

## Ingeniería en Mecatrónica en la UTM

### Definición de Mecatrónica

La Mecatrónica es una disciplina emergente. La palabra Mecatrónica se compone de Mecánica, Electrónica e Informática, siendo ya su uso en el nivel internacional (**MECÁNICA + elecTRÓN + informÁTICA**).

En un principio, se definió como la integración de la mecánica, la electrónica e informática en una máquina, proceso o producto, pero luego se consolidó como una especialidad de la ingeniería que integra de manera sinérgica **la ingeniería mecánica, la electrónica, los sistemas computacionales, los desarrollos de la microelectrónica, la inteligencia artificial, la teoría de control y la automatización** para proveernos de productos, procesos y sistemas inteligentes que mejoren sus cualidades y desempeño respecto a los demás.

La Mecatrónica es una ingeniería concurrente y paralela y con una nueva concepción de diseño, es decir, que implica que las etapas de los diferentes procesos de producción se realicen en forma simultánea.

### La carrera de ingeniería en mecatrónica en la UTM

Actualmente existe una población de alrededor de 185 estudiantes. Se espera que La primera generación egrese para el mes de julio del año 2010.

El programa de estudios actual tiene vigencia desde octubre de 2005 con clave **LIME050621**. El egresado en Ingeniería en Mecatrónica, será un profesionista con gran capacidad analítica, de reflexión, abstracción y de liderazgo. Estas capacidades le ayudarán a crear, innovar y adaptar tecnologías. Además de estar capacitado para crear empresas o incorporarse con alta competitividad a instituciones públicas y privadas donde se diseñe, innove o desarrolle tecnología emergente.

### Objetivo de la carrera

Formar profesionales con conocimientos prácticos y teóricos vanguardistas en las diversas áreas que la constituyen, capaces de diseñar, planificar, innovar y desarrollar nuevas tecnologías de **control y automatización de sistemas inteligentes** con una sólida base científica y tecnológica que contribuyan al desarrollo de satisfactores para la comunidad.

Los **sistemas inteligentes** realizados con Ingeniería Mecatrónica, están dotados de dispositivos electrónicos reprogramables que funcionan autónomamente en diferentes condiciones, hacen uso óptimo de los materiales y energía que consumen, los diseños son más estéticos y ergonómicos y tienen lo que se podría llamar una relación inteligente con el medio ambiente.

Actualmente, se necesita innovar en tecnologías y aprovechar los retos de la apertura para incorporar mayores desarrollos tecnológicos y aumentar la competitividad de las empresas.

### Planta de profesores investigadores altamente calificados

#### Dr. Orantes Molina Antonio

- Jefe De la Carrera
- Universidad INSA, Francia
- Perfil PROMEP
- Candidato SNI
- Línea principal de investigación : Supervisión de Procesos y Sistemas Inteligentes.

#### Dr. Linares Flores Jesús

- CINVESTAV, México, DF
- Perfil PROMEP
- Candidato SNI
- Línea principal de investigación : Control lineal y no lineal de sistemas electromecánicos.

#### **Dr. Miranda Luna Rosebet**

- Universidad de NANCY, Francia
- Perfil PROMEP
- Candidato SNI
- Línea principal de investigación : Procesamiento Digital de Imágenes

#### **Dr. Antonio García Alberto**

- ESIME, México, DF
- Perfil PROMEP
- Línea principal de investigación : Vibraciones Mecánicas

#### **M.C. Jorge Luis Barahona Avalos**

- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Perfil PROMEP
- Línea de investigación: Control y Automatización de Sistemas Mecatrónicos

## Proyecto de investigación del Cuerpo Académico automatización y control de sistemas mecatrónicos (UTMIX-CA-24).

### “Aplicaciones de convertidores electrónicos de potencia a Sistemas de energía alternativos”

Proyecto sometido a la convocatoria del CONACYT de la modalidad joven investigador (J2), 2009

#### Introducción

Este proyecto de investigación forma parte de las tendencias mundiales del desarrollo acelerado en materia de Energías Renovables, concretamente en lo que al aprovechamiento de las energías solar y eólica se refiere y por su enorme potencial en aplicaciones tecnológicas para la generación de energía eléctrica en forma alternativa. Éste tipo de sistemas de generación de energía eléctrica, constituyen una herramienta actual y moderna apropiada, que sin duda permitirán realizar trabajos de investigación de la más alta calidad y así colocar a México a la vanguardia en esta área.

