Las personas de las comisiones son expertas en los ámbitos de energía fotovoltaica, energía solar fototérmica e innovación; sopesan, comentan y analizan de manera colegiada los avances de cada proyecto estratégico, emiten recomendaciones, hacen solicitudes de información o de actividades específicas y emiten un dictamen dirigido al Grupo Directivo del CeMIE Sol.

El órgano que se encarga de las decisiones estratégicas es el Grupo Directivo, este grupo se encarga de revisar los informes técnicos, los dictámenes y sugerencias de las comisiones dictaminadoras y los avances presupuestales de los proyectos estratégicos, así como del Grupo Operativo. Sus resoluciones en aspectos técnicos se asumen para los proyectos estratégicos y las que implican aspectos administrativos son sometidas a la autorización del FSE.

Los procesos, actividades e interacciones entre las diferentes entidades y órganos del Centro están establecidas en el modelo de gestión que, es importante señalar, es un valor intelectual protegido por el IER. Aquí solo se describe brevemente una parte correspondiente a la estructura organizacional y al proceso de evaluación de los proyectos estratégicos.

Uno de los aspectos que ha permitido al CeMIE Sol ser altamente exitoso es un proceso muy sólido de evaluación de los proyectos. Al término de cada etapa semestral del proyecto, este es evaluado en distintos pasos.

El primero de estos es una evaluación interna realizada por las Comisiones Dictaminadoras del CeMIE Sol; posteriormente, el Grupo Directivo toma en consideración lo recomendado por las comisiones y decide si los proyectos continúan, se terminan anticipadamente o son condicionados para su continuación a que cumplan aquello indicado por las comisiones, en un plazo establecido por el mismo Grupo Directivo; al final, el Fondo de Sustentabilidad, mediante las Secretarías Técnica y Administrativa, evalúa el avance de cada proyecto estratégico, considera el dictamen de las comisiones y las recomendaciones del Grupo Directivo y toma decisiones con relación a la continuación de los proyectos y del consorcio.

**Dada la diversidad de culturas en el ámbito de la innovación que se manifiesta en la comunidad de energía solar en general y en particular en la comunidad que ha participado en el CeMIE Sol, fue necesario implementar actividades colectivas abiertas.**

## Cosechando ciencia, sembrando innovación: Interacción de la comunidad

El intercambio de experiencias, la presentación de resultados, los cuestionamientos entre colegas y por las entidades gubernamentales han sido una constante en CeMIE Sol. Para lograr esto, fue necesario crear un evento que funcionara como un congreso para la comunidad del consorcio. Cosechando Ciencia Sembrando Innovación (CCSI) se llevó a cabo por primera vez en enero de 2017 y se ha seguido realizando cada año desde entonces.

El CCSI agrupa a participantes, personas líderes técnicas y administrativas de todos los proyectos estratégicos y les da oportunidad de presentar sus avances, resultados y dificultades ante sus colegas y las autoridades del Fondo de Sustentabilidad Energética, con la idea de compartir hallazgos y obstáculos.

Diferentes medios escribieron sobre estos eventos, como *PV Magazine* (Zarco, 2019) y *Notimex* (NOTIMEX, 2019). El mismo CeMIE Sol explica, en voz del Dr. Ricardo Rodríguez, integrante de la Comisión Dictaminadora de Innovación, la importancia de este evento (CeMIE Sol, 2019).

Gracias a CCSI, las personas participantes pueden enterarse sobre qué está desarrollando cada proyecto estratégico, se ha tenido el foro para plantear colaboraciones que han concretado en nuevos proyectos del Centro y, principalmente, se ha consolidado la continuación de las actividades del consorcio. Esto ha sucedido, como se mencionó líneas arriba, en la continuación de proyectos que terminaron exitosamente y en la formulación de nuevos.

