**Procesamiento digital de señales y su aplicación al control en sistemas electromagnéticos.**

Desarrollo de un autómata programable capaz de manipular piezas metálicas mediante un campo electromagnético con posibilidades de adaptación para las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole.

Grupo de Investigación en Procesamiento Digital de Señales

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Universidad Nacional de La Matanza

San Justo, P. Bs. As. , República Argentina

fszklanny@ing.unlam.edu.ar

**Abstract**—Este trabajo resume un proyecto de investigación y desarrollo llevado a cabo en la Universidad Nacional de La Matanza. Basados en el estudio del procesamiento digital de señales aplicado al control de sistemas electromagnéticos orientado a los campos de la robótica, control de maquinaria y vehículos eléctricos, se propone el desarrollo de un autómata programable capaz de manipular piezas metálicas mediante un campo electromagnético con posibilidades de adaptación para las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole. El proyecto está orientado a cubrir las necesidades de producción de las empresas de la región, con el objeto de permitir la fabricación nacional de un equipo que permita la sustitución de importaciones de tipo tecnológico, lo que permitirá reducir el alto costo que implica para las pequeñas y medianas empresas automatizar un determinado proceso, y la pérdida de competitividad que afrontan debido el atraso tecnológico.

Palabras clave – Automatismos; Robótica; Procesamiento digital de señales.

#  **Introducción**

En la actualidad los autómatas programables permiten reducir los costos de mano de obra, consumo de energía y entrenamiento de personal. Sus altos niveles de precisión y repetitividad permiten lograr productos de gran calidad, sin riesgo de cansancio o distracción, aumentan la productividad, pueden operar las 24 horas del día con mínima supervisión, logrando altas velocidades y tiempos de ciclo reducidos, permiten trabajar con múltiples formatos de productos simultáneamente y se pueden reprogramar rápidamente para realizar nuevas tareas, realizan trabajos que son peligrosos para el ser humano, actuando cerca de fuentes de riesgo o en ambientes tóxicos o contaminados, pueden manejar cargas pesadas y peligrosas, cuidando la salud ocupacional de las personas.

Los robots industriales ocupan un lugar importante dentro de la automatización de la producción, ha permitido a los países desarrollados alcanzar niveles de producción y de calidad muy altos. El mercado de robots ha mantenido un crecimiento constante, en especial en Europa y Estados Unidos. Por su parte, Asía y particularmente Japón, sigue estando a la cabeza a nivel mundial. En América Latina, aunque en menor medida, la evolución también ha sido creciente, los líderes en automatización son Brasil, México, Argentina y Chile.

En contraste, en Latinoamérica no existe ningún fabricante de robots industriales y si bien existen iniciativas en entidades públicas y privadas, están lejos de ofrecer una solución que se puede implementar en el sector industrial de manera masiva y con la calidad necesaria, principalmente por la falta de recursos en investigación y desarrollo y una escasa visión de largo plazo.

En consecuencia, Basados en el estudio del procesamiento digital de señales aplicado al control de sistemas electromagnéticos, se propone el desarrollo de un autómata programable capaz de manipular piezas metálicas mediante un campo electromagnético con posibilidades de adaptación para las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole.

# **Objetivos**

El proyecto tiene por objeto básico la investigación del procesamiento digital de señales, aplicado al control de sistemas electromagnéticos, y enfocado en los algoritmos de control de motores de inducción y de manipulación de piezas metálicas mediante fuerzas electromagnéticas. Se plantea la aplicación de esta investigación a los campos de la robótica industrial, así como del control de maquinaria y vehículos eléctricos.

El proyecto tiene como objetivo particular el desarrollo de un autómata programable, capaz de manipular piezas metálicas mediante un campo electromagnético con posibilidades de adaptación para las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole.

Un segundo objetivo es aportar posibilidades de mejoramiento tecnológico a las empresas locales.

Un tercer objetivo es establecer una base de conocimientos para facilitar futuros desarrollos que en lo posible permitan generar patentes para la Universidad.

