



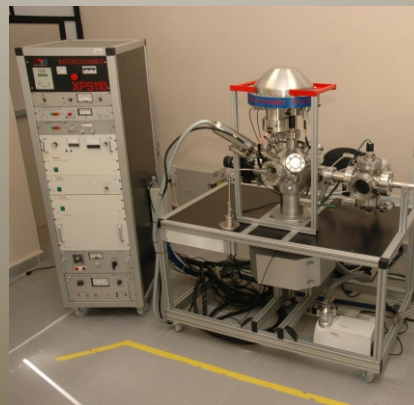
# Origen, capacidades y perspectivas

## Ciencia, Tecnología e Innovación en Querétaro

Boletín electrónico No. 3 - Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro



**Centro de Investigación  
y Estudios Avanzados del IPN,  
Unidad Querétaro (CINESTAV)**





SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN

## PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Lic. José Eduardo Calzada Rovirosa  
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

Dr. Fernando de la Isla Herrera  
SECRETARIA DE EDUCACIÓN

## CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Ing. Ángel Ramírez Vázquez  
DIRECTOR GENERAL

Diseño y Difusión  
D.G. Alicia Arriaga Ramírez  
Marivel Zea Ortiz

Ramón Martínez de Velasco  
Corrección de estilo

Fotografía  
CINVESTAV-IPN  
Unidad Querétaro

Mayo de 2012

Boletín Electrónico No. 3

**Origen, capacidades y perspectivas.  
Ciencia, Tecnología e Innovación en Querétaro**

Centro de investigación y de Estudios Avanzados  
del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)

***Agradecemos el apoyo del Dr. Luis Gerardo Trápaga Martínez por su  
aportación en el contenido de este boletín .***

## A manera de introducción



*Dr. Luis Gerardo Trápaga Martínez,  
actual director del  
CINVESTAV Unidad Querétaro.*



Para el doctor Gerardo Trápaga Martínez, director de la Unidad Querétaro del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), ésta ha demostrado, en poco tiempo, “su vocación por proyectos de impacto social e industrial”.

Por ejemplo, explica él mismo, “apoyamos a comunidades en zonas rurales en cuanto a su producción artesanal (Santa Clara del Cobre, Michoacán), o con sistemas de electrificación en escuelas, o con materiales de construcción alternativos para viviendas. De igual modo nos vinculamos con las industrias automotriz, de la tortilla y del maíz, o con el sector metalúrgico mediante el recubrimiento de productos”.

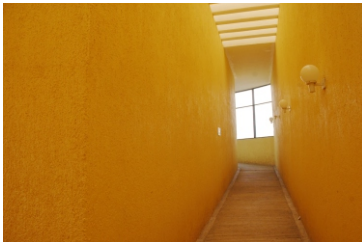
Otros ejemplos de la investigación de calidad y del trabajo tendiente a beneficiar a los sectores sociales y productivos, se abordan en este boletín electrónico, destacando los proyectos en desarrollo y algunos casos exitosos, como son la Vivienda Semilla y la Casa Con-ciencia, Electrificación de escuelas rurales con celdas solares, Bio-digestor para proporcionar combustible, o el Sistema fotovoltaico para dotar de energía eléctrica a la vivienda.

En cuanto a perspectivas de desarrollo y crecimiento, el doctor Trápaga Martínez nos explica que “siendo una realidad que la industria aeronáutica se ha convertido en un polo de desarrollo en el estado, en años recientes la Unidad Querétaro del CINVESTAV se ha enfocado hacia la investigación de materiales que se emplean en la fabricación de turbinas y recubrimientos que resistan la operación a altas temperaturas”.

En este contexto, el director de la Unidad vislumbra retos importantes: “Uno de ellos, es impulsar a la entidad como un polo para la industria aeronáutica. Para ello creamos un diplomado especializado”, y se han abierto canales de vinculación con General Electric (GE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y con empresas especializadas en el ramo, como son Bombardier, Grupo Safran e ITR Group.

A continuación, los detalles sobre las aportaciones de la Unidad Querétaro del CINVESTAV.

## Reseña histórica



Instalaciones del CINVESTAV -IPN  
Unidad Querétaro.