# Aprendizajes y estado actual

El CeMIE Sol ha hecho ajustes para lograr los objetivos de investigación y de innovación planteados desde su formulación. Para esto ha sido necesario terminar proyectos de manera anticipada: aquellos que no cumplen con lo establecido o que no responden satisfactoriamente las solicitudes de las Comisiones Dictaminadoras y de Grupo Directivo. Las terminaciones anticipadas han permitido redirigir esfuerzos y recursos para conseguir avanzar en el desarrollo de tecnología y conocimiento, a la vez que se han evitado resultados adversos para todo el consorcio. Esto ha permitido que proyectos que estaban planeados para una duración menor a 4 años y que dieron resultados destacados puedan continuar con sus desarrollos e investigaciones durante un año más, así como que se integren nuevos proyectos con una duración de un año también.

A continuación, se presentan los resultados y casos de éxito que el CeMIE Sol ha tenido a la fecha.

## Premio PRODETES

El Premio PRODETES, siglas de Proyecto de Desarrollo de Tecnologías de Energía Sustentable, se creó con el “fin de promover el desarrollo de negocios de tecnologías de energía limpia a través de incentivos económicos a propuestas innovadoras de empresas, universidades, centros de investigación y/o emprendedores” (SENER, 2018), y era promovido por la SENER en conjunto con el Banco Mundial (BM) y el Global Environment Facility (GEF). El premio PRODETES fue uno de los más importantes en su momento en el mundo, por la cantidad de dinero a repartir en sus diferentes categorías. Para elegir a los ganadores, el Premio contaba con la opinión de expertos en energías renovables.

En 2017, el consorcio formado por la empresa Módulo Solar S. A. de C. V., el IER y el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), gracias al apoyo del CeMIE Sol y a los resultados obtenidos por el proyecto 12, Desarrollo de captadores, sistemas solares y sistemas autocontenidos de baja temperatura con materiales novedosos para México, obtuvo el Premio Prodetes en la categoría plata. Este premio también fue otorgado en 2018 en su categoría bronce al consorcio formado por Gadgets & Design S. A. de C. V. y el IER, gracias a los resultados obtenidos por el proyecto 10 del CeMIE Sol, Combustibles solares y procesos industriales.

