# Análisis de actualización de Procesadores de Señales Digitales (DSP) en procesos de control con un enfoque metrológico

**Henry William Peñuela Meneses, María Elena Leyes Sánchez, Marcela Botero Arbeláez**

**Universidad Tecnológica de Pereira**
**Pereira, Colombia**

## Resumen

Desde el grupo de investigación en Metrología de la Universidad Tecnológica de Pereira, se analiza en la línea de Educación y cultura metrológica, como se afectan la técnica con la inminente actualización tecnológica de los procesadores especializados diseñados para manipular señales digitales en tiempo real y como es crucial fomentar dichos cambios para transferir los resultados de la investigación al sector productivo.

Al querer impulsar la competitividad de la industria nacional a través de la adopción de tecnologías de vanguardia, se ve reflejado en los datos proporcionados y específicamente en los Procesadores de Señales Digitales en lo concerniente a Convertidores Analógico-Digital (ADC) y Digital-Analógico (DAC).

La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en los Procesadores de Señales Digitales (DSP) es un proceso que puede variar en complejidad, desde implementaciones básicas hasta sistemas altamente sofisticados.

Sin lugar a duda, la evolución y actualización de los DSP, puede verse contenido en:

- Aumento en el Potencia de Procesamiento.
- Integración con Inteligencia Artificial
- Tecnología FPGA
- Mejoras en la Eficiencia Energética
- Lenguajes de Programación de Alto Nivel

La integración de DSP actualizados en la ingeniería mecatrónica abre un abanico de posibilidades, impulsando la creación de sistemas más inteligentes, eficientes y adaptativos. En la automatización

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4441

industrial, en el mantenimiento predictivo la DSP pueden analizar datos de sensores para detectar anomalías y predecir fallos. En control de procesos optimizados los DSP con IA pueden optimizar los procesos de producción en tiempo real, ajustando parámetros como temperatura, la presión y la velocidad para maximizar la eficiencia y la calidad.

Para comprender los datos del DSP, se debe tener en cuenta:

- Confiabilidad del ADC y DAC del DSP. Esto determinara la exactitud de las mediciones y la capacidad de resolución del sistema.
- Rango Dinámico: Define el rango de señales que puede procesar con precisión.
- Respuesta en Frecuencia

La calibración de un DSP es un proceso complejo que requiere una comprensión profunda de las especificaciones del DSP y el uso de equipos de referencia de alta precisión. La documentación y la trazabilidad son fundamentales para garantizar la calidad y la fiabilidad de las mediciones.

En este estudio, se desarrolla la implementación de un sistema de control de presión innovador que utiliza visión artificial y un DSP, demostrando como la combinación de estas tecnologías pueden proporcionar un control de presión confiable y adaptable a los diferentes procesos.

**Palabras clave**: metrología; mecatrónica; DSP; control; presión

## *Abstract*

*From the Metrology research group of the Universidad Tecnológica de Pereira, we analyze in the line of education and metrological culture, how the technique is affected by the imminent technological update of specialized processors designed to manipulate digital signals in real time and how it is crucial to promote these changes to transfer the results of research to the productive sector.*

*The desire to boost the competitiveness of the national industry through the adoption of cutting-edge technologies is reflected in the data provided and specifically in the Digital Signal Processors concerning Analog-to-Digital Converters (ADC) and Digital-to-Analog Converters (DAC).*

*The incorporation of Artificial Intelligence (AI) in Digital Signal Processors (DSP) is a process that can vary in complexity from basic implementations to highly sophisticated systems.*

*The incorporation of Artificial Intelligence (AI) in Digital Signal Processors (DSP) is a process that can vary in complexity, from basic implementations to highly sophisticated systems.*
*Undoubtedly, the evolution and upgrading of DSPs can be contained in:*

- *Increase in Processing Power.*
- *Integration with Artificial Intelligence*
- *FPGA Technology*

- *Improvements in Energy Efficiency*
- *High Level Programming Languages*

*The integration of up-to-date DSPs in mechatronics engineering opens up a range of possibilities, driving the creation of more intelligent, efficient and adaptive systems. In industrial automation and predictive maintenance, DSPs can analyze sensor data to detect anomalies and predict failures. In optimized process control, AI-enabled DSPs can optimize production processes in real time, adjusting parameters such as temperature, pressure and speed to maximize efficiency and quality. To understand the DSP data, one must consider:*

- *ADC and DAC reliability of the DSP. This will determine the accuracy of the measurements and the resolution capability of the system.*
- *Dynamic Range: Defines the range of signals it can accurately process.*
- *Frequency Response*

