

# TRANSFERENCIA

Posgrado, Investigación y Extensión en el Campus Monterrey



**Universidad  
e industria:  
inaplazable  
sinergia**



**TECNOLOGICO  
DE MONTERREY®**

## Invierte en una excelente educación.

### Áreas de Conocimiento

- . Ingeniería
- . Tecnología e Informática
- . Negocios y Administración
- . Administración Pública y Política Pública
- . Estadística
- . Biotecnología
- . Derecho
- . Educación
- . Servicios
- . Ciencias de la Salud y Medicina
- . Humanidades

- . Más de 300 convenios con universidades en todo el mundo.
- . Vinculación empresarial y uso de tecnologías.
- . Amplios esquemas de Becas y Créditos.
- . Programas acreditados por agencias nacionales e internacionales.

Mayores informes: <http://www.itesm.edu/> > Conócenos > Acreditaciones

### Próximos exámenes de admisión

5 abril > 26 abril > 24 mayo > 7 junio > 28 junio > 12 julio

### Convocatoria de solicitud de becas

- . Posgrados Trimestrales con inicio en Septiembre 2008
- . Posgrados Semestrales con inicio en Agosto 2008
- Fecha límite > 31 mayo

- . Pregunta por nuestras próximas fechas de talleres de preparación para examen de admisión

Tel: (81) 81582224 | Lada sin Costo : 01800 MAESTRIA | [www.mty.itesm.mx](http://www.mty.itesm.mx) | [posgradosmonterrey@itesm.mx](mailto:posgradosmonterrey@itesm.mx)

# CONTENIDO

## NOTAS GENERALES

- 2 La EGAP y el Centro de Biotecnología: "Ejemplo de lo que México es capaz de hacer"
- 4 Ecosistemas para el desarrollo emprendedor, económico y social: 38° Congreso de Investigación y Desarrollo del Tecnológico de Monterrey
- 7 Conocer para trascender Impulsa SNI la investigación en el Tecnológico de Monterrey

## DESDE LAS CÁTEDRAS

- 9 20 millones de euros disponibles para investigadores
- 10 Buscarán la creación de un modelo social alternativo
- 10 Desarrollarán modelos éticos para las relaciones humanas
- 11 Optimizarán procesos de purificación
- 12 Proponen investigación de nueva era: cátedra de investigación gana importante proyecto en Nanobiotecnología

## PRODUCCIÓN EDITORIAL

- 13 *Lo paz y las regiones del mundo.* Zidane Zeraoui, coordinador. Fondo Editorial de Nuevo León. ISBN 978-970-9715-35-4
- 13 *La Constitución de 1857 y el noreste mexicano.* Pedro Torres Estrada y Artemio Benavides Hinojosa. Editorial Fondo Editorial de Nuevo León. ISBN 978-970-975-47-7

## EMPRENDIMIENTO

- 14 Con el viento a su favor

## VINCULACIÓN

- 15 Empresas fomentarán la investigación
- 34 DIRECTORIO DE POSGRADO
- 35 DIRECTORIO DE CÁTEDRAS DE INVESTIGACIÓN
- 36 DIRECTORIO DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN

## EN EL POSGRADO

- 16 Rompe barreras del lenguaje con fórmulas y algoritmos
- 17 Sobresaliente ingreso a la Academia Mexicana de Ciencias
- 18 EGAP es parte de red de administración pública
- 18 Acreditan doctorado de la EGAP en Posgrados de Calidad CONACYT
- 19 Investiga material inteligente para el tratamiento de la diabetes
- 20 Desarrolla microsistema para analizar tejidos biológicos
- 21 Intensificarán conocimientos científicos en el extranjero
- 22 **PRIMER LUGAR EN EL CONCURSO DE TESIS DE DOCTORADO, EN EL 38° CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
Paul Ehrenfest y los temas cruciales en el surgimiento de la física moderna (1904-1924)  
*Paul Ehrenfest fue un científico localizado en el loco de poderosas tensiones que dieron lugar al surgimiento de la física moderna y que jugó un papel esencial en la crítica de la disciplina.*  
Ricardo Guzmán Díaz

## EN LA INVESTIGACIÓN

- 24 **PRIMER LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR INVESTIGACIÓN**  
**Área: Ingeniería Civil**  
**Sistemas constructivos a base de morteros de anhidrita**  
*Propuesta de sistema para la construcción de vivienda de interés social, o base de material económico y de alta calidad: la amianta*  
Delma Very Almada Navarro
- 26 **SEGUNDO LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR INVESTIGACIÓN**  
**Área: Tecnologías de información**  
**Determinación de localización en zonas de baja densidad poblacional**  
*Este trabajo propone un sistema de localización híbrida, que incorpora mediciones como diferencias de distancias y observaciones angulares.*  
David Muñoz Rodríguez, José Ramón Rodríguez Cruz, César Vargas Rosales y Lluvia Gabriela Suárez Robles
- 28 **TERCER LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR INVESTIGACIÓN**  
**Área: Sistemas Inteligentes**  
**Clasificación de microcalcificaciones individuales y en agrupamientos en mamografías digitalizadas usando redes neuronales evolutivas**  
*Detección automática de principios de cáncer mediante redes neuronales evolutivas*  
Hugo Terashima-Marín, Rolando R. Hernández-Cisneros, Santiago E. Conant-Pablos
- 30 **SEGUNDO LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR PUBLICACIÓN DE LIBROS**  
**Área: Energía**  
**Peligra el crecimiento económico de México ante rezago energético**  
*Dilema del siglo: Energía e Inversión, elementos vitales para el desarrollo sustentable de México.*  
Flory Anette Dieck Assad
- 32 **PRIMER LUGAR EN EL CONCURSO DE TESIS DE LICENCIATURA. 38° CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**Área: Energía renovable**  
**BIODIESEL**  
**Análisis y evaluación de la calidad antes del lavado**  
*En esta investigación se realiza un análisis y evaluación de la calidad del biodiesel antes de su etapa de lavado, a partir de diferentes maticos primas*  
Javier Bernarte Lecumberri, Marcela María López Aizcorbe y Ruth E. Reyna Caamaño



Dr. Francisco Cantú Ortiz  
DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
M.C. Yebel Durón Villaseñor  
DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO DE DIFUSIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL POSGRADO  
M.E. Susan Fortenbaugh  
DIRECTORA EDITORIAL EMERITA  
M.C. Iliana Bodero Murillo  
DIRECTORA EDITORIAL  
L.C.C. Michael Rodrigo Ramírez Vázquez  
M.C. Ma. Eugenia Garza Oyervides  
REDACTORES

Dra. Robertha Leal  
Agencia Informativa  
Panorama  
COLABORADORES  
M.C. Ma. Eugenia Garza Oyervides  
L.A.V. Yolanda E. Castillo Gómez  
PORTADA, DISEÑO Y PRODUCCIÓN  
Srita. Karla P. Narváez Vázquez  
SUSCRIPCIÓN, RENOVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
<http://transferencia.mty.itesm.mx/>  
VERSIÓN ELECTRÓNICA

Transferencia. Posgrado, Investigación y Extensión en el Campus Monterrey es la publicación del Campus Monterrey del Tecnológico de Monterrey que divulga las actividades de investigación, extensión y posgrado. Es editada trimestralmente por el Departamento de Difusión para la Investigación y el Posgrado, CETEC, Torre Sur Nivel IV, Teléfonos: (01-81) 8328.44.14, y 8358.14.00. Exts. 5074, 5068 y 5077. Av. Eugenio Garza Sada #2501 Sur, Monterrey, N. L. C.P. 64849. • Correo electrónico: [transferencia.mty@itesm.mx](mailto:transferencia.mty@itesm.mx) Esta edición apareció el 1 de abril de 2008. Su distribución es gratuita tanto en México como en el extranjero y consta de 2,850 ejemplares. • Este número se imprimió en Grafiady S.A. de C.V., Escobedo No. 131 Col. Los Elizondo Tels. 8397-6317 y 8397-5947 Escobedo, N.L. • Certificadas de licitud de título y contenido de la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas números 6139 y 4714, con fecha de 15 de noviembre de 1991. Reserva de derechos al uso exclusivo del título Transferencia No. 164-92 de la Dirección General de Derechos de Autor. Franqueo pagado, publicación, registro número PP19-0005, características 220272126.

## La EGAP y el Centro de Biotecnología: "Ejemplo de lo que México es capaz de hacer"



*"México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo. En las plantas que consumimos hay un increíble potencial para descubrir nuevos alimentos con propiedades terapéuticas y nuevos productos farmacéuticos".*

*Dr. Mario Álvarez, director del Centro de Biotecnología*

Como un paradigma de que México trasciende límites y avanza en el campo de la investigación científica en temas de vanguardia, fueron calificadas las nuevas instalaciones de la Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, EGAP-CEMEX del Tecnológico de Monterrey, y el Centro de Biotecnología FEMSA del Tecnológico de Monterrey, que concretizan los ideales por un México mejor, aseveró el Presidente de México, Felipe Calderón Hinojosa.

El pasado 20 de febrero, el primer mandatario inauguró oficialmente ambos edificios, en un día que definió como "de orgullo para México" y "muy significativo", acotó el Ing. Lorenzo Zambrano, presidente del Consejo del Sistema Tecnológico, por la certidumbre de que "al unir esfuerzos entre instituciones de educación superior e investigación, empresas del sector privado, y los tres órdenes de gobierno, podemos avanzar juntos para que México se convierta en el país ganador al que se ha referido el Presidente Felipe Calderón", dijo.

El modelo educativo que promueven los programas académicos que se desarrollan en ambos centros combinan docencia, investigación, consultoría y extensión que logran, en el alumno, el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que les permiten poner en práctica el pensamiento crítico, la flexibilidad intelectual, la capacidad de investigación, la conciencia de equidad social y la preocupación por la comunidad.

## EN POS DEL LIDERAZGO BIOTECNOLÓGICO

La gestación del Centro de Biotecnología inició hace 15 años con la creciente innovación científica y tecnológica en sectores emergentes a nivel nacional y de enorme crecimiento a nivel mundial, y su vinculación con el aparato productivo del país. Con la participación de FEMSA ha despegado su crecimiento, reconfigurado sus líneas de investigación, su oferta académica y sus estrategias de vinculación.

El desarrollo científico sobre células madre, agrobiotecnología, nutrigenómica, uso sustentable del agua, estudio sobre los envases y su afectación a los alimentos, tratamientos terapéuticos y bioingeniería, son algunos de los proyectos científicos que realizará el Centro de Biotecnología FEMSA. La planta es única en su género dentro del país y pretende lograr transferencia sistematizada de tecnología.

## PROFESIONALIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

La EGAP inició formalmente en el año 2003, luego de concluir en la necesidad de coadyuvar a profesionalizar la administración pública, al tiempo de analizar y plantear políticas públicas para el desarrollo del país. En 2008 comenzó operaciones en el nuevo edificio ubicado a un lado de la Escuela de Graduados en Administración y Dirección de Empresas (EGADE).

La Escuela busca "formar funcionarios públicos con ética de servicio, y con la preparación necesaria para responder a las exigencias de una ciudadanía cada vez más participativa y atenta a los procesos de gobierno", comentó Lorenzo H. Zambrano en la ceremonia de inauguración.

La cercanía física de la EGAP respecto a la EGADE "representa un claro símbolo de que la administración pública y la iniciativa privada deben apoyarse mutuamente para construir el México próspero, equitativo, seguro y, en una palabra, ganador que todos queremos", detalló el ingeniero Zambrano.

## UN PASO DEFINITIVO

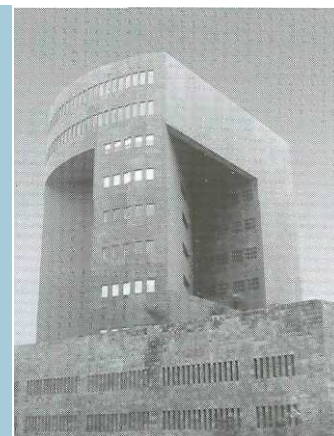
El Presidente de México concluyó su discurso afirmando que las nuevas instalaciones del Tecnológico de Monterrey son un "paso definitivo", una muestra de lo que México es capaz de hacer: "Yo hoy me iré de Monterrey y del Tecnológico de Monterrey, convencido aún más de que ese México distinto y mejor, ese México es posible; un México más justo, más fuerte, más seguro, más libre y próspero, un México verdaderamente ganador, a la altura de lo que los mexicanos hace rato están mereciendo".

## COMITIVA EN LAS CEREMONIAS DE INAUGURACIÓN

- Felipe Calderón Hinojosa, presidente de México.
- Lic. Josefina Vázquez Mota, secretaria de Educación.
- Narayana Murthy, presidente de Infosys Technologies
- Ing. Lorenzo H. Zambrano, director general de CEMEX y presidente del Consejo del Tecnológico de Monterrey
- Ing. José Antonio Fernández Carbajal, presidente de Consejo y director general ejecutivo de FEMSA y vicepresidente del Consejo del Tecnológico de Monterrey
- Doctor Rafael Rangel Sostmann, rector del Tecnológico de Monterrey.
- Secretarios de estado, autoridades estatales y municipales, consejeros, directivos, profesores y alumnos del Tecnológico de Monterrey. ••f•

## ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y POLÍTICA PÚBLICA, EGAP

- 244 millones de pesos en inversión
- 6 programas de maestría
- 1 programa de doctorado
- 750 alumnos de maestría
- 35 alumnos de doctorado
- 464 graduados de maestría
- 14 cátedras de investigación
- 6 centros de investigación
- 20 artículos y libros publicados
- Diseño arquitectónico: Ricardo Legorreta



En la administración pública mexicana, son egresados del Tecnológico de Monterrey;

- 7 de los 32 gobernadores
- 11 de los 128 senadores
- 19 de los 500 diputados federales

### Alianzas:

Escuela de Gobierno John F. Kennedy de la Universidad de Harvard, Universidad de Georgetown, Universidad de Barcelona.



## CENTRO DE BIOTECNOLÓGÍA

- 440 millones de pesos de inversión en infraestructura y equipo
- 14 patentes
- 100 artículos y libros publicados
- 60 alumnos de posgrado
- 5 doctores graduados
- 75 egresados de maestría
- 4 empresas en incubación
- 1 empresa *spin-off* (Nutretec)
- 350 empresas capacitadas en seguridad y calidad alimentaria
- 6 nuevos productos biofarmacéuticos en desarrollo

Se trabaja en la búsqueda de nuevos fármacos y nutraceúticos en plantas nativas mexicanas:

- Frijol negro
- Mahuacata
- Agumiel de maguey
- Sorgo colorido
- Maíz colorido

### Alianzas:

Universidad de Texas A&M, Universidad de Cornell, Universidad de California, Universidad del Estado de Iowa, Universidad del Estado de Arizona.

# Ecosistemas para el desarrollo emprendedor, económico y social: 38° Congreso de Investigación y Desarrollo del Tecnológico de Monterrey



El 38° Congreso de Investigación y Desarrollo del Tecnológico de Monterrey, en números:

13 áreas de conocimiento

9 modalidades

564 trabajos sometidos: 114 artículos de revista, 226 artículos de conferencia, 34 artículos de investigación en libros, 4 patentes publicadas, 5 proyectos de incubación, 50 proyectos de investigación, 34 tesis de doctorado, 65 tesis de maestría, 17 tesis o proyectos de profesional y 15 trabajos del Bachillerato Internacional

1 taller

1 panel

2 empresas (Endeavor e Intel) facilitadoras en el taller y el panel

5 conferencias magistrales:

101 sesiones paralelas

17 salas trabajando simultáneamente

2975 asistentes

20 asistentes (en promedio) por sesión

1 concurso de Trabajos de Tesis (profesional, maestría, doctorado)

1 concurso de Trabajos de Bachillerato Internacional

54 trabajos sometidos al concurso de Tesis, de los 116 inscritos en dicha categoría

4 casas editoriales patrocinadoras del premio para el Concurso de Bachillerato Internacional

***"Para que México se convierta en un país de crecimiento acelerado, la única vía es mediante la investigación. Resolver los problemas de seguridad, infraestructura o energía no basta. Para crecer en serio hay que invertir en investigación, innovación y desarrollo, que se traduzcan en beneficio social".***

*Dr. Rafael Rangel Sostman,*

*Rector del Tecnológico de Monterrey*

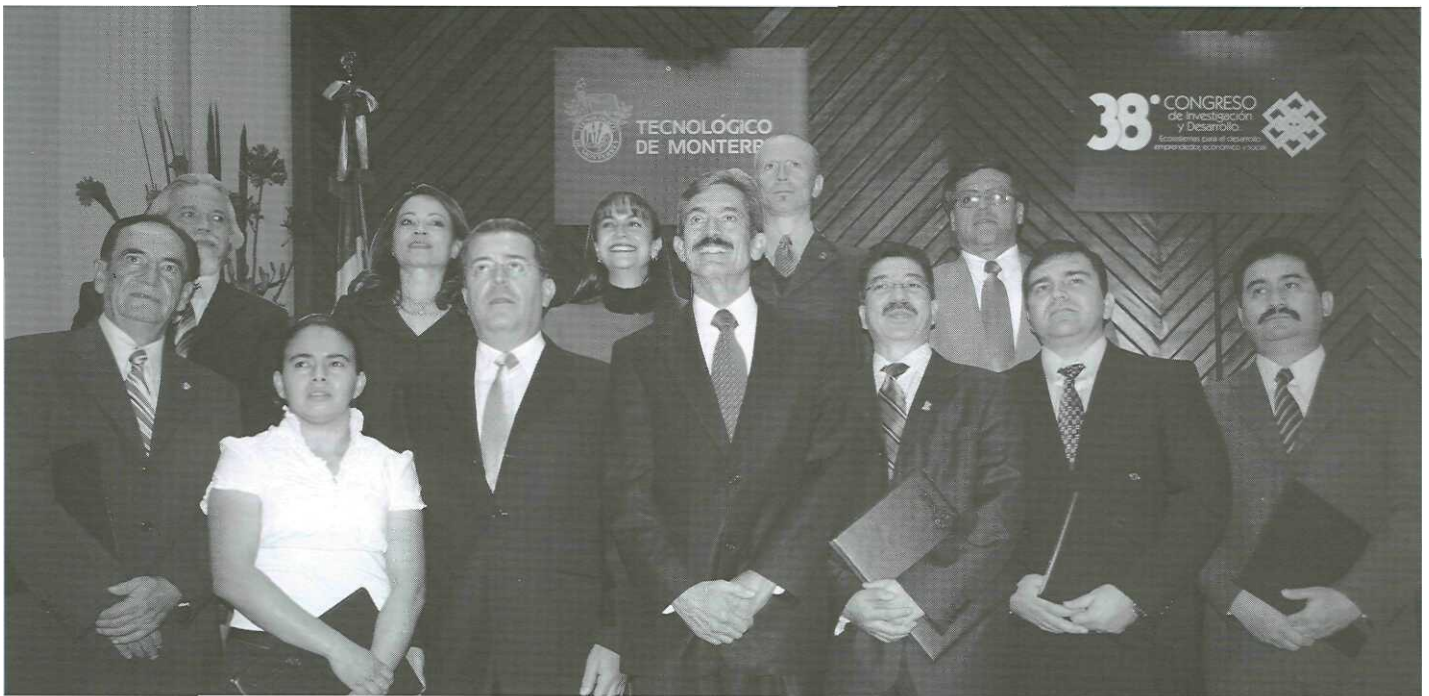
El tradicional foro de reflexión y vinculación que el Tecnológico de Monterrey realiza anualmente (ver *Transferencia*, números de abril), para fortalecer las redes de investigación, difundir los resultados científicos, tecnológicos y de emprendimiento de la investigación que realizan los profesores y alumnos de la Institución, el Congreso de Investigación y Desarrollo (<http://cidet.mty.itesm.mx>), tuvo como eje temático -en la 38° edición celebrada en enero de 2008- los "Ecosistemas para el desarrollo emprendedor, económico y social".

Bajo esta línea del pensamiento se orientó el trabajo de los talleres, paneles y conferencias hacia el desarrollo tecnológico, la innovación e incubación. "Se buscó hacer conciencia en los asistentes sobre la importancia de llevar la investigación a la comercialización y a la creación de negocios de base tecnológica", explicó el doctor Arturo Molina Gutiérrez, Vicerrector de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Agregó que, por esta razón, se invitó a personas expertas en la temática de transferencia y comercialización de tecnología; implantación de incubadoras de base tecnológica e innovación en los proyectos, para que el auditorio del congreso obtuviera (de éste) el mayor valor agregado.

***"Ante la creciente competencia, cada universidad busca distinguirse y el Tecnológico de Monterrey lo hace con el carácter emprendedor. Que sea una universidad que forma emprendedores socialmente responsables; y que fomenta una cultura emprendedora para servir como motor del desarrollo de nuestro país. En el ámbito empresarial, 22 por ciento de las grandes compañías de México son dirigidas por egresados del Tecnológico de Monterrey, el 53 por ciento de sus graduados son, a los 25 años de titularse, socios o dueños de alguna empresa".***

*Ing. Lorenzo Zambrano, Presidente del Consejo del Tecnológico de Monterrey*



## ENTREGAN EL PREMIO RÓMULO GARZA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO Y POR PUBLICACIÓN DE LIBROS, 2007

Con el objetivo de reconocer y estimular la investigación que se realiza en el Tecnológico de Monterrey, cada año, desde 1973, se entrega el Premio Rómulo Garza por Investigación y Desarrollo Tecnológico (<http://romulogarza.mty.itesm.mx>), premio que convoca a profesores, profesionistas de apoyo y profesores eméritos del Tecnológico de Monterrey, en el marco del Congreso de Investigación y Desarrollo, del Tecnológico de Monterrey.

El premio ha tenido una importante reconsideración, por iniciativa de la familia del empresario don Rómulo Garza (fundadores de este laurel): Un sustancial incremento en la suma otorgada, y la significativa presencia en la ceremonia, de la familia y los principales ejecutivos de la empresa Xignux (fundada por don Rómulo Garza).

Honraron la entrega del Premio Rómulo Garza 2007, por parte de Xignux, el Lic. Eugenio Garza Herrera, presidente del Consejo y director general; Ing. Pedro Sepúlveda Salinas, director de Desarrollo Corporativo; y el Ing. Humberto J. Garza Garza, miembro del Consejo de Administración. Por parte de la Institución, el Dr. Rafael Rangel Sostmann, rector del Tecnológico de Monterrey; el Ing. Eliseo Vázquez Orozco, vicerrector de Administración y Finanzas del Tecnológico de Monterrey, y el Dr. Arturo Molina Gutiérrez, vicerrector de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Los ganadores del Premio Rómulo Garza, en la categoría de Publicación de Libros son:

- **Primer lugar:** Arq. Carlos Arvizu García, del Departamento de Arquitectura, División de Ingeniería y Arquitectura, Campus Querétaro, por el libro *Evolución urbano de Querétaro, 1531-2005*.
- **Segundo lugar;** Dra. Flory Anette Dieck Assad, del Departamento de Finanzas, División de Administración y Finanzas, Escuela de Negocios, Campus Monterrey, *Energy and Sustainable Development in México (ver secciones "Notas Generales, publicación de libros" y "En la Investigación" de este número de la revista)*.



### DON RÓMULO GARZA Y LA INSTITUCIÓN DEL PREMIO QUE LLEVA SU NOMBRE "

Don Rómulo Garza nació en Monterrey, Nuevo León, el 28 de agosto de 1894. Ávido lector y autodidacta, inició su trayectoria laboral muy joven, y se especializó en procesos de fabricación, ventas y mercadotecnia, contabilidad, administración de personal y en finanzas.

Su primer empleo, como mensajero, fue en la casa Stanford. En 1a cervecería Cuauhtémoc, posteriormente, fue jefe de tráfico. El 25 de marzo de 1919 ocupó el mismo puesto en Vidriera Monterrey, en donde desarrolló una larga y fructífera carrera de 50 años, hasta diciembre de 1968. Fundó e inició diversas empresas e instituciones, entre estas, el Tecnológico de Monterrey en 1943.

Actualmente el consorcio industrial Xignux (<http://www.xignux.com/>), del cual fue fundador y presidente del consejo, auspicia y promueve el Premio Rómulo Garza para reconocer los mejores trabajos de investigación realizados en el Tecnológico de Monterrey.

El Premio Rómulo Garza por Investigación y Desarrollo Tecnológico fue instituido por los herederos del empresario Don Rómulo Garza, para honrar su memoria ya que, en vida, apoyó a la investigación.

