

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA (CIE)

*Dr. Claudio A. Estrada Gasca – Director – diciembre de 2004*

Estructura académica	Departamento de Materiales Solares. Coordinaciones de: Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos (ROO); Solar Hidrógeno-Celdas de Combustible (SHCC) y Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos (SIMC). Departamento de Sistemas Energéticos. Coordinaciones de: Concentración Solar (CS); Geoenergía (Geo); Refrigeración y Bombas de Calor (RBC); Planeación Energética (PE). Departamento de Termociencias. Coordinaciones de: Física Teórica (FT); Transferencia de Energía y Masa (TEyM).
Campus	Morelos, Temixco
Creación/ historia	Laboratorio de Energía Solar, Instituto de Investigaciones en Materiales, 1985 Centro de Investigación en Energía, noviembre de 1996
Sitio web	<a href="http://www.cie.unam.mx/">http://www.cie.unam.mx/</a>
Área	Ciencias Físico-Matemáticas

## INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigación en Energía, ubicado en la ciudad de Temixco, en el estado de Morelos, es el principal centro de investigación en energías renovables de México. La misión del CIE es realizar investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico en la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impactos de la energía, en particular de las fuentes renovables; llevar a cabo estudios, asesorías y capacitación a instituciones en los ámbitos de nuestra competencias; formar estudiantes, principalmente de posgrado, a través de cursos y tesis; y difundir los conocimientos adquiridos en el área, para alcanzar el desarrollo sustentable en el país. Los programas de posgrado de la UNAM en los cuales participa incluyen a: Ingeniería (Energía), Ciencias Físicas y Ciencias e Ingeniería de Materiales. El CIE busca apoyar a la sociedad a través de asesorías, estudios, patentes y desarrollos tecnológicos, en particular en el campo de las fuentes renovables de energía.

### *Principales avances en el año*

Durante el 2009 se realizaron un total de 72 proyectos de investigación, de los cuales 21 tuvieron apoyo de DGAPA-UNAM y 51 contaron con financiamiento externo; de estos úl-

timos, cuatro concluyeron, 29 están en proceso y 18 iniciaron. Como resultado de dichos proyectos de investigación se tuvieron los siguientes productos primarios: la publicación de un libro, nueve capítulos en libros, 64 artículos en revistas internacionales y 21 reportes técnicos. Se concluyó la propuesta del proyecto de Creación de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, cuyas entidades responsables serán el CIE-UNAM y el II-UNAM; asimismo, se espera que la Universidad Autónoma del Estado de Morelos se integre como institución participante en el proyecto. En el 2010, la propuesta será turnada a los cuerpos colegiados de la UNAM para su aprobación.

## PERSONAL ACADÉMICO

En 2009, seis investigadores fueron promovidos: uno a titular C, tres a titulares B y dos a titulares A. Además, se contó con dos plazas del Programa PFAMU de la UNAM. En el año reportado, hubo ocho plazas posdoctorales, con nivel equivalente a investigador asociado C, las cuales recibieron apoyo de CONACyT y DGAPA. Recibimos la visita de 13 investigadores, de los cuales tres realizaron estancias sabáticas en el CIE.

## INVESTIGACIÓN Y SUS PRODUCTOS

Se continuó con el desarrollo del Proyecto Estratégico del CIE con apoyo del CONACyT, el Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar.

El CIE participó en la convocatoria CONACyT-SENER, en donde se logró la aprobación de los proyectos: Desarrollo de sistemas de aire acondicionado solar para zonas costeras de México; Evaluación económica y ambiental de escenarios al 2030 de la inserción de fuentes alternas de energía y medidas de eficiencia energética en el sistema energético mexicano, con base en su potencial de reducción de GEI; Procesamientos novedosos de módulos fotovoltaicos de CdTe/CdS de baja potencia para su transferencia tecnológica al sector industrial, y Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos para la edificación en los diferentes climas de México.

A su vez, participó en la Convocatoria de Integración de las redes temáticas CONACyT de investigación 2009-1 y 2009-2 sobre Agua, Nanociencias y Nanotecnología, Complejidad Ciencia y Sociedad, y Fuentes de Energía.