*Calibration of a DSP is a complex process that requires a thorough understanding of the DSP specifications and the use of highly accurate reference equipment. Documentation and traceability are critical to ensure the quality and reliability of the measurements.*
*In this study, the implementation of an innovative pressure control system using machine vision and a DSP was developed, demonstrating how the combination of these technologies can provide reliable and adaptable pressure control for different processes.*


***Keywords****: metrology; mechatronics; DSP; control; pressure*

## 1. Introducción

La utilización de procesadores digitales de señales (DSP) en sistemas de control de presión es una alternativa adecuada para solucionar retos que se presentan en las diferentes aplicaciones de la automatización con énfasis industrial, ahora que si se desea tener una característica innovadora, involucrando la visión artificial, se tendrá una habilidad adicional que involucra lo de vanguardia que es la respuesta en tiempo real. En el contexto tecnológico e industrial, el control de presión siempre es esencial para asegurar la eficiencia y seguridad en los procesos, mediado por métodos tradicionales donde se veía la pertinencia de realizarse con transmisores analógicos y en supervisión manual. Con el escalamiento al tecnología basada en los DSP, permitió el procesamiento de señales complejas a velocidades sin precedentes, estableciendo las bases para sistemas autónomos.

Al darse una mirada hacia la convergencia evolutiva entre los DSP y la visión artificial, se hace necesario considerar momentos importantes que marcan el camino hacia esta evolución marcado por: Procesamiento de imágenes en tiempo real, integración hardware – software mediante el empleo de herramientas como MATLAB seguido de una implementación optimizada en los DSP y más actual, aun en proceso de interiorización a los diferentes procesos como lo es la Miniaturización y eficiencia, con DSP modernos, como el TMS320C4X, capaces de llevar

convoluciones 2D para análisis de imágenes a velocidades superiores a 1GHz, reduciendo la latencia en los sistemas de control.

El paradigma inmediato que ocupa la discusión es como con la utilización de cámaras CMOS de alta resolución conectadas a DSP, permite corrección de perspectiva geométrica, segmentación cromática, todo lo anterior tratando de eliminar la necesidad de sensores físicos de alto costo y permitiendo la recalibración remota, mostrando una mejora en la confiabilidad de los datos obtenidos en comparación con los sistemas convencionales.

## 2. Descripción Modelo de sistema de control de presión usando DSP

Desde el año 2018 hasta la actualidad, como herramienta de aprendizajes para los estudiantes de programas de ingeniería, específicamente en los laboratorios de ingeniería mecatrónica se tiene un sistema tradicional de control de presión, para realizar prácticas con dispositivos que asemejen los encontrados en los procesos industriales reales. La implementación de sistemas de control de presión mediante DSP busca integrar múltiples etapas tecnológicas que garanticen precisión y respuesta en tiempo real, con las siguientes fases:

- Adquisición de la señal de presión (Transmisores de presión con salida 4-20 mA) capturando la variable física con señales eléctricas, permitiendo al DSP procesar los datos.
- Procesamiento de señales en el DSP: Ejecutando los algoritmos matemáticos en tiempo real para filtrado digital, identificación de modelos y control predictivo.
- Implementación del algoritmo de control (Control PID – Control adaptativo).
- Actuación y retroalimentación (Señal de control digital se convierte en analógica – Válvulas reguladoras / Electroválvulas).
- Supervisión y comunicación (Monitorización en tiempo real – Comunicación Industrial).

Se presentan los modelos que conforman el sistema didáctico de control de presión con su correspondiente diagrama para la adquisición y procesamiento de imágenes, utilizado para comparar las tecnologías y avance en su funcionalidad.

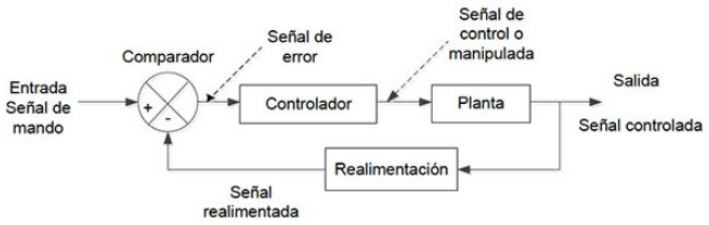


Figura 1. Sistema didáctico de control de presión

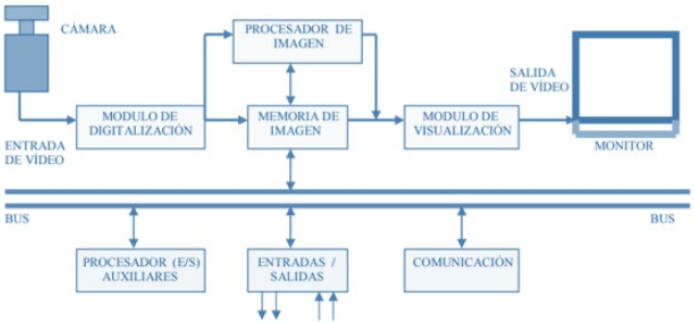


Figura 2. Diagrama de bloques para la adquisición y procesamiento de imágenes.