# **Fundamentación del Proyecto y Antecedentes**

El proyecto planteado se basa en una primera etapa del proyecto de investigación “Procesamiento digital de señales y su aplicación al control en sistemas electromagnéticos” desarrollado en el año 2011 en el marco del programa CYTMA, en el ámbito de la Secretaria de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.

En la primera etapa se estudiaron algoritmos básicos existentes de procesamiento de señales y se desarrollaron algoritmos propios. Se desarrolló una placa con un procesador digital de señales (DSP), con el objeto de probar en el laboratorio los algoritmos desarrollados, evaluando limitaciones y rendimientos de los procesadores digitales de señales utilizados. La primera etapa finalizó con el desarrollo de un prototipo que permitiera la levitación de un objeto metálico mediante un campo electromagnético controlado por un procesador digital de señales.

En base a las investigaciones realizadas se buscan desarrollar nuevos algoritmos, de mayor complejidad, a ser utilizados en el hardware destinado al control del prototipo de un autómata programable capaz de manipular piezas metálicas mediante un campo electromagnético.

# **Responsables del proyecto**

El proyecto de investigación que se presenta en este trabajo fue desarrollado por el Grupo de Investigación en Procesamiento Digital de Señales, que desarrolla sus actividades en el ámbito del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad, coordinado por el Ing. Fernando I. Szklanny como director de proyecto.

Formaron parte de este proyecto el Ing. Nicolás Molina Vuistaz, el Ing. Hugo R. Tantignone, Ing. Ariel Ricardo Castellini, Ing. Gustavo Sagarna y el Ing. Gerardo Germán García, como responsables de la evaluación, definición y propuesta del prototipo para el autómata programable.

El Ing. Nicolás Molina Vuistaz fue responsable de la definición del sistema de software, el diseño y la implementación de los sistemas y programas relacionados con los movimientos requeridos por el sistema de control y su vinculación con el sistema de computación asociado, como así también de la definición del sistema de hardware y el diseño integral de la electrónica del sistema de control.

El Ing. Gustavo Sagarna fue responsable del diseño mecánico, la fabricación y el montaje del sistema mecánico requerido para la implementación del sistema de control.

Los Sres. Leandro H. Jaimes Soria, Alejandro J. Martínez y Nahuel O. Nieva, alumnos incorporados al grupo de investigación a fines de 2012, asumieron la responsabilidad del diseño de hardware para el control de los motores paso a paso.

# **Resultados alcanzados.**

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación llevado a cabo durante el período que abarcó los años 2012 y 2013.

A partir del análisis de patentes, trabajos y tesis sobre autómatas programables y modelos comerciales existentes, se logró realizar un diseño mecánico sencillo del autómata, de carácter modular, compuesto por partes mecánicas de fácil fabricación y utilizando en cada eje una caja reductora y un motor paso a paso, lo que permitió evitar diseños complejos y costosos de trasmisión de potencia mecánica.

Para el diseño CAD del autómata desarrollado se utilizó un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico, que permite modelar piezas y conjuntos y extraer planos técnicos como toda la información necesaria para la producción de dichos modelos.

En las etapas ya concretadas del proyecto de investigación se diseñó y construyó un reductor del tipo cicloidal, destinado al eje seis que compone la muñeca del autómata. Para los ejes cuatro y cinco que componen la muñeca del autómata, se diseñaron y construyeron dos reductores del tipo planetario. Para el resto de los ejes se diseñaron reductores planetarios, cuya construcción no se realizó por falta de recursos económicos.

Para el movimiento de cada eje se utilizaron motores paso a paso, con sus respectivos controladores. Se optó por el uso de motores paso a paso dado que son de cinco a cuatro veces más baratos que un servomotor con su respectivo controlador, a pesar que presentan menores prestaciones en cuanto a la velocidad máxima que desarrollan y la relación entre torque-inercia y potencia que generan.

Para el control y comando de los controladores de cada motor paso a paso se utilizó un sistema de desarrollo basado en un núcleo ARM Cortex-M3. La elección de este sistema fue definida por las prestaciones del microprocesador, la cantidad de periféricos y las bibliotecas de funciones disponibles para la implementación del controlador del motor.