En lo que respecta a los proyectos de vinculación con la industria, se realizaron los siguientes: Estudio para mejorar la tecnología actual de secadoras de ropa de uso doméstico y Estudio de la transferencia de calor a través del sello magnético de refrigeradores domésticos, ambos para la compañía MABE; Mejoramiento de la sustentabilidad de la vivienda construida, para la compañía MECCANO; Pre-evaluación del sistema de calentamiento de agua de acuerdo al dictamen de idoneidad técnica, para la compañía ROTOPLAS; Evaluación de sistemas solares de tubos evacuados, en el programa ENERVERDE; Evaluación técnica de 29 empresas que comercializan sistemas fotovoltaicos, para la compañía AMPER; Diseño técnico, material didáctico y software para la creación, administración y seguimiento del Diplomado en Línea de Sistemas Fotovoltaicos, para FIRCO; Certificación de calentadores solares, para el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C (ONNCCE); y Participación en el Comité de Normalización NESO-13, para

la preparación de la Norma Mexicana NMX-ES-004-NORMEX-2009: Energía Solar - Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua – método de prueba.

Las líneas de investigación que más destacaron fueron: Desarrollo de Celdas Solares de Películas delgadas y CdTe; a la vez que se tuvieron avances importantes en la Construcción del Horno Solar de Alto Flujo Radiativo, la Planta Solar para el Tratamiento Fotocatalítico de Aguas Residuales y el Campo de Pruebas para Helióstatos.

También, el CIE continuó con la participación en el Programa de Investigación Multidisciplinaria de Proyectos Universitarios de Liderazgo y Superación Académica (IMPULSA), con el Proyecto Universitario de Nanotecnología Ambiental (PUNTA).

Asimismo, colaboró en los siguientes megaproyectos de investigación, debido al número de instituciones involucradas (nacionales y extranjeras) y al monto económico considerado, entre otros: Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar con financiamiento concurrente (CONACyT, UNAM y UNISON); Estudios de factibilidad sobre la refrigeración solar en la industria alimentaria y en la agroindustria en México, MEXISCO 1 y el MDL programático sobre la refrigeración solar en la industria alimentaria y en la agroindustria en México, MEXISCO 2 (proyectos financiados por el Gobierno de Italia a través del Instituto Italiano de Comercio Exterior); Investigación, Desarrollo y Aplicación de Sistemas de Refrigeración Solar para Congelación y Climatización, financiado por el CONACyT y la Unión Europea (Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología UE-México, FONCICYT).

En 2009 fueron 72 los proyectos financiados (23 por CONACyT, 21 por PAPIIT, 20 con ingresos extraordinarios, cuatro por SENER, dos con Apoyo Complementario para Investigadores en Proceso de Consolidación y dos con apoyo del ICyTDF).

## PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

El indicador artículos/investigadores fue de 1.6, se publicaron 24 trabajos en memorias de congresos, se publicó un libro, se realizaron nueve capítulos en libros y 21 reportes técnicos.

*Patentes en trámite:* Se continúa con el trámite para obtener las patentes del Calorímetro de placa plana para la medición de energía radiativa concentrada, el Horno Solar tipo caja optimizado, y el registro de la marca del CIE. También se continúan los trámites para el registro de las obras artísticas del CIE.

*Citas.* El SCI de ISI-Thomson muestra que los 864 artículos publicados en el periodo 1997-2009, recibieron en los años 2008 y 2009, respectivamente, 1 038 y 1 307 citas [www.cie.unam.mx/Reportes/citas2009.html](http://www.cie.unam.mx/Reportes/citas2009.html).

## VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD, COOPERACIÓN, COLABORACIÓN Y SERVICIOS

Durante el 2009, se desarrollaron 20 convenios con diferentes instituciones, mismos que se describieron en el párrafo anterior. Estos convenios derivan en proyectos de investigación. Algunos de los convenios están firmados con instituciones como MABE, MECCANO,

FIRCO, World Resources Institute, CONAFOR, MEDEC, CONANP, LA SECULT e incluso con el Municipio de Temixco, Morelos, entre otras.

Los servicios que el CIE ofreció a la sociedad son asesorías y evaluaciones como las siguientes: certificación de calentadores solares, participación en la preparación de la Norma Mexicana NMX-ES-004-NORMEX-2009: Energía Solar - Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua – método de prueba, la pre-evaluación del sistema de calentamiento de agua de acuerdo al dictamen de idoneidad técnica (ROTOPLAS), la evaluación de sistemas solares de tubos evacuados (ENERVERDE), la evaluación técnica de empresas que comercializan sistemas fotovoltaicos para la compañía AMPER.

Los convenios aportaron al Centro alrededor de cuatro millones de pesos en 2009. Son considerados como proyectos de ingresos extraordinarios, que no incluyen los recursos otorgados por CONACyT y PAPIIT.

## ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS (DIRIGIDOS A PARES)

Se participó en la organización de los siguientes eventos: 5th International Workshop on Non-Equilibrium Thermodynamics; International Symposium on Solar-Hydrogen and Biofuels; Chaos and Statistical Physics; Advanced Techniques in Nonlinear Dynamics; XV Congreso de Dinámica de Fluidos; Simposio Photovoltaics, Solar Energy Materials & Thin Films; The Annual World Conference on Carbon; XXIV Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica; 2nd. Meeting of The Mexican Section of The Electrochemical Society; Taller Internacional en Sistemas de Absorción Avanzados; 1ra. Reunión sobre Energías Renovables UNAM-CINVESTAV; Primer Congreso de Fuentes de Energía; 2a. Reunión sobre Energías Renovables UNAM-CINVESTAV; seminarios de los Departamentos, del Posgrado y de la Dirección, y el Taller de Energías Alternas (organizado por la Academia Mexicana de Ciencias y el CIE).

Se intervino conjuntamente con la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), la Academia de Ingeniería (AI) y el Gobierno de Tabasco, en la organización del II Foro de Energía: Reforma energética para un futuro sustentable.

## PREMIOS Y DISTINCIONES

En 2009, el Dr. Claudio A. Estrada Gasca recibió el Premio Sociedad Mexicana de Física y un estudiante de doctorado fue acreedor del 2º Lugar en el Concurso de Tesis PUMA 09.

Cuatro académicos ingresaron a la Academia de Ciencias de Morelos.

## INTERCAMBIO ACADÉMICO

Los académicos del CIE, con apoyo de la Secretaría Técnica de Intercambio Académico, estuvieron en las siguientes instituciones académicas: uno en la Universidad Pontificia Bolivariana, uno en la Universidad Veracruzana y tres más en la Universidad de Sonora. A través de otros apoyos, ocho académicos realizaron estancias en: Texas A & M University, E.U.; Cochín University of Science and Technology, India; École Polytechnique de l'Université

des Nantes, Francia; Universidad de Extremadura, España; Universidad de Sonora, INAOE, Universidad Politécnica de Chiapas y Universidad de Quintana Roo.

La Secretaría Técnica de Intercambio Académico apoyó la estancia en el CIE de académicos de las siguientes instituciones: tres investigadores de la Universidad de Sonora, uno del Lawrence Berkeley National Laboratory, E.U. y uno más de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

A través de otros apoyos, académicos de las siguientes instituciones realizaron estancias de investigación: Universidad Politécnica de Cataluña y Universidad de Navarra, España; University of British Columbia, Canadá; Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia; Universidad de la Habana, Cuba; Instituto Balseiro, Bariloche, Argentina; National Renewable Energy Laboratory, Co., E.U.; Universidad Autónoma de Mexicali; dos académicos de la Universidad Autónoma de Querétaro, dos de la Universidad Politécnica de Chiapas, Universidad Veracruzana y Universidad de Sonora.

Los investigadores realizaron sus estancias sabáticas en las siguientes instituciones: un académico en la Universidad de Extremadura, España; uno en la Universidad de Guadalajara; dos académicos en la Universidad Autónoma Metropolitana y uno más en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Personal académico de las siguientes instituciones, realizó su estancia sabática en el CIE: Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UAEM, y la Universidad de San Luis Potosí.

## DOCENCIA

El CIE forma parte activa como entidad académica en los siguientes posgrados: Posgrado en Ingeniería (Energía), Posgrado en Ciencias Físicas, Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Algunos investigadores del CIE colaboran además, a través de convenios, como profesores, tutores y/o sinodales en otros posgrados, entre los cuales destacan: los Campos de Conocimiento de Sistemas y Mecánica, del Posgrado en Ingeniería, y el Programa de Posgrado de Ciencias de la Tierra, ambos de la UNAM; el Posgrado de Materiales del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV); el Posgrado de Ingeniería del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET); los posgrados de Ingeniería del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y del Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ).

En el nivel de licenciatura, los académicos del CIE también participaron en algunas facultades de la UNAM (por ejemplo, FES-Aragón, Ciencias, Ciencias Genómicas, Ingeniería y Química), así como en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQeI) de la UAEM; Universidad Veracruzana (campus Cd. Mendoza), Universidad de la Ciudad de México, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); la Universidad La Salle (campus Morelos); la Universidad Politécnica de Chiapas; la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; la Universidad Tecnológica de Emiliano Zapata; los Institutos Tecnológicos de Iguala, Orizaba, y Zacatepec; así como en algunas escuelas preparatorias de la entidad, realizando actividades docentes.