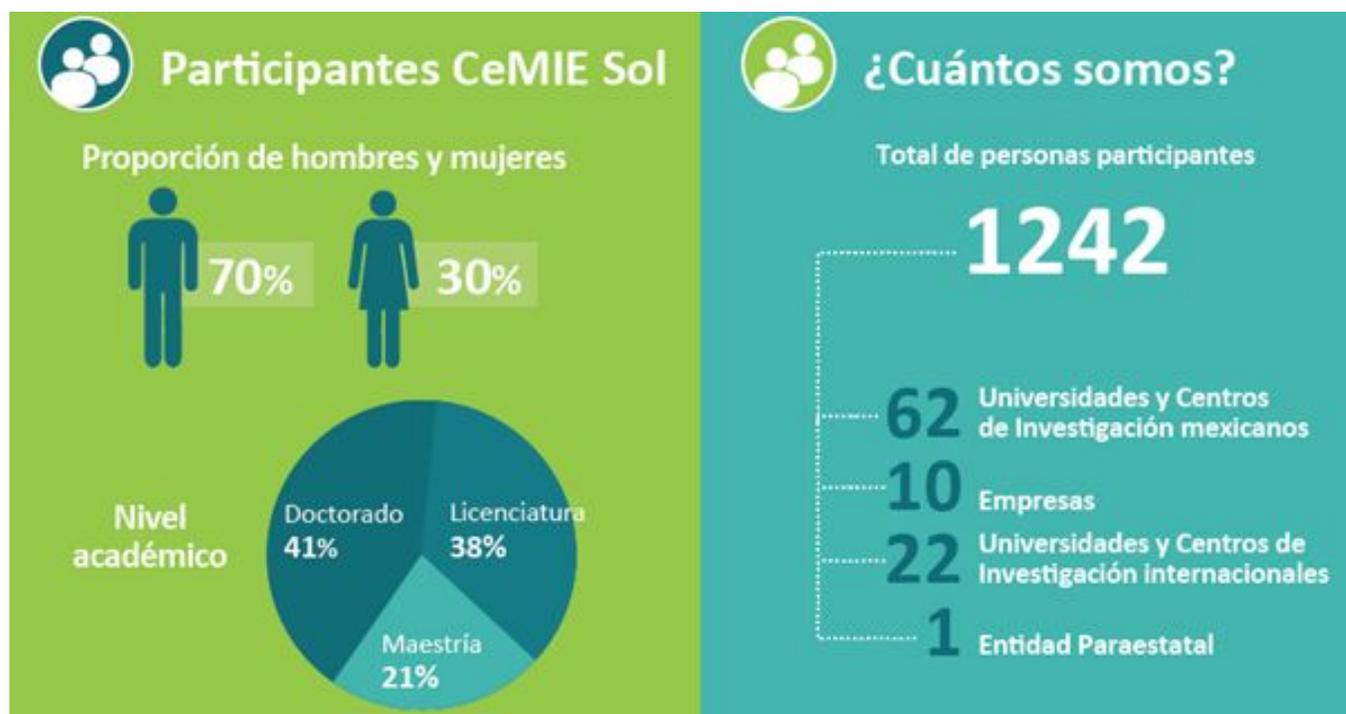
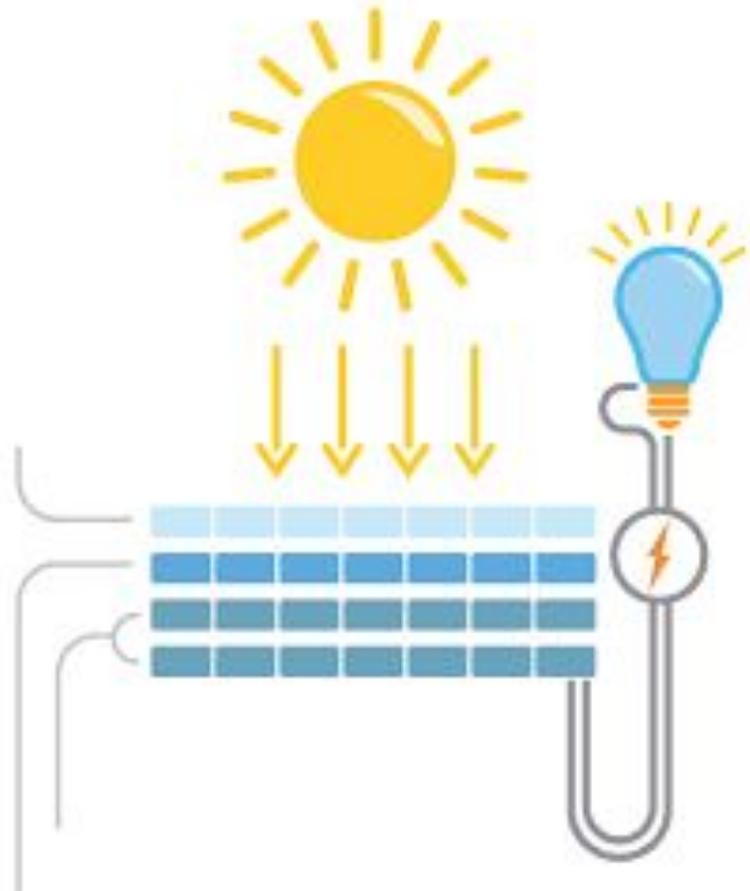


Figura 2. Participantes del CeMIE Sol.

## Cleantech Challenge

El Cleantech Challenge México es una iniciativa que impulsa el emprendimiento en tecnología limpia y en innovación sustentable. En este desafío, en el año 2018, la empresa Opticoat, que es la consolidación emprendedora del proyecto 21 de CeMIE Sol, *Recubrimientos autolimpiables de alto desempeño para superficies fotovoltaicas*, obtuvo el segundo lugar; además, se le otorgó el Premio ENGIE Factory a las Soluciones en Energía Sustentable, que es una de las facetas del Cleantech Challenge y que está enfocado en premiar empresas que promueven la descarbonización mediante el aprovechamiento de soluciones tecnológicas en materia de energías renovables mediante soluciones tecnológicas.