- **Tercer lugar:** Dr. Alberto Beuchot González de la Vega, Departamento de Humanidades, Preparatoria, Campus Irapuato, *Especijos de luz: Aproximación a la hermenéutica cinematográfica en tres casos*.

Los **ganadores del Premio Rómulo Garza, en la categoría de Investigación y Desarrollo Tecnológico** (ver sección "En la Investigación" de este número de la revista) son:

- **Primer lugar,** Ing. Delma Very Aimada Navarro, Campus Monterrey, con la investigación "Aplicaciones de la anhidrita en la construcción".
- **Segundo lugar,** Dr. David Muñoz Rodríguez, Centro de Electrónica y Telecomunicaciones, División de Mecatrónica y Tecnologías de Información, Escuela de Ingeniería, Campus Monterrey, en coautoría con el Dr. José Ramón Rodríguez Cruz, Dr. César Vargas Rosales y M.C. Lluvia Gabriela Suárez Robles, con el texto "Position Location Scheme for Low Coverage Áreas".



**Ganadores del Primer Concurso de Investigación de Bachillerato Internacional y Tesis**

## NO HAY LÍMITES PARA INVESTIGAR

Ni fronteras de edad, ni de experiencia. Así quedó demostrado la noche del jueves 31 de enero cuando como a pares se reconoció el trabajo de investigación de jóvenes alumnos de profesional, egresados de la modalidad de Bachillerato Internacional, y de tesis de posgrado, participantes del Primer Concurso de Investigación, en la modalidad de Bachillerato Internacional (BI) y Tesis, respectivamente, en las subcategorías de licenciatura, maestría y doctorado.

Los premios, en el caso de la modalidad de Bachillerato Internacional, fueron entregados por la licenciada Bertha Dávila de Apodaca, Vicerrectora de Enseñanza Media, y por el doctor Francisco Cantú Ortiz, Director de Investigación y Posgrado del Campus Monterrey.

Un parteaguas en la ceremonia lo constituyó el mensaje de la maestra Martha Lucía Camacho, directora de la modalidad de BI en la Preparatoria Eugenio Garza Lagüera, al destacar el elevado nivel de rigor académico-científico de los trabajos premiados toda vez que éstos previamente fueron evaluados y calificados por un comité de expertos internacionales, en su área de conocimiento. Los trabajos, además, fueron desarrollados con el soporte de dos especialistas: uno en metodología y otro en el campo específico del conocimiento del tema tratado.

La maestra Camacho puntualizó y valoró la experiencia, la seguridad que implica para un joven e incipiente investigador defender sus puntos de vista científicos, frente a

colegas de mayor edad, experiencia y *expertise*, así como la oportunidad para dar a conocer el alto nivel académico. Esto en conjunto, aseveró, constituye *persé* un estímulo para nuevas generaciones.

### Ganadores

**Ignacio Rodríguez González de Cossío.** "El paisajismo, en grupos de palomas y grupos de figuras, de Carlos Pellicer Cámara". Modalidad ganadora: Bachillerato Internacional. Área: Literatura y Ciencias Sociales. Campus: Santa Catarina.

**Nataly Mercado Cárdenas.** "Francisco Goitia: El revolucionario que militó con el pincel". Modalidad ganadora: Bachillerato Internacional. Área: Artes Visuales. Campus: Eugenio Garza Lagüera.

**Roberto Alejandro Martínez Quintanilla.** "Light Refraction in a Stratified Media". Modalidad ganadora: Bachillerato Internacional. Área: Ciencias Naturales y Tecnología. Campus: Eugenio Garza Lagüera.

**Ricardo Guzmán Díaz.** "Paul Ehrenfest y los temas cruciales en el surgimiento de la física moderna". Modalidad ganadora: Tesis de doctorado. Campus: Monterrey.

**Carlos Fernando Bustamante.** "A Hybrid Probabilistic Localization and Decisión Framework for a RoboCup Simulation 3D Agent". Modalidad ganadora: Tesis de maestría. Campus: Monterrey.

**Javier Bernarte.** "Biodiesel, análisis y evaluación de la calidad". Modalidad ganadora: Tesis de profesional. Campus: Monterrey. ♦♦♦



# Conocer para trascender

## Impulsa SNI la investigación en el Tecnológico de Monterrey

El Campus Monterrey cuenta ya con 120 profesores acreditados por el Sistema Nacional de Investigadores.

**"Un SNI es un especialista en su área de investigación que tiene un desempeño de gran impacto en la comunidad científica"**

*Dra. Lourdes Dieck*

*Dir. Escuela de Gobierno, Ciencias Sociales y Humanidades*



### ¿QUÉ ES EL SNI?

- El Sistema Nacional de Investigadores es un organismo que, desde 1984, reconoce la labor de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología.
- Su objetivo es premiar la labor de investigación en el país con un nombramiento oficial, para incrementar así la competitividad y a la vez buscar solución a los problemas nacionales.
- Además, el SNI brinda incentivos económicos a través de becas cuyo monto varía con el nivel asignado. En instituciones privadas, este estímulo es otorgado por la rectoría correspondiente.

### Distinciones

- Candidato a investigador nacional
- Investigador nivel 1
- Investigador nivel 2
- Investigador nivel 3
- Investigador nacional emérito

### Requisitos para ingresar al SNI

- Tener el grado de doctor.
- Pertenecer a alguna institución participante.
- Contar con aportaciones al conocimiento científico, tecnológico, social y cultural.
- Empezar labores de vinculación entre la investigación y el sector productivo nacional.

### ¿Quiénes pueden participar?

- Científicos y tecnólogos adscritos a las instituciones de educación superior y de investigación del sector público nacional.
- investigadores de las instituciones de educación superior y de investigación del sector privado nacional.
- Científicos y tecnólogos extranjeros con contrato vigente con al menos un año de antigüedad.
- Investigadores en estancia posdoctoral, en un lapso no mayor de 2 años después de la obtención del grado.

**Desarrollar**, optimizar, apoyar, reivindicar, construir, descubrir, son conquistas del conocimiento científico, que trascienden al investigador y benefician a la sociedad.

En este acto de conocer, el investigador ocupa un sitio! incuestionable y ejemplar. La sociedad lo reconoce y lo premia; ser un miembro del Sistema Nacional de Investigadores, SNI, es la distinción que el Gobierno otorga a quienes están constante e incesantemente tras la búsqueda de nuevo conocimiento.

Constituye un arduo esfuerzo, sí. Trabajo y concentración. Profundizar en áreas vírgenes, abrir caminos o innovar en las líneas de investigación de vanguardia. Finalmente, gestar nuevas empresas o sentar las bases para la creación de empresas de base tecnológica; patentar y posibilitar así la comercialización de nuevas ideas, productos, procesos, con la consecuente derrama económica y de desarrollo.

Ser SNI no excluye a quienes no lo son de la posibilidad de toda esta creación y reconocimiento, pero forja un compromiso que es en sí un detonante de inspiración y, a la vez, un distintivo de lo que el Tecnológico de Monterrey quiere para su entorno: una comunidad, una localidad, una nación que sustente su riqueza en el valor del conocimiento; cuyos individuos conozcan más, se inquieten intelectualmente y sin medida, y persigan la ambición por el conocer por el simple gozo interior del acto de conocer y trascender como individuos.

"Esta es su naturaleza y vocación: el ser humano quiere conocer. Por ser un ente social, se relaciona con sus congéneres y transmite esos conocimientos, para el bienestar social. Esto lo vuelve, indiscutiblemente, mejor persona pues hay un gozo interior que, desde muy dentro, se irradia y esparce a la colectividad", expresó el doctor Francisco Cantú, director de investigación y Posgrado del Campus Monterrey, ••f

## SNI EN NÚMEROS

**120**

Investigadores del Campus Monterrey están adscritos al SNI

**18**

Nuevos ingresos al SNI en 2008, de los cuales:

**10**

son de la Escuela de Ingeniería

**1**

es de la Escuela de Biotecnología y Salud

**7**

son de la Escuela de Negocios

Nivel	Escuela de Ingeniería	Escuela de Gobierno, Ciencias Sociales y Humanidades	Escuela de Biotecnología y Salud	Escuela de Negocios	Total
Candidato	11	11	2	9	33
Nivel 1	32	12	8	15	67
Nivel 2	6	7	3	2	18
Nivel 3	1	0	1	0	2
Total	50	30	14	26	120

**"Ser SNI significa tener el reconocimiento de la comunidad científica y tecnológica del país"**

*Dr. Arturo Molina*

*Vicerrector de investigación y Desarrollo Tecnológico*

### PROTEGEN EL DESARROLLO DE INVENTORES

La Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo Tecnológico se dio a la tarea de presentar dos nuevas políticas de propiedad intelectual ante profesores e investigadores del Tecnológico de Monterrey:

- 1) Política para la administración, gestión y compensación de los desarrollos de propiedad industrial, y
- 2) Política para la administración, gestión y compensación de las obras artísticas y literarias.

Las políticas de Propiedad Intelectual son el marco normativo que le permite al Tecnológico de Monterrey obtener la titularidad de las invenciones y desarrollo, además, sientan las bases para que los inventores y la Institución obtengan beneficios económicos generados a partir de la explotación de la propiedad intelectual.

"La divulgación de estas políticas y de su contenido es de vital importancia. Las presentamos con el objetivo de que conozcan y sepan los beneficios económicos que pueden recibir de ellas", señaló el doctor Arturo Molina, Vicerrector de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

#### Para más información:

Centro de Propiedad Intelectual y Transferencia de Tecnología (CEPITTE)

Dr. Carlos Téllez Martínez, Director del CEPITTE

Correo electrónico;

carlos.tellez.martinez@itesm.mx

## 20 millones de euros disponibles para investigadores

Del 19 al 22 de febrero se llevó a cabo en el Campus Monterrey el Primer Taller Internacional: Cooperación Científica y Tecnológica entre la Unión Europea, América Latina y el Caribe, con el cual la Cátedra de Investigación Estudios Europeos marca su inicio.



Todos los programas de cooperación científica y tecnológica de la Comisión Europea -como el FONCICYT o el Séptimo Programa Marco de Innovación Tecnológica (<http://cordis.europa.eu/fp7>)- se basan en el componente indispensable de la investigación científica con aplicación práctica. Sin embargo, no todos tienen que, exclusivamente, investigar; los socios pueden aportar otros valores: Un municipio puede entrar como usuario, como beneficiario de esa tecnología para la mejora de sus procesos internos o de la calidad de vida de sus ciudadanos.

**E**l Tecnológico de Monterrey tiene una excelente oportunidad para desarrollar proyectos de investigación con la Unión Europea y disponer de los 20 millones de euros del Fondo de Cooperación en Ciencia y Tecnología UE-México, FONCICYT. Dicho fondo será destinado a mexicanas y europeas que sean líderes en su ramo, afirmó el maestro Juan Manuel Revuelta, Director de la Fundación Comunidad Valenciana-Región Europa, en el Primer Taller Internacional: Cooperación Científica y Tecnológica entre la Unión Europea, América Latina y el Caribe.

El Taller, celebrado del 19 al 22 de febrero, es un esfuerzo de la Cátedra de Investigación en Estudios Europeos, liderada por la Dra. María de Lourdes Dieck Assad que así marca su inicio. El tema para esta primera edición fue decidido por el "momento privilegiado que vive México -y particularmente, el Tecnológico de Monterrey- gracias a esta subvención para la cooperación científica, la investigación, y la transferencia del conocimiento; y dada la oportunidad de contar con el fondo FONCICYT. Por otro lado la Unión Europea, en coordinación con CONACYT, "se encuentra en la etapa de distribución de los montos que se asignarán a las áreas prioritarias de investigación", afirmó el doctor Jacobo Ramírez, cotitular de la cátedra.

### SOCIO IDEAL

En el Tecnológico de Monterrey "hay capacidades reales y actitud de emprendimiento" por lo que "vemos con un enorme interés su potencial. La Institución tiene una excelente oportunidad de ser un socio ideal para comunidades europeas; por eso estoy aquí" enfatizó el experto europeo Juan Manuel Revuelta.

Por otro lado, señaló, México tiene poca experiencia participando en proyectos europeos y constituiría un valor añadido que el país pudiera contribuir en ello. Para México significaría diversificar su estrategia (actualmente con Estados Unidos):

como participar en nueva área geográfica donde pueda trabajar o tener acceso a un área de financiación, entre otras.

### ¿PARA QUÉ ESTAMOS INVESTIGANDO?

El Programa, nacido de una política pública europea, está diseñado para potenciar la innovación y desarrollo. No se está hablando de investigación pura alejada del mundo real. Su objetivo último es desarrollar la ciencia y tecnología, cuyos resultados deben tener un impacto para mejorar el medio ambiente, las energías renovables, al ciudadano, a las ciencias humanas, concluyó el maestro Juan Manuel Revuelta.

### SE IMPULSARÁ CON MÁS FUERZA LA RELACIÓN ENTRE EUROPA Y AMÉRICA LATINA

La Cátedra de Investigación en Estudios Europeos, del Tecnológico de Monterrey, busca llevar a cabo la investigación de modelos y prácticas internacionales que sean relevantes para el desarrollo social y la competitividad económica entre Europa y América Latina. Así, la celebración de este taller -iniciativa de la Dra. Dieck- tuvo como resultado:

- Redacción de propuestas de investigación de acuerdo a las políticas de la Comisión Europea (CE).
- Conocer las áreas prioritarias de investigación de la CE.
- Entablar cooperación científica con investigadores europeos.
- Saber cómo integrar un presupuesto de investigación
- Conocer estrategias de administración de fondos de la CE.

Para conocer más sobre la Cátedra ingrese a la sección de Investigación del Campus Monterrey (<http://www.mty.itesm.mx>) siguiendo la ruta: Investigación > Cátedras Monterrey > Competitividad nacional e internacionalización > Estudios Europeos. »f

*Arriba. El maestro Juan Manuel Revuelta impartió el taller internacional.*



### Buscarán la creación de un modelo social alternativo

Valores éticos, derechos humanos, democracia, inclusión social y multilateralismo, son algunos principios que tienen en común la mayor parte de los países europeos y de América Latina. Esta coincidencia o forma de ver al mundo, es lo que despertó el interés por crear esta nueva cátedra, "que tiene como objetivo la investigación de modelos y prácticas internacionales que sean relevantes para el desarrollo social y la competitividad económica entre dichos países, así como también para el diseño de políticas públicas entre las regiones", explicó la Dra. María de Lourdes Dieck Assad, titular de la cátedra.

"Nuestro interés primordial es estudiar el modelo social europeo con todas sus características y ver cómo ha evolucionado, en qué ha sido exitoso y por qué han sido exitosos, para poder extraer esos factores y ver qué implicación pueden tener para la evaluación o el diseño de políticas públicas en otros países, como el nuestro, y considerar las diferentes maneras de abordar los problemas que tenemos, no una sola visión, sino una distinta y nueva que es la europea".

Agregó que en la cátedra se busca la inclusión y cohesión entre los países que son vecinos y que tienen una asociación económica, "porque así nació la UE, pero se fue expandiendo su alcance, hasta ser ahora lo que conocemos, donde no sólo importa el tema económico, sino también el tema social y el acercamiento con los que tienen menor nivel de desarrollo en todos los aspectos, educación, tecnología, habitación, condiciones de trabajo, etc".

"Creemos que el modelo europeo no se ha analizado suficiente, no se ha entendido y no se ha tomado como una base para un modelo complementario al modelo que tenemos en América Latina", finalizó la titular. ••/•

**NOMBRE DE LA CÁTEDRA:**

Estudios Europeos

**PROFESOR TITULAR:**

Dra. María de Lourdes Dieck Assad

**PROFESOR COTITULAR:**

Dr. Jacobo Ramírez Núñez

**PROFESORES ADSCRITOS:**

Dra. Laura Zapata Cantú

Dra. Martha Eugenia Sañudo Velázquez

Dra. Florina Arredondo Traperó

Dra. Anabella Dávila

**Líneas de investigación:**

- Estrategias empresariales entre Europa y América Latina.
- Relaciones económicas y políticas entre Europa y otras regiones del mundo, ahondando en la ética.
- Modelo social europeo, características y éxito en las áreas de educación y cultura, ciencia y tecnología.



### Desarrollarán modelos éticos para las relaciones humanas

Los cambios sociales y el conflicto de valores que se viven actualmente en el mundo, nos instan a reconocer nuestra naturaleza humana y a tratar de entender cómo estamos viviendo y cómo podemos vivir mejor. Para comprenderlo y crear modelos que fortalezcan la formación y el desarrollo de competencias íntegras, éticas y con una visión humanística en las personas, surge la Cátedra de Investigación: Ética, Persona y Desarrollo Moral.

"Estamos en un momento de cambio muy fuerte, en el momento del umbral, en el que somos capaces de ver lo que hacíamos y estamos siendo capaces de ver lo que queremos hacer; es fundamental reconocer nuestra naturaleza humana, para no hacer cosas fuera de nuestro orden natural humano. El problema es que hoy por hoy no sabemos lo que es propiamente humano. Entonces, estamos muy desconcertados en muchos sentidos. Estamos literalmente aterrizados y una de las características fundamentales se manifiesta en el miedo y en el vacío", explicó el Dr. Rafael de Gasperin Gasperin, titular de la cátedra.

Agregó que en la cátedra se enfatizará la parte teórica de la Ética, ya que es indispensable para fundamentar las aplicaciones prácticas. Además se investigará sobre los conceptos claves de las distintas escuelas de pensamiento ético; "en específico nos enfocaremos a estudiar las escuelas de pensamiento basadas en el diálogo, la otredad, el personalismo y las virtudes".

"La mayoría de nuestros planteamientos teóricos van en el orden de lo que significa el asunto del poder a través del lenguaje: ¿hablamos de felicidad o de calidad de vida?, ¿de riqueza o de progreso?, ¿de familia o de formas de convivencia?, esa es nuestra discusión, ahí están las éticas que se están formando en el mundo", concluyó el Dr. Gasperin. ••f•

**NOMBRE DE LA CÁTEDRA:**

Ética, Persona y Desarrollo Moral

**PROFESOR TITULAR:**

Dr. Rafael M. de Gasperin Gasperin

**PROFESORES ADSCRITOS:**

Dra. Susana Magdalena Patino González

Dr. James Gerard Duffy (Campus Morelia)

**Líneas de investigación:**

- Persona y virtudes
- Competencias de desarrollo profesional
- Desarrollo moral y autonomía



### Optimizarán procesos de purificación

Todos los productos biotecnológicos que hay en el mercado, desde fármacos, alimentos lácteos, y hasta las bebidas fermentadas deben pasar rigurosamente por complejos procesos de diseño, producción y purificación.

De todos esos procesos el de purificación es el más difícil, y su investigación representa la parte más desatendida de la producción biotecnológica. Por tal motivo fue creada la nueva Cátedra de Investigación en Bioingeniería y Nanobiopartículas del Campus Monterrey, cuyo profesor titular es el doctor Marco Rito Palomares.

"La pureza juega un papel muy importante en los productos de base biotecnológica, sin embargo el proceso de purificación es el cuello de botella, pues es la parte menos atendida. Por eso es ahí en donde nos enfocamos principalmente", dijo el investigador con respecto al objetivo principal de esta cátedra de reciente creación.

Y ofreció un ejemplo: "En un fármaco inyectado, uno siempre busca la pureza más alta porque llega directamente al torrente sanguíneo, si no la hay pueden presentarse reacciones alérgicas y otras situaciones indeseables. Lo mismo puede pasar en el caso de una administración de vía oral como una pastilla", advirtió el especialista.

Señaló que, en este rubro, la gran interrogante es ¿cómo llegar al máximo nivel de pureza deseable?, y agregó: "Mediante una serie de protocolos que llamamos recuperación y purificación del producto. Eso es lo que pretende la cátedra: atender la parte de bioingeniería y optimizar los bioprocesos".

La finalidad de la cátedra es optimizar los procesos de purificación, pues "hay que tomar en cuenta que la mayoría de estos llegaron al mercado hace más de 20 años, y la tecnología ha evolucionado tanto que ahora nos permite hacer los procesos más eficientes y compactos". ••f•

**NOMBRE DE LA CÁTEDRA:**

Bioingeniería y Nanobiopartículas

**PROFESOR TITULAR:**

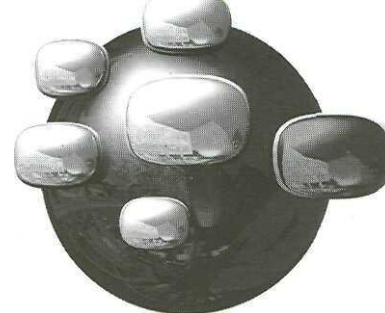
Dr. Marco Antonio Rito Palomares

**PROFESORES ADSCRITOS:**

Dra. Blanca H. Lapizco Encinas  
Dr. Jorge Alejandro Benavides Lozano

**Líneas de investigación:**

- Bioprocesos para la purificación de nano-biopartículas
- Bioseparaciones en micro-escala: dielectroforesis y electroforesis
- Tecnologías novedosas de caracterización y fraccionamiento



# OPCIÓN MÚLTIPLE

10:00 am

Canal 34 Televisa Monterrey

Canal 112 de Sky

94.9 FM Frecuencia Tec

[frecuenciatec.mty.itesm.mx/](http://frecuenciatec.mty.itesm.mx/)

Repetición:

5:30pm

Canal 2 Televisa Monterrey

Visítanos en:  
<http://opcionmultipletv.mtyitesm.mx>  
Contáctanos en:  
[opcionmultiple.mty@itesm.mx](mailto:opcionmultiple.mty@itesm.mx)



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

## Proponen investigación de nueva era; cátedra de investigación gana importante proyecto en Nanobiología



La nanobiología está rigiendo los destinos del mundo entero. Ejemplo de ello es el Programa de Investigación de la NASA que desarrolla la posibilidad de transportar medicamento a zonas específicas del cuerpo humano mediante células artificiales creadas a partir de un polímero.

México estará a la vanguardia de este campo del conocimiento gracias al nuevo proyecto *Síntesis y Modelos Constitutivos de Polímeros Biocompatibles para Dispositivos Microfluidicos*, de la Cátedra de Investigación Diseño de Máquinas Reconfigurables para Ensamblés, ganador de la convocatoria de Investigación Científica Básica 2006 de CONACYT, y cuyos fondos superan los 2 millones de pesos.

Con la colaboración de instituciones de renombre mundial, tales como la Universidad de California en Berkeley y la Universidad Estatal de Ohio, así como el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), y conducido por los profesores de la División de Ingeniería y Arquitectura, DIA, del Campus Monterrey: doctores Alex Elías, Ciro Rodríguez y Carlos Rivera, este grupo de investigadores, multidisciplinario e internacional, "tomará el liderazgo en nanobiología" respecto a los procesos de diseño, fabricación y prueba de microdispositivos que sirvan para cultivar células o desarrollo de biosensores. "En el país la nanobiología ha cobrado impulso pues hay pocos investigadores a nivel mundial trabajando sobre el tema de nanomanufactura", dijo el Dr. Elías, profesor de la Cátedra.

El Dr. Rodríguez, titular de la Cátedra, aclaró: "las técnicas tradicionales para hacer microdispositivos se basan en métodos de microelectrónica y requieren de una inversión inicial alta. Uno de los elementos que desarrollará el nuevo proyecto son tecnologías alternativas con bajo costo de inversión inicial, lo cual permitirá *prototipar* ideas, para luego lanzarlas a procesos de producción masiva".

Este enfoque también implica la síntesis de materiales nanoestructurados, los cuales se moldean directamente con un proceso de microfresado criogénico (temperaturas inferiores a los

**"¿A quién no le apasionaría ser partícipe de crear nanorobots que estén dentro del torrente sanguíneo y corrijan enfermedades? ¿O formar parte de los desarrollos de nuevos materiales que hagan realidad los elevadores espaciales? La Nanotecnología es la clave para que estas ideas de la ciencia ficción sean realidad".** Dr. Oro Rodríguez

40°C bajo cero). Estas nuevas técnicas se están desarrollando en Estados Unidos, Japón, Europa, con proyectos importantes en el campo de microfabricación".

El Dr. Mario Martínez, titular de la DIA, señaló que "el trabajo constante de investigación durante los últimos cinco años ha servido para el reconocimiento a los profesores expertos en los procesos de fabricación, cuya aportación se da en el campo de la mecánica, la manufactura y los materiales ahora inmersos en niveles de mayor precisión en la fabricación de dispositivos microfluidicos".

"Se espera que los alumnos doctorales que formen parte de este proyecto desarrollen los modelos constitutivos que van a regir el comportamiento físico de los materiales nanoestructurados, es decir, que se van a poder simular por computadora, alterando sus propiedades o modificando su diseño" enfatizó el Dr. Elías.