Los sistemas fotovoltaicos son actualmente viables para sitios alejados de las redes eléctricas y aplicables en electrificación y telefonía rural (como es el caso de los distritos de Huajuapán de León y Santiago Juxtlahuaca, con 95 % de días soleados al año), bombeo de agua y protección catódica, entre otros usos. Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 7,000 dólares por Kw.

instalado y de 0.25 a 0.5 dólares por Kwh. generado.

En cuanto a la utilización de la energía eólica en México, alrededor de 1997 la turbina promedio era de 600 a 750 Kw. Para el 2005 ya existían en el mercado a nivel comercial turbinas con capacidades entre 2 y 3 MW, así como prototipos de hasta 6 MW. El diámetro alcanzó los 80 metros en 2000, hoy llega a los 120 metros. En el 2004 se tenían instalados 3 MW; 2 MW en la zona sur-sureste y 1 MW en la zona noreste, con los que se generaron 6 GWh de electricidad. Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca (como la Mixteca) hay zonas con velocidades del viento medidas a 50m de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, y otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW. De acuerdo con CFE, los montos de la inversión para estos sistemas son de 1,400 USD/Kw., con un costo de generación de 4.34 centavos de dólar por Kwh. (USD/Kwh.) y se estima que para el 2020 sean menores a los 3¢ de USD por Kwh.

Comercialmente existen sistemas de generación de energía alternativa, como el sistema de energía eólica de 10 KW de potencia Bergey Excel Turbine del fabricante Innovative Solar Technologies Inc., cuyo costo es cercano a los USD \$39500.00; o el sistema fotovoltaico Remote Maxx de 1200 W del fabricante anterior y cuyo costo se aproxima a los USD \$25000. Una característica común de estos sistemas comerciales es que son de arquitectura cerrada no permitiendo así realizar mediciones de señales importantes de los mismos y las cuales son de utilidad con fines de investigación científica, para indagar, por ejemplo, los efectos que se producen al combinar diferentes topologías de convertidores electrónicos de potencia con sistemas fotovoltaicos y eólicos.

Nosotros proponemos construir sistemas con características similares a los mencionados con anterioridad pero con la característica de ser plataformas científicas experimentales apropiadas para el estudio de los diversos fenómenos que ocurren en dicho tipo de sistemas y que tradicionalmente no son considerados en el diseño, como el uso eficiente de la energía generada. Adicionalmente, se emplearán técnicas de control que aún no han sido probadas en este tipo de dispositivos, toda vez que la mayoría de resultados reportados al respecto sólo consideran combinaciones de convertidores tradicionales con cargas estáticas y no con topologías de conversión de

la energía recientes y con cargas dinámicas como lo son los sistemas fotovoltaicos y eólicos.

## Objetivos Generales

- Investigar los efectos producidos por el uso de convertidores electrónicos de potencia en sistemas de energía alternativa fotovoltaica y/o eólica (ver Fig. 1 y Fig. 2).
- Diseñar nuevos algoritmos de control lineal y no lineal basados en modelos matemáticos en forma promedio combinados (convertidor – sistema de energía) para minimizar pérdidas de potencia y en general mejorar su eficiencia, desarrollando y aplicando nuevas metodologías y herramientas de clasificación para el diagnóstico de fallas de un sistema de energía alternativa.
- Construir plataformas experimentales para propósitos de investigación científica en sistemas fotovoltaicos y/o sistemas eólicos de generación de energía eléctrica (ver Fig. 1 y Fig. 2).
- Formar al menos 3 estudiantes de Maestría y 1 de Doctorado en Ciencias de la Electrónica así como contribuir con más y mejores herramientas para el desarrollo de los trabajos de Maestría y Doctorado.

