

# MECATRÓNICA. PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO

José Emilio Vargas Soto  
Departamento de Ingeniería Mecánica e Industrial  
ITESM Campus Querétaro  
Jesús Oviedo Avendaño No. 10, Parques Industriales, 76130 Querétaro, Qro.  
e-mail: jevargas@campus.qro.itesm.mx

## Resumen

Este trabajo muestra a través de diversas experiencias teórico-prácticas la forma en que la Mecatrónica nos ayuda a realizar diversas tareas de Investigación y Desarrollo Tecnológico. A través de una visión de integración interdisciplinaria se muestra una interesante cultura de diseño, implementación, fabricación, y control de sistemas mecatrónicos para resolver problemas complejos en diferentes actividades de los seres humanos. En este sentido, el trabajo muestra proyectos de Investigación y Desarrollo realizados en un 100 % y que actualmente se encuentra en una fase de aplicación industrial, como es el caso del robot caminante RIMHO. Así como proyectos que actualmente se encuentran en Investigación, como en el caso del Sistema de Telepresencia para controlar una Grúa. Se menciona también la experiencia de colaborar en la formación de los planes de estudio en la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, y Postgrado.

## Introducción

Mecatrónica, o más recientemente *Sistemas Mecatrónicos* se ha convertido en éstos últimos años en un área de interés en Universidades y Centros de Investigación en el mundo. El término Mechatronics se origina más o menos hace 15 años en Japón, como una palabra compuesta entre unión de las palabras: mecánica y electrónica. Su origen se remonta a la integración entre el Diseño Asistido por Computadora (CAD) y la Manufactura Auxiliada por Computadora (CAM) [1]. Más recientemente se han integrado conceptos de Integración computacional e Inteligencia Artificial. Una definición más apropiada es la siguiente: Mecatrónica es el acto de combinar el diseño y la fabricación de sistemas mecánicos, electrónicos y computacionales para crear productos o sistemas de producción inteligentes. En este sentido, Mecatrónica se ha descrito como una aproximación requerida de conocimientos y una nueva cultura para realizar la nueva generación de máquinas, robots y mecanismos inteligentes requeridos en nuevas aplicaciones de producción, así como en ambientes hostiles para los seres humanos.

## **Elementos Tecnológicos de los Sistemas Mecatrónicos**

Haciendo un esfuerzo por dividir los elementos que integran de forma general a los Sistemas Mecatrónicos. A continuación muestro una clasificación personal de lo que razonablemente podemos considerar como una clasificación de los elementos tecnológicos que integran a los sistemas mecatrónicos:

- Sistemas híbridos diseñados por computadora (electromecánicos y computacionales).
- Sistemas de manufactura asistidos por computadora.
- Sistemas de calidad asistidos por microcomputadoras.
- Sistemas sensoriales de visión.
- Sistemas sensoriales de no visión.
- Actuadores de aplicación específica.
- Sistemas de ensamble y manipulación.
- Mecanismos de precisión.
- Técnicas de integración sensorial.
- Sistemas inteligentes de control.
- Interfaces inteligentes (Máquina/Máquina y Hombre/Máquina).

Estas áreas colaboran conjuntamente para Investigar y Desarrollar productos o procesos complejos requeridos para satisfacer necesidades o mejorar algunas de las actividades que realizamos los seres humanos.

## **Proyectos de Investigación y Desarrollo**

### **Diseño y Realización de un Robot Caminante de Cuatro Patas**

Desde hace varias décadas se iniciaron las investigaciones sobre máquinas caminantes. Sin embargo, hasta hace algunos años se cuenta con una tecnología en condiciones de lograr la construcción de una máquina de éste tipo con posibilidades de éxito. En este sentido, en 1990 se inicio un proyecto de robótica avanzada en el Instituto de Automática Industrial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas del Gobierno Español donde el objetivo principal fue adquirir experiencia sobre el diseño y la realización de éste tipo de máquinas [2]. El proyecto se realizo en cuatro años con la participación de 12 personas. La experiencia adquirida en éste proyecto posibilito una confianza en diversos sectores industriales para apoyar proyectos de éste tipo. Actualmente, el RIMHO colabora en las instalaciones de Astilleros Españoles para dar mantenimiento a las estructuras de barcos.