El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios.

Creado por Decreto Presidencial el 17 de abril de 1961 (modificado el 17 de septiembre de 1982), se ha fijado como Misión “Desarrollar investigación científica y tecnológica multidisciplinaria y de vanguardia en el área de Ciencia e Ingeniería de Materiales”, la “formación de recursos humanos de alta calidad” y “una vocación clara de vinculación con los sectores productivo y social”, bajo la Visión de ser “el Grupo de Ciencia e Ingeniería de Materiales líder en la generación de conocimiento científico y tecnológico de frontera en el área de Materiales y en la formación de investigadores y tecnólogos independientes de alto nivel, que contribuyan a la solución de problemas tecnológicos con impacto económico y social”.

Las tareas del Centro se basan, sobre todo, en cuatro áreas del conocimiento: Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Biológicas y de la Salud, Tecnología y Ciencias de la Ingeniería y Ciencias Sociales y Humanidades.

El CINVESTAV cuenta con Unidades en la Ciudad de México, y en las ciudades de Guadalajara, Irapuato, Mérida, Monterrey, Saltillo, Tamaulipas y Querétaro.

Su Unidad Querétaro se creó en junio del año 2000, con la Misión de formar especialistas de alto nivel y realizar investigación básica y aplicada en el área de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Opera con recursos de tipo fiscal, así como con financiamiento de organismos descentralizados, del sector industrial y de agencias internacionales, por citar algunas fuentes.

Los antecedentes de esta Unidad datan de 1992, año en el que un pequeño grupo de investigadores del Departamento de Física del CINVESTAV se trasladó de la Ciudad de México hacia Saltillo, Coahuila, para integrarse a aquella Unidad, a fin de apoyar el *Proyecto de modernización tecnológica de la producción de masa y tortilla de maíz* que iba iniciando en las instalaciones de la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S. A. (COMIMSA), en respuesta a una Convocatoria del Gobierno Federal que en el año de 1991 llamó a la industria a eficientar el proceso.

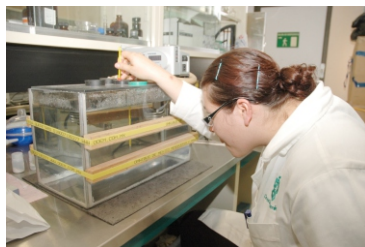
Dado que el proyecto insignia estaba relacionado con procesos y productos derivados del maíz (ciencia y tecnología de la tortilla, principalmente), surgió la necesidad de incorporar a biotecnólogos expertos en el tema. Así, se integraron



Unidad Querétaro es una de las sedes del Departamento de Matemáticas del CINVESTAV Zacatenco.



Instalaciones del CINVESTAV  
Unidad Querétaro.



Laboratorios del CINVESTAV  
Unidad Querétaro.

los doctores Juan de Dios Figueroa Cárdenas, Fernando Martínez Bustos y Jerónimo Arámbula Villa, con aportaciones exitosas (entre ellas, artículos publicados en las revistas *Science* y *National Geographic*, una entrevista en la BBC de Londres, patentes nacionales e internacionales, recursos por venta y licenciamiento de la PI generada, y haber graduado a estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado).

Como director general de la Unidad Saltillo fungía el doctor Manuel Méndez Nonel, uno de los impulsores de la idea de crear una Unidad en Querétaro. A mediados del año 1995 el entonces gobernador, Enrique Burgos García, abrió la posibilidad de donarle un terreno al CINVESTAV en Juriquilla, como parte de un proyecto académico que incluía la participación de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Para el otoño de aquel año arribó el grupo original de físicos y biotecnólogos, acompañados por dos investigadores adscritos a la Unidad Saltillo, teniendo como primer espacio de trabajo la Facultad de Química de la UAQ, para posteriormente trasladarse a la Facultad de Ingeniería de esta Casa de Estudios.

Entre los investigadores que se incorporaron en el primer y segundo año de actividades en la UAQ estuvieron los doctores Rafael Martínez, Francisco Espinoza, Yuri Vorobiev, Martín Yáñez, Arturo Mendoza, Sergio y Omar Jiménez, Alberto Herrera, Eugenio Prokhorov, Gabriel Luna, Juan Muñoz, Aldo Romero y Gerardo Trápaga Martínez (actual director de la Unidad Querétaro).