### ALTAMENTE REDITUABLE PARA LOS ALUMNOS PARTICIPANTES

Los alumnos participantes en este proyecto tendrán acceso a equipos únicos en las instituciones de investigación mexicanas (microdinamómetro para medición de fuerzas en microfresado), así como los laboratorios de las instituciones colaboradoras en Estados Unidos y México. También tendrán interacción con grupos de investigación líderes a nivel internacional.

"No me queda la menor duda de que las grandes economías, los grandes volúmenes de dinero, pasan por innovaciones tecnológicas que tienen que estar sustentadas por tesis doctorales y publicaciones, y eso necesita México. El asunto es si queremos ser los protagonistas de ello", concluyó el Dr. Mario Martínez. ●/●

Arriba de izquierda a derecha, El Dr. Alex Elías, el Dr. Mario Martínez y el Dr. Ciro Rodríguez.

***La paz y las regiones del mundo.***  
**Zidane Zeraoui, coordinador. Fondo Editorial de Nuevo León. ISBN 978-970-9715-35-4**

Si bien es cierto que los conflictos bélicos alrededor del mundo se han multiplicado en las últimas dos décadas, los procesos de paz también han avanzado, afirmó el doctor Zidane Zeraoui, profesor titular de la Cátedra de Investigación en Regionalización y Nuevos Actores Internacionales, del Campus Monterrey. Y para ofrecer un panorama de qué es la paz y cómo se está construyendo, el investigador presentó su nuevo libro: *La paz y las regiones del mundo*.

La publicación es una compilación de los *Diálogos*, presentados durante la Semana de Paz y Espiritualidad del Fórum Universal de las Culturas Monterrey 2007 (de la cual fue secretario técnico), y recoge la experiencia de las ocho regiones más "explosivas" del planeta, clasificadas así: Europa, Rusia, Asia, Medio Oriente, Tierra Santa, África, Centroamérica y América Latina. Sin embargo, agregó, no por ello "podemos dejar de pensar también en otras zonas del mundo castigadas por los conflictos de poder e interétnicos, por las hambrunas, los genocidios y por las enfermedades endémicas".

"La idea de esta obra es dar una visión de cómo cada región (con su propia lógica y dinámica) se enfrenta a los asuntos de la paz. No se pueden analizar todas las situaciones con la misma perspectiva ni con los mismos parámetros", indicó el compilador. Bajo esta reflexión se puede afirmar que "África atraviesa un conflicto interminable con la cuestión interétnica, presenta una tónica mucho más negativa que América Central, que tiene una perspectiva más esperanzadora y optimista porque luego de tantas décadas de guerras civiles y enfrentamientos de guerrillas violentas, se ve venir un proceso de paz. En Europa, aunque es una región desarrollada, persisten los rezagos de los conflictos en los Balcanes, como el caso de Kosovo y Serbia y, en Medio Oriente, [se sufre] por el conflicto Israel-Palestina, la invasión estadounidense en Irak y por el armamento nuclear iraní", explicó.

Señaló que el tono de los diálogos dependen de la situación de cada región y del autor; por ejemplo, Joseph Hodorra (sociólogo) habla de la migración mexicana en Estados Unidos a manera de cuestionamiento a la política de rechazo del gobierno estadounidense, mientras que su compatriota Mario Sznajder (político) impone un tono demandante al sentir que no hay pasos firmes hacia la paz.

"En particular, mi apartado en esta obra habla sobre la nueva geopolítica de Medio Oriente. Toco el tema de la nuclearización de Irán y su relación con sus vecinos. Cómo este país, en los últimos años, ha tenido una influencia mayor en toda la región, sobre todo desde la invasión a Irak".

El doctor Zeraoui expone que, en general, la nueva conciencia de los pueblos obstaculiza más los conflictos y, poco a poco, los hace cada vez más impopulares. En este sentido, concluye el experto, se puede afirmar y destacar que los procesos de paz han avanzado más por la presión de la sociedad civil que por la labor gubernamental. ●/●



***La Constitución de 1857 y el noreste mexicano.***  
**Pedro Torres Estrada y Artemio Benavides Hinojosa. Editorial Fondo Editorial de Nuevo León. ISBN 978-970-975-47-7**

La reforma del estado "se puede dar en las entidades de la federación", afirmó el Dr. Pedro Torres Estrada, profesor investigador titular de la Cátedra de Investigación Estado de Derecho, del Campus Monterrey, durante la presentación de su libro *La Constitución de 1857 y el noreste mexicano*, el 21 de febrero.

Ante un concurrido grupo de profesionales en el Derecho, congregados en el patio del Palacio de Gobierno, el Dr. Torres se declaró convencido de que "desde el ámbito local pueden impulsarse muchas de las reformas que no se dan a nivel federal", reflexión a la que llega como constitucionalista.

Así, las controversias promovidas por los municipios deberían ser resueltas en Nuevo León y no en el Distrito Federal. Actualmente, señala el investigador en su libro, para impulsar actos que invadan su competencia, los municipios y otros órganos de poder privilegian la justicia federal (en la que tienen más confianza) por sobre la local. Frente a ello, "el paso que deben dar los estados es sentirse, y tomar atribuciones como su máximo texto lo indica: tener una identidad social, cultural y política", afirmó el constitucionalista.

La Ley Reglamentaria haría factible la aplicación efectiva de una reforma a la Constitución local, aprobada en el 2004, que confirió al Tribunal Superior de Justicia, la atribución de conocer y resolver controversias y acciones de inconstitucionalidad local. La proposición estriba en que los diputados, regidores y el Procurador de Justicia tienen la facultad de promover una acción contra normas expedidas por el Congreso o Ayuntamiento, que violenten lo señalado en la Constitución local.

Otra de las vías que aborda la obra "es que ayuda a impulsar, a fortalecer lo que los alemanes llaman el 'sentimiento constitucional', que no es otra cosa que el hecho de que la ciudadanía se sienta integrada por un texto que les de un nexo con el estado y con la sociedad", aseveró el investigador.

El texto, escrito en coautoría con el Dr. Artemio Benavides Hinojosa, director del Archivo General del Estado, aporta en mucho a la historia constitucional del estado de Nuevo León ya que "no había estudios constitucionales que abordaran este tema desde el punto de vista del proceso político constituyente", agregó el titular de la cátedra y profesor de la Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, EGAP.

La obra incluye dos ensayos: el primero, a cargo del Dr. Benavides, analiza la problemática del noreste mexicano en la asamblea constituyente de 1856 y 1857. El segundo ensayo, con colaboración de la investigadora de la cátedra: Panagía Voyatzis Hernández, revisa las cinco constituciones que han tenido vigencia normativa en el estado.

El libro fue ofrecido a los asistentes con la exhortación del Dr. Benavides: "aquellos que no tienen conocimiento de su historia son extranjeros de su tierra". ●/●

# Con el viento a su favor

Diseñan estudiantes de posgrado una turbina de viento para generar energía eléctrica alterna.

**"El viento es muy justo, porque existe en todos lados. El petróleo está concentrado en Medio Oriente, pero el viento lo puedes utilizar en cualquier parte del mundo. De hecho en México tenemos muy buenos vientos porque estamos entre dos océanos".** Jorge Elizondo, MIE 2007.

**Jorge** Elizondo y Ángel Valerio, de la Maestría en Ingeniería Energética (MIE), recibieron el premio Santander a la Innovación Empresarial por realizar un proyecto innovador, viable y social.

En el concurso organizado por Universia, la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) y el banco Santander, participaron 257 proyectos procedentes de 57 instituciones educativas, entre los que se escogieron 20 finalistas que presentaron su proyecto ante un jurado especializado. Se otorgaron cinco menciones honoríficas y tres primeros lugares con premio en efectivo. Los alumnos del Tecnológico de Monterrey recibieron el primer premio, 500 mil pesos, con los que buscan impulsar la infraestructura de su empresa: *Aeroluz*.

## EL PROYECTO AEROLUZ

Surgió desde hace más de dos años ante la necesidad de proveer de energía a las zonas rurales; "pensarnos, entonces, en un producto que pudiera generar energía, localizado cerca del lugar donde se consumiría: hicimos una pequeña turbina de viento de tres metros de diámetro para satisfacer las necesidades de una casa en una zona rural", explicó Jorge.

Se creó cuando eran estudiantes de la MIE del Campus Monterrey, con las colaboraciones del Ing. Jaime Martínez y de la Incubadora de Empresas de Monterrey, INEM, (donde desarrollaron el modelo de negocios), así como el apoyo del Grupo de Energía Eólica del Tecnológico de Monterrey y del Dr. Oliver Probst, profesor del Departamento de Física.

## UN GENERADOR ELÉCTRICO INNOVADOR

Se trata de un generador eléctrico cuyo combustible es la energía mecánica del viento que produce energía igual que la que está en el tomacorriente: "se conecta a éste y, en vez de consumir electricidad, la introduce y el medidor gira al revés, se puede, ya está permitido en México y hay dos ventajas: el combustible no tiene costo y tu residuo no contamina. No hay ningún impacto ecológico negativo", comentaron los ingenieros.



"Diseñamos las aspas, la turbina, el generador eléctrico, el sistema de frenado, la torre, cómo hacer las conexiones, y vimos que hay mucho mercado, ya que mucha gente busca reducir su consumo o busca consumir sin contaminar.

"Nuestro modelo de negocios es desarrollar tecnología y seguir innovando; ya tenemos en mente otros modelos, una para zonas urbanas y otra para aplicaciones más grandes (por ejemplo grandes hectáreas de riego), y ya estamos instalando la primera turbina vendida", comentó Jorge Elizondo, recién egresado de MIE.

Explicaron cómo la turbina brinda seguridad energética, ya que el precio de la electricidad está vinculado al precio del petróleo y el gas, "como los recursos se están agotando, los precios están subiendo mucho; en cambio la turbina tiene un precio fijo, genera tu electricidad durante veinte años, si se instala en un lugar donde hay mucho viento la turbina puede extraer mucha más energía, si la zona tiene vientos más bajos, el costo es un poco más elevado".

## EL MERCADO MEXICANO

La turbina *Aeroluz Pro* está diseñada para el mercado mexicano, ya que si se compra una turbina americana o europea el costo se duplica o triplica y no ofrece el mismo rendimiento. Los jóvenes emprendedores adelantaron que actualmente trabajan en una vertiente de la misma turbina para abrevaderos de animales e invernaderos.

"Ésta es una opción, no es la única, pero creemos que sirve de ejemplo. Hay que trabajar mucho pero es posible y esperamos que más gente se sume a utilizar las fuentes alternas de energía y que le apuesten a esta nuevatecnología", concluyeron los ganadores. •••



# Empresas fomentarán la investigación

El Tecnológico de Monterrey y un colectivo empresarial forman un consorcio que impulsará el desarrollo tecnológico y beneficiará a estudiantes de posgrado.

**Para** fortalecer los posgrados en Ingeniería Energética y Sistemas de Manufactura, la Escuela de Ingeniería del Campus Monterrey y un grupo de cinco empresas firmaron un convenio que asegurará la formación de recursos humanos y permitirá diseñar productos de alto valor agregado y complejidad tecnológica.

El convenio llamado "Consortio para el fomento de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico" tiene la finalidad de realizar investigaciones que permitan generar y transferir conocimientos prácticos que estén fuertemente vinculados con las necesidades de la industria regional.

En la firma de dicho convenio, efectuada el 28 de febrero en la Sala Mayor de Rectoría, estuvieron presentes el Dr. Alberto Bustani, rector de la Zona Metropolitana de Monterrey; el Dr. David Garza, director de la Escuela de Ingeniería, el Dr. Mario Martínez, director de la División de Ingeniería y Arquitectura; y directivos de las cinco empresas involucradas: AMI GE, CERREY, PROLEC GE, Schneider Electric y Ternium.

La idea de formar este consorcio, en palabras del Dr. Mario Martínez, es "aprovechar las fortalezas del Campus Monterrey, pues lo mejor que tenemos en la Institución es el talento de los estudiantes, entonces vamos a enseñarles a todos ellos, los nuevos ingenieros, cómo ocupar la alta ingeniería y cómo diseñar nuevos productos".

"Es el momento de capitalizar el conocimiento. Las universidades han estado pasando por tres periodos: primero, el que se llama *transferencia del conocimiento*, así nacieron las universidades, se dieron cuenta de que podían crear conocimiento nuevo; segundo, *la investigación*; y tercero, *la capitalización del conocimiento*. Estamos listos para enfocarnos en este proceso, que también tendrá beneficios para las empresas, para su personal y traerá impactos económicos y sociales positivos", aseguró.

## RECLUTARÁN ESTUDIANTES DE POSGRADO

Para desarrollar proyectos de investigación, las empresas que integran el consorcio reclutarán equipos multidisciplinarios de alumnos de posgrado, los cuales serán escogidos a través de una convocatoria que lanzará el Tecnológico de Monterrey.

"Vamos a reclutar a los mejores estudiantes de ingeniería y diseño. Los alumnos que sean escogidos van a recibir una beca para que puedan cubrir sus necesidades económicas; la cobertura es total", aseguró el doctor Martínez.

Y agregó: "Ésta es una respuesta que el Tecnológico de Monterrey y cinco empresas ofrecen para crear es-



pacios de alto rendimiento, en donde los estudiantes con altas credenciales académicas y gran vocación van a tener injerencia directa y, de alguna manera, ofertas de empleabilidad justo al terminar la beca".

El ingeniero Octavio Rodríguez, director general de AMI GE, destacó la calidad de los egresados del Tecnológico de Monterrey y comentó sobre la relevancia de este acuerdo para impulsar la educación mexicana.

"Este programa atacará uno de los puntos que le hace falta a la educación, que es vincular la necesidad de la comunidad universitaria y la de las empresas. Si queremos hacer una diferencia en el país necesitamos tener gente mejor educada, con mucha confianza en sí misma y capaz de triunfar internacionalmente", comentó.

Para el Tecnológico de Monterrey representa un orgullo haber firmado el documento, así lo dijo el rector de la Zona Metropolitana de Monterrey, doctor Alberto Bustani.

"Estas empresas nos traerán un gran beneficio como institución, todas ellas ya han estado ligadas al Tecnológico desde hace mucho tiempo, y ahora que hemos hecho una sinergia con compañías líderes en su campo, estoy seguro de que tendremos grandes logros", mencionó. ●●

## EMPRESAS QUE CONFORMAN EL CONSORCIO:

- AMIGE (<http://www.amige.com>)
- CERREY ([www.cerrey.com.mx](http://www.cerrey.com.mx))
- PROLEC GE ([www.prolecge.com](http://www.prolecge.com))
- Schneider Electric ([www.schneider-electric.com.mx](http://www.schneider-electric.com.mx))
- Ternium ([www.ternium.com](http://www.ternium.com))

## MAYORES INFORMES:

Dr. Federico Viramontes

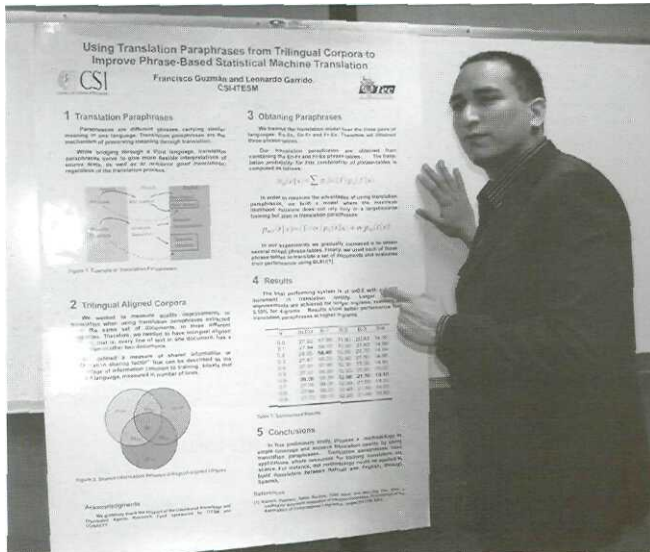
Correo: [f.viramontes@itesm.mx](mailto:f.viramontes@itesm.mx)

Dr. Osvaldo Micheloud

Correo: [osvaldo.micheloud@itesm.mx](mailto:osvaldo.micheloud@itesm.mx)

# Rompe barreras del lenguaje con fórmulas y algoritmos

Estudiante del Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicaciones desarrolla un nuevo método estadístico para la traducción de idiomas.



### GANA PRIMER LUGAR

- El pasado mes de noviembre, Francisco Guzmán elaboró un póster de investigación en el cual resumió los avances de su tesis doctoral.
- Debido a la originalidad del proyecto y a la notable presentación de los datos, su póster obtuvo el primer lugar en el MICA (Mexican International Conference on Artificial Intelligence, [www.mica.org](http://www.mica.org)), que se efectuó en Aguascalientes.
- El póster de Francisco Guzmán compitió contra otros cien pósters provenientes de México y el extranjero.

cundan esa frase se refieren a cine, entonces *Casa Blanca* se traducirá como *Casablanca*, la película", explicó.

Lo único que se necesita es tener un *corpus* bilingüe o una serie de traducciones ya hechas que sirvan como base de datos. Así, el sistema va "aprendiendo" como traducir de un idioma a otro mediante ejemplos (*corpus*), y de ahí obtiene la información. "El problema es que se requiere muchísima información disponible para poder crear un buen traductor, sobre todo para los pares de lenguajes poco comunes".

### SUPROPUESTA: USAR UN PUENTE

Los métodos estadísticos de traducción, al igual que otros, son imperfectos y siempre tienen un margen de mejora, por ello "lo que propongo es una traducción estadística que utilice información extraída de un tercer lenguaje, que sirva como puente para pasar de un idioma a otro".

"Por ejemplo, yo no tengo traducciones hechas entre español y polaco, pero tengo unas entre español e inglés y tengo otras entre inglés y polaco. Entonces este método aprende a traducir de español a inglés y, posteriormente, de inglés a polaco, creando así un método para hacer la traducción de español a polaco".

Afirmó que con esta novedosa técnica es posible traducir textos entre idiomas y dialectos de una manera que sería imposible hacerlo con los métodos estadísticos tradicionales. Por ejemplo, para traducir un texto del inglés al náhuatl se podrá utilizar el español como un *lenguaje puente*. De esta manera, el sistema aprendería primero a traducir de inglés a español, y luego de español a náhuatl, debido el gran acervo de traducciones disponibles entre cada par de lenguas.

Añadió que el objetivo no es sustituir a los traductores humanos, "simplemente queremos que esto se convierta en una herramienta óptima y productiva para el desempeño profesional, que permita a la gente alcanzar nuevas metas. Incluso puede ser una herramienta más para quienes se dedican a hacer traducciones". ♦♦♦

En nuestros días, la avalancha informativa es inmensurable y la traducción de textos es el *talón de Aquiles* para millones de personas, pues la comunicación se ve truncada ante las diferencias del lenguaje que hacen del Internet una forre *de Babel*. Ante esta problemática, el ingeniero Francisco Guzmán, estudiante del Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicaciones (DTC) del Campus Monterrey, trabaja en un nuevo método de traducción automática con la finalidad de obtener una herramienta mecánica que sirva para superar las barreras de la lengua a través de traducciones más complejas, reconocimiento de frases y traducción de expresiones idiomáticas.

"La cantidad de información que hay en la Red es impresionante y el número de lenguajes que hay en el mundo puede llegar hasta 10 mil. Es indispensable que la información sea accesible para toda la gente, por eso es importante buscar el traspaso de información sin ningún tipo de barreras de lenguaje", señaló.

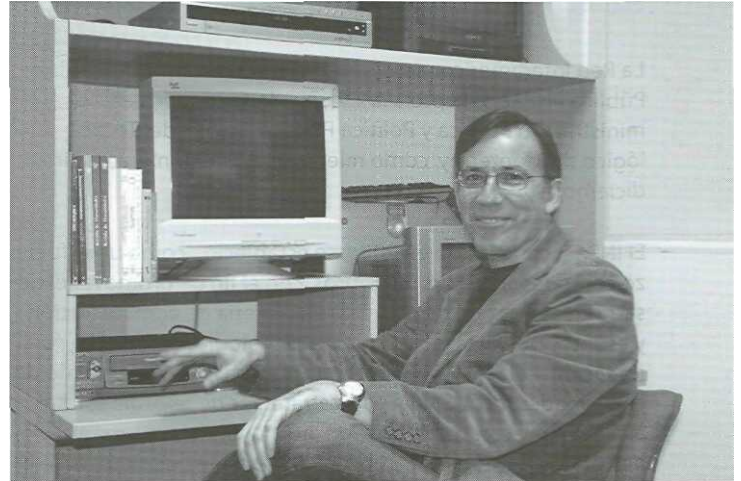
### EL MÉTODO ESTADÍSTICO

Para su tesis doctoral, Francisco Guzmán está desarrollando un método que pueda traducir textos de un lenguaje a otro con claridad y precisión; algo que, asegura, no es nuevo: "Desde los años 90 surgieron los llamados métodos estadísticos que se basan en el número de frecuencias en las que una palabra o frase ha sido traducida, de tal forma que el sistema 'aprende' a traducir correctamente un idioma mediante los ejemplos previos, y de ahí va sacando la información".

"La traducción estadística es un método que reconoce palabras o frases por el contexto en el que se ubican: por ejemplo, las palabras *Casa Blanca* se traducirán al inglés como *White House* cuando se hable de política o del presidente de Estados Unidos. Pero si las palabras que cir-

# Sobresaliente ingreso a la Academia Mexicana de Ciencias

***"Hoy en día la comunicación permea las actividades del ser humano y cada vez que el gobierno toma decisiones de hacia dónde quiere que se mueva el país (en términos de avances urbanos, educativos, de salud, etc.), si no toma en cuenta a los medios electrónicos y de comunicación, no va a tener un impacto masivo, porque [en la actualidad] es a través de estas entidades como se llega a la gente".*** José Carlos Lozano



La Academia Mexicana de Ciencias, AMC, uno de los colectivos científicos más importantes de México, integró a sus filas al Dr. José Carlos Lozano Rendón, profesor investigador del Campus Monterrey, y lo sumó a los 1967 miembros, de diferentes trayectorias y disciplinas científicas, que incluyen a nueve Premios Nobel.

"Me dio mucho orgullo ser admitido porque es un reconocimiento que muy pocos colegas de mi área tienen; sólo cuatro investigadores en el área de comunicación, en todo México, hemos sido admitidos en la Academia" señaló el especialista, también titular de la Cátedra de Investigación Medios Masivos de Comunicación en Norteamérica, y del Centro de Investigación en Información y Comunicación, CINCO.

El Dr. Lozano reflexionó que "en el futuro van a entrar más estudiosos de la comunicación que, en este momento, están publicando y participando".

Otra de las razones de que haya poca representatividad del área de comunicación, dentro de las diez secciones académicas que estructuran la AMC, posiblemente estriba en que a juicio del Dr. Lozano, "la investigación científica de la comunicación en México es reciente" y está fraccionada en "una vertiente profesionalizante más fuerte, que domina en todas las universidades mexicanas, y una vertiente de investigación que es menos clara, menos fuerte. Casi siempre el que estudia comunicación, incluso una maestría, tiene como fin ulterior desempeñarse en un ambiente laboral, no hacer investigación científica". ¿Qué significa esto? La referencia de que, en el 2000 había 33 profesores del Campus Monterrey miembros del Sistema Nacional de Investigadores, SNI, y en la actualidad son 120, "y sólo cuatro estemos en la Academia Mexicana de Ciencias, habla de que todavía hay mucho por hacer para consolidar la investigación de la comunicación en el país", enfatizó el profesor Lozano.

## ¡A VALIDAR LA COMUNICACIÓN!

Indudablemente, la comunicación está inserta en todos los ámbitos de la vida. Lo que ha faltado es lograr que los actores que toman decisiones públicas "reconozcan la importancia de abreviar en la investigación que se está generando en comunicación para entender el rol, impacto, papel, usos y utilidad de los medios de comunicación en la política, economía, sociedad, cultura, en los valores, en los estereotipos. Hoy en día la comunicación permea las actividades del ser humano y cada vez que el gobierno toma decisiones de hacia dónde quiere que se mueva el país (en términos de avances urbano, educativo, de salud, etc.), si no toma en cuenta a los medios de comunicación y a los recursos como el Internet, no va a tener un impacto masivo, porque [en la actualidad] es a través de estas entidades como se llega a la gente".

