

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), 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	Temixco, Morelos
Creación/ historia	Laboratorio de Energía Solar, Instituto de Investigaciones en Materiales, 1985 Centro de Investigación en Energía, noviembre de 1996
Sitio web	http://www.cie.unam.mx
Área	Ciencias Físico-Matemáticas

INTRODUCCIÓN

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, a través de 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 2011 el Centro obtuvo importantes logros entre los que destaca la aprobación del plan de estudios de la nueva licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables (LIER), con sede en el CIE y que inició actividades en agosto de 2011. Además, se llevó a cabo la consolidación del programa de doctorado del posgrado de Ingeniería (campo de conocimiento de Energía) como Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) de nivel Internacional.

En el proyecto Conacyt del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (LACYQS) se concluyó exitosamente el diseño, construcción, instalación y puesta en operación del Horno Solar de Alto Flujo Radiativo (HSAFR), de la Planta Solar para el Tratamiento Fotocatalítico de Aguas Residuales (PSTFAR) y del Campo de Pruebas de Helióstatos (CPH).

El proyecto internacional FONCICYT 94256 sobre Investigación, Desarrollo y Aplicación de Sistemas de Refrigeración Solar para Congelación y Climatización, con liderazgo del CIE, concluyó exitosamente con el desarrollo experimental de dos nuevos prototipos de refrigeradores solares para la fabricación de hielo (operado en forma intermitente con la reacción cloruro de bario–amoníaco) y el acondicionamiento de aire (operado en forma continua con una mezcla de nitrato de litio).

A solicitud de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), se concluyó el estudio Observatorio de Energías Renovables para México, en donde se desarrolló la línea base de tecnologías del escenario energético mexicano y sus indicadores; el estado del arte de las tecnologías que utilizan fuentes renovables con las prácticas punteras y más exitosas, y sus condiciones de replicabilidad; así como una tipología de los mecanismos financieros en México para apoyar y sustentar proyectos de generación, transmisión y distribución de energía a partir de fuentes renovables.

Finalmente, dentro de la línea de investigación de Estado Sólido se logró encontrar las condiciones de producción de estructuras fotónicas luminiscentes de silicio poroso, mismas que tienen potencial tecnológico tanto en la optoelectrónica como en investigación básica para el estudio de interacciones de la luz con nanoestructuras.

PERSONAL ACADÉMICO

El CIE cuenta con una planta académica de 42 investigadores y 21 técnicos académicos, y en el 2011 se fortaleció con una plaza de técnico académico titular B para la nueva licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, y una de investigador titular A para apoyar la creación del área de investigación en energía eólica. Además, se logró la aprobación de tres promociones, una a investigador titular B y dos a investigador titular C. Actualmente el CIE tiene 18 plazas posdoctorales, con nivel equivalente a investigador asociado C, de las cuales 9 corresponden al Programa de Becas de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), 4 al Conacyt y 5 son apoyadas por proyectos de investigación.

INVESTIGACIÓN Y SUS RESULTADOS

En el año 2011 el CIE tuvo un total de 67 proyectos de investigación, de los cuales 24 fueron financiados por el Conacyt, 23 por la DGAPA y 20 proyectos de ingresos extraordinarios financiados por las siguientes instituciones externas: SATELSA, MABE, Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), ENEVERDE, Secretaría de Cultura (SECULT), AMPER, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE), entre otras.

Las principales áreas de investigación del CIE son nueve: Recubrimientos Ópticos y Optoelectrónicos; Solar Hidrógeno–Celdas de Combustible; Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos; Concentración Solar; Geoenergía; Planeación Energética; Refrigeración y Bombas de Calor; Física Teórica; y Transferencia de Energía y Masa. De éstas, se derivan 72 líneas de estudio, dentro de las cuales los académicos realizan sus actividades.

