

# Prototipo Didáctico de un Proceso para la Enseñanza de la Mecatrónica

Rodríguez González Julio<sup>1</sup>, Santiago Cruz Samuel<sup>1</sup>, Mercado Aguilar Eduardo<sup>1</sup>, Ramírez Amador Raquel<sup>1</sup>, Xochipiltecatl Carreto Henry<sup>2</sup>, Julio Cesar Valdez Ahuatzí<sup>2</sup>

Universidad Tecnológica de Huejotzingo (1)  
Universidad Politécnica de Tlaxcala (2)

## Resumen

*El proceso de enseñanza-aprendizaje de la mecatrónica requiere de laboratorios equipados con entrenadores que integren los sistemas de control eléctricos, electrónicos, mecánicos y de software. Sin embargo, este tipo de laboratorios son extremadamente caros y es difícil que las instituciones educativas que inician esta especialidad puedan adquirir laboratorios completos de este tipo. Una solución viable a este problema es adquirir de forma individual estos sistemas y realizar proyectos de integración gradual a través de los cuerpos académicos y alumnos. El objetivo de este proyecto fue diseñar y construir un prototipo de un proceso didáctico que permita la integración gradual de los diferentes sistemas mecatrónicos para la realización de prácticas en laboratorio. La metodología usada fue: 1. Diseñar, simular y construir un proceso de envasado. 2. Elegir sensores (de proximidad) y actuadores (neumáticos) adecuados y colocarlos en el prototipo. 3. Diseñar, simular y realizar los sistemas de control con lógica cableada, analógico PID y con PLC. 4. Pruebas y puesta en marcha. Como Resultado de la construcción de este prototipo didáctico se han realizado prácticas de diseño de mecanismos, control de motores eléctricos, microcontroladores, instrumentación industrial, sistemas digitales, control eléctrico, programación de PLC y proyectos integradores para beneficio de los alumnos y de la institución.*

Palabras clave: Prototipo, didáctico, diseño, simulación y construcción.

## 1. Introducción

El término Mecatrónica fue introducido en 1969 por la compañía Japonesa Yasakawa Electric y fue creado para nombrar aquellos sistemas que contenían elementos mecánicos y eléctricos en su funcionalidad

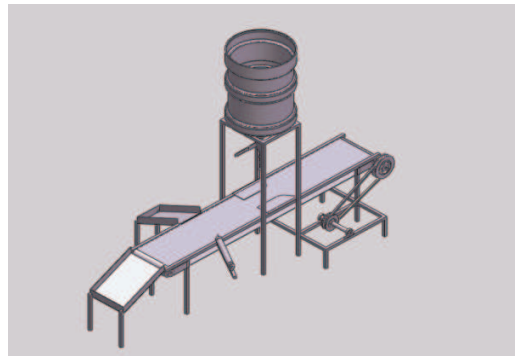
[1]. Al principio la parte de computación no estaba integrada. A finales de los años setenta, la Japan Society for the Promotion of Machine Industry (JSPMI) clasificó los productos mecatrónicos en las siguientes cuatro categorías. Clase I: Productos principalmente mecánicos con electrónica incorporada para su funcionamiento. Clase II: Sistemas mecánicos tradicionales con significativas actualizaciones de dispositivos internos incorporando electrónica. Clase III: Sistemas que mantienen su funcionalidad de los sistemas mecánicos tradicionales pero con mecanismos remplazados con Sistemas electrónicos. Clase IV: Productos diseñados con tecnología mecánica y eléctrica con Integración de forma sinérgica. Con base en lo anterior, se puede hacer referencia a la definición de mecatrónica propuesta por J.A. Rietdijk: [2]"Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos". Existen, claro está, otras versiones de esta definición, pero está claramente enfatizado que la mecatrónica está dirigida a las aplicaciones y al diseño. Sin embargo, cada país ha adoptado el término **Mecatrónica** de acuerdo con su nivel de desarrollo tecnológico. En nuestro país y en particular en las Universidades Tecnológicas y Politécnicas, es importante trabajar la mecatrónica integrando los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y de información con las máquinas y procesos industriales. Para esto se requiere de equipos de laboratorio con procesos industriales que integren estos sistemas con este propósito. Un ejemplo es el prototipo de un robot paralelo planar 5 R 2 g.d.l. [3]. Es precisamente esta característica lo que los hace triplicar los costos de adquisición, con respecto a equipos y materiales no integradores. Esto se debe a que las compañías que ofertan equipo didáctico tienen que integrar a sus gastos, además del equipo, el diseño y construcción del proceso, la integración y comunicación de los diferentes componentes, la programación y diseño de prácticas. Lo que se convierte en laboratorios

