

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; Solar Hidrógeno-Celdas de Combustible; Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos Departamento de Sistemas Energéticos. Coordinaciones de: Con- centración Solar; Geoenergía; Refrigeración y Bombas de Calor; Planeación Energética Departamento de Termociencias. Coordinaciones de: Física Teórica; Transferencia de Energía y Masa
Campus	Temixco, Morelos
Cronología/historia	Laboratorio de Energía Solar del Instituto de Investigaciones en Materiales, 1985 Centro de Investigación en Energía, 1996
Sitio web	www.cie.unam.mx
Área	Ciencias Físico Matemáticas

El Centro de Investigación en Energía de la UNAM, ubicado en la ciudad de Temixco, Morelos, es la principal entidad de investigación en energías renovables de México. La misión del CIE es: realizar investigación, básica y 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 el área de la energía; formar estudiantes, principalmente de posgrado, mediante cursos y tesis, y difundir los conocimientos adquiridos en el área para alcanzar el desarrollo sustentable del país. Asimismo, 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.

En este año se logró la aprobación del proyecto de transformación del Centro de Investigación en Energía en Instituto de Energías Renovables por parte del Consejo Técnico de la Investigación Científica, del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías, la Comisión de Trabajo Académico del Consejo Universitario y la Comisión de Legislación Universitaria del Consejo Universitario.

En relación al trabajo académico realizado por los integrantes del CIE, en este periodo destacan los siguientes logros: se obtuvo una mejor comprensión acerca de los mecanismos de fotogeneración y transporte de portadores de carga en celdas solares poliméricas nanoestructuradas; se desarrolló un nuevo método basado en funciones de polinomios racionales para estimar las temperaturas estabilizadas de la formación geológica de sistemas geotérmicos; se concluyó la construcción del equipo PIV para la extracción de las tres componentes de velocidad en un volumen cilíndrico, y se logró la obtención del campo de velocidades para un flujo convectivo con superficie libre; asimismo, se realizaron estudios sobre la interacción de la luz con materiales semiconductores que dan el sustento teórico a la propuesta de un nuevo tipo de láser.

En el marco de los proyectos Conacyt relacionados con los laboratorios nacionales de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (LACyQS) y de Innovación Fotovoltaica y Caracterización de Celdas Solares (LIFyCS), se realizó la evaluación preliminar del desempeño del Horno Solar de Alto Flujo Radiativo, con su óptica completa, obteniendo resultados exitosos que indican un nivel de concentración pico por arriba de los 18 mil soles (alcanzando temperaturas de hasta tres mil grados Celsius), y se llevó a cabo la instalación de un sistema de depósito mediante RF Sputtering para la elaboración de películas de óxidos metálicos de conductores transparentes.

A solicitud de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, se determinó el potencial técnico-económico y de mitigación de cambio climático de sistemas fotovoltaicos en los sectores residencial, público e industrial. En el marco de la prestación de servicios al país, se desarrollaron pruebas establecidas por la Norma NMX-ES-004-NORMEX-2012 y el nuevo Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda, dentro del Programa de Hipotecas Verdes del Infonavit, usando para ello la capacidad experimental del Laboratorio de Pruebas de Equipo de Calentamiento Solar de este Centro.

En este 2012, último año de la presente administración para el periodo 2009-2012, el CIE cumplió cabalmente con las actividades sustantivas de investigación, docencia, formación de recursos humanos, difusión y divulgación.

PERSONAL ACADÉMICO

Actualmente el CIE cuenta con 42 plazas de investigadores y 22 de técnicos académicos. En relación a la actividad en la planta académica, en este año se obtuvieron dos plazas: una de investigador para el área de Energía Eólica y una de técnico académico para fortalecer la Unidad de Cómputo. Desafortunadamente, el 15 de enero de 2012 falleció el doctor Ignacio S. Torres Alvarado, investigador de Geoenergía y coordinador de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables (LIER). Durante el 2012 hubo cuatro promociones a: técnico académico titular A, técnico académico titular B, investigador titular B e investigador titular C. Cuatro académicos obtuvieron su definitividad y una investigadora obtuvo su plaza en un concurso de oposición abierto.