## Grupo de trabajo del proyecto del Cuerpo Académico de Mecatrónica en la UTM

### Instituciones Participantes

- Universidad Tecnológica de la Mixteca

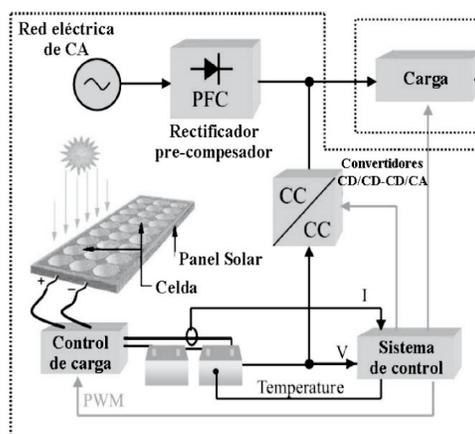


Fig. 1 plataforma experimental propuesta con base en un sistema fotovoltaico.

- Ilmenau University of Technology (Germany)
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de •
- Monterrey (Campus Guadalajara)
- Universidad de las Américas, Puebla
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

### Integrantes:

#### Dr. Jesús Linares Flores

**Tipo de Participación:** Responsable Técnico

**Institución:** Universidad Tecnológica de la Mixteca

**Colaboración:** Modelado, diseño, construcción y control de las diferentes topologías de convertidores electrónicos de potencia a ser aplicados en los sistemas de energía alternativa (Solar y Eólica).

#### M. C. Jorge Luis Barahona Avalos

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador

**Institución:** Universidad Tecnológica de la Mixteca

**Colaboración:** Modelado, diseño, control y construcción de las diferentes topologías de convertidores electrónicos de potencia a ser aplicados en los sistemas de energía alternativa (Solar y Eólica).

#### Dr. Antonio Orantes Molina

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador

**Institución:** Universidad Tecnológica de la Mixteca

**Colaboración:** Diseño y desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico y supervisión para la detección de fallas y diseño de control tolerante a fallos para los 2 sistemas de energía alternativa.

#### M. C. Pablo Arturo Sandoval García

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador

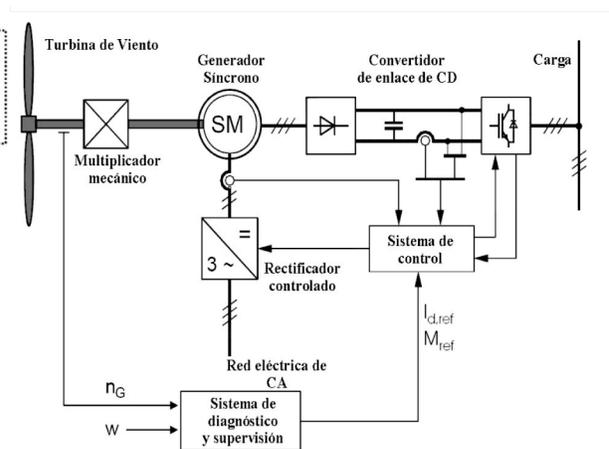


Fig. 2 plataforma experimental propuesta con base en un sistema eólico.

**Institución:** Universidad Tecnológica de la Mixteca  
**Colaboración:** Modelado y simulación de los sistemas fotovoltaicos y termoeléctricos.

**Enrique Espinosa Justo**

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador  
**Institución:** Universidad Tecnológica de la Mixteca  
**Colaboración:** Modelado y Control lineal y no lineal de los convertidores electrónicos de potencia.

**Dr. Johann Reger**

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador  
**Institución:** Ilmenau University of Technology (Germany)  
**Colaboración:** Modelado y Control lineal y no lineal de los convertidores electrónicos de potencia.