## NECESARIA ACTIVIDAD

A través de la Cátedra (alumnos y profesores de licenciatura y posgrado), "estamos tratando de entender qué nos conviene más como país, en términos de los flujos de comunicación (televisión, cine y vida) con Canadá y Estados Unidos. De la exhaustiva información que se está recabando colijo que la balanza está desequilibrada, donde Estados Unidos envía muchísimo material a Canadá y México y estos países envían muy poco. Aparentemente, en contraparte, podría suponerse que sí estamos bien porque México sí envía (para las cadenas) mucha exportación de programas de televisión para todo el mundo, pero hay que recordar que esas cadenas, aunque muy importantes y escaparate de la producción audiovisual, no le llega a los anglosajones sino a hispanos, mientras que la programación que recibimos llega a todos los niveles y esferas". Frente a este desequilibrio la propuesta del grupo liderado por el Dr. Lozano estriba en que se deje el flujo de películas norteamericanas, pero que se promueva la pluralidad en el contenido de los medios y la diversidad de origen geográfico: que nos llegue de Asia, América Latina y Europa. \*••



## EGAP es parte de red de administración pública

La Red Interamericana de Educación en Administración Pública (INPAE), aceptó a la Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública (EGAP), del Tecnológico de Monterrey, como miembro institucional, a partir diciembre de 2007.

El INPAE, constituido en 2004, se estableció "como un esfuerzo cooperativo de sus miembros, con el fin de promover el desarrollo del campo de estudios en materia de administración y asuntos públicos, desarrollo de tecnologías de gestión, formulación y ejecución de políticas públicas, fortalecimiento de capacidades institucionales y estrategias de reforma estatal, evaluación y control de gestión, que involucren a organizaciones públicas estatales y públicas no estatales, cualquiera sea su nivel jurisdiccional y país" (artículo II del Estatuto).

La Red está conformada por cuarenta y ocho prestigiadas instituciones de estudios en administración pública, entre las que "destacan la Red Nacional de Escuelas de Administración Pública de los Estados Unidos (NASPAA)", resaltó el Dr. Freddy Mariñez Navarro, director de la Cátedra de Investigación Administración Pública, Gobierno y Ciudadanos, de la EGAP, y propulsor de esta alianza.

"El ser parte del INPAE nos permite participaren diferentes actividades conjuntas con cada uno de sus miembros, en rubros tales como la docencia, la investigación y eventos entre investigadores y alumnos", agregó Mariñez.

La bienvenida al INPAE fue dada por el Dr. Bianor Cavalcanti, presidente de esta red con sede este año en Brasil y director de la *Escola Brasileira de Administracao Pública e de Empresas, Fundacao Getulio Vargas do Brasil*.

Entre los eventos a los que se tiene programado invitar a los miembros del INPAE para su colaboración se encuentra el Seminario "Políticas Públicas para el Sector Informa! en América Latina" que se llevará a cabo del 22 al 23 de mayo del 2008 -organizado de manera conjunta con *Harvard Kennedy School*-, además acaban de realizar el Foro "*National Solutions to Transborder Problems? The Challenges for Building Cross-Borders Governance Practices in Post NAFTA*", el cual fue organizado en conjunto con el *Centre International of Governance and Innovation (CIGI)* con sede en Canadá.

La inclusión al INPAE se suma a la de la Association for Public Policy Analysis and Management, APPAM (<http://www.appam.org/horne.asp>) y el Centro Latinoamericano para el Desarrollo, CLAD (<http://www.clad.org.ve>), organismos de los cuales EGAP es miembro pleno. ••f

## Acreditan doctorado de la EGAP en Posgrados de Calidad CONACYT

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) acreditó al Doctorado en Política Pública (DPP) de la Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, EGAP, del Tecnológico de Monterrey, dentro del Padrón Nacional de Posgrado de Calidad, PNPC, en su modalidad de investigación para programas de reciente creación.

"Un doctorado se acredita con base en la calidad académica del programa, la pertinencia con el entorno, los miembros del SNI con que cuenta, los doctores con credenciales acordes a lo que ofrece el DPP y la demanda propia del programa; nosotros recibimos 60 solicitudes y, finalmente, aceptamos solamente 15", mencionó el Dr. Rodríguez, director del DPP.

El DPP tiene como objetivo preparar investigadores líderes para la academia, el sector público y los organismos de la sociedad civil, capaces de conducir el análisis, diseño, implementación y evaluación de políticas públicas innovadoras en entornos cambiantes y plurales. El doctorado de la EGAP desarrolla competencias con un enfoque multidisciplinario para la construcción de una mejor sociedad y la solución de problemas públicos complejos, con un sólido sustento jurídico, económico y de administración pública.

El Dr. Bernardo González-Aréchiga, director nacional de la EGAP, expresó que "esta acreditación reconoce la fortaleza de la investigación en sus tres grandes líneas: Economía Pública, Derecho para la Política Pública y Administración Pública y Gobierno. Otros aspectos meritorios son la docencia de alta calidad, la capacidad de formar redes, de hacer consultoría y, en general, la contribución de la EGAP en distintos ámbitos. Así también, la formación de profesionales, la generación de conocimiento de vanguardia y su articulación con otros actores de la sociedad para el fortalecimiento del diseño de esas políticas públicas: ONG's, organismos gubernamentales e internacionales. Se destacó la habilidad estratégica para establecer convenios como los que mantiene con las universidades de Salamanca, la Autónoma de Barcelona (España), Harvard y Georgetown (Estados Unidos) y, próximamente, con la Fundación Getulio Vargas, de Brasil.

La acreditación también permite "consolidar el proceso de investigación, porque ofrece la oportunidad de tener estudiantes de tiempo completo que se articulen a proyectos y cátedras generando un círculo virtuoso entre la docencia y la investigación para el crecimiento del conocimiento en el Instituto", agregó el Dr. Rodríguez, y destacó las Cátedras de Investigación, Estado de Derecho: Derecho público y Derecho económico internacional; Administración pública, gobierno y ciudadanos; Política económica; Estudios de prospectiva estratégica e instituciones y Prácticas de las democracias contemporáneas, afiliadas al doctorado. ••f

# Investiga material inteligente para el tratamiento de la diabetes

Irma Yolanda Sánchez Chávez se gradúa del Doctorado en Ciencias de Ingeniería y presenta una alternativa para el suministro de insulina.

*"La responsabilidad de ajustar la dosis de insulina ya no recaería en el paciente ni en el médico, sino en un dispositivo automático [...] de manera transparente y cómoda para el paciente".*

*Dra. Irma Sánchez*

El pasado mes de febrero, la ingeniera Irma Yolanda Sánchez Chávez presentó su disertación doctoral titulada "Evaluation of Hidrogel Materials for Insulin Delivery in Closed Loop Treatment of Diabetes Mellitus", en presencia de un comité evaluador encabezado por sus supervisores, el doctor Sergio Ornar Martínez, profesor titular de la Cátedra de Investigación en BioMEMS y del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computacional del Campus Monterrey, y el doctor Nicholas Peppas, profesor de los Departamentos de Ingeniería Química e Ingeniería Biomédica de la Universidad de Texas en Austin.

En su trabajo de investigación, la egresada del Doctorado en Ciencias de Ingeniería (DCI) analizó el diseño y la aplicación de un material inteligente capaz de asumir algunas funciones del metabolismo humano; se trata de un polímero (hidrogel) que, introducido al cuerpo, puede liberar la insulina que necesitan algunas personas que presentan cuadros de *diabetes mellitus*.

"Cuando una persona padece *diabetes mellitus tipo 1*, pierde el control de sus niveles de glucosa en la sangre, pues su cuerpo deja de producir insulina, la cual es una sustancia que propicia que las células aprovechen [a glucosa como fuente de energía. Los niveles anormales de glucosa sanguínea llegan a producir complicaciones crónicas muy graves en ojos, riñones y pies del paciente. Un tratamiento adecuado con base en el suministro de insulina exógena puede ayudar a retrasar o evitar dichas complicaciones", advirtió la investigadora.

Para ello, la nueva doctora propone una alternativa diferente a la inyección de insulina y a las tabletas: "Estamos hablando de hidrogeles iónicos, materiales hidrofílicos que cambian su volumen en respuesta al pH del medio ambiente, y diseñados para reaccionar ante la concentración de glucosa en la sangre. Membranas elaboradas con este tipo de material y con cierto contenido de insulina pueden proponerse como implantes para que, justo en el momento en que se detecte un nivel de glucosa alto en la sangre, el material se expanda y libere la insulina necesaria".

"Lo que se hace", agregó, "es incorporar la enzima glucosa oxidasa en el material (hidrogel), pues ésta interacciona específicamente con la glucosa dando lugar a una reacción que



la convierte en ácido glucónico. La producción de este ácido reduce el pH del material! ante lo cual el material se expande"

"En mi tesis planteo que este hidrogel se coloque en el peritoneo, una región cercana a la ubicación del páncreas [glándula que produce la insulina]. Pero no es la única opción, se pueden analizar otras posibilidades tales como una implantación subcutánea, por ejemplo. Los modelos matemáticos desarrollados también en mi tesis permiten evaluar la efectividad de hidrogeles como implantes para el tratamiento de *diabetes mellitus*".

## TECNOLOGÍA DE VANGUARDIA

La doctora comentó que los hidrogeles se investigan actualmente como medios para la liberación de distintos medicamentos, incluida la insulina. Sin embargo, su tesis tiene una propuesta innovadora: "Este tipo de materiales se han estudiado para el suministro oral de insulina pero en lazo abierto, es decir, sin incorporar la sensibilidad a la concentración de glucosa. En mi disertación, se propone la liberación controlada o en lazo cerrado de insulina. Mientras más alta sea la concentración de glucosa en el medio fisiológico, menor será el pH en el microambiente del hidrogel, y mayor será la expansión del mismo, facilitando la liberación de la insulina. Si el nivel de glucosa disminuye, aumenta el pH del material y éste se contrae impidiendo o dificultando la salida de insulina. Una vez implantado, el polímero podrá desempeñarse como un sistema autónomo".

## INVITADO ESPECIAL

La visita del doctor Nicholas Peppas al Campus Monterrey obedeció a un solo motivo: atestiguar la presentación del trabajo de tesis de la egresada del DCI, Irma Yolanda Sánchez Chávez. El Dr. Peppas es un reconocido profesor de ingeniería biomédica, química y farmacéutica en la Universidad de Texas en Austin. ♦♦♦

Arriba; De izquierda a derecho. Dr. Nicholas Peppas, Dra. Irma Sánchez y Dr. Sergio Martínez.

# Desarrolla microsistema para analizar tejidos biológicos

Con este dispositivo se pretende hacer un diagnóstico médico en tiempo real y reemplazar las biopsias tradicionales por "biopsias ópticas".

**"Una de las tendencias de estos microsistemas de tomografía óptica es poder hacer el análisis in vivo del tejido, sin biopsia, sin tener que sacar la muestra para analizarla".**

*Ing. Sergio Camacho*

Las tecnologías de miniaturización y de información están revolucionando las ciencias médicas. Como ejemplo de ello está el trabajo de investigación que realiza Sergio Camacho León, estudiante del Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicaciones (DTC), el cual consiste en desarrollar microdispositivos capaces de manipular la luz para obtener información del tejido humano en forma de imágenes tomográficas, y así detectar enfermedades como el cáncer.

"Mi trabajo de tesis doctoral consiste en desarrollar instrumentos biomédicos de diagnóstico que permitan analizar, con mayor precisión y rapidez que los instrumentos actuales, la estructura interna de los tejidos biológicos utilizando para ello las propiedades coherentes de la luz. Específicamente estoy dedicado al diseño, fabricación y prueba de microescáneres optoelectromecánicos de alta velocidad para su aplicación en sistemas endoscópicos de tomografía óptica", indicó el ingeniero Camacho, quien es miembro de la Cátedra de Investigación en BioMEMS del Campus Monterrey.

Explicó: "Debido a que actualmente es posible fabricar estos dispositivos con dimensiones en el orden de las decenas de micrómetros<sup>1</sup>, integrarlos a los catéteres y endoscopios actuales resulta relativamente fácil. De esta manera podemos obtener información de los tejidos *in vivo* y en tiempo real. Hecho que, a diferencia de las biopsias tradicionales, nos permite realizar inspecciones no destructivas de la muestra en cuestión de milisegundos".

## PRIMERA FASE: DISEÑO DEL CHIP

La primera fase del trabajo está completa; el diseño del chip que contiene los microescáneres está terminado. El siguiente paso es la fabricación del mismo y, para ello, Sergio Camacho partió recientemente a la Universidad de Carnegie Mellon, en Pittsburgh, Estados Unidos, en donde pasará un año trabajando en las instalaciones de microfabricación de dicha universidad.

"La fase de fabricación se realizará en Carnegie Mellon gracias al convenio que existe entre esta universidad y el Tecnológico de Monterrey. Nuestro esquema de trabajo es el siguiente: La concepción de los dispositivos y algunas validaciones prelimi-

<sup>1</sup> Un micrómetro equivale a una millonésima parte de un metro.



nares por simulación se realizaron en el Laboratorio de Diseño de Microelectrónica y Microsistemas del Campus Monterrey. Típicamente enviamos estos diseños a instituciones especializadas en procesos de microfabricación para posteriormente recibirlos y caracterizarlos aquí mismo. En esta ocasión estoy muy motivado porque tendré la oportunidad de involucrarme directamente en la fabricación de mi diseño", aseguró.

## FUNCIONAMIENTO DEL MICROSISTEMA

El microsistema permitirá ubicar un haz de luz en lugares específicos dentro del tejido biológico y después, por procesamiento optoelectrónico, interpretará la señal reflejada; es decir, determinará cómo está estratificado el tejido biológico en función de sus propiedades ópticas y determinará cuáles zonas reflejan más y menos luz.

"Con base en toda esta información, se puede reconstruir un mapa tridimensional del tejido biológico, de gran utilidad para los médicos, con el cual ellos puedan diagnosticar tempranamente enfermedades como el cáncer. Por otra parte, si las imágenes están llegando muy rápidas, pueden servir como una retroalimentación durante una cirugía en proceso, es decir, conforme el médico va operando puede ir viendo el tejido y diagnosticando sin tener que llegar a un procedimiento de biopsia".

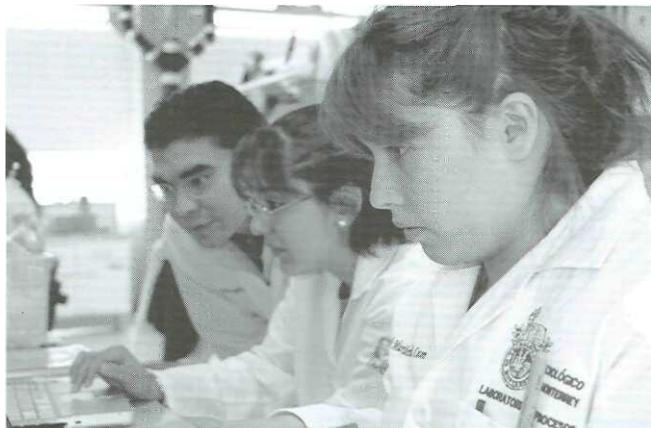
## SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, diversos grupos de investigación alrededor del mundo se dedican a mejorar el desempeño de estos sistemas de diagnóstico desde perspectivas diferentes, pero "para que esta tecnología se posicione exitosamente como una nueva modalidad de diagnóstico biomédico es necesario aún resolver algunas limitaciones". Sin embargo, el objetivo fundamental de todas estas líneas de investigación es el mismo: generar imágenes tomográficas con alta resolución, casi de manera instantánea y sin tener que remover el tejido biológico de su ubicación original dentro del cuerpo humano. ••f•

Página electrónica: <http://memslab.mty.itesm.mx>

Correo electrónico: A00771013@itesm.mx

# Intensificarán conocimientos científicos en el extranjero



## ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa está estructurado en 4 talleres y 4 estancias de investigación:

**Talleres:** orientados a desarrollar las habilidades básicas para ser un investigador e innovador tecnológico. (Cada taller es de 4 unidades, adicionales al plan de carrera)

**Estancias de investigación:** (Cada estancia es de 8 unidades)

- » El alumno desarrollará al menos una investigación en un centro o cátedra de investigación que deberá de culminar con la presentación de los resultados en forma de un artículo sometido para su publicación o la ponencia del trabajo en algún congreso relevante.
- » La seriación y número de estancias dependerá de la investigación, hasta un máximo de 6.
- » Las estancias podrán realizarse en empresas nacionales y/o internacionales con el apoyo de un profesor en el Campus Monterrey como mentor del alumno.



Sincronizar el estudio de una carrera universitaria con la adquisición de habilidades para la investigación y la ciencia, es la promesa de la Modalidad de Investigación e Innovación que, para este verano de 2008, se refuerza con la selección de un grupo de estudiantes seleccionados para realizar una estancia de verano en la Universidad de Texas en Dallas, como parte del convenio que dicho programa mantiene con universidades extranjeras.

El objetivo es que los estudiantes desarrollen, durante esas semanas de trabajo, las habilidades para identificar problemas, analizar causas, proponer soluciones y evaluar resultados a través del método científico, de forma creativa e innovadora, así lo afirmó el Dr. Rubén Morales, director asociado de investigación de la Dirección de Investigación y Posgrado, y coordinador de dicha opción educativa, con la cual los alumnos de las carreras profesionales tienen la posibilidad, antes de graduarse, de afinar sus competencias de investigación científica

"El principal beneficio para el alumno es el de poder plantear y resolver un problema de investigación aplicada, de forma individual y con mucha aplicación y técnica; este proceso se traduce en habilidades y conocimientos diferenciados para tener mejores opciones de empleo", afirmó el Dr. Ciro Rodríguez, profesor investigador de la Cátedra de Investigación Máquinas Inteligentes.

Así lo corroboró Edgar Francisco Ríos Otero, estudiante de la maestría en Sistemas de Manufactura para quien esta opción ha significado la obtención de "muchas satisfacciones, como el conocimiento académico, el hecho de sentar bases y poder decir que, antes de graduarme de profesional, yo ya podía escribir un artículo científico. Todo esto es como una carta de recomendación propia, o sea, no es que alguien te está recomendando; tú te recomiendas solo", expresó.

Por su parte, Carmina Angélica Pérez Romero, estudiante de la carrera de Biotecnología, señaló: "A mí me gusta mucho investigar, siento que es una fuente de conocimiento infinita, nunca acabas de hacerlo, por lo general sales del laboratorio con más preguntas que respuestas, y eso es lo que me emociona: aprender y descubrir".

"Gracias a la Modalidad de Investigación yo pude entrar a hacer trabajos científicos al laboratorio desde los primeros semestres de mi carrera, porque de otra forma no hubiera podido. Además, no sabía qué tan diferente podía ser la investigación en el extranjero hasta que realicé mi estancia fuera de México", agregó. •••

Para mayores informes, consultar: <http://mii.mty.itesm.mx>

PRIMER LUGAR EN EL CONCURSO DE TESIS DE DOCTORADO,  
EN EL 38° CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Área: Historia y Filosofía de la Ciencia

Paul Ehrenfest y los temas cruciales en el surgimiento  
de la física moderna (1904-1924)

Paul Ehrenfest and the Crucial Themes in the Génesis of Modern Physics (1904-1924)

por Ricardo Guzmán Díaz

RESUMEN

Paul Ehrenfest fue un físico teórico de principios del siglo XX a quien encontramos justo en la confluencia de las ideas que definirían la nueva física. Un análisis del papel que le tocó jugar en esos momentos de crisis nos aporta nuevas claves en la comprensión de las fuerzas que configuraron la física moderna.

**Palabras claves:** Paul Ehrenfest, física moderna, éter, mecánica estadística, hipótesis cuántica.

ABSTRACT

Paul Ehrenfest was a theoretical physicist of the early twentieth century who is found just at the confluence of the ideas that would define the new physics. An analysis of the role he played in those moments of crisis gives us new insights to understand the forces that shaped modern physics.

**Palabras claves:** Paul Ehrenfest, modern physics, ether, statistical mechanics, quantum hypothesis.

INTRODUCCIÓN

Las nuevas formas de abordar los estudios históricos de la ciencia, van mucho más allá de una mera crónica, y la convierten en una empresa de naturaleza explicativa, donde un sinfín de perspectivas o dimensiones diversas (social, cultural, psicológica, personal, filosófica, etc.) pueden dar luz para comprender los desarrollos científicos. Esto resulta especialmente cierto en los estudios históricos que nos cuentan la transición de la física desde sus formas clásicas (conformadas fundamentalmente en el siglo XIX) a su forma moderna que se configuró a principios del siglo XX. Acercarnos a un personaje multifacético como Paul Ehrenfest (1880-1933), que no aparece de manera relumbrante en los estudios de la ciencia previamente contadas, nos ofrece aproximaciones interesantes al tema del surgimiento de la física moderna desde varias de esas dimensiones.

El objetivo de esta investigación fue el de hacer una reconstrucción parcial de la manera en que Paul Ehrenfest recogió las nuevas ideas que iban surgiendo en la física, la forma en que las aceptaba o rechazaba y la manera en que él mismo señalaba y criticaba el rumbo que iba tomando la física a la vez que ofrecía sus propias aportaciones al debate científico. Como parte de esta investigación se destacan, entre otras cosas, el carácter de aventura intelectual y fuerza civilizadora de la física, el carácter conflictivo

y contingente del desarrollo científico y particularmente el talante filosófico de que estaban dotados los físicos de esa época.

PAUL EHRENFEST Y LOS TEMAS  
CRUCIALES DE LA FÍSICA

Paul Ehrenfest es probablemente la mejor personificación del drama que tuvo lugar en la física a principios del siglo XX. Con él, nos topamos con un personaje singular, un gran maestro, un crítico de su disciplina y sobre todo de sí mismo y cuya vida estuvo inextricablemente ligada a los temas cruciales de la física de principios del siglo XX.<sup>1</sup>

Los temas cruciales a los que nos referimos tienen que ver con las tensiones existentes en la tarea de explicación del mundo físico, con la manera en que surge de ahí la necesidad de nuevas concepciones y la forma en que se construyen puentes para entrar a un nuevo reino de entendimiento. El paradigma clásico dominante en el siglo XIX era la **mecánica**, que en buena medida funcionaba como medio de inteligibilidad de los fenómenos dándoles una visualización espacio-temporal. El escenario que presenta ese paradigma clásico, sería dicho espacio-tiempo absoluto en el que las partículas materiales interactúan de acuerdo con ciertas leyes que es posible ir desvelando y con las cuales podemos predecir el movimiento de dichas partículas; en suma, un mundo determinístico y continuo. Adicionalmente al pensamiento mecánico podemos identi-

ficar dos líneas de pensamiento que habían resultado muy exitosas en el siglo XIX. Por un lado encontramos el **electromagnetismo**, que bajo el concepto de teoría de campos se refiere a estos últimos como entidades independientes de la materia, y que disputa con la mecánica la posibilidad de reducción última de explicación física del Universo: ¿es la radiación una forma de vibración mecánica de un éter que lo llena todo o tiene una existencia independiente? Por otro lado encontramos la **termodinámica**, como ciencia del calor, como paradigma de explicación más fenomenológica, aplicables sólo a variables macroscópicas (presión, volumen, temperatura - de un gas por ejemplo), pero entrando en contacto con la mecánica a través de la mecánica estadística como forma de explicación de las variables termodinámicas en términos del comportamiento promedio de las partículas de un sistema. Las contradicciones y paradojas surgidas en el juego entre estas dos últimas concepciones, al aplicarlas a ciertos fenómenos, como el caso de la radiación del cuerpo negro, dieron lugar a nuevos paradigmas y a la construcción de puentes conceptuales para lograr su asimilación.

Un tema central en la física del siglo XIX había sido el del éter, concepción que aparece de manera natural en la relación entre las concepciones mecánica y electromagnética de la naturaleza. En una parte de la investigación que aquí se resume, se analizan algunos de los aspectos en torno a la hipótesis del éter, su historia y la crisis en que se encontraba, haciéndolo desde la perspectiva de Paul Ehrenfest, con base en su conferencia inaugural de 1912, al asumir el puesto de profesor de física teórica en la Universidad de Leiden en sucesión de Hendrik Lorentz (1853-1928) y en un artículo del mismo autor<sup>2</sup> donde critica algunos de los puntos de vista de Einstein. En la búsqueda por dar una salida a dicha crisis, la lectura que Ehrenfest hace del tema se pueden recorrer algunas de las ideas de Lorentz, Walter Ritz



(1878-1909), Albert Einstein (1879-1955) y otros científicos en un momento histórico de cambios conceptuales que transformarían la imagen que tenemos del mundo.