difíciles de conseguir por las instituciones que requieren estos equipos. Una solución viable es que los académicos y estudiantes diseñen y construyan prototipos de procesos industriales didácticos. Con los que se instrumenten lazos de control automáticos con equipos e instrumentos comprados de forma independiente. Reduciendo los costos de la integración, programación y diseño de prácticas de laboratorio. Así, el objetivo de este proyecto fue diseñar y construir un prototipo de un proceso didáctico que permita la integración gradual de los diferentes sistemas mecatrónicos para la realización de prácticas en laboratorio. Con este prototipo los estudiantes de la carrera de mecatrónica podrán realizar prácticas para la automatización y control del proceso con lógica cableada o con lógica programada y algoritmos PID. Además de verificar el diseño de mecanismos, suministro de energía neumática y eléctrica para los circuitos de fuerza y control, colocaciones de protecciones y calibración de sensores [4] y actuadores. Así, como la utilidad de manejar protocolos de comunicación entre controladores y alcanzar un mayor aprendizaje en el diseño, construcción, instrumentación y puesta en marcha del prototipo.

## 2. Materiales y métodos

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo y en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Tlaxcala de forma paralela pero independiente. Para el diseño del prototipo se utilizó una planta de soldar y equipo de torno y CNC. El software utilizado para diseño fue AutoCAD y simuladores como el Solidworks, el FluidSin y el Simulink. Los materiales mínimos utilizados en el proyecto son elementos para la automatización del proyecto y para la construcción del proceso didáctico. Para el primero tenemos: Dos pistones de doble efecto, dos electroválvulas 3/2 de vías, una válvula solenoide para líquidos, una válvula de paso de 1/2 pulgada, una unidad de mantenimiento, compresor de aire, un manómetro, manguera de 6x1 mm, seis sensores de proximidad inductivos o capacitivos, un sensor de temperatura (termopar o PT100) motor trifásico, variador de frecuencias, cable para conexión de sensores, fusibles, termo magnético, relevador de sobrecarga, bornes de conexión, dos botones pulsadores normalmente abiertos y dos normalmente cerrados, tres relevadores temporizados, un contador de eventos, ocho relevadores de control, un controlador PID, un PLC Ge-fanuc UDR005 o S7-222 y módulos de comunicación ASI y profibus o DiviceNET. Para el diseño y construcción del proceso didáctico se utilizó: Ángulo de hierro colado de 1

pulgada, soldadura eléctrica, poleas, banda de transferencia de potencia, rodamientos, banda transportadora, tornillería varios y tanque de agua y calefactor. Para el diseño del prototipo del proceso se llevaron a cabo los siguientes pasos: 1. Se realizó una investigación documental de los prototipos didácticos: Se analizaron los productos didácticos de compañías, como por ejemplo Festo Didactic. Para conocer los modelos comerciales y tener una referencia comercial y decidir el diseño de proceso didáctico que diera solución a los requerimientos de la carrera de mecatrónica. Se decidió en academia realizar el prototipo de un proceso de envasado y separado de recipientes. 2. Diseño y simulación del prototipo: Se realizaron los cálculos del diseño del prototipo y se simuló en solidword como se muestra el la figura 1.



**Figura1. Simulación del prototipo en solidword**

3. Construcción del prototipo: se realizó la construcción del prototipo cortando y soldando cada parte del proceso de acuerdo con el diseño y las especificaciones planteadas. Se colocaron los rodamientos, bandas y poleas. Se aplicó pintura y detallaron los terminados. 4. Instalación y calibración de sensores y actuadores como se puede ver en la figura 2 y 3: Se colocaron los sensores y actuadores según los requerimientos del proceso, se calibraron y se probaron para validar su funcionamiento. Se ajustó la banda de transmisión y se verificó el funcionamiento del motor trifásico. Se calibró la velocidad de la banda transportadora.



Figura 2. Instalación y calibración de sensores

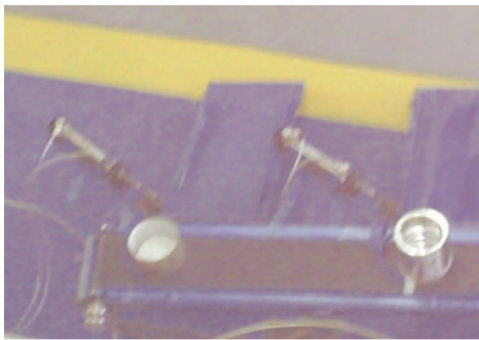


Figura 3. Instalación y calibración de actuadores

5. Diseño y simulación del control del proceso: Se realizó el diseño de los circuitos de fuerza y de control con lógica cableada y lógica programada bajo las normas DIN y ANSI como se puede ver en la figura 5.