Se avanzó con el sistema para controlar el autómata, para lo que se eligió el programa Robotics Studio de Microsoft. Además se estudió el programa OpenRave, que proporciona un entorno de pruebas, desarrollo e implementación de los algoritmos de movimiento, a fin de evaluar la implementación de dicho programa en la unidad de control del autómata programable.

Para la unidad de control se evaluó la placa de desarrollo Beagle Board Black, que posee un procesador AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8 de la firma Texas y una memoria RAM DE 512MB DDR3, lo que permite poder correr un sistema operativo como Linux, además de admitir y ofrecer una gran cantidad de periféricos y una gran cantidad de bibliotecas de funciones óptimas para el desarrollo que se requiere.

Se diseñó un detector de anomalías en sistemas mecánicos mediante la utilización de acelerómetros y sus respectivos algoritmos con la finalidad de incorporarlo en una futura etapa del desarrollo (Trabajo presentado en el III Congreso de Microelectrónica Aplicada).

Se realizó un relevamiento de tecnologías de control para manejo de motores de imán permanente de aplicación en robótica industrial (trabajo presentado en el IV Congreso de Microelectrónica Aplicada).

Se avanzó con el desarrollo del controlador de un motor sincrónico de imán permanente, utilizando la palca de desarrollo DRV8312-69M-KIT de la firma Texas Instrurment que posee un microprocesador TMS320F28069M de 32bit. El procesador está desarrollado específicamente para el control de motores y cuenta con bibliotecas embebidas en el procesador optimizadas para el control de motores.

La simulaciones de los algoritmos de control se realizaron utilizando las bibliotecas de control y visión de Peter Coke, en base a los lineamientos presentados en el libro "Robotics, Vision and Control Fundamental Algorithms in MATLAB", Peter Coke, ISBN 978-3-642-20143-1, editorial Springer 2011.

# **Conclusiones**

De todo lo expresado se considera que el desarrollo del proyecto de investigación a que hace referencia el presente informe se pudo llevar a cabo razonablemente de acuerdo con los cronogramas originales, por lo que, desde el punto de vista técnico, puede considerarse que el período 2012 – 2013 termina mostrando resultados más que favorables para la culminación del proyecto.

Lamentablemente, las contingencias de tipo económico financiero mencionadas han impedido que estos resultados no hayan podido convertirse aún en un producto apto para su implementación comercial.

La posibilidad de completar el proyecto de investigación, para llegar a un producto de aplicación comercial, ha quedado supeditada a la aprobación, por parte de la Universidad, de un proyecto que permita la continuación y mejora del proyecto que se informa en el presente.

Dicho proyecto, planteado como propuesta para el bienio 2014 – 2015, intentará adecuar el desarrollo realizado a la realidad, cada vez más cambiante, mediante el agregado del control asistido por visión al autómata programable y la constante mejora de los algoritmos desarrollados de control.

Por otra parte, es importante destacar que el desarrollo de este proyecto ha permitido la participación de los integrantes del grupo de investigación en varios ámbitos científicos tales como los Congresos de Microelectrónica Aplicada, y los Simposios de Sistemas Embebidos.

##### Agradecimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento a las autoridades de la Universidad Nacional de La Matanza, así como a los Sres. Decano y Vicedecano del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Ings. Osvaldo Sposito y Gabriel Blanco, por su constante apoyo para la realización de este proyecto.

Asimismo desean manifestar su reconocimiento al Sr. Secretario de Investigación, Dr. Daniel A. Giullianelli, por su colaboración cada vez que le fuera requerida.

Un agradecimiento muy especial tiene como destinatario a quien fuera Secretario de Investigación del Departamento y Director del proyecto de Investigación, Ing. Andrés Dmitruk, sin cuyo valioso aporte hubiese sido mucho más difícil llegar a la concreción del proyecto.

Por otra parte, debe reconocerse también la tarea de aquellos integrantes del grupo de investigación, que formaron parte del presente proyecto, y que, por distintas razones, hoy ya no forman parte del mismo. En este sentido, el agradecimiento Ing. Ariel Ricardo Castellini y al Ing. Gerardo Germán García, quienes, en distintas etapas del proyecto, mostraron su capacidad profesional y la pusieron al servicio del grupo de investigación.