En el verano del año 2000 terminó la primera etapa de construcción de la Unidad Querétaro, en Juriquilla. Desde entonces, el CINVESTAV ha recibido reconocimientos y distinciones a nivel estatal, nacional e internacional.

A partir del 2006 la Unidad Querétaro es una de las sedes del Departamento de Matemáticas del CINVESTAV Zacatenco. Desde el primer trimestre del año 2007 se imparten los programas de Maestría y Doctorado en Matemáticas, calificados con Nivel Internacional en el Padrón Nacional de Posgrados del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Actualmente ofrece programas de Maestría y Doctorado en Ciencias, con especialidad en Materiales, registrados en el Programa Nacional de Posgrado y calificados con el Nivel de Competencia Internacional.

Su productividad en el año 2011 fue vasta. Fueron publicados 76 artículos en revistas internacionales indexadas, 37 proyectos de investigación financiados por agencias nacionales e internacionales que apoyan a la ciencia, cuestión ésta que también incluye proyectos y servicios vinculados con el sector productivo.

Durante el mismo año se graduaron nueve Maestros y cinco Doctores en Ciencias, con especialidad en Materiales.

## El quehacer del CINVESTAV



Extrusor de alimentos con capacidad para 5 kg/h.



Extrusor de alimentos con capacidad para 50 kg/h.

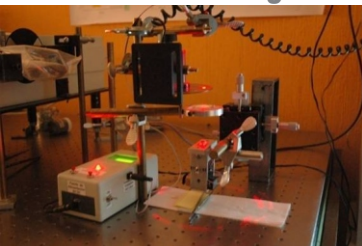
Con tan sólo 12 años de presencia en el estado, la Unidad Querétaro es considerada como uno de los espacios de investigación más importantes y productivos en nuestro país, en sus áreas de trabajo (Materiales cerámicos y metálicos, Semiconductores y optoelectrónicos, Compuestos orgánicos, Recubrimientos, Películas delgadas, Técnicas de caracterización de materiales, Simulación y modelación de materiales y Procesos).

Su productividad en el periodo 2000-2011 consta de 641 artículos publicados en revistas de prestigio internacional; 1,330 resúmenes en congresos nacionales e internacionales; 216 proyectos científicos; 20 proyectos extraordinarios; 15 proyectos Internacionales, y; 448 servicios a la industria. Asimismo, ha obtenido 95 distinciones. En materia de patentes, se le han otorgado 11 internacionales y 11 nacionales. Entre ellas:

- Proceso de nixtamalización seca.
- Proceso ecológico de nixtamalización húmeda.
- Proceso de extrusión.
- Empleo de microondas para incrementar los rendimientos de masa y tortilla.
- Cocimiento de tortillas con infrarrojo.
- Proceso de cocimiento con ondas de radio de muy baja frecuencia.
- Empleo de la computadora y chips en la producción de tortillas.
- Proceso y equipo óhmico.
- Proceso dieléctrico y cocedor para la nixtamalización del maíz.

En este contexto, el doctor Gerardo Trápaga Martínez, director de la Unidad Querétaro, detalla que, en efecto, ésta “es una de las Unidades que en poco tiempo ha mostrado su vocación por proyectos de impacto social e industrial. Por ejemplo, apoyamos a comunidades en zonas rurales en su producción de artesanías (Santa Clara del Cobre, Michoacán), con sistemas de electrificación en escuelas, o con materiales de construcción alternativos para viviendas. De igual manera nos vinculamos con las industrias automotriz, de la tortilla y del maíz, o con el sector metalúrgico mediante el recubrimientos de productos. Es decir, estamos haciendo investigación de calidad y trabajando con los sectores sociales y productivos”.

## Líneas de investigación



Espectroscopia térmica.

Anualmente la Unidad Querétaro cuenta con un presupuesto aproximado de 10 millones de pesos para su operación (sin considerar nómina). Además, se capta un presupuesto mucho mayor vía proyectos de investigación, de los cuales se están desarrollando 40, en números redondos, de distintos tipos.