**Dr. Francisco Beltrán Carbajal**

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador  
**Institución:** ITESM (Campus Guadalajara)  
**Colaboración:** Diseño mecánico y control del sistema experimental de energía eólica.

**Dr. Pedro Bañuelos Sánchez**

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador  
**Institución:** Universidad de las Américas Puebla  
**Colaboración:** Diseño y control del sistema fotovoltaico (solar) así como el diseño mecánico del sistema de energía eólico.

**Dr. Gerardo Mino Aguilar**

**Tipo de Participación:** Investigador Colaborador  
**Institución:** Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**Colaboración:** Diseño de convertidores de potencia para los dos sistemas experimentales a diseñar.

## Publicaciones recientes de la planta académica

1. **Antonio-García, Alberto, Linares-Flores, Jesús, Miranda-Luna, Rosebet,** “Velocidad Umbral de Estabilidad y Frecuencia de Vibración en un Sistema Rotor-Chumaceras con Desalineamiento”, Memorias del 14 Congreso Internacional Anual de la Somim 17 al 19 de Septiembre, 2008 Puebla, México
2. **Miranda-Luna, R.; Daul, C.; Blondel, W.C.P.M.; Hernandez-Mier, Y.; Wolf, D.; Guillemin, F.,** “Mosaicing of Bladder Endoscopic Image Sequences: Distortion Calibration and Registration”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering,

Volume 55, Issue 2, Feb. 2008, pp 541-553.

3. **J. Linares-Flores,** H. Sira-Ramírez, J. Reger, S. Hernández-Marcial, “A Boost Unity Power Factor Pre-compensator”, 39th IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC2008), Island of Rhodes, Greece, June 15-19, 2008, pp. 3623-3627.
4. **J. Linares-Flores,** J.J. Vázquez-Sanjuan, E. Yescas-Mendoza, “Control de corriente por modos deslizantes del convertidor cd/cd Buck-Boost”, Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI), Cartagena, España, 2008.
5. **J. Barahona,** et al, *Modelado dinámico e identificación de un sistema subactuado: el péndulo con rueda inercial*, Sexto Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico (CIINDET), Cuernavaca, Morelos., Octubre del 2008.
6. **J. Linares-Flores,** J. Reger and H. Sira-Ramirez, “Load Torque Estimation and Passivity-based Control of a Boost-Converter/DC-Motor Combination”, IEEE Transaction on control system technology, 2008 (en revision).
7. **J. Linares-Flores, J.L Barahona-Avalos,** C. A. Bautista Espinoza, “Controlador Basado en Pasividad y Estimación Algebraica en Línea del Parámetro de Carga del Convertidor de Potencia CD-CD Tipo Cuk”, IEEE Latin America Transactions, 2008. (en revisión)
8. **J. Linares-Flores, A. Antonio García, A. Orantes Molina,** “Arranque suave de un motor de cd mediante un convertidor de topología reductora”, Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología, Universidad Autónoma de México (UNAM), 2008. (en revisión).
9. **Enrique Guzman, Oleksiy Pogrebnyak and Antonio Orantes** “Theoretical exposition to apply the LAMDA Methodology to Vector Quantization for Image Compression” CIC 2008 paper 321 – poster.
10. **C.Isaza, A. Orantes Molina, T. Kempowsky, and M.V. Le Lann.** “Contribution of fuzzy classification for the diagnosis of complex systems”, SAFE PROCESS 2009.

## Tesis en dirección

**Control de Velocidad y par de un servomecanismo multi-variable mediante la técnica de planitud diferencial.**

Tesista: Rabí Villalobos López  
Carrera: Electrónica, UTM  
Director: Dr. Jesús Linares Flores.

**Control pasivo y estimación de carga en línea del convertidor CD/CD tipo Cuk**

Tesista: Carlos Alberto Bautista  
Carrera: Electrónica, UTM  
Director: Jesús Linares Flores.