## 3. Descripción Actualización del Modelo de sistema de control de presión usando DSP con un enfoque metrológico.

El control preciso de la presión en los procesos es fundamental para garantizar la calidad del producto, la eficiencia de la producción y la seguridad operativa. Las variaciones de presión pueden provocar deformaciones en los materiales, fugas, pérdidas de producto e incluso riesgos de explosión. Tradicionalmente, el control de presión se ha basado en sensores de presión convencionales, que pueden ser susceptibles a la deriva, el desgaste y las limitaciones en la cobertura espacial.

Se explora la implementación de un sistema de control de presión innovador que utiliza visión artificial y un Procesador de Señales Digitales (DSP) de última generación. El objetivo principal es demostrar cómo la combinación de estas tecnologías puede proporcionar un control de presión más preciso, fiable y adaptable en los procesos industriales.

En este estudio, se desarrolla un sistema de visión artificial que captura imágenes durante el proceso. Se utilizan algoritmos de procesamiento de imágenes para analizar la deformación de los materiales, que está directamente relacionada con la presión interna. El DSP procesará los datos de visión en tiempo real y ajustará la presión mediante un actuador controlado digitalmente.

Se comparan los resultados obtenidos con el sistema de control de presión basado en visión artificial frente a un sistema convencional con sensores de presión. Se evalúan parámetros como la precisión del control de presión, la velocidad de respuesta del sistema, la capacidad de detección de anomalías y la reducción de pérdidas de producto.

Se busca demostrar el potencial de la visión artificial y los DSP avanzados para mejorar el control de presión en procesos industriales, abriendo nuevas posibilidades para la automatización y la optimización en el sector productivo.

## 4. Resultados y conclusiones

Al realizar el análisis de la actualización tecnológica de los DSP con enfoque metrológico para ser incluidos en los procesos de control, se evidencias avances significativos, permitiendo una integración más profunda y efectiva en la mediciones en los procesos de control, esto dando lugar a mejoras en la calidad y confiabilidad en los resultados, presentando la siguiente visión:

- Mayor Precisión y Resolución:

Los DSP modernos ofrecen una capacidad de procesamiento superior, lo que permite una mayor precisión en la medición y el análisis de señales. Esto es crucial en aplicaciones donde la exactitud es primordial. El aumento en la resolución de los convertidores analógico-digitales (ADC) y digital-analógicos (DAC) integrados en los DSP ha permitido mediciones más finas y detalladas. Componente metrológico aplicado, en la obtención e interpretación de los datos producto de los procesos.

- Algoritmos de Procesamiento Avanzados:

Se han desarrollado algoritmos más sofisticados para el procesamiento de señales, incluyendo técnicas de filtrado digital, análisis espectral y procesamiento estadístico. Estos algoritmos permiten extraer información valiosa de las señales medidas, lo que facilita la detección de anomalías y la toma de decisiones informadas. La implementación de algoritmos de corrección de errores y compensación de deriva ha mejorado la estabilidad y la fiabilidad de las mediciones a largo plazo.

- Integración de la Inteligencia Artificial (IA):

La IA se está integrando cada vez más en los DSP para permitir el análisis inteligente de señales. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden aprender patrones y tendencias en los datos de medición, lo que permite la detección temprana de fallos y la optimización de los procesos de control. Se utiliza para la calibración automática y la autocomprobación de los sistemas de medición, lo que reduce la necesidad de intervenciones manuales y mejora la eficiencia.

- Conectividad y Comunicación:

Los DSP modernos están equipados con interfaces de comunicación avanzadas, como Ethernet, USB y protocolos inalámbricos. Esto facilita la integración de los sistemas de medición en redes industriales y la transmisión de datos a sistemas de control centralizados.
La conectividad a la nube permite el almacenamiento y el análisis de datos de medición en tiempo real, lo que facilita el monitoreo remoto y la colaboración entre diferentes ubicaciones.