Los logros de investigación más destacados en este periodo son: Desarrollo de una celda solar CdS/Sb₂S₃/C por depósito químico, con voltaje de circuito abierto (Voc) de 650 mV y densidad de corriente a corto circuito (Jsc) de 5 mA/cm², logrando una eficiencia de conversión solar de uno por ciento; diseño de una planta fotovoltaica de 1.0 MW de potencia eléctrica para el gobierno del estado de Guerrero, con la cual se consolidó el grupo de ingeniería en sistemas del CIE y permitió que la entidad participara en la licitación para la instalación fotovoltaica (FV) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en Santa Rosalía, Baja California; desarrollo de una planta piloto para la fabricación de celdas solares de CdTe; desarrollo de nuevos materiales electro catalíticos para su uso en celdas de combustible, en donde se logró sintetizar, por diversos métodos químicos, materiales basados en nano partículas de platino con distintos soportes y metales nobles; desarrollo de una nueva metodología de elaboración de electrodos de carbono para la obtención de capacitancias mayores; desarrollo de nuevas celdas solares híbridas nanoestructuradas de CdS con polímero conductor; desarrollo de una metodología numérica para la determinación del flujo de calor en sistemas geotérmicos mediante simulación de Monte Carlo; elaboración de estudios experimentales sobre procesos de interacción fluido-roca en condiciones de sistemas geotérmicos para la calibración de geotermómetros de solutos de aplicación a la exploración de sistemas geotérmicos hidrotermales; desarrollo de metodologías y estrategias para evaluar el impacto en el consumo energético de las 26 acciones establecidas en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE), para reducir el consumo de energía de uso final en 43 teravatios-hora (TWh) (2%), 4017 TWh (18%) y 16417 TWh (23%) en los años 2012, 2030 y 2050, respectivamente, proyecto que se realizó a solicitud de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE); desarrollo de metodologías y bases de datos para la construcción del escenario tendencial y líneas base sectoriales que determinen los requerimientos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero al año 2035; diseño de nuevos evaporadores para el refrigerador solar intermitente nitrato de litio-amoniaco con lo que se logró aumentar su capacidad de producción de hielo en un 50 por ciento; **obtención de expresiones analíticas aproximadas para la energía libre de Helmholtz y la ecuación de estado, por medio de las cuales se obtuvieron el punto crítico y la curva de coexistencia líquido-vapor para un fluido de pozo triangular;** realización de las primeras mediciones de flujos de metal líquido bajo un campo magnético heterogéneo, utilizando la técnica de velocimetría Doppler ultrasónica en un agitador electromagnético diseñado y construido en el CIE; desarrollo de la primera versión del programa Ener-Hábitat para la evaluación térmica de techos de la envolvente de edificaciones; y elaboración de modificaciones al flujo de aire en la secadora eléctrica Mabe, con lo cual se logró aumentar su eficiencia energética en un 10 por ciento.

En 2011 se publicaron 64 artículos de investigación en revistas internacionales indizadas dando un indicador de 1.5 artículos por investigador. Además, se publicaron 4 artículos en

revistas con arbitraje no indizadas, 45 artículos en extenso para memorias de congresos, 5 libros, 5 capítulos en libros y 11 reportes técnicos.

En la evaluación del impacto de los trabajos publicados por los académicos del CIE, el Web of Science del ISI muestra que los 1 155 artículos publicados en el periodo 1997-2011 han recibido un total de 9 960 citas, de las cuales 1 587 corresponden al 2011. El factor de impacto promedio de las revistas en las que se publicó fue de 2.130 (en el 2010, último disponible en el ISI).

En el rubro de patentes, se concedieron las siguientes: Calorímetro de placa plana para la medición de energía radiativa concentrada, y Sistema térmico de refrigeración por absorción avanzado operado con energía solar y gas natural para uso en acondicionamiento térmico de espacios.

VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD, COOPERACIÓN, COLABORACIÓN Y SERVICIOS

Los logros obtenidos este año en materia de vinculación incluyen once convenios, dos con instituciones académicas, cuatro con industriales, cuatro con instancias gubernamentales, cuatro con instituciones no gubernamentales y un convenio internacional.

En cuanto a su vinculación con la sociedad, el CIE ofrece visitas guiadas a grupos de estudiantes, académicos y público en general, con el objeto de dar a conocer las principales áreas de investigación, los programas educativos (posgrado y licenciatura) y la infraestructura experimental y tecnológica que ha desarrollado en el campo de las energías renovables. Las vistas se llevan a cabo por solicitud escrita de las instituciones educativas interesadas y usualmente se realizan los días jueves. Este año se tuvieron 37 visitas guiadas, dando atención a más de 936 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 (de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, el Congreso Nacional de Geoquímica, el 10º Congreso de Estudiantes y el XI International Hydrogen Congress); cinco cursos (Sistemas Fotovoltaicos, dos de Estadística Básica para el Manejo de Datos Experimentales y el de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico y Tecnologías Solares); dos encuentros (Encuentro Universitario sobre Fluidos y Térmica, Transferencia de Calor y Ventilación en Edificios y el 64th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry); cinco seminarios (Sustentabilidad y Política Energética para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y los seminarios de los departamentos de Termociencias y Materiales Solares, Posgrado del CIE y la Dirección del CIE); tres simposios internacionales (Photovoltaics, Solar Energy Materials and Technologies; SPIE International Symposium on SPIE Solar Energy + Technology Meeting, e International Symposium on Renewable Energy and Biofuels); cinco talleres (dos de Innovación Fotovoltaica y Celdas Solares; Impactos Climáticos 2011, Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, y XII Latin American Workshop on Nonlinear Phenomena); y finalmente una Reunión del Grupo de Celdas de Combustible UNAM-Cinvestav.

PREMIOS Y DISTINCIONES

Durante este año, la licenciada Esther Ofilia García Mandujano, técnico académico titular A, recibió el Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz otorgado por la UNAM, y los doctores Arturo Fernández Madrigal y Margarita Miranda Hernández ingresaron a la Academia Mexicana de Ciencias.

