

AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ: CONCEPTOS Y PROCESOS

Claudia Sánchez, Consultora en Innovación Tecnológica (COLINNOVACION)

Resumen — Se define automatización como el proceso que permite que las máquinas realicen un número predeterminado de operaciones ordenadas, a través del uso de dispositivos y sistemas que facilitan el control de diferentes variables del proceso, limitando a su vez la intervención humana. El presente artículo pretende retomar definiciones de conceptos relacionados con los procesos de automatización, examinando particularmente en la industria automotriz cuales son los procesos generalmente automatizados, los retos a los que se enfrentan este tipo de proyectos y las variables a evaluar para que los proyectos de automatización generen incrementos en la seguridad y competitividad de la industria tanto a nivel de ensamble, como en la fabricación de autopartes. Finalmente el artículo realiza una revisión de las tendencias de investigación y de los grupos de investigación en Colombia con experiencia en la temática planteada.

Palabras Clave — Industria Automotriz, Automatización, Ensamble, Autopartes.

1. INTRODUCCIÓN

Al desarrollo de procesos donde exista una mayor intervención de máquinas, limitando la intervención humana puede ser una buena solución desde que estén claros los objetivos de realizar este tipo de procesos en una planta de manufactura; por ejemplo debe haber claridad en que la principal razón para automatizar no son eficiencia o flexibilidad, sino seguridad (Ponticel, 2003). Otros aspectos a tener en cuenta son: 1) alcance de la intervención, es decir el nivel de automatización y el nivel de trabajo manual, 2) los procesos específicos que van a ser automatizados y 3) las variables que van a ser objeto de análisis y control en estos procesos.

En el sector automotor, tal como en el resto de industrias de manufactura, han sido un reto los procesos de diseño o rediseño de planta para lograr una adecuada mezcla entre automatización y trabajo manual así como la identificación de los procesos sensibles donde es útil y conveniente automatizar.

Este artículo tiene como objetivo retomar algunos conceptos relacionados con los procesos de automatización, relacionándolos con el sector automotor al examinar en esta industria, cuales son los elementos a tener en cuenta, los procesos frecuentemente automatizados y las variables a evaluar para un proceso de automatización que permita incrementos en la seguridad y competitividad de la industria tanto a nivel de ensamble, como en la fabricación de autopartes.

2. CONCEPTOS SOBRE AUTOMATIZACIÓN.

En esta sección se presenta una descripción básica sobre definiciones para el término automatización.

2.1 Pre Automatización

Se entiende por pre-automatización las estrategias que se despliegan para hacer que una máquina cumpla un trabajo (Schonberger, 1997)

De acuerdo con Schonberger (1997), las actividades realizadas para pre-automatizar facilita el trabajo tanto para las máquinas como

para la realización de procesos manuales y disminuyen el tiempo de ubicación de las cosas. Algunas de las actividades que podrían calificarse dentro de esta etapa del proceso de automatización se listan a continuación:

- Acortar distancias para alcanzar las cosas.
- Colocar herramientas y piezas cerca del punto de trabajo.
- Rediseñar estantes y accesorios con el fin de facilitar el acceso a los elementos que se ubican en ellos.
- Diseñar dispositivos automáticos tipo poka-yoke (a prueba de errores) que faciliten la verificación de los procesos.

2.2 Automatización

Se conoce así al proceso que permite que las máquinas realicen un número predeterminado de operaciones ordenadas, a través del uso de dispositivos y sistemas que facilitan el control de diferentes variables del proceso, limitando a su vez la intervención humana (Kalpakjian, 2002). Por lo general, un proceso de automatización industrial es generado por la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática, las cuales le dan dirección a los procesos tecnológicos, asegurando su optimización, en forma de sistemas automáticos (Córdoba, 2006).

En la industria manufacturera, la automatización puede implementarse a partir de la intervención en áreas básicas como: los procesos de manufactura, el manejo de material, los procesos de inspección, como se esquematiza en la Figura 1 y otros procesos como ensamble y empaque (Kalpakjian, 2002).