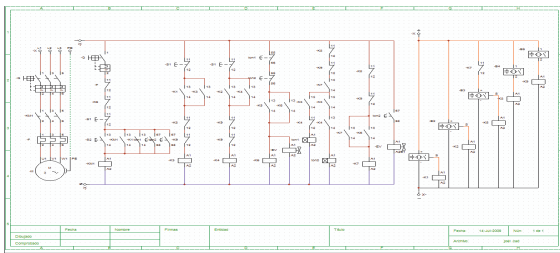


Figura 5. Diseño y simulación del control eléctrico

6. Realización del programa de control: se realizó el programa en lenguaje de escalera para el PLC Ge. Fancu CPU UDR005. En la figura 6 se muestra la ventana del editor de este PLC.

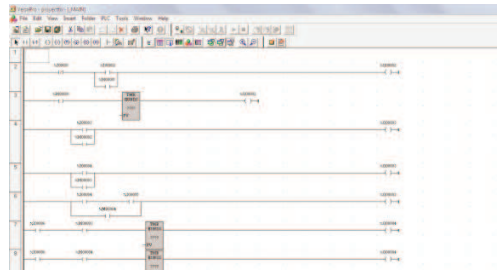


Figura 6. Ventana del editor del PLC Ge-Fanuc

7. Puesta en marcha y elaboración de prácticas: Finalmente se pone en marcha el prototipo, se corrigen fallas y realiza un manual de prácticas. Las variables más importantes que se pueden controlar en este prototipo son la temperatura del producto, flujo del producto, nivel del producto de almacenamiento y de llenado, además de la velocidad de la banda.

#### 4. Análisis de resultados

Como resultado de este proyecto se tiene un prototipo didáctico para la enseñanza de la mecatrónica, donde se pueden realizar prácticas aplicadas a la automatización y el control de sistemas mecatrónicos. Utilizar lógica cableada o programada, realizada con componentes eléctricos, microcontroladores o PLC. Se facilita integrar un sistema robótico que alimente el proceso para realizar el empaclado del producto. Además de funcionar como proyecto final integrador de sistemas mecánicos eléctricos y electrónicos. Una ventaja es que a medida que se compra equipo individual es factible realizar un nivel más alto de comunicación entre el controlador, sensores y actuadores. Operando protocolos de comunicación para buses de campo, por ejemplo el protocolo ASi, Profibus, Fieldbus Foundation, Devicenet etc. En la figura 7. Se muestra el prototipo.

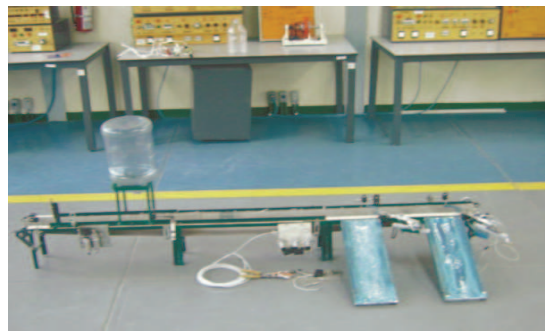


Figura 7. Prototipo terminado

## 5. Conclusiones

Podemos concluir que la realización de prototipos didácticos de procesos industriales, tiene gran importancia, ya que se pueden diseñar por la academia y los estudiantes. Los recursos se pueden adquirir de forma externa. Por ejemplo del PROMEP y/o por recursos internos de la institución. En el proceso de diseño y construcción se obtiene un alto aprendizaje y aplicación del conocimiento, lo que beneficia a la academia y a la preparación de los estudiantes.

Los sensores, actuadores y controladores pueden adquirirse de forma individual e intégralos al prototipo a medida que son requeridos. La academia y los estudiantes tienen la oportunidad de realizar la programación del prototipo y no es necesario que la compañía a la que se compra el equipo lo realice. Finalmente los prototipos didácticos pueden diseñarse a la medida de las necesidades del programa de las carreras de mecatrónica. De forma que, con adquisición de experiencia se mejoran los diseños y se implementan mas lazos de control, dando un paso adelante en la independencia de diseños extranjeros en cuanto a equipo didactico.

## Referencias

- [1] Isermann, R “*Mechatronics systems fundamentals*”, Ed. Springer, London, 2003
- [2] Rietdijk, J.A. "Ten propositions on mechatronics", en *Mechatronics in Products and Manufacturing Conference*, Lancaster, Inglaterra, 1989
- [3] Ghorbel F. H., Chételat O., Gunawardana R and Longchamp R, “Modelling and set point control of closed-chain mechanisms: theory and experiment”, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 8(5), 2000, pp. 801-815.
- [4] Bolton W, “*Mecatrónica: sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica*” Ed. Addison Wesley, México, 3ª Edición, 2005