INTERCAMBIO ACADÉMICO

Durante el 2011 el doctor Camilo A. Arancibia Bulnes concluyó su estancia sabática en la Universidad de Sonora. Algunos integrantes del personal académico realizaron estancias de investigación en las siguientes instituciones: Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Celdas Fotovoltaicas de CdTe en Solexant Corp. (Estados Unidos de América), Departamento de Física de la Universidad de Columbia (Estados Unidos de América), Centro Internacional de Física Teórica (Italia), École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de París (Francia), Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (España), Universidad de Extremadura (España) y la Universidad de Sonora (México).

Dentro de este mismo contexto, se recibieron en las instalaciones del CIE investigadores procedentes de las siguientes instituciones nacionales e internacionales: Universidad de Sonora, Universidad Autónoma de Baja California, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Universidad de Florencia (Italia), Universidad de Columbia (Estados Unidos de América), Universidad Tecnológica de Eindhoven (Holanda), Universidad Jamia Millia Islamia (India), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

DOCENCIA

El CIE participa como entidad académica sede en tres programas de posgrado de la UNAM: Maestría y Doctorado en Ingeniería (campo de conocimiento de Energía), Posgrado en Ciencias Físicas y Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Adicionalmente, algunos investigadores del CIE colaboran, 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 Posgrado en 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), 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 carrera de Ingeniería en Energías Renovables que fue aprobada por el Consejo Universitario el 31 de marzo de 2011, iniciando sus actividades en el semestre 2012-1 con la inscripción de la primera generación de estudiantes. De manera paralela, los académicos del CIE también participan en otras licenciaturas en facultades de la UNAM (Facultad de Estudios Superiores-Aragón, Ciencias, Ingeniería, Química y el

Centro de Ciencias Genómicas), 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 (UABC), la Universidad Autónoma Juárez de Tabasco, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), 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 periodo reportado el CIE tuvo registrado un número total de 314 estudiantes, 190 de los cuales están realizando trabajos de tesis (83 de maestría, 86 de doctorado y 21 de licenciatura), 10 están inscritos en la nueva licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, 27 realizando servicio social y 87 inscritos en programas de residencias profesionales, prácticas profesionales y estancias cortas de investigación.

En los procesos de admisión del 2011 (semestres 2011-2 y 2012-1 de la UNAM), a través de los diferentes programas de posgrados en los que participa el CIE, se tuvo una admisión total de 36 estudiantes de posgrado, de los cuales 15 ingresaron a programas de doctorado y 21 a la maestría. En la licenciatura se admitieron 10 estudiantes como parte de la primera generación.

En relación con las estadísticas de graduación del 2011, se graduaron 12 estudiantes de doctorado, 20 de maestría y 17 de licenciatura, con lo cual se continúa atendiendo la eficiencia terminal de los programas de posgrado bajo los estándares de calidad establecidos por el Conacyt. Asimismo, los académicos del CIE impartieron un total de 85 cursos en programas docentes oficiales: 73 a nivel posgrado (41 cursos frente a grupo y 32 relacionados con asignaturas de proyectos de investigación I y II) y 12 en licenciatura, tanto para la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables como para programas en otras instituciones académicas externas.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Dada la temática de investigación del CIE, los académicos 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, así como en temáticas relacionadas con la solución a los problemas energéticos y de contaminación ambiental. Este año se publicaron nueve artículos en la prensa escrita y se transmitieron entrevistas radiofónicas (tres telefónicas, dos en cabina y dos en las instalaciones del CIE) y dos entrevistas para la televisión.

En actividades de divulgación, el CIE participó en la organización de los siguientes eventos: Expo Solar Internacional (en la XXXV Reunión de la Asociación Nacional de Energía Solar); foro Hacia la soberanía y seguridad nacional: Problemática nuclear y el papel de las energías renovables; el Taller de Legislación Federal sobre el Uso de la Energía Solar para Calentamiento de Agua Sanitaria en Edificaciones, y la inauguración del Horno Solar (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica y el CIE).

INFRAESTRUCTURA

En el 2011 se realizaron las siguientes obras para mejorar la infraestructura del CIE: se adquirió el estacionamiento principal del Centro; se habilitaron los estacionamientos Oriente y Norte con un área de 1 500 metros cuadrados cada uno (dando lugar a 130 nuevos espacios); se construyó el laboratorio de Química de la LIER; se aprobó el proyecto y se inició la construcción del Edificio 3.1 para Laboratorios del CIE; se concluyeron los proyectos del programa EcoPUMA para la automatización de riego de jardines, ahorro de agua e instalación de lámparas fotovoltaicas en el estacionamiento norte para ahorro de energía eléctrica; se cambiaron los muebles de todos los sanitarios por mingitorios secos y WC's ahorradores; se impermeabilizaron las azoteas de los edificios de Materiales Solares, Refrigeración, y Bombas de Calor y Termociencias, y se cambiaron los cables de alimentación de alta tensión a la subestación eléctrica.

Ω