Su área de especialidad es la Ciencia e Ingeniería de Materiales (metales, plásticos, materiales compuestos o cerámicos, etc.), que se estudian para entender cómo se procesan, cómo se desempeñan en servicio y cómo y por qué se deterioran. Asimismo se estudian sus propiedades (físicas, eléctricas, magnéticas, ópticas, térmicas, entre otras).

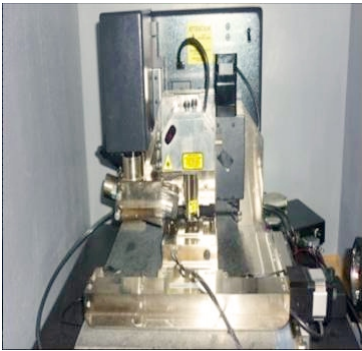
Otra línea de investigación gira en torno a energías alternativas y medio ambiente, una especialización que contempla celdas solares, óxidos conductores transparentes, celdas de combustible, sistemas híbridos, convertidores solares de alta eficiencia, energías sustentables, y materiales no



Procesamiento de Materiales Orgánicos.



Máquina tortilladora.



Microscopio con Nanoposicionador.

## Proyectos de investigación en desarrollo



Depósito de películas y recubrimientos cerámicos por Sol-Gel.

convencionales. Destacan sus estudios en Ciencia y Tecnología del Maíz y la Tortilla, que han propiciado nuevos adelantos tecnológicos. Asaber:

- Proceso de nixtamalización seca.
- Proceso ecológico de nixtamalización húmeda.
- Uso de microondas y otras energías en granos.
- Máquinas tortilladoras.
- Cocimiento de tortillas con infrarrojo.
- Uso del ultrasonido para evaluar el maíz.
- Aspectos nutricionales de la tortilla.
- Maíces de alto valor agregado.
- Estudio de maíces palomeros.
- Mejoramiento de razas de maíces.
- Estudios para adicionar nutrientes a la tortilla.

En este rubro, el CINEVESTAV y Cargill México firmaron un Convenio para desarrollar procesos ecológicos de nixtamalización, explorarlos y llevarlos a nivel comercial. Dicho convenio contempla procesos ecológicos (sin nejayote), tiempos cortos de procesamiento (minutos), reducción en el consumo de agua (en un 90 %), reducción en la energía consumida (50 %), calidad similar a la tortilla comercial, y procesos simples y fáciles de operar.

En materia de la llamada “investigación nano”, algunas líneas que maneja la Unidad Querétaro son:

- Procesamiento de materiales nanoestructurados.
- Molienda de alta energía reactiva.
- Caracterización de superficies a escala nanométrica.
- Microscopía de fuerza atómica.
- Nanociencia computacional.
- Caracterización electrónica, vibracional, térmica, elástica y óptica.
- Nanoestructuras magnéticas, metálicas, iónicas y semiconductoras.

Numerosos son los proyectos científicos y tecnológicos vigentes que procesa la Unidad Querétaro del CINEVESTAV.

Entre éstos:

- Estudios ópticos en películas delgadas y sistemas nanoestructurados.
- Celdas solares de heteroestructura.
- Obtención y caracterización de películas delgadas de mezclas de óxidos semiconductores nanoestructurados y su aplicación en la degradación de compuestos orgánicos.
- Estudio de la eficiencia de celdas solares orgánicas e inorgánicas de películas de CdS-CdTe.
- Nuevas tecnologías en recubrimientos para aplicaciones en turbinas de vapor utilizadas en la generación de energía eléctrica.
- Estudio de materiales para su uso en recubrimientos como barreras térmicas en álabes de turbinas de aviación.
- Desarrollo de un recubrimiento para acero inoxidable obtenido por Sol-Gel.
- Recubrimientos cerámicos multifásicos y multifuncionales.
- Optimización de las propiedades de materiales multifuncionales y nanoestructurados para aplicaciones tecnológicas.
- Desarrollo de nuevas configuraciones de carcasa y sellos interetapa para turbinas de baja



Fertilizante orgánico.



Sistema fotovoltaico.

presión basadas en forjas de perfil ajustado.