**Sistema didáctico para la enseñanza de controladores lógicos programables**

Tesista: Ulises Eloy Villavicencio Díaz  
Carrera: Electrónica, UTM  
Director: M.C. Jorge Luis Barahona Avalos.

**Abstracción inteligente de señales dinámicas,**

Tesista: José Manuel Avila  
Maestría: Electrónica y Computación  
Director: A. Orantes Molina.

## Proyectos recientes realizados en la carrera

Proyectos finales de los estudiantes del grupo 508 dirigidos por el M.C. Jorge Luis Barahona Avalos en el semestre 2009-II.

### 1. Control de posición de un motor de cd

#### Resumen

Este trabajo, realizado por alumnos de quinto semestre de la carrera, consiste en el diseño y construcción de un prototipo mecánico para un sistema de control de posicionamiento angular del eje de un motor de DC. En él los alumnos tuvieron la oportunidad de aplicar

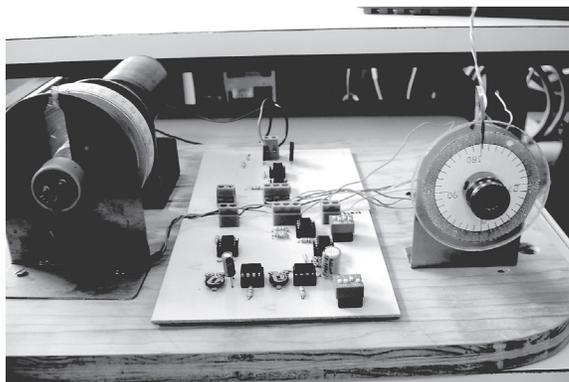


FIGURA 3. CONTROL DE POSICIÓN DE UN MOTOR DE CD

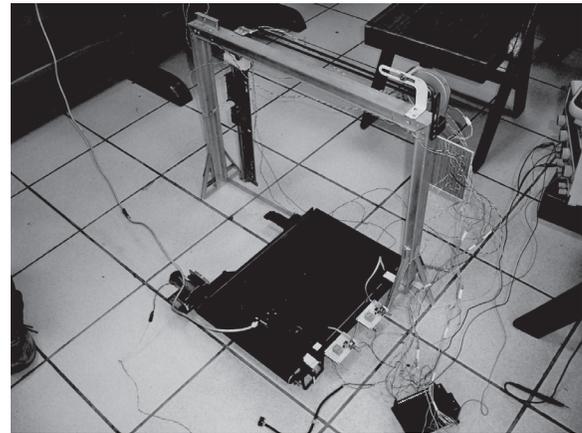


FIGURA 4 SISTEMA AUTOMATIZADO DE SELECCIÓN DE OBJETOS CON BANDA TRANSPORTADORA.

los conocimientos adquiridos en la asignatura de Teoría de Control. El problema fundamental de control consiste en aplicar controladores del tipo industrial (P, PI, PD y PID) para gobernar en forma adecuada el posicionamiento preciso del eje del motor (figura 3).

### 2. Sistema automatizado de selección de objetos con banda transportadora

#### Resumen

Este trabajo, realizado por alumnos de séptimo semestre, consiste en el diseño y construcción de un prototipo de sistema de selección de objetos que se trasladan sobre una banda transportadora. En él los alumnos de la asignatura de Diseño de Sistemas Mecatrónicos I, emplearon los conocimientos adquiridos relacionados con Controladores Lógicos Programables así como de procesamiento digital de imágenes para automatizar el sistema. La parte del control realizó con la ayuda de un PLC Siemens S7 200, además fue utilizada una cámara WEB, cuyas imágenes fueron procesadas por medio de MATLAB haciendo uso del puerto paralelo, la cámara ayudó a seleccionar las piezas deseadas y de esta forma tomar sólo las correctas de acuerdo a su tamaño (figura 4).<sup>1</sup>

**Orantes Molina Antonio**  
Jefe de la carrera