En consideración a su impacto en los procesos de control:

- Mejora de la Calidad y la Eficiencia:

La mayor confiabilidad de las mediciones permite un control más estricto de los procesos, lo que se traduce en una mejora de la calidad de los productos y una reducción de los residuos. La automatización de las tareas de medición y control reduce la necesidad de intervenciones manuales, lo que aumenta la eficiencia y reduce los costos.

- Mantenimiento Predictivo:

El análisis de señales en tiempo real permite la detección temprana de fallos en los equipos, lo que facilita el mantenimiento predictivo y reduce el tiempo de inactividad. La IA puede predecir cuándo es probable que falle un equipo, lo que permite programar el mantenimiento de manera proactiva.

- Trazabilidad y Cumplimiento Normativo:

La capacidad de almacenar y analizar datos de medición garantiza la trazabilidad de los productos y facilita el cumplimiento de las normativas de calidad. Los sistemas de medición basados en DSP pueden generar informes y registros de auditoría que documentan el cumplimiento de los estándares de calidad.

Con todo lo anterior, se establece una hoja de ruta que se está implementando, en la actualización tecnológica de los diferentes modelos de sistemas de control mediados por DSP que prepara al estudiante para la incorporación de adelantos innovadores variando la complejidad de su aplicación.

La incorporación de las diferentes tecnologías en los procesadores de Señales Digitales es un proceso que puede darse desde aplicaciones básicas hasta sistemas altamente sofisticados. De aquí, que se enumera lo siguiente:

1. Fundamentos Básicos
    - Comprensión de los DSP
    - Introducción a las tecnologías (Visión Artificial / IA)
    - Algoritmos de aprendizaje automáticos básicos

2. Implementación Intermedia
    - Uso de Redes Neuronales
    - Optimización de Algoritmos de las Tecnologías para DSP

3. Aplicaciones avanzadas
    - Aprendizaje profundo en DSP
    - Integración de DSP con plataformas en la Nube

## 5. Referencias


- Emergent Vision Technologies. (s.f.). La evolución de la visión artificial. Recuperado de https://emergentvisiontec.com/es/tech-portal/evolution-of-machine-vision/
- I-MAS. (2025, enero 29). La evolución de la visión artificial: del 2005 a la actualidad. Recuperado de https://i-mas.com/la-evolucion-de-la-vision-artificial-del-2005-a-la-actualidad
- Linares, J. E., & Galvis, L. J. (2017). Control de presión usando visión artificial a través de un procesador digital de señales DSP [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio UTP. https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/09048561-9926-464b-a139-7cccd3d062e0/download
- Escobar, L. (2018). Procesamiento digital de señales [Apuntes]. Universidad Nacional Autónoma de México. http://odin.fi-b.unam.mx/labdsp/files/ADSP/2018-2/apuntes/dsp_apli0_17.pdf

- Charre-Ibarra, Saida M, Alcalá-Rodríguez, Janeth A, López-Luiz, Norberto, & Durán-Fonseca, Miguel A. (2014). Sistema Didáctico de control de presión. Formación universitaria, 7(5), 33-40. https://doi.org/10.4067/S0718-50062014000500005
- Festo, Estación de trabajo compacta MPS® PA con tramos de regulación de nivel, caudal, presión y temperatura, http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/automatizacion-de-procesos/ Acceso: 23 de marzo (2023).
- Smith, J. A., & Brown, L. M. (2020). Digital signal processors in industrial control systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(4), 1245. https://doi.org/10.1109/TIE.2020.2961234
- García, P., & Martínez, R. (2018). Aplicación de visión artificial para el control de presión en procesos industriales. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 15(3), 45-53. https://doi.org/10.1016/j.riai.2018.05.002
- Texas Instruments. (2021). TMS320C6000 DSP platform technical reference manual (Rev. 3). Texas Instruments. https://www.ti.com/lit/ug/spru187a/spru187a.pdf
- Pérez, M., & López, A. (2019). Algoritmos de control adaptativo implementados en DSP para sistemas de regulación de presión. Ingeniería y Ciencia, 15(2), 78-89.


## Sobre los autores


- **Henry William Peñuela Meneses**: Ingeniero Electricista, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira. tesla@utp.edu.co
- **María Elena Leyes Sánchez**: Ingeniero Electricista, Máster en Instrumentación Física, Doctor© en Ciencias de la Educación. Profesor Facultad de Ciencias Básicas y Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira. mleyes@utp.edu.co
- **Marcela Botero Arbeláez**: Ingeniero Electricista, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Pereira. maboar@utp.edu.co


---


Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)