Actualmente el CIE tiene 22 plazas posdoctorales, con nivel equivalente a investigador asociado C, de las cuales diez corresponden al Programa de Becas de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) y doce fueron apoyadas por el Conacyt (mediante los programas de Estancias Posdoctorales y proyectos de investigación).

INVESTIGACIÓN Y SUS RESULTADOS

En el año 2012 el CIE tuvo un total de 125 proyectos de investigación. De ese número, 41 recibieron financiamiento del Conacyt e ingresos extraordinarios (Mabe, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Organización Latinoamericana de Energía, Eneverde, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, entre otras) y 84 se desarrollaron con financiamiento de la UNAM (Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica [PAPIIT]-DGAPA y presupuesto interno).

En investigación, para este periodo destacan los siguientes logros: se realizaron estudios sobre aspectos básicos de la formación de películas delgadas semiconductoras para celdas solares; como parte del proyecto LIFyCS, se instaló un sistema de análisis elemental basado en espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES por sus siglas en inglés) con el cual se realizarán análisis elementales de películas delgadas; se llevó a cabo el modelado térmico tridimensional (3-D) para la cámara magmática de la caldera geotérmica de La Primavera en Jalisco, México; se desarrolló un prototipo de aire acondicionado solar operado con la mezcla de nitrato de litio-amoniaco ($\text{LiNO}_3\text{-NH}_3$) para la fabricación de hielo; se mejoraron las condiciones de confort térmico en el Auditorio Tonatiuh del CIE mediante enfriamiento evaporativo y ventilación forzada; y se llevó a cabo el desarrollo de un escenario nacional alternativo con base en fuentes renovables de energía, medidas de ahorro y uso eficiente de energía para mitigar gases de efecto invernadero en México.

En relación a las publicaciones, en 2012 se tuvieron 82 artículos de investigación en revistas. De éstos, 75 están publicados en revistas indizadas por el Web of Science (WoS) del ISI y tres por otros índices (SciVerse Scopus); otros cuatro artículos están publicados en revistas no indizadas. Considerando los artículos indizados entre el número de investigadores, el indicador es 1.8. En relación a otras publicaciones, se publicaron nueve artículos de divulgación, 43 trabajos en memorias de congresos nacionales e internacionales, seis libros, ocho capítulos en libros y 17 reportes técnicos.

En la evaluación del impacto de los trabajos publicados por los académicos del CIE, el WoS muestra que los 1 231 artículos generados en el periodo 1997-2012 han recibido un total de 11 684 citas, de las cuales 1 715 corresponden al 2012. El promedio y la mediana del factor de impacto de las revistas indizadas (registrado en 2011) en las que se publicó son 2.237 y 2.067, respectivamente.

Finalmente, en este año se iniciaron los trámites en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) para la obtención de seis patentes.

VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD, COOPERACIÓN, COLABORACIÓN Y SERVICIOS

En materia de vinculación, este año se logró el establecimiento de relaciones con tres instituciones gubernamentales, dos no gubernamentales, dos industriales, cuatro internacionales y dos con instituciones de la UNAM.

Otra forma de vinculación con la sociedad son las visitas guiadas que el CIE ofrece a grupos de estudiantes, académicos y público en general para conocer sobre las áreas y modelos de investigación, la infraestructura experimental y algunas de las aplicaciones de sus conocimientos en este campo. Las visitas se realizan los días jueves, sin embargo en este año y en apoyo a la LIER, se abrieron fechas los días martes dirigidas al nivel medio superior. Este año se tuvieron 34 visitas guiadas, dando atención a más de 975 personas.

ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS

En actividades de difusión y educación continua, el CIE participó en la organización de los siguientes eventos académicos: cuatro congresos (XXVII Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica, II Congreso Mexicano de Ciencias de la Complejidad, 11º Congreso de Estudiantes y XXII Congreso Nacional de Geoquímica); siete cursos (Bionergía: agronomía, tecnología, sustentabilidad económica y ambiental, Multicriteria Decision Support System: Multicriteria Decision Aid and PROMETHEE & GAIA Methods, Eficiencia energética, Tecnología fotovoltaica. Dimensionamiento y diseño, Estadística básica, Estadística avanzada y Celdas de combustible); siete seminarios (Sustentabilidad y política energética para el aprovechamiento de las energías renovables, de la Dirección, tres de los departamentos y del Posgrado, seminario-taller sobre Sustentabilidad y política energética para el aprovechamiento de las energías renovables); seis talleres (cursos-taller de Tecnologías solares, de Armado de calentadores solares, de Secado solar, de Tecnologías de calentamiento solar y de Tecnología de bombeo fotovoltaico, 12ª Escuela de Investigación en Energía); tres simposios (2nd International Symposium on Renewable Energy and Sustainable *Photovoltaics*, *Solar Energy Materials and Technologies* y Primer Simposio Iberoamericano de Divulgación y Formación en Nanotecnología) y dos encuentros (64th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry y XLII Winter Meeting on Statistical Physics).

PREMIOS Y DISTINCIONES

La doctora Julia Tagüeña Parga fue electa Presidente de la Comisión de Expertos de Físico-Matemáticas de la Convocatoria de Investigación Científica Básica 2012 y Jurado del Premio Universidad Nacional y del Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el área de Docencia en Ciencias Exactas 2012. Algunos de los investigadores del CIE fueron editores asociados de revistas internacionales, entre ellos: doctor Roberto Best y Brown (**Applied Thermal Engineering**), doctor Claudio A. Estrada Gasca (**Solar Energy**), doctor Xavier Mathew (**Solar Energy Materials & Solar Cells**), doctor Edgar R. Santoyo Gutiérrez (**Revista Mexicana de Ciencias Geológicas**) y doctor Sebastian Pathiyamattom (**International Journal of Hydrogen Energy**, **International Journal of Photoenergy**, **Journal of New Materials for Electrochemical Systems**, **International Journal of Energy Research**). Además, el doctor Jorge M. Islas Samperio es gestor en el área de Energía del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

Es importante señalar que también los siguientes alumnos recibieron premios: Paulina Burgos Madrigal y Oswaldo Rodríguez Hernández (Reconocimiento por haber obtenido el primer lugar en el concurso de Proyectos de Investigación y Desarrollo para el Ahorro y

Uso Eficiente de Energía, en el Congreso Internacional de Ahorro de Energía, Guadalajara, Jalisco), Jorge A. Wong Loya (Premio a la mejor presentación de estudiantes de doctorado en el Congreso Nacional del INAGEQ 2012, Coatzacoalcos, Veracruz) y Abraham Zepeda González (Premio al mejor trabajo en el área de ciencia y tecnología del 7º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán).

INTERCAMBIO ACADÉMICO

En agosto de 2012, el doctor Sergio A. Gamboa, investigador de la Coordinación Solar-Hidrógeno Celdas de Combustible de este Centro, inició un año sabático en la Universidad Alfred en Nueva York (Estados Unidos de América). Además, tres académicos fueron comisionados para realizar estancias de investigación en la Universidad de Sonora (México), uno en el Instituto Henri Poincaré (Francia) y uno más en el Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (España).

Dentro de este mismo contexto se recibieron las siguientes visitas nacionales: dos del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, una de la Compañía Respa Solar, S.A. de C.V., tres de la Universidad de Sonora, una de la Unidad de Energía Renovable del Centro de Investigación Científica de Yucatán, una de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y dos del Cinvestav. Se recibió la visita de dos investigadores procedentes de la Universidad de Florencia (Italia) y de la Universidad Sheffield Hallam (Inglaterra).