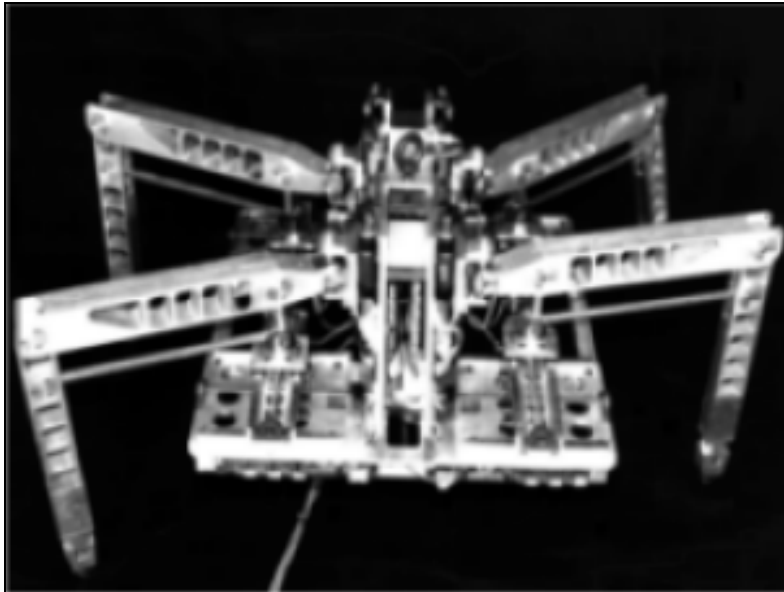


Fig. 1 Robot de Intervención en Medios Hostiles (RIMHO)

#### Sistema de Telepresencia para Controlar una Grúa

El uso de grúas en diversas aplicaciones que requieren desplazar objetos de considerable peso y dimensiones se ha popularizado desde hace varias décadas. Existen dos tipos de grúas: móviles y fijas. Las grúas móviles generalmente se encuentran montadas sobre vehículos pesados, lo que permite su transportación y ubicación en el sitio de trabajo con relativa facilidad. Por el contrario, las grúas fijas se construyen o se arman con el propósito de permanecer por un largo periodo de tiempo en el mismo lugar. El sistema de telepresencia que se encuentra bajo investigación, se diseñó para controlar una grúa fija. No obstante, las técnicas de teleoperación y control que se utilizan pueden ser modificadas con relativa facilidad para controlar otro tipo de máquinas (p.e.: un vehículo). En la mayoría de los casos, las grúas fijas son dirigidas por un operario ubicado en el mismo sitio de la grúa (control manual). Para una gran variedad de aplicaciones un sistema de este tipo resulta suficiente. Sin embargo, existen otras aplicaciones que presentan condiciones hostiles para los seres humanos, siendo en estos casos de suma importancia utilizar algún tipo de teleoperación. La característica que distingue a los sistemas de telepresencia, es que éstos están diseñados para lograr sensaciones en el operador, de forma que el operador *sienta* las condiciones de la máquina. Es decir, lograr una abstracción en el operador, de forma que éste tenga la sensación de encontrarse en el mismo sitio de la máquina. Desde éste punto de vista, un sistema de telepresencia es una alternativa interesante para desarrollar máquinas que puedan ser dirigidas de forma eficiente, segura y remota. Esta conceptualización [3] nos dirige a diseñar el sistema de telepresencia de forma tal que se brinde al operario de: a) imágenes gráficas de realidad virtual, para la telepresencia, y b) un control interactivo, para la teleoperación.

## **Desarrollo de un Plan Curricular en Mecatrónica**

El desarrollo de un plan Curricular en Ingeniería Mecatrónica es una ardua labor académica que se ha iniciado en México hace pocos años. Personalmente, considero que haber colaborado en la Universidad Nacional Autónoma de México y en la Universidad Anáhuac del Sur en los planes académicos de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica me da un conocimiento sobre ésta labor académica y el criterio para proponer algunos de los conocimientos fundamentales que espero sean considerados para incluirse en los nuevos planes de estudio en nuestras Universidades e Institutos de enseñanza.

- Fundamentos de la Mecatrónica.
- Diseño de productos mecatrónicos.
- Modelación de sistemas electromecánicos.
- Control de sistemas electromecánicos.
- Diseño de Software mecatrónico.
- Sensores y actuadores de aplicación específica.
- Análisis de datos.
- Procesamiento digital de señales.
- Procesamiento analógico de señales.
- Integración computacional.
- Instrumentación de sistemas mecatrónicos.
- Amplificadores de potencia.
- Gestión de proyectos mecatrónicos.

Detallar cada uno de estos conocimientos se sale del contexto de este trabajo. Sin embargo para el lector interesado se invita a contactar a la dirección electrónica que se muestra al principio de éste trabajo. Por otra parte, es importante mencionar que en estos momentos se están efectuando cambios importantes en algunos planes de estudio en las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey orientados a incluir estos conocimientos de forma integral en ambas licenciaturas.

### **Beneficios**

A medida que se vayan institucionalizando las asignaturas curriculares en los planes de estudio en las carreras de Ingeniería Mecatrónica en las Universidades del País. La formación interdisciplinaria y la experiencia teorico-práctica en el proceso de crear sistemas híbridos inteligentes lograra que los egresados sean capaces de diseñar y analizar sistemas mecatrónicos para resolver problemas específicos, o bien mejorar productos y/o procesos actuales de transformación. Cuando el estudiante ha tenido la experiencia de manejar una tecnología, se crean posibilidades de búsqueda para desarrollar una tecnología propia. La integración de la Mecatrónica con otras disciplinas es un beneficio adicional para que el

estudiante, ya que de ésta forma aprende a colaborar en grupo para resolver problemas específicos.