La automatización requiere en primer lugar de la definición del objetivo a alcanzar con la realización de estas inversiones, así como la identificación y el análisis de los procesos a intervenir. Algunos de los elementos a considerar en el análisis son: el tipo de producto a fabricar, la cantidad y velocidad de producción, la fase de la operación a intervenir a través de automatización, la confiabilidad de la operación y del mantenimiento posterior, los requerimientos de capacitación de la mano de obra entre otras. (Kalpakjian, 2002).

Un proceso automatizado integra fuentes de energía, infraestructura de equipos, uno o varios programas de instrucciones (definen acciones a desarrollar), arquitectura del sistema de control definiendo requerimientos de sensórica, instrumentación, controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de supervisión, de acuerdo con los requerimientos del proceso y finalmente, el sistema de control que integra y ejecuta el programa de instrucciones del sistema automático (Vallejo & Vallejo, 2005).



Figura. 1. Áreas Básicas de Automatización en la industria de manufactura Fuente: Adaptado de (Kalpakjian, 2002)

3. AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Siendo reconocida como una industria de media alta tecnología, medida por su importante nivel de inversión en Investigación y Desarrollo (European Commission - Joint Research Centre, 2013), la industria automotriz sigue siendo un sector que en todo el mundo afronta retos como la regionalización, saturación de algunos mercados, la globalización (Rico, Sánchez, & Laverde, 2012), así como los avances tecnológicos, los nuevos competidores y su continua reestructuración. Adicionalmente, las tendencias de mercado han originado una transformación de la industria de producción en masa a customización, que genera la necesidad de fabricar vehículos con amplia cantidad de variantes, usando la menor cantidad de recursos y materiales en el menor tiempo (Michalos, Makris, Papakostas, Mourtzis, & Chryssolouris, 2010).

Por otro lado, los diseños de procesos de producción y los rediseños de planta, están condicionados a diversos factores. Por ejemplo, se ha demostrado que sistemas totalmente automatizados o procesos completamente manuales no llegan a ser el sistema óptimo en el ensamble de automóviles, en términos de los efectos combinados de costo, calidad y flexibilidad. Por lo tanto, para implementar cualquier tipo de sistema automático en un proceso productivo se requerirá visión a largo plazo, procedimientos lógicos y un diseño eficiente de las líneas de montaje para garantizar la eficiencia en los procesos de fabricación (Gorlach & Wessel, 2008).

3.1 Automatización en el ensamble de Vehículos.

De acuerdo con Michalos et al (2010) las plantas de ensamble, propias de este sector, cuentan con una estructura tradicional, que comprende cuatro etapas: estampado, body shop, pintura y ensamble final. La mayor parte de las operaciones de ensamble, se realizan en dos secciones: Body Shop y Ensamble Final. De acuerdo con estas estructuras, se diseñan los sistemas de montaje, los cuales pueden variar, de acuerdo con el sistema de montaje que se requiera: a. montaje manual, b. montaje flexible c. montaje semi-automatizado y d. montaje fijo. La decisión sobre el tipo de montaje, tendrá que ver con variables como los volúmenes de producción, los tamaños de lote a fabricar, la flexibilidad que se requiera. La relación entre estas variables y el tipo de sistema de montaje recomendado, se pueden observar en la Figura 2.