DOCENCIA

El CIE participa como entidad académica sede en tres programas de posgrado de la UNAM: Posgrado de Ingeniería (campo de conocimiento de Energía), Posgrado en Ciencias Físicas, y el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Adicionalmente, algunos investigadores del CIE colaboran 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 Posgrado de Ciencias de la Tierra, ambos de la UNAM; el Posgrado de Materiales del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMA); el Posgrado de Ingeniería del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET); y 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 el CIE es la entidad responsable, junto con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables. De manera paralela, los académicos del CIE también participan en otras licenciaturas en facultades de la UNAM (Facultad de Estudios Superiores Aragón, Ciencias, Ciencias Genómicas, Ingeniería y Química), así como en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQel) de la UAEM, la Universidad Veracruzana, la Universidad de la Ciudad de México, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, la Universidad Autónoma Juárez de Tabasco, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad La Salle campus Morelos, la Universidad Politécnica de Chiapas, la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata, y los Institutos Tecnológicos de Iguala, Orizaba y Zacatepec. Igualmente, los académicos del CIE han realizado actividades docentes en algunas escuelas preparatorias de la entidad.

Durante el año 2012 la Coordinación del Posgrado tuvo registrados un total de 179 estudiantes realizando trabajos de tesis: 87 de maestría y 92 de doctorado. En este año se graduaron 13 de maestría y 14 de doctorado. En los procesos de admisión se tuvo un registro de 18 estudiantes de maestría y 16 de doctorado del Programa de Posgrado de Ingeniería (campo de conocimiento de Energía). Como parte de las actividades docentes realizadas en el posgrado se impartieron 40 asignaturas en un total de 99 cursos. Considerando los dos semestres escolares y el número de académicos que participaron, tenemos 39 cursos frente a grupo, 55 proyectos de investigación (I, II y III) y cinco sesiones de tutorías.

A nivel licenciatura, el CIE tuvo un registro de 173 estudiantes, de los cuales 36 están inscritos en la LIER y 137 realizan diferentes actividades (98 estancias de investigación, cuatro residencias profesionales, siete tesis de licenciatura, 13 prácticas profesionales y 15 servicio social). Este año se titularon once estudiantes. La LIER registró un ingreso de 26 alumnos para la segunda generación y se impartió un total de 17 cursos (15 del plan de estudios y dos de programación) a los alumnos de las dos generaciones.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Durante el año 2012, el área de divulgación académica del CIE participó activamente en diversos eventos de difusión tanto a nivel estatal como nacional. Se coordinaron las actividades pertinentes para la edición y divulgación de dos artículos que fueron publicados en **Gaceta UNAM**; se realizaron nueve entrevistas para Televisa Morelos, mismas que se coordinaron en conjunto con la Unidad de Difusión del Campus Morelos; se hizo un programa de televisión para la Dirección General de Radio y Televisión Morelense, **El Faro**, y un programa de radio en vivo para la XEW llamado **Hoy por hoy en la ciencia**. Asimismo, se asistió a las exposiciones **Green Solutions**, organizada por la Secretaría de Energía (SENER), y a la **Expo ahorro de Energía**, organizada por el Gobierno de Morelos.

Adicionalmente, el CIE es uno de los principales promotores en México del Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos 2012 (AIEST) de la Organización de las Naciones Unidas, por lo que en este periodo organizó y participó en diversos eventos, entre los cuales destacan: el acto inaugural del AIEST, el ciclo de conferencias del Museo de Geología, el Congreso de la Sociedad Mexicana de Física 2012 dedicado al AIEST y la edición de la colección **¿Qué energía te mueve?**, donde académicos del CIE contribuyeron con la publicación de tres libros. Es importante señalar que el AIEST es uno de los proyectos más importantes de promoción de las energías renovables en el mundo.

INFRAESTRUCTURA

En este año se recibió el apoyo para continuar con la construcción del edificio de laboratorios 3.1, definiéndose el proyecto arquitectónico, y se colaboró con el grupo de Energía en Edificaciones del CIE para la definición de fachadas y confort del edificio. También se ha tenido una colaboración estrecha con la Dirección General de Obras y Conservación, tanto para el proyecto definitivo como para la supervisión de las obras. En 2012, se construyó el Laboratorio de Termodinámica para la LIER.