- Diseño y desarrollo de ducto interturbina y rueda de vanos para turbina aeronáutica.

Además de los proyectos enfocados hacia el sector científico (energías alternativas, por ejemplo), destacan los proyectos con rentabilidad social (Vivienda Semilla y Casa Con-ciencia, Electrificación de escuelas rurales con celdas solares, Mejoramiento de razas de maíces, Estudios para adicionar nutrientes a la tortilla, por ejemplo).

En materia de las llamadas Ecotecnologías, para la sustentabilidad de la vivienda se contemplan las siguientes ecotecnias:

- Sistema de tratamiento de aguas grises, que permite reutilizar el agua para riego (en colaboración con la Universidad Tecnológica de Querétaro).
- Sistema para la captación de agua pluvial y aljibe para almacenarla y emplearla para consumo humano y en baños y cocina mediante un filtro purificador (en colaboración con el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada).
- Separación de basura y descarga del bio-digestor, para generar composta con lombriz roja californiana y obtener fertilizante orgánico (*humus*) para sembradíos familiares (en colaboración con la UAQ).
- Bio-digestor para proporcionar el combustible requerido en cocina y baño.
- Sistema fotovoltaico para dotar de energía eléctrica las áreas de una vivienda.
- Cocina solar que coadyuve a la cocción de alimentos, aprovechando la energía del Sol.

### Vivienda Semilla y Casa Con-ciencia

El proyecto nace de un convenio tripartita, celebrado en el año 2000, entre la Fundación Navapalos Asociación Interacción, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del estado de Querétaro (SDUOP) y la Unidad Querétaro del CINVESTAV.

A partir de dicho convenio se diseñaron y construyeron 10 casas rurales, de entre 56 y 59 metros cuadrados, en los municipios de El Marqués, Amealco y Colón, a cuyos habitantes se apoyó con recursos económicos y con asesoría legal.



La construcción de las viviendas estuvo a cargo del investigador responsable de este proyecto, el doctor Alejandro Manzano Ramírez.

Su edificación se realizó con materiales propios de la región, reforzados con aditamentos que les proporcionaron una mayor resistencia e impermeabilidad. Además, se instalaron tecnologías sostenibles y ecológicas en viviendas dignas, dentro de zonas de alta marginación y hacinamiento.



Construcción de la Vivienda Semilla.

Gracias al impacto de este proyecto, junto con la Asociación Gilberto, A. C., el CICATA y la UAQ, se desarrolló otro durante el periodo 2000-2006: Casa Con-ciencia, dirigido a construir viviendas de bajo costo, con materiales vernáculos, durables y sustentables, para habitantes de comunidades rurales, quienes hoy gozan de espacios dignos.

Este tipo de vivienda, de 80 metros cuadrados, cuenta con lo siguiente:

- Muros de adobe mejorado.



Cisterna de ferrocemento.



Fogón ahorrador de leña.

- Sistema solar fotovoltaico para proveer de electricidad.
- Bio-digestor.
- Bio-filtro.
- Invernadero.
- Cisterna de ferrocemento para almacenar agua pluvial.
- Fogón ahorrador de leña.

Al responder a la preocupación que significa la depredación constante del ambiente, esta propuesta constructiva crea y recrea el entorno de las familias que habitan en el medio rural, además de generar una mayor conciencia y responsabilidad social en torno a la problemática medio ambiental.

Hacia finales del año 2000 se inició la construcción de la primera vivienda semilla en la comunidad de Alfajayucan, municipio de El Marqués, siendo el beneficiario José Alfredo López Velázquez.

En abril del año 2001 los beneficiarios fueron Raúl Luna Sánchez, Antonio Moreno Reséndiz y Raúl Martínez, de las comunidades de El Zamorano (Colón), Alfajayucan y El Varal (Amealco). En esta última, tres familias más se beneficiaron en mayo del año 2002.

Electrificación de escuelas rurales con celdas solares.