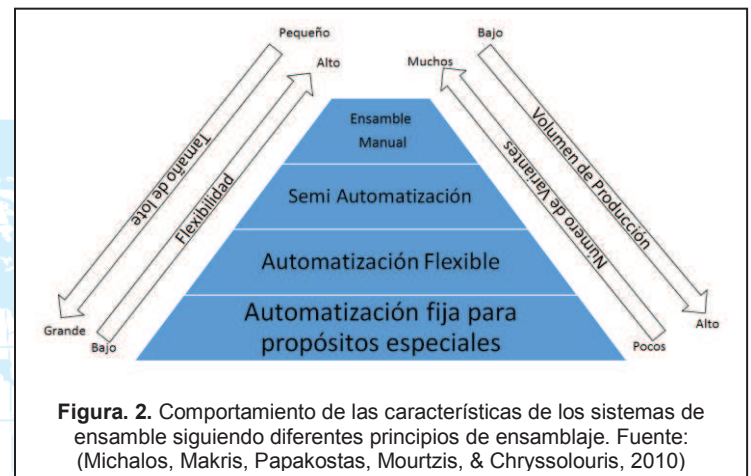


Figura. 2. Comportamiento de las características de los sistemas de ensamble siguiendo diferentes principios de ensablaje. Fuente: (Michalos, Makris, Papakostas, Mourtzis, & Chryssolouris, 2010)

Adicionalmente, en el proceso mismo de producción es necesario enfrentar retos como las condiciones ergonómicas, que faciliten la interacción humana con los procesos de fabricación y el manejo de material, garantizando la seguridad y salud de los operarios de planta, e igualmente, disminuyendo costos por actividades innecesarias o que pueden ser realizadas de manera automática por máquinas con limitada intervención humana. En los procesos de automatización, se requiere tener en cuenta variables como la dimensión y el tamaño de las piezas a manejar, el nivel de precisión de los procesos y las tasas de producción (Michalos, Makris, Papakostas, Mourtzis, & Chryssolouris, 2010). Algunos de los puntos en los cuales se puede requerir automatización en empresas de ensamble de vehículos, se describen a continuación.

3.1.1 Manejo de Materiales

Existen varias razones para automatizar los procesos de manejo de materiales. En la investigación de Michalos et al (2010) argumentan los autores costos relacionados con el manejo de materias primas, así como de material y partes en proceso y de productos terminados; adicionalmente, la necesidad de disminuir daños en los mismos, debido a manejos no apropiados. Los autores mencionan que actualmente, la principal industria de implementación de sistemas robóticos para estas actividades es la automotriz, tanto en las OEM como en sus proveedores.

Se utilizan diferentes sistemas, de acuerdo con el alcance de las operaciones y el espacio disponible para su actuación: robots en colabo-

ración, sistemas de transporte y monorraíles automatizados, son algunas de las opciones. Adicionalmente, existen soluciones que implican la interacción hombre máquina, particularmente para el manejo de partes pesadas o de gran tamaño como tableros de control, módulos de cabina, bloques de motor (Michalos, Makris, Papakostas, Mourtzis, & Chryssolouris, 2010).

Con respecto a los procesos de almacenamiento, existen retos relacionados con automatización como por ejemplo los procesos de manejo y almacenamiento, con sistemas First in - First out (FIFO).

3.1.2 Uniones

Por lo general, los procesos en una línea de montaje implican la unión de dos o más componentes con el fin de producir subconjuntos. Estos procesos de unión, en las empresas de ensamble de vehículos son realizados a través de procesos como soldadura, grafado y grapado.

- **Soldadura:** técnicas de soldadura por arco, como el metal de gas inerte (MIG), gas inerte de tungsteno (TIG) y arco metálico manual (MMA) son ampliamente adaptadas. La soldadura de punto generalmente tiene, la mayor participación en el ensamble de las cabinas de los vehículos. Este último tipo de soldadura es usada para unir varias capas de metal con grosor reducido. La unión se produce por la generación de calor y presión, sin adición de material en áreas procesadas. Se requiere de una precisa combinación de variables tales como presión, intensidad de corriente y periodo de tiempo de soldado. Actualmente se realiza manualmente, en empresas con bajos niveles de producción o con brazos robóticos en el caso de plantas con nivel de producción alto.
- **Grafado:** Originalmente fue considerado como un proceso de ensamble, (un método usado para unir dos láminas de metal, por ejemplo la parte externa e interna de la puerta de un automóvil). Sin embargo, actualmente es considerado proceso de conformado (Livatyalia, Laxhuberb, & Altanc, 2004). Además del proceso de doblado, se realiza la unión (doblez) de un panel externo que viene del proceso de estampado con un panel interno, por medio de matrices, robots y sistemas automáticos de selección, de transporte y aplicación de sellantes.
- **Grapado:** Este proceso de unión de láminas metálicas es fundamental en la fabricación de estructuras de paredes finas. El grapado, es una técnica de unión de láminas en el cual la junta es generada por una deformación en frío localizada, que se traduce en un cierre de unión de las láminas. (Rietman, Goretti Doig, & Weiher, 2001)