La mecánica estadística, disciplina científica que empezó a desarrollarse a mediados del siglo XIX, es otra de los temas cruciales y presenta dos aspectos que la hacen susceptible de discusiones de carácter filosófico y epistemológico: el uso que hace de la hipótesis atómica y la introducción de nociones probabilísticas. En esta investigación se hace una revisión de sus orígenes y sus problemáticas con base en los escritos de Paul y Tatiana Ehrenfest (su esposa). Hay tres momentos claves: la visión que Paul Ehrenfest tenía de su maestro Ludwig Boltzmann (1844-1906), expuesta en un obituario escrito en 1906, dos artículos escritos por Paul y Tatiana en 1906 y 1907 donde abordan de una manera penetrante algunas de las incongruencias que presentaba en ese momento la mecánica estadística, y finalmente, un artículo escrito por encargo y que apareció en 1911, en el que presentan el desarrollo de la disciplina, el estado que presentaba en ese momento y las preguntas que faltaba por responder en torno a ella.<sup>2</sup> En esos trabajos, Paul y Tatiana abordan esta materia desde una perspectiva crítica, indicando paradojas y clarificando conceptos, dejando así una huella importante para posteriores investigadores de esa disciplina.

Otra parte de la investigación hace referencia al drama cuántico que surge de la convergencia de diferentes ideas en torno a los paradigmas de explicación física mencionados anteriormente. Por un lado encontramos la búsqueda de Max Planck (1858-1947) para esclarecer el concepto de entropía, basándose en la electrodinámica de Maxwell, y por otro la insatisfacción que sentía Einstein en su ideal de visión unificada de la física, al tener que considerar por un lado la existencia de partículas materiales discretas y de un campo continuo por el otro. La crítica y la aportación de Paul Ehrenfest sobre este tema, del cual se ocupó, a diferencia de otros físicos, desde un principio, es un recurso muy valioso para el estudio de los orígenes de la teoría cuántica. En sus escritos sobre el tema, Ehrenfest se ocupa de dilucidar la validez de las analogías y metodologías utilizadas y se preocupa por el carácter de las hipótesis, supuestos y condiciones utilizadas, dándole a sus reflexiones un carácter de interés epistemológico.

La asimilación y maduración de nuevas ideas y conceptos en el campo de la física requirió del establecimiento de vínculos con sus antecesoras antes de poder desprenderse de ellas y formar una nueva estructura totalizadora de comprensión en el campo de estudio de esta disciplina. En una última fase de la investigación estudiamos la forma en que Ehrenfest con su principio adiabático,<sup>2</sup> y Bohr con su principio de correspondencia, tendieron estos puentes entre la visión mecanicista y electromagnética clásica y las nuevas teorías, en un esfuerzo por reconciliar el Viejo Mundo con el Nuevo, en lugar de abocarse simplemente a la mera explotación de una nueva herramienta.

### CONCLUSIONES

Las primeras décadas del siglo XX fueron el escenario de cambios revolucionarios en la física. Los pilares sobre los cuales se asentaba dicha disciplina, que con tanto éxito se había venido construyendo en el siglo XIX, identificables como los paradigmas mecánico, electromagnético y termodinámico, se vieron en una encrucijada ante la presencia de nuevos fenómenos que no podían ser explicados dentro de esos marcos conceptuales. El presente trabajo aporta elementos de comprensión de esos momentos de crisis de la física bajo dos perspectivas: la vida y la obra de Paul Ehrenfest, y un análisis multidimensional en la caracterización de dicha disciplina. Paul Ehrenfest fue un científico localizado en el foco de poderosas tensiones que dieron lugar al surgimiento de la física moderna y jugó un papel esencial en la crítica de su propia disciplina.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Klein, M.J. (1985). *Paul Ehrenfest: The making of a theoretical physicist*. Amsterdam: North-Holland Physics Publishing.

[2] Ehrenfest, P. (1959). *Collected Scientific Papers*. M.J. Klein, editor. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.



Ricardo Guzmán Díaz obtuvo el título de doctor en Estudios Humanísticos con especialidad en Ciencia y Cultura del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, en diciembre del 2007. Imparte los cursos de "Circuitos Eléctricos", "Historia de la Ciencia" y "Ciencia, Tecnología y Sociedad" del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computacional. Participa en la cátedra de investigación "Ciencia y cultura: estudios sobre la valoración de la ciencia y la tecnología desde la historia, la filosofía y la relación con la sociedad". Correo electrónico: rguzman@itesm.mx

Datos del asesor de la tesis:

Dr. José Antonio Cervera Jiménez

Correo electrónico: j.a.cervera@itesm.mx

PRIMER LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR INVESTIGACIÓN

**Área: Ingeniería Civil****Sistemas constructivos a base de morteros de anhidrita**

por Delma Very Aimada Navarro

**RESUMEN**

En México, como en otros países en vías de desarrollo, el crecimiento poblacional y el bajo ingreso de la mayor parte de la población, además del rezago habitacional, requiere buscar materiales alternos económicos y de calidad que puedan ser utilizados en la construcción. La anhidrita representa uno de estos materiales.

La anhidrita sintética es un sulfato de calcio anhidro obtenido como producto secundario en la producción de ácido fluorhídrico, la cual se extrae del horno y se neutraliza con cal para luego ser triturada, almacenada y distribuida. Sin embargo, cuando no es utilizada se almacena a la intemperie y causa impacto ecológico por volumen ya que representa un desecho industrial.

El Tecnológico de Monterrey ha desarrollado diversos proyectos de investigación en sistemas de vivienda continuos, usando morteros a base de anhidrita. La anhidrita puede ser utilizada como un cementante económico, alternativo en la elaboración de mezclas de concreto. Este artículo presenta la caracterización del mortero de anhidrita, y algunos de los sistemas constructivos desarrollados en la Institución que emplean este material.

**Palabras clave:** anhidrita, materiales reciclados, materiales de construcción, vivienda.

**ABSTRACT**

In México as well as other developing countries, population growth and low income, together with lack of housing, require searching for alternative economic materials that can be used in the house construction industry. The anhydrite represents one of these materials. The synthetic anhydrite or anhydrous calcium sulfate is obtained as sub product in the hydrofluoric acid production. In order to be used as a construction material, anhydrite has to be neutralized with lime, crushed and stored. Nevertheless, when it is not used it is stored outdoors causing ecological impact. The Tecnológico de Monterrey has developed applications of continuous housing systems using mortars made with anhydrite. The anhydrite can be used as economic, alternative cement in the elaboration of concrete mixtures. This article presents the characterization of the Anhydrite mortar, and some of the constructive systems developed using the mentioned material.

**Key words:** recycled materials, anhydrite, construction materials, housing

**1. INTRODUCCIÓN**

Anualmente en nuestro planeta se generan millones de toneladas de subproductos que contaminan el medio ambiente. Estos residuos impactan ya sea por su contenido contaminante o por su concentración en los lugares de su disposición. Algunos de estos materiales pueden ser re-usados mediante adecuaciones en su contenido o a través de procesos de neutralización verificando que cumplan con la normativa correspondiente, como la prueba de CRETI, la cual busca evaluar si un material es corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico y/o inflamable. Un subproducto que cumple con estas características es la anhidrita. Esta se puede encontrar en forma natural en yacimientos o en forma artificial como subproducto de procesos químicos.

La anhidrita sintética ( $\text{CaSO}_4$ ) es un sulfato de calcio anhidro obtenido como producto secundario en la producción de ácido fluorhídrico al combinar ácido sulfúrico y fluorita.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaF}_2 = 2\text{HF} + \text{CaSO}_4$ . Las características cementantes de la anhidrita le permiten ser usada en la fabricación de morteros estructurales. La producción de anhidrita en México es derivada de plantas fabricantes de ácido fluorhídrico que generan del orden de 2000 ton/día, aproximadamente el 10% de la producción mundial.

El Tecnológico de Monterrey ha desarrollado diversos proyectos de investigación en sistemas constructivos para vivienda, los cuales se construyen usando la técnica de ferrocemento con morteros a base de anhidrita. Las evaluaciones experimentales y analíticas de los sistemas constructivos Tecnocasa, Pretecasay Tecnovivienda bajo cargas de gravedad, viento y sismo, han permitido la optimización del material y del proceso constructivo. El sistema Tecnovivienda ha sido implementado en proceso de autoconstrucción y en construcción en serie tanto en sistema de vivienda social como en infraestructura escolar.

**2. MORTEROS DE ANHIDRITA**

La Institución, a través del Centro de Diseño y Construcción (CDC), ha desarrollado investigación en el uso de materiales alternos para ser utilizados, a su vez, en sistemas constructivos [Aimada D. et al, 2005]. La caracterización de la anhidrita incluye la determinación de las propiedades físicas y mecánicas tales como el peso volumétrico seco, porcentaje de absorción, conductividad térmica, resistencia máxima a la compresión, revenimiento, módulo de ruptura y módulo elástico entre otros. La anhidrita utilizada en los sistemas constructivos con base en la técnica de ferrocemento, tiene una resistencia mínima a la compresión de  $150 \text{ kg/cm}^2$  y un peso volumétrico normal de  $1350 \text{ kg/m}^3$ ,

**3. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

Los sistemas constructivos desarrollados han combinado las ventajas estructurales de un continuo con la geometría de una vivienda tradicional, teniendo en cuenta diseños capaces de resistir cargas gravitacionales, de viento y sismo, especificadas por reglamentos nacionales. La facilidad en la construcción de estos sistemas ha permitido que se hayan utilizado en procesos de autoconstrucción. A continuación se presenta la Tecnocasa y la Tecnovivienda como dos de los sistemas desarrollados en la Institución, los cuales se encuentran en proceso de patente y con licenciamiento a empresas constructoras y organizaciones no gubernamentales. La aplicación de éstos sistemas puede extenderse a estructuras de diversa índole como lo son vivienda rural y urbana, cabañas para ecoturismo, escuelas rurales, bibliotecas, clínicas de campo etc.

El sistema Tecnocasa es una estructura continua con sección transversal semejante a una semielipse montada en dos muros rectos. El sistema consta de una serie de paneles prefabricados, los cuales se ensamblan y mediante tornillos de grado se unen para formar la estructura (Figura 1).

La prefabricación de paneles ha permitido crear un sistema de rápida construcción, flexible y modular [Yeomans F. et al, 2006].

El peso de la vivienda con el sistema Tecnocasa llega a ser hasta la mitad del correspondiente al de la vivienda construida con un sistema tradicional, mejorando esto su comportamiento bajo fuerzas sísmicas y transmitiendo menor presión al suelo que la soporta.



Figura 1. Escuela construida mediante el sistema Tecnocasa.

En la búsqueda por reducir la cantidad de refuerzo usado, así como la mano de obra necesaria para el rolado y soldado de los paneles, se desarrolló la Tecnovivienda, similar en geometría a la Tecnocasa pero a diferencia de esta, se fabrica usando un molde reusable de geometría semicircular especial. Esta característica distintiva permite que el sistema pueda ser usado en procesos de autoconstrucción guiada pues, con el molde reusable de geometría predefinida, se asegura un mismo producto.

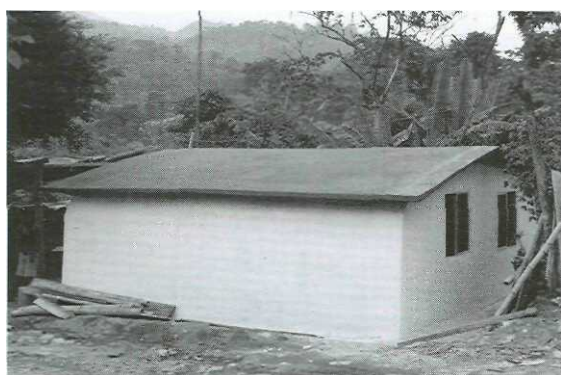


Figura 2. Tecnovivienda desarrollada mediante el proceso de autoconstrucción.

#### 4. CONCLUSIONES

Los sistemas constructivos desarrollados permiten la utilización de morteros alternos como son el mortero a base de anhidrita, y le confieren uso a un subproducto.

Los sistemas Tecnocasa y Tecnovivienda poseen ventajas sobre sistemas tradicionales en la rapidez de construcción, debido a la disminución de mano de obra especializada en el proceso constructivo. En confort térmico, debido & la altura de los sistemas y a la utilización de un mortero ligero. Adicionalmente, debido a su geometría y continuidad, tienen un mejor comportamiento bajo cargas sísmicas y eólicas.

La aceptación de los sistemas ha permitido su implementación en comunidades rurales y urbanas como viviendas emergentes y como infraestructura escolar por medio de los sistemas de autoconstrucción y/o sistemas semi-industrializados.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue desarrollada en el Laboratorio de Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil, con el apoyo del CDC. Este proyecto fue patrocinado por el Tecnológico de Monterrey vía programa CAT-003. a través de la Cátedra de Investigación "Desarrollo e Innovación de Procesos y Tecnologías de Vivienda", así como por CONACYT/CONAVI (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Consejo Nacional de Vivienda).

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

Yeomans Reyna, Francisco Santiago; Almada Navarro, Delma Very; Nungaray Pérez, Carlos Enrique; Justiniano Pardo, Denisse Grisel (2006). *Light Mortar Alternative Construction System For Low Income Housing*. 10°. East Asia Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. Internacional. Tailandia.

Almada Navarro, Delma Very; Yeomans Reyna, Francisco Santiago; Reynoso Miranda, Ricardo; Dávila Barrientes, Daniel. (2005). *Aplicaciones de la Anhidrita en la Construcción*. Third LACCEI

International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Internacional. Colombia.

Delma V. Almada Navarro obtuvo los títulos de Ingeniera Civil, por la Universidad de Sonora y la Maestría en Ingeniería con especialidad en ingeniería estructural, por el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey (1985) y la maestría en Ciencias, con especialidad en Ingeniería Civil por la Universidad Estatal de Iowa (1993).

Es profesora asociada del Departamento de Ingeniería Civil e investigadora del Centro de Diseño y Construcción y de la Cátedra de Investigación Desarrollo e Innovación de Procesos y Tecnologías de Vivienda, de la Institución.

Correo electrónico: dalmada@itesm.mx

Almada Navarro, Delma Very; Yeomans Reyna, Francisco Santiago. (2005). *Anhydrite Uses in México*. 13°. International Conference of Women Engineers and Scientists. Internacional. Corea del Sur.

## SEGUNDO LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR INVESTIGACIÓN

## Área: Tecnologías de información

## Determinación de localización en zonas de baja densidad poblacional

## Position Location Scheme for Low Coverage Areas

por David Muñoz Rodríguez, José Ramón Rodríguez Cruz, César Vargas Rosales y Lluvia Gabriela Suárez Robles

## RESUMEN

Los servicios basados en localización han despertado cierto interés y han llegado a ser vistos como una excelente forma de dar un valor agregado para los proveedores de las redes de comunicaciones, como las compañías de comunicación celular, al dar a los usuarios móviles servicios de diferente índole y de un alto grado de interés para satisfacer las necesidades hasta de los usuarios más exigentes con contenidos muy variados.

**Palabras claves:** localización híbrida, técnicas de localización,

## ABSTRACT

A network-based hybrid location scheme is proposed for the localization of mobile users at outskirts of coverage areas. Since in the case of low subscriber density areas, the number of base stations is reduced, difference time of arrival (DTOA) and angle of arrival (AOA) measurements are combined to allow acquisition of mobile location using only one BS and one LMU as fixed land references. The feasibility of the proposed methodology, based on maximum likelihood estimation, is examined analytically and via simulation for a variety of propagation scenarios. Results show that the proposed methodology can be applied for a wide range of cell sizes and noise environments.

**Key words:** Hybrid TDOA/ADA, ML, Position Location.

Los principales servicios en el mercado y a los que se les ha puesto un elevado grado de interés podrían ser aquellos clasificados como "Seguridad". Esto es visto claramente en Estados Unidos (EE.UU.), donde la Federal Communications Commission, FCC, ha aumentado las exigencias en la exactitud de la localización de los usuarios móviles para poder ser localizados con la simple acción de marcar al 911, el número de emergencia nacional. Este proyecto denominado E-911, busca elevar la seguridad y los niveles de rapidez en la atención de emergencias que los ciudadanos reporten a este número marcado desde sus terminales móviles o celulares y que las autoridades sepan dónde llaman las personas afectadas, con alta exactitud, sin tener que inquirir sobre esto. Es importante acotar que un fenómeno parecido se está dando en la Unión Europea, donde están buscando homologar el número de emergencia, el 112, en todos los estados miembros de la Unión, con requerimientos muy parecidos a los existentes en EE.UU., creando lo que denominan el E-112. Lo que es más, no solo el E-911 o el E-112 son los servicios de seguridad que podemos encontrar disponibles en el mercado, podemos también tener servicios de monitoreo o movimiento de personas en caso de contingencia, así como de equipos de atención de emergencias como policías o bomberos para determinar su posicionamiento, encontrar a personas extraviadas, detectar la intrusión de personas no autorizadas a instalaciones restringidas y hasta notificaciones de alarma en caso de que existan contingencias como incendios y otras aplicaciones.

La mayoría de los sistemas de localización en sistemas celulares recurren a algoritmos de triangulación donde, en condiciones ideales, el conocimiento de la distancia de un móvil a 3 puntos de referencia permitiría el conocimiento de la localización. En la práctica, las mediciones y las modi-

ficaciones son ruidosas, lo que introduce incertidumbre o error en el proceso de localización.

En todos los casos se siguen requiriendo de tres estaciones base en el ambiente rural y en el ambiente suburbano; la baja densidad de usuarios hace poco atractivo la instalación de estaciones base lo que impide que se pueda llevar a cabo procesos de triangulación.

En este trabajo se propone un esquema de localización híbrida que incorpora mediciones como diferencias de distancias y diferencias de observaciones angulares que permiten la estación de la localización con sólo dos unidades, lo cual reduce los costos de una tercera estación base y permite la localización de usuario en áreas rurales.

La información de localización no sólo permite identificar un sitio de interés sino la oportunidad a nuevos mercados, nuevos servicios y una mejor planeación y administración de recursos.

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

En general, la mayoría de las técnicas de localización se concentran en las zonas de mayor demanda, y dejan a un lado las zonas rurales sin servicio ya que, a falta de estaciones base, no se puede realizar trilateración como se muestra en la Figura 1.

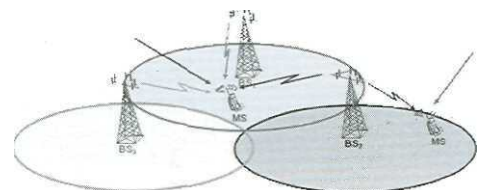


Figura 1: imposibilidad de trilateración, con el móvil aislado.

Ante este problema se propone desarrollar una detección angular a partir de una estación base (BS) y una unidad de medida de localización (LMU). Esta información complementa la diferencia de tiempo de mediciones sin tener que recurrir a terceras BS's.

**VENTAJAS**

Entre las principales ventajas se encuentran las siguientes:

- No son necesarias las modificaciones en el dispositivo móvil.
- La localización se calcula con la red.
- Corto tiempo de instalación.
- Exactitud aceptable en la localización (¿es aceptable fallar por un metro, 50 centímetros o cuánto?).
- Existen mínimas modificaciones en la red celular, tanto en *software*, como en *hardware*.
- La cobertura y la disponibilidad en todos los entornos, a pesar de que se centrará en las afueras de las áreas de cobertura.
- Buena relación costo-beneficio.
- Posibilidad de complementar tecnologías actuales.

**PROCESO DE MAREO**

Si se considera que una BS y una LMU están ubicadas en las coordenadas (-D,0) y (D,0) respectivamente, para un móvil localizado en el punto (x,y) la BS y LMU proveen la diferencia de tiempo:

$$(1) \Delta = \sqrt{(D+x)^2 + y^2} - \sqrt{(D-x)^2 + y^2}$$

y las localizaciones angulares:

$$(2) \Phi_1 = \text{tg}^{-1} \left( \frac{y}{D+x} \right) \text{ y } (3) \Phi_2 = \text{tg}^{-1} \left( \frac{y}{D-x} \right)$$

Así, cualquier coordenada (x,y), tiene su correspondiente vector tridimensional:

$$\pi = (\Phi_1, \Phi_2, \Delta)$$

Estimación de máxima probabilidad

Si se asume por simplicidad que los errores observados son estadísticamente independientes, la estimación óptima se reduce a encontrar el punto más probable  $\pi$ , dada la evidencia  $p$ :

$$(4) \max_{\pi} f(\pi | p) = \max_{\pi} f(p | \pi) f(\pi)$$

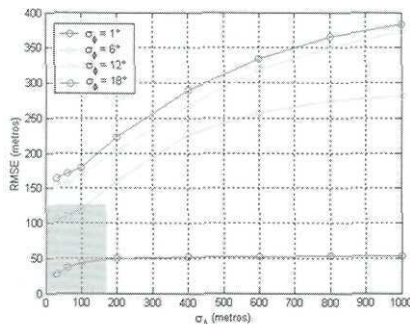
Se advierte que el móvil puede ser localizado en cualquier coordenada con la misma probabilidad. Así, tenemos que el problema de localización se reduce a encontrar:

$$(5) \max_{\pi} f(p | \pi)$$

**RENDIMIENTO**

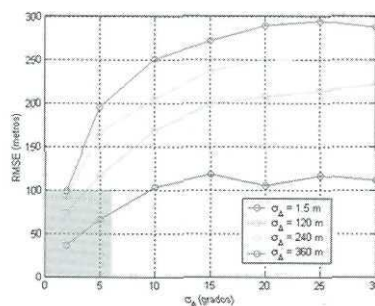
En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos por este método, al variar la desviación estándar del ruido en las mediciones angulares. Y en la Figura 3 se muestran las diferencias de distancias.

Se puede notar, en la zona remarcada de la figura, cuál es la región típica para ambientes rurales.



Typical region for rural and suburban environments

Figura 2: Variación de la desviación estándar del ruido angular  $\sigma_a$ .



Typical region for rural and suburban environments

Figura 3: Variación de la desviación estándar de la diferencia de distancias  $\sigma_d$ .

**CONCLUSIONES**

- Esta técnica representa una buena alternativa para localizar un usuario móvil en zonas rurales y semi entornos urbanos y en las afueras de áreas en las que otras técnicas no funcionan.
- Todos los cálculos numéricos se llevarán a cabo de forma centralizada, evitando la modificación de los dispositivos móviles.
- Se puede alcanzar un buen nivel de estimación si se provee un adecuado sistema de red.

**REFERENCIAS**

[1] E911 Phase II Decisions. Fact Sheet, Federal Communications Commission, October 2001. <http://www.fcc.gov/911/enhanced>

[2] Millar W, *Location Information from the Cellular Network - an Overview*, BT Technology Journal, Vol.21 No. 1, January 2003.

[3] Salmón P H, *Locating Calls to the Emergency Services*, BT Technology Journal, Vol.21 No. 1, January 2003.

[4] Ludden B, Malenstein J, Pickford A, Vincent J P, Heikkinen P, Paris G, Salmón P, Paul R, Dunn T, Davies R and Evans S, *Co-ordination Group on Access to Location Information by Emergency Services Work, Package 1*, (May 2001) - <http://www.telematica.de/cgalies/>

[5] D'Roza T and Bilchev G, *An Overview of Location-Based Services*, BT Technology Journal, Vol. 21 No. 1, January 2003.

[6] K. I. Pedersen, P. E. Mogensen and B. H. Fleury. *A Stochastic Model of the Temporal and Azimuthal Dispersion Seen at the Base Station in Outdoor Propagation Environments*, IEEE Trans. Veh. Technol, vol.40, No. 2, pp. 437-447, Mar. 2000.

[7] William C. Y. Lee. *Moblie Communications Engineering, Theory and applicattons*, Ed. McGraw-Hill Telecommunications, 1998.

David Muñoz Rodríguez obtuvo el título de doctor en Ingeniería, Electrónica y Sistemas de Comunicación por la Universidad de Essex, Inglaterra, en 1979. Es Profesor Titular y Director del Centro de Electrónica y Telecomunicaciones del Campus Monterrey. Correo electrónico: [dmunoz@itesm.mx](mailto:dmunoz@itesm.mx)

TERCER LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR INVESTIGACIÓN

**Área: Sistemas Inteligentes****Clasificación de microcalcificaciones individuales y en agrupamientos en mamografías digitalizadas usando redes neuronales evolutivas**

Classification of Individual and Clustered Microcalcification in Digital Mammograms Using Evolutionary Neural Networks

por Hugo Terashima-Marín, Rolando R. Hernández-Cisneros, Santiago E. Conant-Pablos

**RESUMEN**

El cáncer de mama es una de las causas principales de muerte en mujeres. Un diagnóstico temprano es un medio muy importante para reducir la tasa de mortalidad. Este artículo presenta un procedimiento para la clasificación de agrupamientos de microcalcificaciones (indicador primario en las etapas tempranas) en mamografías usando filtros gaussianos de diferencias secuenciales (DoG) y tres redes neuronales evolutivas (EANNs) comparada contra una red neuronal entrenada con una red de retropropagación (BP). La investigación confirma que los enfoques evolutivos para generar redes neuronales resultan en un mejoramiento global en exactitud, sensibilidad, y especificidad, comparados con otras redes neuronales entrenadas con retropropagación.