La investigación sobre distintas opciones de aplicación de dispositivos solares para electrificación rural, la realiza el doctor Yuri Vasilievitch Vorobiev desde el año 2000 en la Unidad Querétaro del CINVESTAV, que dos años después firmó un Convenio con el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) para llevar a cabo el proyecto “Elaboración de un sistema fotovoltaico experimental para escuelas rurales”, partiendo de un sistema piloto de electrificación solar optimizado en cuanto a sus parámetros de costos, eficiencia, robustez y mantenimiento mínimo.

El sistema emplea paneles solares bifaciales, producidos en Rusia.

En agosto del año 2002 se instaló un primer sistema de 200 W en la escuela “Mariano Matamoros”, de la comunidad de Camarones, municipio de Cadereyta, que hasta el 2008 funcionó sin fallas y produjo energía suficiente para operar entre 6 y 8 horas diarias un juego de video, y como receptor de programas vía satélite de la Red Edusat, primer sistema nacional de televisión educativa en México.

A raíz de lo anterior, la Unidad de Servicios para la Educación Básica del Estado de Querétaro (USEBEQ) solicitó al CINVESTAV, en los años 2004 y 2005, la habilitación de 111 sistemas fotovoltaicos adicionales, cuestión que se llevó a cabo con la participación del Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ).

De los 111 sistemas adicionales, 85 tienen la capacidad original de 300 W. A los restantes se les incrementó a 500 W. Hasta ahora, tres escuelas rurales beneficiadas tienen acceso a los servicios de Edusat, computadora y Enciclomedia. El proyecto fue distinguido en el año 2005 por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONAE).



Sistema fotovoltaico en la escuela “Mariano Matamoros”.



*Prototipo de Biodigestor.*

### *Bio-digestor para proporcionar el combustible*

Considerando las condiciones medio ambientales y la producción de desechos orgánicos en el estado de Querétaro, además de la necesidad de contar con la disponibilidad de energía se planteó un proyecto de desarrollo que aportase soluciones al problema energético: “Diseño y construcción de un sistema híbrido para la generación de biogás a partir de desechos orgánicos”, cuyo investigador responsable es el doctor Juan Francisco Pérez Robles.

Entre otras acciones, este proyecto contempla el diseño y construcción de un bio-digestor para producir gas metano a partir de la basura orgánica generada en el Mercado de Abastos, o a partir de excrementos de animales en una pequeña propiedad ubicada en el municipio de Querétaro. El biogás puede emplearse directamente en la cocción de alimentos, o para hacer confortables áreas públicas y privadas, o para producir energía eléctrica mediante motogeneradores.

(En un proyecto posterior se propondrá el desarrollo de celdas de combustible tipo óxido sólido, para generar energía eléctrica directamente a partir del biogás. Estas celdas ya se desarrollan en la Unidad Querétaro.)

Los usuarios de este desarrollo pueden ser los mercados de abastos, las comunidades donde hay pequeños ganaderos y, en general, los lugares donde se generen desechos orgánicos.



*Calentador solar.*

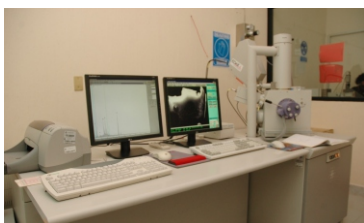
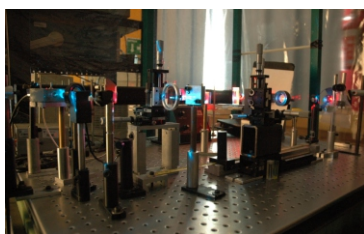
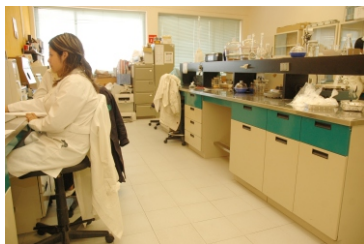
### *Sistema fotovoltaico para dotar de energía eléctrica a la vivienda*

El proyecto “Sistema fotovoltaico para Casa Con-ciencia” está a cargo del doctor Yuri Vasilievitch Vorobiev.

Casa Con-ciencia es una pequeña granja ubicada en las montañas cercanas a la ciudad de León, Guanajuato, donde habita una familia de trabajadores conformada por 10 miembros. Fue construida en el año 2008 con materiales ecológicos y equipada con un sistema solar eléctrico fotovoltaico y un bio-digestor (a cargo del CINVESTAV); un calentador solar de agua (a cargo del CICATA); un invernadero (a cargo de la UAQ), y un sistema de tratamiento de aguas negras (a cargo de la UTEQ).