## Participantes

CeMIE Sol es posible gracias a las personas que lo integran y que han participado en él: personas dedicadas a la investigación, contactos con el sector empresarial, estudiantes, posdoctorantes, administrativas y aquellas encargadas de la operación y coordinación de los esfuerzos conjuntos. Los números relacionados con los participantes y las instituciones al término del periodo inicial de CeMIE Sol se muestran en la Figura 2.

## Integrantes pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras

El CeMIE Sol ha reunido a un importante número de personas dedicadas a la investigación que forman parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Esto es un reflejo del alto nivel en calidad y en experiencia en investigación nacional que representa esta conjunción de esfuerzos. La Figura 3 ilustra las proporciones de participantes pertenecientes a los distintos niveles del SNI.



## Participación a nivel nacional

En el Centro han participado personas de 24 de los 32 estados del país; esto se ilustra en la Figura 4. Es importante señalar que para contabilizar la participación de los estados se considera la ubicación de las instituciones a la que pertenecen laboral o académicamente las personas involucradas en alguno de los proyectos estratégicos



Figura 4. Entidades federativas con participación en CeMIE Sol.

## Resultados de los proyectos estratégicos

Los diferentes proyectos estratégicos plantearon metas al inicio del proyecto; en el balance al final del primer periodo del Centro, estas fueron superadas. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos.

Tipo de resultado	Comprometido	Logrado a mayo 2021
Solicitudes de propiedad intelectual	22	47
Publicaciones científicas	181	357
Planes de negocio	0	7
Grados académicos	95	181
Asistencia a congresos	116	281
Paquetes tecnológicos	1	30

Tabla 1. Resultados de los proyectos estratégicos

De los 175 grados académicos obtenidos, 62 fueron de nivel licenciatura; 58, de maestría, y 55, de doctorado. En cuanto al número de publicaciones científicas, 90 % de estas fueron internacionales; el resto, nacionales; 78.6 % corresponden a revistas indizadas; el resto, a revistas no indizadas.

Actualmente, el CeMIE Sol se encuentra en su segundo periodo. En este se desarrollan proyectos estratégicos de dos etapas de duración y que han sido formulados con un sustancial enfoque social además de técnico. Al momento de escribir este texto, la cartera activa consiste de 13 proyectos que concluirán en noviembre de 2021. El impacto del CeMIE Sol en la comunidad de investigación e industria de energía solar en México ha sido profundo, a través de un modelo muy exitoso de trabajo en red. La extinción del Fondo de Sustentabilidad Energética dará fin al apoyo gubernamental al CeMIE Sol, pero la fuerte red de colaboración que se ha creado trasciende en el tiempo y tiene una posible continuidad mediante el trabajo colaborativo en la Red de Energía Solar.

## Agradecimientos

Las personas autoras agradecen al Ing. Ernesto Suárez Martínez y a la Ing. Astrid Carranza Aguilar por la información brindada.



## Referencias

SENER. (2020). Centros Mexicanos de Innovación en Energía. México.: *Gobierno de México*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sener/articulos/centros-mexicanos-de-innovacion-en-energia>

SENER. (2018). Se anuncian los ganadores del premio Prodetes. México.: *Gobierno de México*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sener/prensa/se-anuncian-los-ganadores-del-premio-prodetes>

Zarco, J., (2019). Cosechando Ciencia, Sembrando Innovación. México.: *pv magazine México*. Recuperado de: <https://www.pv-magazine-mexico.com/2019/01/16/cosechando-ciencia-sembrando-innovacion/>

NOTIMEX. (2019). Presentan proyectos de energía solar en congreso de innovación. México.: NOTIMEX. Recuperado de: <https://notimex.mx/es/noticia/43924>

CeMIE Sol. (2019). ¿Qué es Cosechando Ciencia Sembrando Innovación? México.: CeMIE Sol. Recuperado de: <https://www.facebook.com/1609892212588045/videos/253591042247138/>

CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética. (2013). CONVOCATORIA CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA-2013-02: CENTROS MEXICANOS DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR. Ciudad de México, mayo de 2013. Recuperado de: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-sener-conacyt-sustentabilidad-energetica/convocatorias-cerradas-sener-conacyt-sustentabilidad-energetica/convocatoria-2013-02-1>