**Palabras claves:** Cáncer de mama, redes neuronales evolutivas, algoritmos genéticos, redes neuronales.

**ABSTRACT**

Breast cancer is one of the main causes of death in women and early diagnosis is an important means to reduce the mortality rate. The presence of microcalcification clusters are primary indicators of early stages of malignant types of breast cancer and its detection is important to prevent the disease. This article presents a procedure for the Classification of microcalcification clusters in mammograms using sequential difference of gaussian filters (DoG) and three evolutionary artificial neural networks (EANNs) compared against a feedforward artificial neural network (ANN) trained with backpropagation. It is shown that the use of genetic algorithms (GAs) for finding the optimal weight set for an ANN, finding an adequate initial weight set before starting a backpropagation training algorithm and designing its architecture and tuning its parameters, results mainly in improvements in overall accuracy, sensitivity and specificity of an ANN, compared with other networks trained with simple backpropagation.

**Key words:** Breast cancer, evolutionary neural networks, genetic algorithms, neural networks.

**INTRODUCCIÓN**

El cáncer de mama es el tipo de cáncer que causa el mayor número de muertes de mujeres en el mundo [5]: 502,000 decesos atribuidos en 2005. Las tasas de supervivencia más altas ocurren cuando se detecta en sus etapas más tempranas (*in situ*), cuando en sus formas más comunes aparecen como pequeños depósitos de calcio, llamados microcalcificaciones. Es aquí donde la mamografía es fundamental ya que puede usarse para descubrir tumores hasta dos años antes de que puedan sentirse al tacto.

Sin embargo, aproximadamente el 15% de los casos de cáncer de mama pueden pasar inadvertidos para el radiólogo que interpreta una mamografía, debido a que el tejido canceroso puede confundirse con el tejido normal, especialmente cuando este último es denso, por la variada morfología de los hallazgos, por las posibles deficiencias en el proceso de adquisición de la mamografía y por la fatiga visual de los radiólogos.

La sensibilidad puede ser mejorada si cada mamografía es revisada por dos o más radiólogos. Sin embargo, la doble revisión hace el proceso ineficiente debido al limitado número de especialistas usualmente disponibles por institución médica y a la reducción de su productividad. Una alternativa viable es reemplazar uno de los radiólogos por un sistema computacional que proporcione una segunda opinión.

Este artículo presenta un procedimiento para la detección de grupos de microcalcificaciones en mamografías, y su clasificación en benignos o malignos. El procedimiento está basado principalmente en filtros de diferencias de *gaussianos* (DoG) para la detección de objetos sospechosos en una mamografía, y técnicas de inteligencia artificial como algoritmos genéticos (AGs) y redes neuronales artificiales (RNAs) para la clasificación de dichos objetos en microcalcificaciones y no micro-

calcificaciones y, posteriormente, para distribuir los grupos de microcalcificaciones detectados en benignos o malignos.

Un filtro DoG es un filtro pasabandas, construido de dos filtros gaussianos simples, con diferentes varianzas y cuando, aplicado a dos imágenes, una de ellas es sustraída de la otra y se obtiene una nueva, filtrada, que contiene sólo el rango de frecuencias deseado. Una red neuronal artificial (RNA) es un procesador masivamente distribuido, construido con unidades de procesamiento simple (neuronas artificiales) que tiene una propensión natural para almacenar conocimiento basado en la experiencia. Las RNAs están inspiradas en el funcionamiento del cerebro humano. Un algoritmo genético (AG) es un algoritmo de búsqueda basado en los mecanismos de selección natural y genética y cuya evolución comienza con una población de individuos aleatorios, y los mejores individuos son seleccionados y modificados (mediante cruza y mutación) para formar una nueva población. Las redes neuronales evolutivas (RNEs) son AGs cuya población está constituida por RNAs. Los AGs pueden evolucionar RNAs básicamente en tres niveles: sus pesos de conexión sinápticos, su arquitectura, y las reglas de aprendizaje. Adicionalmente, la evolución puede ser híbrida, combinando varios de los niveles mencionados.

**METODOLOGÍA**

Las mamografías usadas en este trabajo fueron proporcionadas por la Sociedad para el Análisis de Imágenes Mamográficas (MIAS, por sus siglas en inglés): 322 imágenes, 25 presentan microcalcificaciones, con 13 casos malignos y 12 benignos.

El proceso general recibe una mamografía digitalizada como entrada, y comprende cinco etapas: 1) pre-procesamiento, 2) detección de microcalcificaciones potenciales (señales), 3) clasificación de señales en microcalcificaciones reales, 4) detección

de agrupamientos de microcalcificaciones, y 5) clasificación de agrupamientos en benignos o malignos. En la figura 1 se muestra el diagrama general del proceso.

La fase de pre-procesamiento tiene la finalidad de eliminar aquellos elementos, en la imagen, que podrían interferir en el proceso de identificación de microcalcificaciones; además reduce el área de trabajo sólo a la región relevante que contiene exactamente a la mama.

En la segunda fase, se detectan las señales (potenciales microcalcificaciones) en la imagen. La diferencia de dos filtros gaussianos se utiliza para enfatizar las regiones que contienen puntos brillantes. Se utilizan 15 diferentes filtros DoG, construidos combinando filtros gaussianos de diferentes tamaños que se aplican, cada uno de ellos, 51 veces, variando el umbral de binarización. Su selección se basa en el área, el nivel de gris y el contraste con respecto al fondo.

El objetivo de la fase de clasificación de señales es determinar si una señal obtenida corresponde a una microcalcificación o no. Un conjunto de 47 características son extraídas de cada señal, relacionadas principalmente con los niveles de gris, de gris del fondo, el contraste de la señal con su fondo, la forma, y algunas características invariantes. Mediante un proceso de selección, basado en la búsqueda secuencial hacia delante, se obtiene sólo un subconjunto de características que minimizan el error del clasificador; tres fueron seleccionadas y usadas para la clasificación: contraste absoluto, la desviación estándar del nivel de gris y el tercer momento de la secuencia de contorno [2, 4]. Se utilizaron RNAs como clasificadores, en forma tradicional, que usa el algoritmo BP y tres esquemas evolutivos soportados por AGs, para evolucionar pesos y arquitecturas antes de comenzar BP [1].

La etapa de clasificación de agrupamientos de microcalcificaciones ubica cada agrupamiento en benigno o maligno; de cada uno se extraen 30 características, basadas en su forma, área y contraste. Los mismos procedimientos de selección se aplicaron, y sólo tres características de agrupamiento fueron seleccionadas para la clasificación: diámetro mínimo, radio mínimo y el radio promedio de los agrupamientos. Nuevamente, se utilizaron RNAs como clasificadores, en las mismas combinaciones tradicional y evolutiva que las utilizadas para la clasificación de señales.

## EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados de la utilización de los diferentes métodos para la obtención de un clasificador basado en una RNA, en el caso específico de la clasificación de microcalcificaciones individuales. En la tabla 2 se muestran los resultados para la clasificación de agrupaciones de microcalcificaciones.

## CONCLUSIONES

Nuestra experimentación sugiere que las RNAs obtenidas mediante métodos evolutivos tienen un desempeño significativamente mayor que las RNAs entrenadas con el método BP, en la clasificación de microcalcificaciones individuales, en términos de especificidad y exactitud general. En el caso de los agrupamientos de clasificaciones se observó que el desempeño de los métodos evolutivos es significativamente mejor que el desempeño del método BP. En ambos casos, el método que evoluciona un conjunto inicial de pesos antes de comenzar el método BP, es el que proporciona mejores resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Cantú-Paz, E., Kamath, C.: *Evolving Neural Networks for the Classification of Galaxias*. In Proceedings of GECCO 2002, San Francisco, CA, USA (2002) 1019-1026.

[2] Hernández-Cisneros, R.R. and Terashima-Marín, H.: *Comparison of Class Separability, Forward Sequential Search and Genetic Algorithms for Feature Selection in the Classification of Individual and Clustered Microcalcifications in Digital Mammograms*. International Conference on Image Analysis and Recognition, ICIAR 2007, Springer Verlag, Montreal, Canadá (2007) 911-922.

[3] Hernández Cisneros, R. R. and Terashima Marín, H.: *Evolutionary Neural Networks Applied to the Classification of Microcalcifications Clusters in Digital Mammograms*. In Proceedings of the 2006 IEEE CEC Vancouver, BC, Canadá (2006) 2459 - 2466.

[4] Hernández Cisneros, R. R. and Terashima Marín, H.: *Feature Selection for the Classification of Microcalcification Clusters in Digital Mammograms Using Genetic Algorithms*. GECCO Workshop MedGEC 2006, Seattle, USA (2006).

[5] World Health Organization: *Fact Sheet No. 297: Cáncer* [Documento electrónico]. (2006) URL: <http://www.who.int/media-centre/factsheets/fs297/en/index.html>

Tabla 1. Clasificación de microcalcificaciones individuales

Método	Sensitividad (%)		Especificidad (%)		General (%)	
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Retropropagación (BP)	75.68	0.044	81.36	0.010	80.51	0.013
Evolución de pesos	72.44	0.027	84.32	0.013	82.37	0.011
Evolución de pesos + Retropropagación (BP)	75.81	0.021	86.76	0.025	84.68	0.006
Evolución de arquitectura	73.19	0.177	84.67	0.035	83.12	0.028

Tabla 2. Clasificación de agrupamientos de microcalcificaciones

Método	Sensitividad (%)		Especificidad (%)		General (%)	
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Retropropagación (BP)	55.97	0.072	86.80	0.032	76.75	0.032
Evolución de pesos	72.00	0.059	92.09	0.038	86.35	0.031
Evolución de pesos + Retropropagación (BP)	89.34	0.035	95.86	0.025	93.88	0.027
Evolución de arquitectura	63.90	0.163	85.74	0.067	80.50	0.043

Hugo Terashima Marín es doctor en Informática, especialidad en Inteligencia Artificial, por el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, 1998; actualmente es Director Asociado de Posgrado del Campus Monterrey e investigador adscrito al Centro de Sistemas Inteligentes; su correo electrónico [esterashima@itesm.mx](mailto:esterashima@itesm.mx)

Santiago E. Conant Pablos, investigador del Centro de Sistemas Inteligentes, [sconant@itesm.mx](mailto:sconant@itesm.mx)

Rolando R. Hernández-Cisneros, alumno del Doctorado en Inteligencia Artificial, [rolan\\*dohernandez@gmail.com](mailto:rolan*dohernandez@gmail.com)

SEGUNDO LUGAR PREMIO RÓMULO GARZA 2007, POR PUBLICACIÓN DE LIBROS

Área: Energía

## Peligra el crecimiento económico de México ante rezago energético

Mexico's Economic Growth Endangered by the Lagged Energy Sector

por Flory Anette Dieck Assad

### RESUMEN

Dada la hipótesis de que el consumo de energía es esencial para el futuro crecimiento económico de México, se desarrolló un modelo econométrico utilizando una función de producción agregada, Cobb-Douglas, para el periodo 1965-2004. La estimación del modelo sugiere que el consumo de la energía juega un papel importante en el crecimiento de México, independientemente del capital y la nueva tecnología. México debe desarrollar sus fuentes de abastecimiento nacional de petróleo y gas natural o incrementar sus importaciones. Para alcanzar las metas deseadas de su crecimiento sustentable, México necesita balancear sus decisiones políticas, económicas, financieras y éticas, en un escenario político enrarecido por una mala interpretación del concepto de la expropiación petrolera.

**Palabras claves:** Consumo de energía, productividad laboral agregada en México, modelo de producción Cobb-Douglas,

### ABSTRACT

Based on the hypothesis that an increase in Mexico's energy consumption is essential for future economic growth, this research proposes a debate using an aggregate Cobb-Douglas Production Model as the main tool and applies it to the Mexican case for the period 1965-2004. The estimation of this model shows energy as a source of growth independent of capital and new technology. Mexico must either develop its domestic sources of oil and natural gas or substantially increase imports. Mexico's future sustainable development requires political, economic, financial, and ethical tradeoffs, in a strange political scenario characterized by a misunderstanding of the oil expropriation.

**Key words:** Energy Consumption, Mexican Aggregate Labor Productivity, Cobb-Douglas Production Model.

### HIPÓTESIS Y ANÁLISIS DE TENDENCIAS

La productividad media laboral en México PIB / L (Producto Interno Bruto por mano de obra remunerada) creció rápidamente en el periodo 1965-1979: a una tasa media anual de 3.7% (figura 1). De 1979 hasta el 2004, la productividad creció a una tasa media anual de tan sólo 0.19%. Las cifras muestran que México presenta un estancamiento de más de 20 años en su productividad (INEGI, 1983-2005). ¿Por qué la productividad agregada de México creció tan rápido (1965-1979) y luego se estancó por décadas (1980-2004)? La hipótesis a probar es: el crecimiento acelerado de los precios de la energía después de 1979 así como el ciclo económico de la economía mexicana, afectaron el consumo de energía en México, y fueron los responsables del estancamiento en la productividad de la mano de obra en México (Landler, 2007). El propósito de esta investigación es estimar una función de producción agregada Cobb-Douglas considerando capital, mano de obra, y energía como sus más importantes insumos para identificar el papel que juega la energía, la inversión y el cambio tecnológico en el crecimiento económico de México (Houthakker, 1955-1956). Se estimó un modelo Cobb-Douglas, con cambio tecnológico incorporado, de acuerdo a Solow (1962), ideal para analizar la evolución de la productividad mexicana durante esos años.

### RESULTADOS

Solow afirmó que la formación de capital no era la única fuente de crecimiento en la productividad. La inversión es una condición necesaria para el crecimiento pero no suficiente. Se demostró que la energía y el capital pueden ser analizados empíricamente como insumos separados en el contexto de una función de producción Cobb-Douglas. El modelo mexicano también nos permite concluir que tanto la energía como el progreso tecnológico, además del capital, son las piedras fundamentales del crecimiento de la producti-

dad en México. Los coeficientes estimados en el modelo resultaron estadísticamente satisfactorios. El modelo muestra que la energía juega un papel importante en el crecimiento de México, independientemente del capital y la nueva tecnología. Por esto, las metas deseadas del crecimiento sustentable en México dependen del consumo futuro de energía y nos introduce en el debate de la seguridad en el abastecimiento de energía. Para incrementar el crecimiento del PIB, se requiere elevar, aún más, el consumo agregado de energía. El gobierno debe continuar esforzándose por lograr las necesarias reformas estructurales requeridas para dar confianza a todos los inversionistas potenciales en México (Dieck-Assad, 2007). A PEMEX le urge incrementar sus actividades desde perforación de pozos, incremento de reservas y producción de petróleo y gas natural, para asegurar el abastecimiento de hidrocarburos requerido por generaciones futuras (Moroney & Dieck-Assad, 2005). Los informes anuales de PEMEX muestran un rezago en la inversión en estas actividades durante los últimos 20 años y una preocupante declinación en sus yacimientos maduros, especialmente en el de mayor tamaño: Cantarell. Sus obstáculos radican en el hecho de jugar un papel importante como fuente de recursos económicos para proyectos del Gobierno Federal a través de una elevada carga tributaria y en prohibir la inversión privada en ella.

### ACTUALIDAD Y CONCLUSIONES

México se encuentra ante una encrucijada: o desarrolla sus recursos domésticos de petróleo y gas natural o los sustituye por un aumento en las importaciones. La reforma energética está siendo intensamente debatida en los escenarios económicos y políticos de México con la más alta prioridad. El modelo econométrico identifica a la inversión y la energía como elementos críticos para el futuro de México.



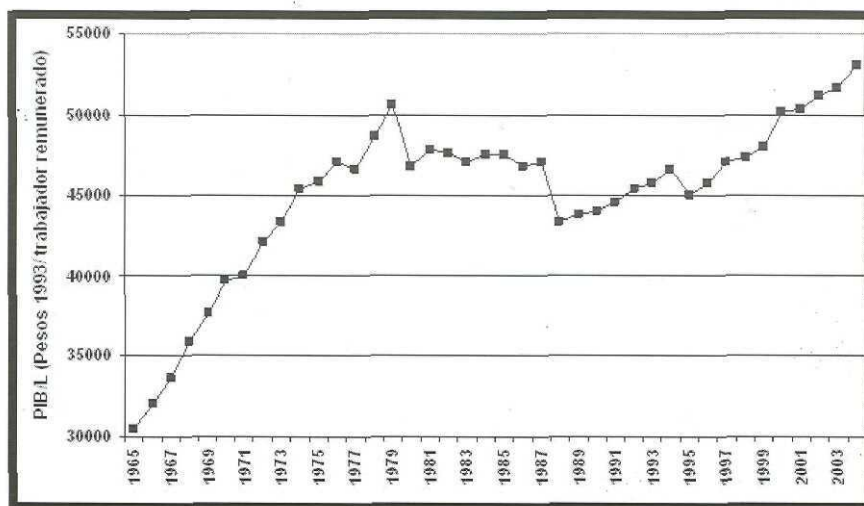
Ante la próxima celebración del 70 aniversario de la expropiación petrolera en México (18 marzo 2008), resulta oportuno investigar la filosofía de la expropiación petrolera efectuada por el Ing. Lázaro Cárdenas en 1938. Esta expropiación se llevó a cabo en contra de empresas extranjeras que se declararon en rebeldía frente al sistema judicial mexicano. No se expropiaron los yacimientos petroleros porque éstos nunca fueron propiedad de los extranjeros. Las reservas petroleras siempre han sido propiedad de la nación. Con la liquidación de las empresas extranjeras se crea simultáneamente a PEMEX que, en adelante, fue la única empresa encargada de explotar los hidrocarburos del país. El propio Presidente Lázaro Cárdenas del Río, en su V Informe de Gobierno el primero de septiembre de 1939, asegura: "El Gobierno de la Revolución no desconoce la importancia de la ayuda que puede prestarle la inversión privada, la cual tiene legítimo campo de acción para fortalecer la economía nacional, y juzga que su actuación no es incompatible con la del Gobierno si se adapta a las exigencias de su programa de cuyos benéficos resultados a la postre disfrutará también." Ésta es la visión del Presidente Lázaro Cárdenas cuando expropia la industria petrolera. Reglamentaciones posteriores han desvirtuado el espíritu original de la expropiación, llegando al grado de prohibir la participación de empresas privadas en el sector energético de México. Desconocer esta verdad es la fuente de los mitos que tienen empantada la tan necesaria reforma energética.

La participación privada en la industria petrolera no es incompatible con la defensa de la soberanía nacional. Las alianzas estratégicas entre empresas públicas, mixtas y privadas, impulsan el desarrollo de habilidades y tecnologías que antes no se conocían, fomentan el tener finanzas más equilibradas maximizando el ingreso petrolero y se logra tener una presencia competitiva en la economía global.

## REFERENCIAS

1. Dieck-Assad, Flory, 2007. *Encrucijada Energético: Una Reflexión*, El Mundo del Petróleo: The Mexican Energy Industry Magazine, Sección Plataforma de Investigación, Férreas Comunicación, S.A. de C.V., Octubre-Noviembre, México, pp.22-27.
2. Houthakker, H. \$., 1955-1956. *The pareto distribution and the Cobb-Douglas production function in octivity analysis*, Review of Economic Studies 23, pp.27-31.
3. INEGI, 1983-2005. Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática. *Sistema de Cuentas Nacionales de México: Principales Variables Macroeconómicas*, México, D.F.
4. Landler, M., 2007. *High-Priced Oil Adds Volatility to Global Scramble for Power*, The New York Times, November 7, U.S.A.
5. Moroney, J.R., Dieck-Assad F., 2005. *Energy and Sustainable Development in México*, Texas A & M University Press, U.S.A.
6. Solow, R. M., 1962. *Technical progress, capital formation and economic growth*, American Economic Review Papers and Proceedings, 52, pp.76-86.

Flory Anette Dieck Assad, obtuvo el título de Doctora en Finanzas por la universidad de Tulane, en Nuevo Orleans, Estados Unidos, en 2003. Actualmente es Profesora Asociada, y Profesora -Investigadora del Departamento de Finanzas de la División de Administración y Finanzas, DAF, en el Campus Monterrey. Correo electrónico: fdieck@itesm.mx



## PRIMER LUGAR CONCURSO DE TESIS DE LICENCIATURA, EN EL 38° CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

### Área: Energía renovable

## BIODIESEL

### Análisis y evaluación de la calidad antes del lavado

#### Quality Assessment and Analysis of Biodiesel Before Washing

por Javier Bernarte Lecumberri, Marcela María López Aizcorbe y Ruth E. Reyna Caamaño

#### RESUMEN

La problemática actual del consumo energético provoca el desarrollo de alternativas como es el caso de los biocombustibles. En esta investigación se realiza un análisis y evaluación de la calidad del biodiesel antes de su etapa de lavado, a partir de diferentes materias primas. El objetivo es comprobar si, con las pruebas realizadas, se puede eliminar del proceso productivo la etapa de lavado. La investigación tuvo tres pasos. En el primero se recopiló información para entender las principales inquietudes que genera este biocombustible. El segundo consistió en realizar pruebas de laboratorio y elaborar biodiesel a partir de seis tipos diferentes de aceite. En el tercer paso se analizó la calidad de cada muestra antes de la etapa de lavado. La interpretación preliminar de los datos resultantes establece que no es posible afirmar que la etapa de lavado resulte imprescindible. En conclusión, es necesario seguir investigando, tanto en el proceso y su etapa de lavado como en las fuentes de materia prima, especialmente con el cultivo de *Jatropha*, ya que México tiene grandes oportunidades para el desarrollo del biodiesel.

**Palabras claves:** BIODIESEL, transesterificación y esterificación.

#### ABSTRACT

The research objective is to evaluate if it is possible omit the biodiesel washing step. This research involves three steps. The first step requires gather biofuels data and information. The second step involves laboratory test and transform use or virgin oil into biodiesel. The last step involves assessing the quality of the biodiesel and also involves the analysis washing step. The research outcome were the six sample of biodiesel elaborated from different sources were homogeneous and also the outcome were acceptable according standard. According with the results we recommend that is necessary to continued with more test before to determinate if it is possible to eliminate the biodiesel washing step.

**Key words:** BIODIESEL, transesterification and esterification.

#### INTRODUCCIÓN

Entre los esfuerzos que se hacen en materia de energía, se encuentra la investigación y producción del biodiesel, combustible alternativo, equivalente al diesel convencional, que proviene de la transesterificación de aceites vegetales o grasas animales, los cuales a su vez pueden ser reciclados. En México el biodiesel está en vías de desarrollo: se produce a partir de aceites vegetales, de primer uso y reciclados, y grasas animales. Se busca que en un futuro pueda sustituir al diesel convencional, y disminuir así las emisiones contaminantes, sin hacer uso excesivo de las fuentes de energía no renovables, como es el caso del petróleo.

#### OBJETIVOS

- Elaborar biodiesel a escala de laboratorio a partir de distintas fuentes de aceite.
- Realizar pruebas de calidad al biodiesel obtenido antes de su lavado.

#### JUSTIFICACIÓN

El biodiesel es un producto sustitutivo directo del diesel convencional, aunque también pudiera serlo de otros energéticos. El diesel de petróleo tiene gran repercusión en el sistema energético de México, aparece en el segundo lugar de los principales energéticos consumidos. Esta realidad no sólo tiene importancia en cuanto al consumo de energía, sino que también conlleva otros factores como las emisiones contaminantes o el establecimiento de una infraestructura energética sostenible. Una etapa crítica que se realiza en la elaboración de biodiesel es el lavado.

El presente trabajo se aborda con estas consideraciones en el que se pretende resolver las siguientes inquietudes:

- ¿Cómo influye el origen del aceite?
- ¿Es posible eliminar la etapa de lavado?

#### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo la aceptación o rechazo de la hipótesis fue necesario seguir un proceso de guía, el cual se muestra como diagrama en la figura 1.

#### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La realidad en México es que el sector transporte es el mayor consumidor energético al participar con un 44% de la demanda energética a nivel país y contaminación, debido a la gran extensión territorial, los asentamientos en grandes núcleos, el crecimiento urbano horizontal, y la existencia de reservas petrolíferas propias; lo que provoca una gran necesidad y facilidad de desplazamiento.

Para intentar alcanzar el desarrollo sostenible, es necesario cambiar la infraestructura energética actual. Es aquí donde aparecen las fuentes de energía alternas, entre las que se encuentra el biodiesel.

Existen normativas internacionales que regulan los parámetros de calidad del biodiesel. Un factor determinante es el origen del aceite, puesto que su grado de impureza puede obligar a que el lavado sea necesario. En la experimentación se considera que el producto es aceptable si las pruebas de calidad realizadas cumplen los estándares internacionales.

#### METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

Se realizó un diseño de experimentos como se muestra en la figura 2. La figura 2 presenta el proceso de elaboración de biodiesel a partir de distintas fuentes de aceite y unas pruebas de calidad a las muestras obtenidas. Se analizó la densidad y viscosidad de las seis muestras, y para dos de ellas también se estudió el pH y el contenido en agua, glicerol, metanol y metil ester.

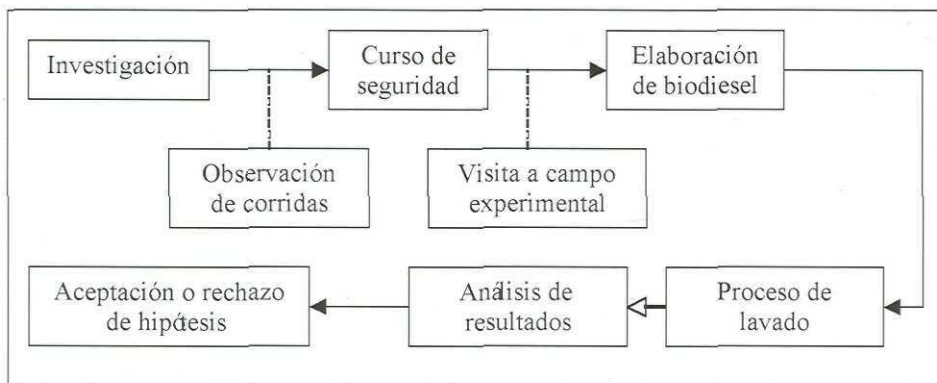
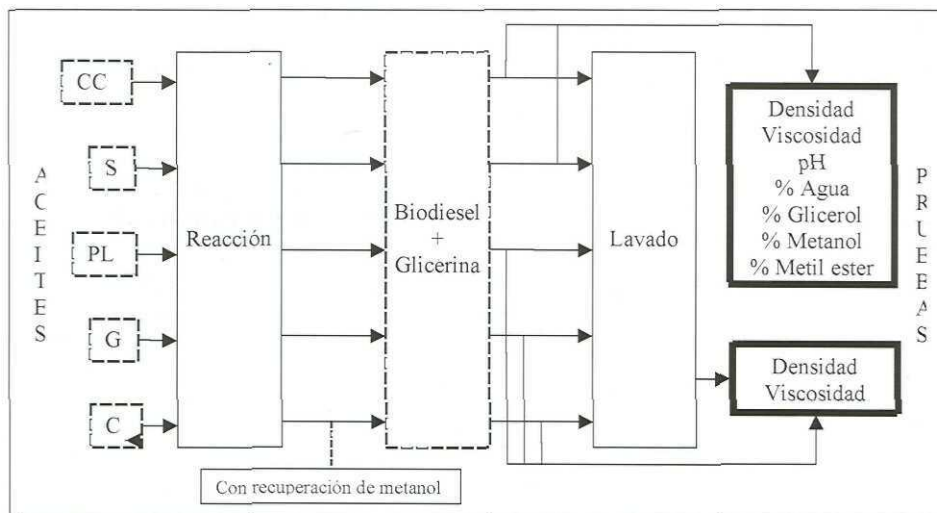


Figura 1: Metodología de Investigación



PL, aceite residual del restaurante "Pollo Loco"; CC, aceite residual de la cafetería del comedor del ITESM; S, aceite de primer uso de soja (de la marca "Nutrioli"); G, aceite de girasol de primer uso (marca "1-2-3"); M, aceite residual de "Maseca".

Figura 2: Diseño de experimentos dentro de la elaboración de biodiesel.

**RESULTADOS**

El proceso productivo se llevó a cabo aceptablemente. El balance de masa se cumplió, con una producción del 83.5% de biodiesel, 15% de glicerina, y 1.5% de pérdidas, respecto a la entrada inicial de materia, cumpliéndose también el porcentaje estequiométrico de conversión de aceite en biodiesel. La acidez depende del origen del aceite; los residuales resultaron ser los más ácidos.

En el análisis de calidad, los resultados de densidad mostraron valores homogéneos (0.875-0.885 g/cm<sup>3</sup>) y comprendidos dentro de la norma. Los datos de viscosidad también tuvieron un comportamiento análogo (3-4 mm<sup>2</sup>/seg), salvo la muestra del restaurante Tollo Loco" (5.89 mm<sup>2</sup>/seg), con un valor muy cercano al límite superior, debido a la acidez del aceite. Las pruebas de calidad adicionales realizadas a las muestras de aceite de soja y de cafeterías también tienen un comportamiento aceptable, por lo que apoyan los anteriores resultados.

Javier Bernarte Lecumberri estudió Ingeniería Industrial en la Universidad Pública de Navarra, en Pamplona (España) y presentó su Proyecto Fin de Carrera, previo a la obtención de su título, en el Campus Monterrey del Tecnológico de Monterrey, con el que ganó el Concurso de tesis de licenciatura.

Ruth Elizabeth Reyna Caamaño obtuvo el título de doctora en Filosofía en Ingeniería Ambiental, por la Universidad Carnegie Mellon University, en 2002. Actualmente es Profesor Investigador del Centro de Calidad Ambiental, de la División de Ingeniería y Arquitectura del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey.

**CONCLUSIONES**

- El origen de las fuentes de aceite es una característica determinante. Influye tanto en el proceso productivo como en la calidad final del biodiesel.
- Con las pruebas realizadas, no se puede afirmar que la etapa de lavado sea imprescindible. Sería necesario continuar con la investigación para determinar si es posible o no eliminar esta fase.

**AGRADECIMIENTOS**

- Agradezco la colaboración para la realización de esta tesis profesional a las siguientes personas:
- Marcela María López Aizcorbe, Dra. Ruth E. Reyna Caamaño, Dr. Migue! Ángel Romero, Dr. Armando Llamas, Ing. Aníbal Morones e Ing. Ignacio Castellanos.
- Ing. Miguel de la Parra (Director Planta Biodiesel, Acciona; Caparros, España).

**BIBLIOGRAFÍA**

- Nacional Biodiesel Board. *Biodiesel Emissions*. [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org)
- The Jatropha System, [www.jatropha.de](http://www.jatropha.de)
- ASTM D6751-06a. *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*.

# DIRECTORIO DE POSGRADO

## DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO (DIP)

Dr. Francisco Cantú Ortiz  
fcantu@itesm.mx  
Tel.: (01-81)8328.41.82

## Director Asociado de Posgrado

Dr. Hugo Terashima Marín  
tera5hima@itesm.mx  
Tel.: (01-81)3358.20.00, Ext. 5145

## Director Asociado de Investigación

Dr. Rubén Morales Menéndez  
rmm@itesm.mx  
Tel.: (01-81)8358.20.00, Ext. 5485

## ESCUELA DE INGENIERÍA

### Director de Investigación y Posgrado de la Escuela de Ingeniería

Dr. Joaquín Acevedo Mascarúa  
jacevedo@itesm.mx

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA (DIA)

### Doctorado en Ciencias de Ingeniería

Dr. Mario Moisés Álvarez  
mario.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5060 y 5061

### Especialidad en Biotecnología

Dr. Mario Moisés Álvarez  
mario.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5060 y 5061  
**Especialidad en Ingeniería Industrial**  
Dra. Imelda de Jesús Loera Hernández  
iloera@itesm.mx

Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5425  
**Especialidad en Mecatrónica**

Dr. Luis Eduardo Garza C.  
legarza@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5485

**Especialidad en Ingeniería Civil**  
Dr. Sergio Gallegos Cazares  
sergio.cazares@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5411  
**Especialidad en Sistemas Ambientales**

Dr. Jorge Humberto García Orozco  
jorge.garcia@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5263  
**Especialidad en Nanotecnología y Materiales**

Dr. Alex Elías Zúñiga  
aelias@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5430

**Maestría en Ingeniería y Administración de la Construcción**  
**Especialidad en Ingeniería Estructural**  
**Especialidad en Administración de Proyectos**  
**Especialidad en Edificación y Vivienda**

Dr. Sergio Gallegos Cazares  
sergio.cazares@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5411

**Maestría en Ciencias con especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad**  
**Especialidad en Productividad y Optimización**  
**Especialidad en Ingeniería Estadística**  
**Especialidad en Administración por Calidad Total**

Dra. Imelda de Jesús Loera Hernández  
iloera@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5425

**Maestría en Ciencias con concentración en Diseño y Desarrollo Sustentable de la Ciudad**  
Dr. Pedro Damián Pacheco Vázquez  
ppacheco@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5406

**Maestría en Ciencias en Ingeniería Energética**  
**Especialidad en Ingeniería Térmica**  
**Especialidad en Ingeniería Eléctrica**  
M.C. Javier Rodríguez Bailey  
jrb@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5512

**Maestría en Ciencias en Sistemas Ambientales**  
**Especialidad en Procesos Ecoeficientes**  
**Especialidad en Ingeniería Ambiental**  
**Especialidad en Manejo Sustentable de Recursos**

Dr. Jorge Humberto García Orozco  
jorge.garcia@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5263

## Maestría en Ciencias

**Especialidad en Diseño y Desarrollo del Producto**  
**Especialidad en Ingeniería de Producción**  
**Especialidad en Automatización e Integración**  
**Especialidad en Ingeniería de Materiales**

Dr. Ciro Rodríguez González  
ciro.rodriguez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5126

## Maestría en Innovación Empresarial y Tecnológica

Ing. Flavio Marín Flores  
fmarin@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5253

## DIVISIÓN DE MECATRÓNICA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (DMTI)

**Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicaciones**  
Dr. Hugo Terashima M.  
terashima@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5145  
**Especialidad en Ciencias de la Computación**  
Dr. Juan Arturo Nolasco  
jnolasco@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4535  
**Especialidad en Electrónica**

Dr. Ramón Martín Rodríguez Dagnino  
rmdrodrig@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5029  
**Especialidad en Sistemas Inteligentes**  
Dr. Hugo Terashima Marín  
terashima@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5145

**Maestría en Ciencias en Tecnología Informática**  
Dr. José Raúl Pérez C.  
raul.perez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4535

**Maestría en Estadística Aplicada**  
Dra. Olivia Carrillo G.  
ocarrillo@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4519

**Maestría en Ciencias en Sistemas Inteligentes**  
Dr. Leonardo Garrido Luna  
leonardo.garrido@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5134

**Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Electrónica**  
**Especialidad en Sistemas Electrónicos**  
Dr. Alfonso Avila Ortega  
aavila@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5417  
**Especialidad en Telecomunicaciones**  
Dr. César Vargas Rosales  
cvargas@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 5025

**Maestría en Administración de Tecnologías de Información**  
Dr. Macedonio Alanís  
aianis@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4546

**Maestría en Administración de Telecomunicaciones**  
Dr. Ramón Rodríguez Dagnino  
rmdrodrig@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8353.20.00, Ext. 5029

## ESCUELA DE NEGOCIOS

## ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS (EGADE)

### Director de Posgrado

Dr. Carlos Romero Uscanga  
caries.romero@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6165

### Doctorado en Administración

Dr. Alejandro Ibarra Y.  
aibarra@itesm.mx  
Tel.: (01-31) 3625.60.00, Ext. 6075

### Maestría en Administración

C.P. Carlos Serrano Salazar  
cserrano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6050

### Maestría en Finanzas

Dr. Luis Eugenio de Gárate Pérez  
luis.de.garate@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6045

### Maestría en Dirección Global

Dr. Nicolás Gutiérrez G.  
ngutierrez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 3625.60.00, Ext. 6142

### MBA in Global Business and Strategy

C.P. Carlos Serrano Salazar  
cserrano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6050

### Maestría en Dirección para la Manufactura

Dr. Alberto Hernández Luna  
alberto.hernandez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6169

### Maestría en Negocios internacionales

Ing. Sandía González  
sgonzale@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6153

### Maestría en Mercadotecnia

Dra. Raquel Minerva Castaño González  
rcastano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.60.00, Ext. 6177

## ESCUELA DE BIOTECNOLOGÍA Y SALUD

## DIVISIÓN DE BIOTECNOLOGÍA Y ALIMENTOS (DBA)

**Maestría en Biotecnología**  
Dr. Mario Moisés Álvarez  
mano.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8328.41.32

## DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD (DCS)

**Área de Posgrado de la Escuela de Medicina**  
Dr. Antonio Dávila Rivas  
antonio.davila.rivas@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8333.10.61  
**Especialidad en Anatomía**

Dr. Carlos Díaz Olachea  
cadiaz@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8347.10.10, Ext. 8360

Dr. Álvaro Barboza Quintana  
abarbosa@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8347.10.10, Ext. 8360  
**Especialidad en Anestesiología**  
Dr. Javier Valero Gómez  
jvalero@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.07  
**Especialidad en Calidad de**

Dr. Manuel Ramírez Sánchez  
gmo@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.33.03  
**Especialidad en Cirugía General**  
Dr. Osear Villegas Cabello  
o.villegas@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.07  
**Especialidad en Medicina**

Dr. Víctor Manuel Sánchez Nava  
manuel.sanchez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8347.10.10, Ext. 3063  
**Especialidad en Geriátrica**  
Dr. Amador Macías Osuna  
amadormacias@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8347.00.50  
**Especialidad en Ginecología y Obstetricia**

Dr. Carlos Félix Arce  
carfelar@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.08  
**Especialidad en Medicina Interna**  
Dr. Luis Alonso Morales Garza  
lumorale@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.08  
**Especialidad en Pediatría**

Dr. Francisco Lozano Lee  
fglozano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.08  
**Especialidad en Neurología**  
Dr. Manuel de la Maza Flores  
mdelamaza@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8333.15.10  
**Especialidad en Neurología Pediátrica**

Dr. Raúl Calderón Sepúlveda  
raul.calderon@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8348.29.22  
**Especialidad en Oftalmología**  
Dr. Alejandro Rodríguez García  
arodri@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.08  
**Especialidad en Radiología e Imagen**

Dr. Juan Mauro Moreno G.  
mauro.moreno@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8347.10.10, Ext. 8367  
**Especialidad en Psiquiatría**  
Dr. Federico Ramos Ruiz  
framos@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 88.88.21.41  
**Especialidad en Neonatología**

Dr. Víctor Javier Lara Díaz  
lara-diaz.vj@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8389.83.08

## DIVISIÓN DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES (DHCS)

**Programa de Graduados en Humanidades y Ciencias Sociales**  
Dra. Anne Fouquet  
afouquet@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4574

**Doctorado y Maestría en Estudios Humanísticos**  
Dra. Blanca López de Mariscal  
blopez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4699  
**Subespecialidad en Ciencia y Cultura**  
Dr. José Antonio Cervera  
j.a.cervera@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4430

# DIRECTORIO DE CÁTEDRAS DE INVESTIGACIÓN

## Subespecialidad en Comunicación y Estudios Culturales

Dr. José Carlos Lozano  
jdozano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4558

## Subespecialidad en Ética

Dr. José Antonio Cervera  
j.a.cervera@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.14.00, Ext. 4430

## Subespecialidad en Literatura

Dra. Blanca López M.  
blopez@itesrn.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4605

## Maestría en Comunicación

MC Francisco J. Martínez G.  
francisco@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4655, 4553

## ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y POLÍTICA PÚBLICA (EGAP)

## Doctorado en Política Pública

Dr. Héctor Rodríguez Ramírez  
hrr@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6381

## Maestría en Administración Pública y Política Pública

Dra. Mariana Gabarrot Arenas  
mariana.gabarrot@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6324

## Maestría en Derecho

Dr. Sergio Elías Gutiérrez S.  
sergio.elias@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6311

## Maestría en Derecho Internacional

Dr. Gabriel Cavazos V.  
gabriel.cavazos.villanueva@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.63.00, Ext. 6306

## Maestría en Economía y Política Pública

Dr. Edgar Aragón Mladosich  
aaragon@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6345

## Maestría en Prospectiva Estratégica

Dr. Guillermo Gándara Fierro  
guillermo.gandara@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6328

## Maestría en Análisis Político y Medios de Información

Dr. Jesús Cantú Escalante  
jce@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.83.00, Ext. 6314

## MAYORES INFORMES:

<http://posgrados.mty.itesm.mx/>

## ADMINISTRACIÓN Y POLÍTICA PÚBLICA

## Impactos de la Nueva Ley del Mercado de Valores en la Mediana y Pequeña Empresa

### Finanzas

Dra. Norma Alicia Hernández Perales  
normahernandez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6000, Ext. 6176

## Democracia y Estado de Derecho

### Derecho y Ciencia Política

Dr. Pedro Rubén Torres Estrada  
pedro.torres@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6303

## Administración Pública, Gobierno y Ciudadanos

Administración y política pública  
Dr. Freddy Ramón Mariñez Navarro  
fmariñez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6357

## Política Económica

Dr. Bernardo González-Aréchiga  
bgarechiga@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6301

## Instituciones y Prácticas de las Democracias Contemporáneas

### Ciencia Política

Dr. Jesús Cantú Escalante,  
Dr. José Fabián Ruiz Valerio  
jce@itesm.mx, jfrv@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6314, 6315

## Estudios de Prospectiva Estratégica

### Inteligencia Estratégica

Ing. Jorge E. Tello Peón  
jorgetello@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300

Dr. Mario Villarreal Díaz  
mariovillarreal@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300

## Regionalización y Nuevos Actores Internacionales

### Derecho y Ciencia Política

Dr. Zidane Zeraoui El Awad  
zaraoui@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.1400, Ext. 4574

## BIOTECNOLOGÍA

### Alimentos y Fármacos

### Bioprocesos

Dr. Sergio Román Othón Serna Saldívar  
S5erna@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.3000, Ext. 4820

## Bioingeniería y Nanobiopartículas

### Bioingeniería

Dr. Marco Antonio Rito Palomares  
mrito@itesm.mx  
Tel.: (81) 8328.4132

## Biofármacos e Ingeniería Farmacéutica y Biofarmacéutica

### Biocología farmacéutica

Dr. Mario Moisés Álvarez  
mario.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8328.4132

## SALUD

### Terapia Celular

### Medicina

Dr. Jorge Eugenio Moreno Cuevas  
jemoreno@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.1400, Ext. 206

## BioMEMS

### Bioingeniería

Dr. Sergio Ornar Martínez Chapa  
smart@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5444

## Dispositivos Biomédicos

### Ingeniería médica

Dr. Jorge Armando Cortés Ramírez. Dr. Lucio Florez Calderón  
jcortes@itesm.mx, florez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8353.2000, Ext. 5116, 4681

## Hematología y Cáncer

### Medicina

Dr. José Rafael Borbolla Escobedo  
borbolla@itesm.mx  
Tel.: (81) 8333.1121 -

## Cardiología y Medicina Vasculard

### Medicina

Dr. Guillermo Torre Amione  
gtorre@tmhs.org

## COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL Y MODELOS DE GESTIÓN

### Cadera de Suministro

### Calidad y Productividad

Dr. José Luis González Velarde  
gonzalez.velarde@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5111

## Competitividad Internacional

### Competitividad y desarrollo internacional

Dr. Luis García-Calderón Díaz  
luis.garcia.calderon@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6000, Ext. 6182

## Glocalización: Integración del Consumidor Latinoamericano en un Medio Ambiente Global

### Mercadotecnia

Dra. Raquel Minerva Castaño González  
rcastano@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4495

## Creación de la Riqueza a través de la Innovación, la Tecnología y el Conocimiento

### Innovación, tecnología y conocimiento

Dr. Carlos Scheel Mayenberger  
cscheel@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6174

## DESARROLLOSOCIAL

### Demografía y Política Social

### Sociología

Dr. Héctor Rodríguez Ramírez  
hrr@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 3985

## Desarrollo Social y Globalización

### Ciencias Sociales

Dr. Ignacio Irazuzta Di Chiara  
ignacio.irazuzta@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000

## Empresa Familiar

Dra. Rosa Nelly Treviño Rodríguez  
rosa.nelly.trevino@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4340, 4341

## Desarrollo Económico y Social

Dr. Jorge Ibarra Salazar  
jaibarra@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4306

## DESARROLLO REGIONAL

### Economía de la Frontera Norte de México

### Economía

Dr. Ismael Aguilar Barajas  
iaaguilar@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4306

## Oportunidades Estratégicas para el Desarrollo

### Ciencias Sociales. Economía y Política pública

Dr. Héctor Moreira Rodríguez  
hmoreira@itesm.mx,  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 2560

## Administración del Conocimiento

### Sistemas del Conocimiento

Dr. Francisco Javier Carrillo Gamboa  
fcarrillo@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5202

## HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

### Medios de Comunicación

### Comunicación

Dr. José Carlos Lozano Rendón  
jclozano@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4558

## Memoria, Literatura y Discurso

### Historia y análisis del discurso

Dra. Blanca Guadalupe López Morales  
blopez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4605

## Literatura Latinoamericana Contemporánea

### Literatura Contemporánea

Dr. Pol Popovic Karic  
pol.popovic@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4668

## Ciencia y Cultura

### Estudios culturales y sociales de la ciencia

Dr. José Antonio Cervera  
j.a.cervera@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4563

## Ética de Negocios, Ética Ciudadana y Educación Moral

### Ética

Dra. Martha Eugenia Sañudo Velázquez  
msañudo@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 3890

## Ética, Persona y Desarrollo Moral

### Ética

Dr. Rafael de Gasperin Gasperin  
rgasperin@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000

## COMPETITIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONALIZACIÓN

### Estudios Europeos

Economía, desarrollo social, derecho internacional  
Dra. María de Lourdes Dieck Assad  
mldieck@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 2051

## INCUBACIÓN Y DESARROLLO EMPRENDEDOR

### Desarrollo de Negocios de Base Tecnológica

### Ciclo de vida de productos

Dra. Elisa Cobas Flores  
ecobas@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6000, Ext. 6167

## INFRAESTRUCTURA URBANA Y USO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES

## Desarrollo e innovación de Procesos y Tecnología de Vivienda

### Vivienda

Dr. Francisco Santiago Yeomans Reyna  
fyeomans@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5370

## Energía Solar

### Energía

Dr. Alejandro Javier García Cuéllar  
ajgarcia@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5430

## Regeneración y Desarrollo Sustentable de la Ciudad

### Arquitectura y urbanismo

Arq. Rena Porsen Overgaard  
rporsen@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358-2000, Ext. 5406

## Calidad del Aire

### Medio ambiente

Dr. Gerardo Manuel Mejía Velázquez  
gmejia@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5019

## Uso Sustentable del Agua

### Uso y manejo del agua

Dr. Jürgen Mahlknecht  
jurgem@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5561

# DIRECTORIO DE CÁTEDRAS DE INVESTIGACIÓN

## Subespecialidad en Comunicación y Estudios Culturales

Dr. José Carlos Lozano  
jdozano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4558

## Subespecialidad en Ética

Dr. José Antonio Cervera  
j.a.cervera@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.14.00, Ext. 4430

## Subespecialidad en Literatura

Dra. Blanca López M.  
blopez@itesrn.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4605

## Maestría en Comunicación

MC Francisco J. Martínez G.  
francisco@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8358.20.00, Ext. 4655, 4553

## ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y POLÍTICA PÚBLICA (EGAP)

## Doctorado en Política Pública

Dr. Héctor Rodríguez Ramírez  
hrr@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6381

## Maestría en Administración Pública y Política Pública

Dra. Mariana Gabarrot Arenas  
mariana.gabarrot@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6324

## Maestría en Derecho

Dr. Sergio Elías Gutiérrez S.  
sergio.elias@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6311

## Maestría en Derecho Internacional

Dr. Gabriel Cavazos V.  
gabriel.cavazos.villanueva@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.63.00, Ext. 6306

## Maestría en Economía y Política Pública

Dr. Edgar Aragón Mladovich  
aaragon@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6345

## Maestría en Prospectiva Estratégica

Dr. Guillermo Gándara Fierro  
guillermo.gandara@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.8300, Ext. 6328