Las características y costos de la Casa Con-ciencia se calcularon a partir de la electrificación solar implementada en escuelas rurales del estado de Querétaro. La energía cubre las necesidades de una casa habitación.

## Infraestructura



Laboratorios del CINVESTAV.

El CINVESTAV Unidad Querétaro cuenta con los siguientes laboratorios:

- Microscopía.
- Propiedades ópticas.
- Propiedades fototérmicas.
- Propiedades eléctricas.
- Propiedades estructurales y microscopía.
- Propiedades de transporte térmico.
- Propiedades multifuncionales nanométricas.
- Investigación y desarrollo tecnológico en recubrimientos avanzados.
- Cerámicos multifuncionales.
- Polvos metálicos.
- Materiales nanoestructurados y caracterización electroquímica.
- Polímeros y biomateriales.
- Energías alternativas I.
- Películas delgadas y recubrimientos.
- Propiedades fisicoquímicas.
- Procesamiento químico de películas.
- Metalografía.
- Crecimiento de películas delgadas y caracterización.
- Crecimientos de películas delgadas semiconductoras.
- Materiales optoelectrónicos.
- Recubrimientos.
- Películas ultradelgadas.
- Química de materiales I y II.
- Propiedades fisicoquímicas.
- Procesamiento de materiales orgánicos.
- Análisis térmico/módulos de crecimiento y medición.
- Materiales compuestos.
- Polímeros.
- Simulación.
- XPS.



## Personal académico

Actualmente, la Unidad Querétaro cuenta con una planta académica de 25 investigadores de tiempo completo, todos miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

## Formación de recursos humanos

Durante el periodo 2000-2011 el número de alumnos graduados fue el siguiente:

- Maestría en Ciencias en Materiales: 105 alumnos (25 externos).
- Maestría en Ciencias, especialidad en Materiales (Convenio HITACHI y MABE): 12 alumnos.
- Doctorado en Ciencias en Materiales: 61 alumnos (17 externos).

En el año 2011 se tenían registrados 46 alumnos de maestría y 58 de doctorado.

## Vinculación

La vinculación académica es significativa con el IPN, la UNAM, con los Centros CONACYT, con Institutos Tecnológicos (Querétaro, Morelia, Saltillo, Oaxaca, Celaya, Toluca), Universidades (Querétaro, Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Veracruz, Chihuahua, Tabasco e Hidalgo) e instituciones de los Estados Unidos, Ucrania, Alemania, España, Inglaterra, Brasil, Chile y Colombia.

A nivel empresarial, la vinculación es exitosa con, por ejemplo, Grupo Mabe, Nopal Industrializado, Bimbo, Sabritas, Grupo DESC, Pistones Moresa, Grupo Industrial del Parque, Cargill México, Consorcio Minero “Benito Juárez” Peña Colorada, Mega Empack, Gerresheimer Querétaro, GE Aviation, Membranas Estructuradas de México, Turborreactores (ITR), Procter & Gamble, Kellogg's de México, Technicolor Mexicana, Hitachi Global Storage, Bombardier, Comisión Federal de Electricidad, Kellogg de México, United State Soybean Export Council, Technicolor Mexicana, Galvak, y Cincinnati Clays Company.

## Perspectivas de desarrollo y crecimiento

Siendo una realidad que la industria aeronáutica se ha convertido en un polo de desarrollo en el estado, en años recientes la Unidad Querétaro del CINVESTAV se ha enfocado hacia la investigación de materiales que se emplean en la fabricación de turbinas y recubrimientos que resistan la operación a altas temperaturas.

“Ahora mismo vienen retos importantes. Uno de ellos es el de impulsar a la entidad como un polo para la industria aeronáutica. En ese contexto, creamos un diplomado especializado”, detalla el doctor Gerardo Trápaga Martínez, director de la Unidad. “General Electric (GE) tiene un centro de ingeniería de diseño en donde, virtualmente, fabrica una turbina completa. Con ellos trabajamos en temas relacionados con materiales resistentes a altas temperaturas”.