En el 2009 hubo 222 estudiantes registrados (91 inscritos en programas de doctorado, 61 en programas de maestría, 10 en licenciatura y 60 realizando servicio social, residencias,

prácticas profesionales y estancias cortas de investigación. En 2009, se titularon 12 estudiantes de doctorado, 12 de maestría y 17 de licenciatura.

En relación con la elaboración de material didáctico, se prepararon dos manuales (Manual de instalaciones fotovoltaicas y Manual de la prensa de preparación de pastillas para análisis de infrarrojo), nueve notas (para el Curso de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico; para el Curso de la Asociación Nacional de Energía Solar; Curso de Maestría de Ciclos Termodinámicos; Diseño de instalaciones de calentamiento solar de agua, refrigeración solar, almacenamiento de energía térmica; curso propedéutico de Termodinámica para el personal de la empresa MABE; tecnologías y sistemas fotovoltaicos) y un programa en Visual Basic para la obtención de la respuesta espectral y la eficiencia cuántica de una celda solar de CdS/CdTe.

Se vinculó al Posgrado en Ingeniería (Energía), con Industrias MABE, a través del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Energía), dentro del campo disciplinario de los Procesos y uso eficiente de la energía. Este programa se imparte *in situ* en sus instalaciones de Querétaro.

Fue concluida la propuesta del proyecto de Creación de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, cuyas entidades responsables serán el CIE-UNAM y el II-UNAM. Asimismo, se espera que la Universidad Autónoma del Estado de Morelos se integre como Institución participante en el proyecto. En el 2010 la propuesta será turnada a los cuerpos colegiados de la UNAM, para su aprobación.

En 2009 continuaron los Convenios del Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica con la Universidad Politécnica de Cataluña, España, y con el Programa de Cooperación de la Universidad Rovira i Virgili de Barcelona, realizando intercambio académico de estudiantes.

En lo relacionado a las becas, se tuvo un total de 138 alumnos becados. En el nivel de licenciatura, se otorgaron 20 becas de CONACyT, 17 de PAPIIT y una de FOMIX. En el nivel de maestría se otorgaron 27 de CONACyT y tres de PROMEP. En el nivel de doctorado, se otorgaron 55 de CONACyT, ocho de PAPIIT, cuatro de proyectos, dos de PROMEP y una de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

## DIVULGACIÓN CIENTÍFICA (NO DIRIGIDA A PARES)

Dada la temática de investigación del CIE, sus investigadores participaron activamente en diversos medios de comunicación electrónica e impresos difundiendo e impulsando el estudio y el desarrollo tecnológico de las energías renovables para el desarrollo sustentable del país y la solución de los problemas energéticos y la contaminación ambiental.

En 2009 el personal académico participó en la realización de los siguientes eventos académicos: Curso de Estadística Básica (en marzo y en agosto); el Congreso de Estudiantes 2009; la Escuela de Investigación en Energía 2009, y el Quinto Curso Taller de Tecnologías Solares.

Se realizó un guión científico y conceptual para Museo Interactivo Infantil, A.C. a través de un convenio de colaboración.

También se llevó a cabo la evaluación energética integral del proyecto arquitectónico del Centro de las Artes de San Luis Potosí (SECULT).

Como otra forma de vinculación con la sociedad, el Centro ofrece visitas guiadas a grupos de estudiantes, académicos y público en general. El año 2009, el CIE realizó 28 vistas guiadas, dando atención a más de 560 personas.

### DESCENTRALIZACIÓN INSTITUCIONAL

En el ámbito de la descentralización fueron desarrolladas las siguientes actividades: Convenio de colaboración con el Municipio de Temixco, para la construcción de un reloj solar en el Ayuntamiento. Convenio de Colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Morelos, SEDAGRO, para unir esfuerzos y aportar recursos humanos, materiales y económicos en el establecimiento de una parcela para el cultivo experimental de diferentes especies con potencial en la generación de energía renovable alternativa (Biodiesel, etanol, biogas, etcétera) en el campo denominado El Llano.

Proyectos de Fondos Mixtos del Gobierno del Estado de Morelos. Se realizó el proyecto de investigación: Estrategias de enfriamiento de bajo consumo energético para zonas del estado de Morelos con clima cálido subhúmedo; PERA, Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura; y FIRCO. Fideicomiso de Riesgo Compartido. Colaboración para el uso de nuevas tecnologías en el campo de las energías renovables.

### INFRAESTRUCTURA

Se instaló un nuevo laboratorio de microscopía electrónica de barrido equipado con un microscopio electrónico por emisión de campo (FE SEM S-5500) con una resolución de 0.4nm.