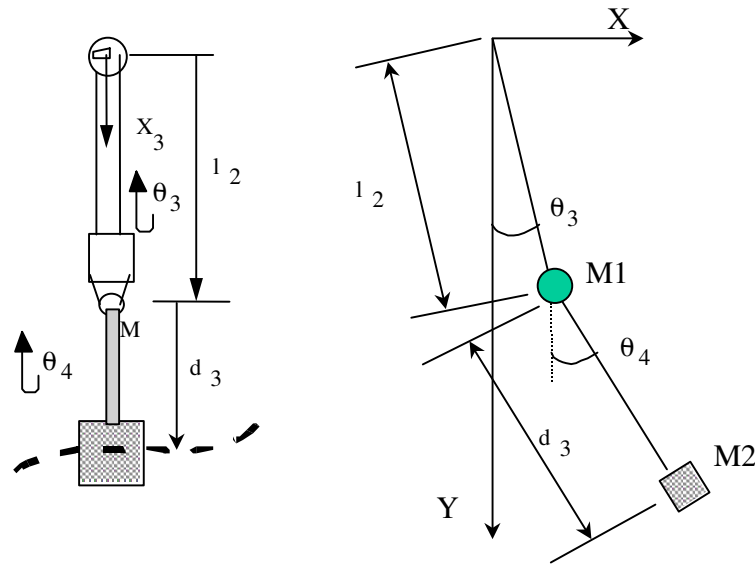
## Conclusiones

La difusión de una nueva forma de integrar los conocimientos que actualmente se imparten en las carreras de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Sistemas Computacionales para dar lugar a una nueva licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, nos ayudara a formar estudiantes en una disciplina especialmente importante para analizar y resolver problemas con una visión integral. En este sentido, se espera que la adopción de la Ingeniería Mecatrónica sea un proceso natural en los planes de Investigación y Desarrollo Tecnológico en nuestras Universidades e Institutos.

## Referencias

- [1] Hung V., "*Thinking Mechatronically*", *Mananing Automation*, pp. 44-45, February 1988.
- [2] Jiménez M. A., Vargas E., Armada M.A y González de Santos P., "*Diseño y Realización de un Robot Caminante de Cuatro Patas*", XIII Congreso Internacional de Automática y Control. pp. 200-205, Buenos Aires, Septiembre 1992.
- [3] Vargas E., "*Desarrollando un Sistema de Telepresencia para Controlar una Grúa*", III Congreso de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, Michoacán , Septiembre de 1997.

Modelación Lagrangiana en el plano X-Y para los dos últimos eslabones de la grúa.



Las posiciones de las masas  $m_1$  y  $m_2$  en el plano X-Y, están definidas por las expresiones:

$$\begin{aligned} x_1 &= l_2 \sin \theta_3 & x_2 &= l_2 \sin \theta_3 + d_3 \sin \theta_4 \\ y_1 &= l_2 \cos \theta_3 & y_2 &= l_2 \cos \theta_3 + d_3 \cos \theta_4 \end{aligned}$$

Donde, la energía cinética del sistema resulta:

$$T = \frac{m_1}{2} l_2^2 \dot{\theta}_3^2 + \frac{m_2}{2} \left[ l_2^2 \dot{\theta}_3^2 + d_3^2 \dot{\theta}_4^2 + l_2 d_3 \dot{\theta}_3 \dot{\theta}_4 \cos(\theta_3 + \theta_4) \right]$$

Y la energía potencial:

$$V = m_1 g (l_2 - l_2 \cos \theta_3) + m_2 \left[ (l_2 + d_3) - (l_2 \cos \theta_3 + d_3 \cos \theta_4) \right]$$

Efectuando las derivadas parciales con respecto a las coordenadas generalizadas y al tiempo. Las ecuaciones de movimiento resultan ser:

$$\begin{aligned} M_3 &= \left( 1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \ddot{\theta}_3 + \frac{d_3 \cos(\theta_3 + \theta_4)}{m_1 l_2} \ddot{\theta}_4 + \frac{d_3 \dot{\theta}_3 \dot{\theta}_4 \sin(\theta_3 + \theta_4)}{m_1 l_2} + \left( 1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \frac{g}{l_2} \sin \theta_3 \\ &+ \ddot{\theta}_4 + \frac{l_2}{m_2 d_3} \ddot{\theta}_3 \cos(\theta_3 + \theta_4) + \frac{l_2 \dot{\theta}_3 \dot{\theta}_4}{m_2 d_3} \sin(\theta_3 + \theta_4) + \frac{g}{d_3} \sin \theta_4 \end{aligned}$$