También se trabaja con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para analizar los mecanismos de deterioro de componentes de turbinas que emplea esa empresa paraestatal, a fin de mejorarlos e incrementar su vida útil. Lo anterior, con la colaboración de empresas especializadas en el ramo, como son Bombardier, GE, Grupo Safran e ITR Group.

En este rubro, varios son los proyectos sometidos al Programa de Estímulo a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del CONACYT, 2012, entre ellos:

- Estudio de mecanismos de desgaste de los componentes mecánicos de álabes del estator de turbinas aeronáuticas GE.
- Investigación y desarrollo tecnológico para la optimización energética en procesos productivos de nutrientes vegetales, utilizando tecnologías sustentables y amigables con el medio ambiente.
- IDTi de polímero en emulsión 100 % acrílico tipo núcleo-coraza y recubrimiento impermeable de alta vida útil, sustentables y competitivos globalmente.
- Procesamiento superficial de compuestos para la adhesión efectiva de estructuras primarias en aplicaciones aeronáuticas Bombardier.
- Desarrollo tecnológico de la estructura radial interturbina para turbofán aeronáutico.

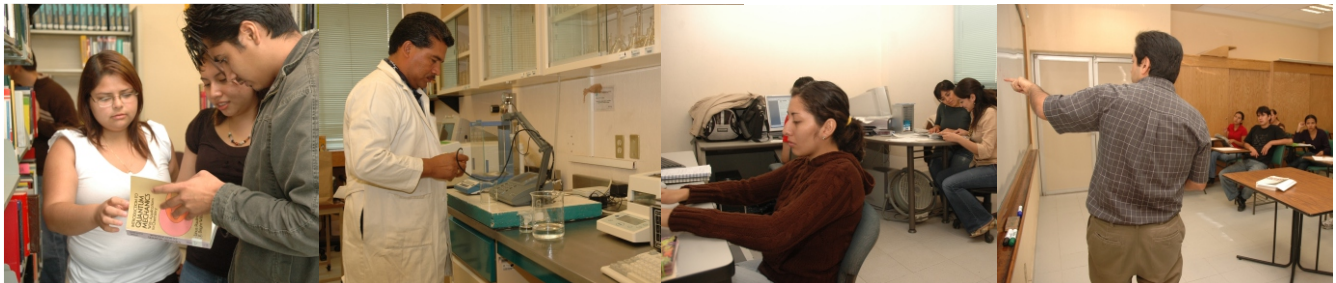


Viscosímetro Rapid Visco Analyzer.

- Desarrollo de componentes estáticos para compresor y sellos de chapa para un motor aeronáutico.
- Diseño y desarrollo de la estructura radial interturbina para turbina aeronáutica.
- Primer desarrollo y diseño de componentes estáticos de compresor y sellos de chapa para turbina aeronáutica.

Asimismo, ha sometido los siguientes proyectos dentro de la Convocatoria de Investigación Básica SEP-CONACYT 2012:

- Nanocompositos para aplicaciones en Biomedicina.
- Nanocompositos de quitosano para aplicaciones en sensores impedimétricos.
- Cerámicos ferroelásticos estructurales.
- Estudio de fenómenos físicos y químicos a nanoescala en materiales medidos por microscopías de barrido por sondas PM.
- Desarrollo de membranas para celdas de combustible tipo PEM.
- Correlación de la estructura fisicoquímica de nanopelículas con sus propiedades funcionales.
- Nuevas alternativas de funcionalización en nanotubos de carbono, basados en biomoléculas.
- Estudio sobre la interacción que influencia el comportamiento funcional de materiales inyectados y materiales soplados basados en almidones, fibras y proteínas, nativos y modificados.



**Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN Unidad Querétaro)**

Jefe de Unidad: **Dr. Luis Gerardo Trápaga Martínez**  
Correo: trapaga@qro.cinvestav.mx

Libramiento Norponiente #2000, Fracc. Real de Juriquilla, 76230 Querétaro, Qro.  
Tel: (442) 2119925

<http://www.qro.cinvestav.mx/>