## Maestría en Análisis Político y Medios de Información

Dr. Jesús Cantú Escalante  
jce@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 8625.83.00, Ext. 6314

## MAYORES INFORMES:

<http://posgrados.mty.itesm.mx/>

## ADMINISTRACIÓN Y POLÍTICA PÚBLICA

## Impactos de la Nueva Ley del Mercado de Valores en la Mediana y Pequeña Empresa

### Finanzas

Dra. Norma Alicia Hernández Perales  
normahernandez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6000, Ext. 6176

## Democracia y Estado de Derecho

### Derecho y Ciencia Política

Dr. Pedro Rubén Torres Estrada  
pedro.torres@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6303

## Administración Pública, Gobierno y Ciudadanos

Administración y política pública  
Dr. Freddy Ramón Mariñez Navarro  
fmariñez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6357

## Política Económica

Dr. Bernardo González-Aréchiga  
bgarechiga@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6301

## Instituciones y Prácticas de las Democracias Contemporáneas

### Ciencia Política

Dr. Jesús Cantú Escalante,  
Dr. José Fabián Ruiz Valerio  
jce@itesm.mx, jfrv@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300, Ext. 6314, 6315

## Estudios de Prospectiva Estratégica

### Inteligencia Estratégica

Ing. Jorge E. Tello Peón  
jorgetello@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300

Dr. Mario Villarreal Díaz  
mariovillarreal@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.8300

## Regionalización y Nuevos Actores Internacionales

### Derecho y Ciencia Política

Dr. Zidane Zeraoui El Awad  
zaraoui@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.1400, Ext. 4574

## BIOTECNOLOGÍA

### Alimentos y Fármacos

### Bioprocesos

Dr. Sergio Román Othón Serna Saldivar  
S5erna@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.3000, Ext. 4820

## Bioingeniería y Nanobiopartículas

### Bioingeniería

Dr. Marco Antonio Rito Palomares  
mrito@itesm.mx  
Tel.: (81) 8328.4132

## Biofármacos e Ingeniería Farmacéutica y Biofarmacéutica

### Biocología farmacéutica

Dr. Mario Moisés Álvarez  
mario.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8328.4132

## SALUD

### Terapia Celular

### Medicina

Dr. Jorge Eugenio Moreno Cuevas  
jemoreno@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.1400, Ext. 206

## BioMEMS

### Bioingeniería

Dr. Sergio Ornar Martínez Chapa  
smart@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5444

## Dispositivos Biomédicos

### Ingeniería médica

Dr. Jorge Armando Cortés Ramírez. Dr. Lucio Florez Calderón  
jcortes@itesm.mx, florez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8353.2000, Ext. 5116, 4681

## Hematología y Cáncer

### Medicina

Dr. José Rafael Borbolla Escobedo  
borbolla@itesm.mx  
Tel.: (81) 8333.1121 -

## Cardiología y Medicina Vascular

### Medicina

Dr. Guillermo Torre Amione  
gtorre@tmhs.org

## COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL Y MODELOS DE GESTIÓN

### Cadera de Suministro

### Calidad y Productividad

Dr. José Luis González Velarde  
gonzalez.velarde@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5111

## Competitividad Internacional

### Competitividad y desarrollo internacional

Dr. Luis García-Calderón Díaz  
luis.garcia.calderon@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6000, Ext. 6182

## Glocalización: Integración del Consumidor Latinoamericano en un Medio Ambiente Global

### Mercadotecnia

Dra. Raquel Minerva Castaño González  
rcastano@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4495

## Creación de la Riqueza a través de la Innovación, la Tecnología y el Conocimiento

### Innovación, tecnología y conocimiento

Dr. Carlos Scheel Mayenberger  
cscheel@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6174

## DESARROLLOSOCIAL

### Demografía y Política Social

### Sociología

Dr. Héctor Rodríguez Ramírez  
hrr@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 3985

## Desarrollo Social y Globalización

### Ciencias Sociales

Dr. Ignacio Irazuzta Di Chiara  
ignacio.irazuzta@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000

## Empresa Familiar

Dra. Rosa Nelly Treviño Rodríguez  
rosa.nelly.trevino@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4340, 4341

## Desarrollo Económico y Social

Dr. Jorge Ibarra Salazar  
jaibarra@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4306

## DESARROLLO REGIONAL

### Economía de la Frontera Norte de México

### Economía

Dr. Ismael Aguilar Barajas  
iaaguilar@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4306

## Oportunidades Estratégicas para el Desarrollo

### Ciencias Sociales. Economía y Política pública

Dr. Héctor Moreira Rodríguez  
hmoreira@itesm.mx,  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 2560

## Administración del Conocimiento

### Sistemas del Conocimiento

Dr. Francisco Javier Carrillo Gamboa  
fcarrillo@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5202

## HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

### Medios de Comunicación

### Comunicación

Dr. José Carlos Lozano Rendón  
jclozano@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4558

## Memoria, Literatura y Discurso

### Historia y análisis del discurso

Dra. Blanca Guadalupe López Morales  
blopez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4605

## Literatura Latinoamericana Contemporánea

### Literatura Contemporánea

Dr. Pol Popovic Karic  
pol.popovic@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4668

## Ciencia y Cultura

### Estudios culturales y sociales de la ciencia

Dr. José Antonio Cervera  
j.a.cervera@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4563

## Ética de Negocios, Ética Ciudadana y Educación Moral

### Ética

Dra. Martha Eugenia Sañudo Velázquez  
msañudo@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 3890

## Ética, Persona y Desarrollo Moral

### Ética

Dr. Rafael de Gasperin Gasperin  
rgasperin@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000

## COMPETITIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONALIZACIÓN

### Estudios Europeos

Economía, desarrollo social, derecho internacional  
Dra. María de Lourdes Dieck Assad  
mldieck@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 2051

## INCUBACIÓN Y DESARROLLO EMPRENDEDOR

### Desarrollo de Negocios de Base Tecnológica

### Ciclo de vida de productos

Dra. Elisa Cobas Flores  
ecobas@itesm.mx  
Tel.: (81) 8625.6000, Ext. 6167

## INFRAESTRUCTURA URBANA Y USO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES

## Desarrollo e innovación de Procesos y Tecnología de Vivienda

### Vivienda

Dr. Francisco Santiago Yeomans Reyna  
fyeomans@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5370

## Energía Solar

### Energía

Dr. Alejandro Javier García Cuéllar  
ajgarcia@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5430

## Regeneración y Desarrollo Sustentable de la Ciudad

### Arquitectura y urbanismo

Arq. Rena Porsen Overgaard  
rporsen@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358-2000, Ext. 5406

## Calidad del Aire

### Medio ambiente

Dr. Gerardo Manuel Mejía Velázquez  
gmejia@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5019

## Uso Sustentable del Agua

### Uso y manejo del agua

Dr. Jürgen Mahlknecht  
jurgem@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5561

# DIRECTORIO DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN

## Energía Eólica

Ingeniería energética  
Dr. Oliver Matthias Probst  
oprobst@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4631

## INNOVACIÓN EN LA EDUCACIÓN

### Creatividad, Inventiva e Innovación en Ingeniería

Innovación en ingeniería  
Dr. Noel León Rovira  
noel.leon@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5128

### Enseñanza de la Física

Física  
Dr. Genaro Zavala Enríquez  
genaro.zavala@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4631

### Enseñanza de las Matemáticas

Matemáticas  
Ing. Tomás Sánchez Cabrieles  
tsanchez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4524

### Innovación en Tecnología y Educación

Educación a distancia  
Dra. María Soledad Ramírez Montoya  
solramirez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 6623

### Las Escuelas como Organismo de Conocimiento

Dr. Eduardo Flores Kastanis  
efloresk@itesm.mx  
Tel.: 439500, ext 3636

## MECATRÓNICA

### Desarrollo de Productos para Mercados Emergentes

Diseño de Ingeniería  
Dr. Arturo Molina Gutiérrez  
armolina@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 2525

### Ingeniería Automotriz

Autotrónica  
Dr. Ricardo Ambrocio Ramírez Mendoza  
ricardo.ramirez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5487

### Máquinas Inteligentes

Manufactura y servicios  
Dr. Ciro Ángel Rodríguez González  
ciro.rodriguez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5126

### Navegación de Vehículos Autónomos

Robótica  
Dr. José Luis Gordillo Moscoso  
jlgordillo@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5140

## NANOTECNOLOGÍA

### Láseres y Propagación

Óptica  
Dr. Julio César Gutiérrez Vega  
juliocesar@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4641

### Nanomateriales

Materiales nanoestructurados  
Dr. Marcelo Fernando Videva Vargas  
mvideva@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4513

### Nanoelectrónica

Ingeniería electrónica de materiales nanoestructurados  
Dr. Velumani Subramaniam  
velu@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4630

## Nanotecnología y Materiales

Ingeniería  
Dr. Alex Elias Zúñiga  
aelias@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5430

## TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y ELECTRÓNICA

### Biométricas y Protocolos Seguros para Internet

Ciberseguridad  
Dr. Juan Arturo Nolasco Flores  
jnolasco@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4536-114

### Optimización Evolutiva

Logística  
Dr. Manuel Valenzuela Rendón  
valenzuela@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5144

### Organización y Acceso de Información en Internet

Motores de búsqueda  
Dr. José Ignacio Icaza Acerato  
jicaza@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4652

### Sistemas Multiagente

Tecnologías de conocimiento  
Dr. Ramón Felipe Breña Pinero  
ramon.brena@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5134

### Redes Inalámbricas y Movilidad

Tecnologías inalámbricas  
Dr. David Muñoz Rodríguez,  
Dr. Juan Carlos Lavariega  
dmunoz@itesm.mx,  
lavariega@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5027, 5250

### Transmisión de Video

Telecomunicaciones  
Dr. Ramón Martín Rodríguez Dagnino  
rmrodrig@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5029

### Innovación en Comunicaciones Ópticas

Comunicaciones ópticas  
Dr. Gerardo Antonio Castañón Ávila  
gerardo.castanon@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4993

### MAYORES INFORMES:

<http://catedras.mty.itesm.mx/>

## ESCUELA DE INGENIERÍA

### DMTI

#### Centro de Electrónica y Telecomunicaciones (CET)

Dr. David Muñoz Rodríguez  
dmunoz@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5027

#### Centro de Sistemas del Conocimiento (CSC)

Dr. Francisco Javier Carrillo Gamboa  
fjcarri@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5202

#### Centro de Sistemas Inteligentes (CSI)

Dr. Rogelio Soto Rodríguez  
rsoto@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5130

#### Centro de Óptica (CO)

Dr. Julio César Gutiérrez Vega  
juliocesar@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4631

### DIA

#### Centro de Agronegocios (CA)

MA. José Gaitán Gámez  
jgaitan@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4810

#### Centro de Calidad Ambiental (CCA)

Dr. Porfirio Caballero Mata  
pcaballe@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5211

#### Centro de Calidad y Manufactura (CCM)

Dr. Jorge Limón Robles  
jorge.limon@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5161

#### Centro de Diseño y Construcción (CDC)

Dr. Enrique Cázares Rivera  
ecazares@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5370

#### Centro de Innovación en Diseño y Tecnología (CIDyT)

Dr. Ricardo Ramírez Mendoza  
ricardo.ramirez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5105

## ESCUELA DE GOBIERNO, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

### DHCS

#### Centro de Estudios en Norteamérica (CEN)

Dr. Víctor López Villafañe  
villafane@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.14.00, Ext. 4574

#### Centro de Investigación en Información y Comunicación (CINCO)

Dr. José Carlos Lozano Rendón  
jclozano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4558

#### Centro de Valores Éticos (CVE)

Lic. Juan Gerardo Garza  
juango@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4345

### EGAP

#### Centro de Estudios Estratégicos (CEE)

Dr. Bernardo González Aréchiga  
bgarechiga@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 86.25.83.00, Ext. 6301

#### Centro de Análisis y Evaluación de Política Pública (CAEP)

Lic. Julio Sesma Moreno  
jsesma@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 3916

#### Centro de Desarrollo Metropolitano (CEDEM)

Lic. Sandrine Molinard  
smoliriard@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 3902

#### Centro de Desarrollo Regional y Nacional (CEDERENA)

Dr. Héctor Rodríguez Ramírez  
hrr@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 3585

## ESCUELA DE BIOTECNOLOGÍA Y SALUD

### DICS

#### Centro de Innovación y Transferencia en Salud (CITES)

Dr. Martín Hernández Torre.  
mhernand@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 88.88.20.00, Ext. 8304

#### Centro de Biotecnología (CB)

Dr. Mario Moisés Álvarez  
mario.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5061

### MAYORES INFORMES:

<http://inve5tigaciory.mty.itesm.mx/>

## Distinguido lector:

Si usted desea continuar recibiendo la revista *Transferencia* de manera gratuita, le pedimos por favor nos lo confirme ingresando sus datos en la siguiente dirección electrónica:

<http://transferencia.mty.itesm.mx/encuesta>

De esta manera, el sistema de envío asegurará su suscripción.

¡Muchísimas gracias!

# DIRECTORIO DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN

## Energía Eólica

Ingeniería energética  
Dr. Oliver Matthias Probst  
oprobst@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4631

## INNOVACIÓN EN LA EDUCACIÓN

### Creatividad, Inventiva e Innovación en Ingeniería

Innovación en ingeniería  
Dr. Noel León Rovira  
noel.leon@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5128

### Enseñanza de la Física

Física  
Dr. Genaro Zavala Enríquez  
genaro.zavala@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4631

### Enseñanza de las Matemáticas

Matemáticas  
Ing. Tomás Sánchez Cabrieles  
tsanchez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4524

### Innovación en Tecnología y Educación

Educación a distancia  
Dra. María Soledad Ramírez Montoya  
solramirez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 6623

### Las Escuelas como Organismo de Conocimiento

Dr. Eduardo Flores Kastanis  
efloresk@itesm.mx  
Tel.: 439500, ext 3636

## MECATRÓNICA

### Desarrollo de Productos para Mercados Emergentes

Diseño de Ingeniería  
Dr. Arturo Molina Gutiérrez  
armolina@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 2525

### Ingeniería Automotriz

Autotrónica  
Dr. Ricardo Ambrocio Ramírez Mendoza  
ricardo.ramirez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5487

### Máquinas Inteligentes

Manufactura y servicios  
Dr. Ciro Ángel Rodríguez González  
ciro.rodriguez@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5126

### Navegación de Vehículos Autónomos

Robótica  
Dr. José Luis Gordillo Moscoso  
jlgordillo@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5140

## NANOTECNOLOGÍA

### Láseres y Propagación

Óptica  
Dr. Julio César Gutiérrez Vega  
juliocesar@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4641

### Nanomateriales

Materiales nanoestructurados  
Dr. Marcelo Fernando Videá Vargas  
mvidea@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4513

### Nanoelectrónica

Ingeniería electrónica de materiales nanoestructurados  
Dr. Velumani Subramaniam  
velu@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4630

## Nanotecnología y Materiales

Ingeniería  
Dr. Alex Elias Zúñiga  
aelias@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5430

## TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y ELECTRÓNICA

### Biométricas y Protocolos Seguros para Internet

Ciberseguridad  
Dr. Juan Arturo Nolasco Flores  
jnolasco@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4536-114

### Optimización Evolutiva

Logística  
Dr. Manuel Valenzuela Rendón  
valenzuela@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5144

### Organización y Acceso de Información en Internet

Motores de búsqueda  
Dr. José Ignacio Icaza Acerato  
jicaza@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4652

### Sistemas Multiagente

Tecnologías de conocimiento  
Dr. Ramón Felipe Breña Pinero  
ramon.brena@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5134

### Redes Inalámbricas y Movilidad

Tecnologías inalámbricas  
Dr. David Muñoz Rodríguez,  
Dr. Juan Carlos Lavariega  
dmunoz@itesm.mx,  
lavariega@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5027, 5250

### Transmisión de Video

Telecomunicaciones  
Dr. Ramón Martín Rodríguez Dagnino  
rmrodrig@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 5029

### Innovación en Comunicaciones Ópticas

Comunicaciones ópticas  
Dr. Gerardo Antonio Castañón Ávila  
gerardo.castanon@itesm.mx  
Tel.: (81) 8358.2000, Ext. 4993

### MAYORES INFORMES:

<http://catedras.mty.itesm.mx/>

## ESCUELA DE INGENIERÍA

### DMTI

#### Centro de Electrónica y Telecomunicaciones (CET)

Dr. David Muñoz Rodríguez  
dmunoz@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5027

#### Centro de Sistemas del Conocimiento (CSC)

Dr. Francisco Javier Carrillo Gamboa  
fjcarri@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5202

#### Centro de Sistemas Inteligentes (CSI)

Dr. Rogelio Soto Rodríguez  
rsoto@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5130

#### Centro de Óptica (CO)

Dr. Julio César Gutiérrez Vega  
juliocesar@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4631

### DIA

#### Centro de Agronegocios (CA)

MA. José Gaitán Gámez  
jgaitan@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4810

#### Centro de Calidad Ambiental (CCA)

Dr. Porfirio Caballero Mata  
pcaballe@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5211

#### Centro de Calidad y Manufactura (CCM)

Dr. Jorge Limón Robles  
jorge.limon@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5161

#### Centro de Diseño y Construcción (CDC)

Dr. Enrique Cázares Rivera  
ecazares@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5370

#### Centro de Innovación en Diseño y Tecnología (CIDyT)

Dr. Ricardo Ramírez Mendoza  
ricardo.ramirez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5105

## ESCUELA DE GOBIERNO, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

### DHCS

#### Centro de Estudios en Norteamérica (CEN)

Dr. Víctor López Villafañe  
villafane@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.14.00, Ext. 4574

#### Centro de Investigación en Información y Comunicación (CINCO)

Dr. José Carlos Lozano Rendón  
jclozano@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4558

#### Centro de Valores Éticos (CVE)

Lic. Juan Gerardo Garza  
juango@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 4345

### EGAP

#### Centro de Estudios Estratégicos (CEE)

Dr. Bernardo González Aréchiga  
bgarechiga@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 86.25.83.00, Ext. 6301

#### Centro de Análisis y Evaluación de Política Pública (CAEP)

Lic. Julio Sesma Moreno  
jsesma@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 3916

#### Centro de Desarrollo Metropolitano (CEDEM)

Lic. Sandrine Molinard  
smoliriard@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 3902

#### Centro de Desarrollo Regional y Nacional (CEDERENA)

Dr. Héctor Rodríguez Ramírez  
hrr@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 3585

## ESCUELA DE BIOTECNOLOGÍA Y SALUD

### DICS

#### Centro de Innovación y Transferencia en Salud (CITES)

Dr. Martín Hernández Torre.  
mhernand@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 88.88.20.00, Ext. 8304

#### Centro de Biotecnología (CB)

Dr. Mario Moisés Álvarez  
mario.alvarez@itesm.mx  
Tel.: (01-81) 83.58.20.00, Ext. 5061

### MAYORES INFORMES:

<http://inve5tigacioni.mty.itesm.mx/>

## Distinguido lector:

Si usted desea continuar recibiendo la revista *Transferencia* de manera gratuita, le pedimos por favor nos lo confirme ingresando sus datos en la siguiente dirección electrónica:

<http://transferencia.mty.itesm.mx/encuesta>

De esta manera, el sistema de envío asegurará su suscripción.

¡Muchísimas gracias!





**OBJETIVOS.** Formar investigadores independientes, con capacidades, conocimientos y habilidades para identificar oportunidades, desarrollar, dirigir y difundir proyectos originales de investigación en el estado de arte dentro de cada una de las especialidades que integran el programa.

**ÁREAS DE ESPECIALIDAD O CAMPOS DEL CONOCIMIENTO**

El Doctorado en Ciencias de Ingeniería tiene seis áreas de especialidad en donde sus investigadores y alumnos desarrollan investigación aplicada de vanguardia y participan en proyectos con industrias y universidades nacionales o internacionales con las que el Tecnológico de Monterrey tiene colaboración. Estas áreas de especialidad coinciden con los campos del conocimiento que el Tecnológico de Monterrey ha considerado estratégicos y que, por tanto, concentran una importante cantidad de recursos de infraestructura, equipamiento y talento:

- **Biotechnología:** Ingeniería Bioquímica, Biotecnología de Alimentos, Biotecnología Farmacéutica.
- **Nanotecnología y Materiales:** Nuevos materiales, superficies catalíticas y nanopartículas.
- **Mecatrónica:** Automatización, Mecánica y Electrónica.
- **Ingeniería Civil:** Estructuras, Administración de la construcción, Edificación y vivienda.
- **Ingeniería Industrial:** Investigación de Operaciones.
- **Sistemas Ambientales:** Medio Ambiente y Procesos Ecoeficientes.

**CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS**

- Esquemas atractivos de becas.
- Plan de estudios diseñado para cubrirse en un periodo de cuatro años y medio.
- Oportunidad de ingresar sin estudios previos de posgrado.
- Planta académica con una producción de más de 100 artículos arbitrados, 4 libros, 3 patentes y más de 200 participaciones en Foros internacionales, en los últimos 3 años.
- Generación de más de 70 productos de investigación con sus alumnos.
- El alumno admitido formaliza su incorporación a un grupo de investigación.
- Estancias de 6 a 18 meses en un centro de investigación o universidad de prestigio, fuera del Tecnológico de Monterrey.
- Convenios de colaboración para intercambio de alumnos y desarrollo de investigaciones con instituciones y universidades nacionales e internacionales.
- Doce Cátedras de investigación asociadas al Doctorado: Agua, Autotrónica, Bioingeniería, Biotecnología y Bioprocesos, Calidad del aire, Construcción, Energía, Ingeniería industrial, Innovación en ingeniería, Máquinas inteligentes, Nanotecnología y materiales avanzados y Servicios naturales.
- Cada área de especialidad cuenta con laboratorios e infraestructura de primer nivel.
- Planta académica con reconocimiento nacional e internacional. Profesores miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

**BECAS**

El Tecnológico de Monterrey cuenta con las siguientes opciones de becas.

- Beca Doctoral: Beca que cubre hasta el 90% de la colegiatura. Al obtener el grado académico, el crédito es condonado.
- Programa de Asistente de Docencia y Becarios de Investigación Doctorales: Se realizan prácticas en algún centro o departamento académico y se recibe un porcentaje de beca para estudios doctorales.

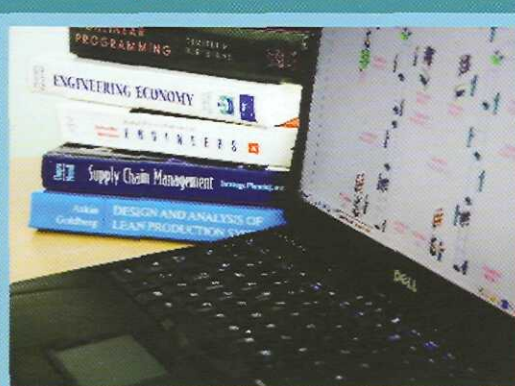
**Externos:**

- Fondo para el Desarrollo de Recursos Humanos (FIDERH): Becas de colegiatura y/o manutención.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

**Acreditado por el CONACYT  
en el Padrón Nacional de Posgrado (PNP)**

Oficina de Becas y Créditos de Posgrado  
Campus Monterrey Aulas V-CB oficina 101-I 1er piso.  
Tel/fax: (81)158-20-50 y 8358-2000, ext. 5017.  
Correo electrónico: [becasposgrado.mty@itesm.mx](mailto:becasposgrado.mty@itesm.mx)

**doctorados.mty.itesm.mx**



**Doctorado en Ciencias de Ingeniería (DCI)**

Dr. Mario Moisés Álvarez  
[mario.alvarez@itesm.mx](mailto:mario.alvarez@itesm.mx)  
Tel. (81) 8328 4131  
Eugenio Garza Sada 2501  
C.P.64849, Monterrey, N. L., México

Dr. Federico A. Viramontes Brown  
[f.viramontes@itesm.mx](mailto:f.viramontes@itesm.mx)  
Tel. (81) 8358 2000 ext. 4800

**Generamos** conocimiento científico e innovación para contribuir al desarrollo humano y bienestar social.



TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®

## Estudia un doctorado.

- Ciencias de Ingeniería
- Tecnologías de Información y Comunicaciones
- Filosofía en Administración
- Estudios Humanísticos
- Política Pública
- Innovación Educativa

T: +52 81 8158-2269 y 8155-2540 | [doctorados.mty@itesm.mx](mailto:doctorados.mty@itesm.mx)

[doctorados.mty.itesm.mx](http://doctorados.mty.itesm.mx)