3.2 Automatización en la fabricación de piezas para Vehículos.

Las industrias de autopartes enfrentan retos similares a los mencionados de las empresas ensambladoras, con componentes adicionales como: a. Requisitos de cumplimiento de órdenes con mayor nivel de complejidad, dependiendo de los requerimientos de cada cliente, del nivel de exportación de la empresa (para enfrentar requisitos legales como etiquetas individuales para cada país por ejemplo), b. Entregas más pequeñas y más frecuentes, c. Requerimientos de

soluciones ergonómicas y de productividad, d. Sistemas de almacenamiento adaptados para los cambios de mercado y con la capacidad requerida (Trebilcock, 2011). Dadas las condiciones mencionadas anteriormente, uno de los retos para los fabricantes que están en crecimiento, será la automatización de los sistemas de manejo y almacenamiento de material. Sin embargo, siempre será necesario establecer el nivel de automatización requerido, las mezclas entre automatización, semiautomatización y trabajo manual, ya que estos procesos pueden incrementar la eficiencia con respecto a la mano de obra por vehículo; sin embargo, puede reducir la flexibilidad en cuanto la posibilidad de fabricar varios y diferentes modelos mezclados en la misma línea de producción (Ponticel, 2003).

3.2.1. Tecnologías de inspección del producto

Con el fin de mejorar los objetivos de calidad de producción en procesos de manufactura, se han desarrollado tecnologías de automatización y soluciones TIC.

En el caso de inspección de producto, es posible realizar recolección de datos en línea. Para la fabricación de productos de alta complejidad, se requerirán sistemas que permitan comprobar datos de manera flexible, en 3D e integrando los sistemas de sensores múltiples. Para realizar este proceso se requiere el desarrollo de arquitecturas de TIC que permitan apoyar la inspección en línea y el intercambio de datos en tiempo real (Colledani, y otros, 2014).

3.2.2. Tecnologías de control de procesos

Teniendo en cuenta la complejidad de los procesos de manufactura y de las piezas en fabricación, en algunos casos, será necesario implementar control de procesos. Este tipo de automatización involucra el monitoreo y control de las variables críticas de la máquina en la cual se elabora el producto, de manera que se pueda mantener información sobre la condición del equipo y un diagnóstico avanzado, así como la posibilidad de mantenimiento con baja interferencia con el sistema de producción (Colledani, y otros, 2014). Dependiendo del nivel de integración entre el mecanizado y el monitoreo, se puede decir que hay control de proceso si existe un alto grado de automatización y posibilidad de comprobar parámetros de máquina; diferenciando este nivel con respecto al control de línea. De acuerdo con Colledani et al (2004) procesos de mecanizado como torneado o fresado no permiten en la actualidad control de proceso, aunque si permiten fuera de proceso, medición en línea, en los cuales se pueden supervisar los parámetros críticos de la máquina como vibraciones parásitas, fuerza axial, integridad de herramienta entre otras, que son las variables a controlar para realizar de manera correcta los procesos de mecanizado (conformado de material con arranque de viruta).

Para los procesos de automatización en general, la correlación entre las señales y los datos metrológicos de la geometría de producto, sigue siendo un reto en las operaciones de manufactura (Colledani, y otros, 2014).

4. TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta el enfoque de calidad total de esta industria, será importante desarrollar proyectos de investigación que permitan interacción entre metodologías y procesos automáticos, siguiendo

algunos de los siguientes temas (Colledani, y otros, 2014):

- Políticas relacionadas con la reparación proactiva de defectos en línea, que estará relacionado con el apropiado control de calidad en cada etapa, a pesar de estar en un Sistema multietapas, de tal forma que permita corregir los errores que puedan venir aguas arriba del proceso.
- Análisis de calidad de juntas o uniones en correlación con los sistemas dinámicos.
- Formalización de estructuras de datos y los mecanismos de interacción entre los departamentos de mantenimiento, calidad y producción.

5. AUTOMATIZACIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN COLOMBIA.

A nivel local se han identificado aproximadamente 8 grupos de investigación que reportan haber desarrollado actividades relacionadas con automatización en procesos de manufactura para el sector automotor (Ver Tabla 1). Los productos de ciencia y tecnología relacionados en la plataforma Scienti, se distribuyen entre ejecución de proyectos, trabajos de pregrado, publicación de artículos científicos, y trabajos en eventos.

TABLA 1

GRUPOS CON INVESTIGACIONES PUNTUALES RELACIONADAS AUTOMATIZACIÓN PARA EL SECTOR AUTOMOTOR.

Nombre del grupo	Líneas de investigación
Grupo de Trabajo en Nuevas Tecnologías de Diseño y Manufactura-Automatización DIMA UN	Automatización de máquinas - robots procesos Diseño de productos y procesos industriales y preseries
Grupo de Investigación en Innovación y Tecnología-GIIT	Línea de Investigación en Automatización
GIAP	Control Avanzado Robótica
Investigación en Materiales, Procesos y Tecnologías de Fabricación - IMTEF	Diseño, fabricación y ensamble de productos
Gestión Gerencial	Producción, Logística y Modelos Predictivos
GI FOURIER	Desarrollo Tecnológico
Grupo de Productividad y Competitividad	Diseño y Gestión de Operaciones Ingeniería Concurrente
REM (RESEARCH IN ENERGY AND MATERIALS)	Aplicaciones de la ingeniería de materiales en el sector automotor Procesos de manufactura Tratamiento de superficies

Fuente: Elaboración Propia, Datos: (SCIENTI, 2014)

En el caso del sector productivo, algunos de los proyectos desarrollados por ensambladoras como GM COLMOTORES, han generado diferentes niveles de automatización. Recientemente, esta compañía recibió el premio Team GM Transformers, otorgado por General Motors Corporation, por el primer robot de la industria automotriz nacional ensamblado y programado 100% en el país (GM COLMOTORES MEDIOS, 2014). Actualmente tanto esta empresa, como otras empresas del sector, se encuentran desarrollando proyectos de automatización con el propósito de mejorar las condicio-

nes laborales e incrementar su competitividad.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de procesos de automatización en la industria manufacturera requiere la identificación de las potencialidades del desarrollo de estas actividades, pero también de la claridad del alcance que puede tener en la fábrica, de tal forma que permita mantener niveles de flexibilidad, genere beneficios en términos de seguridad y ergonomía y de productividad.

En la industria automotriz, existen necesidades compartidas de automatización en ensambladores y fabricantes de partes como el manejo y almacenamiento de materiales, así como necesidades divergentes como la aplicación de sistemas automáticos a los procesos de producción tanto del vehículo (soldadura, grapado, grafado entre otras) como la fabricación de partes y piezas en la cual hay una amplia diversidad tanto de materiales como de procesos de manufactura.

Una corriente reciente es automatizar la inspección de productos, para cumplir con procesos de calidad total, que conservan y refuerzan las políticas y cultura organizacional que los sistemas de producción que han implementado durante años en las empresas de la industria automotriz. Sin embargo, en este aspecto hay una serie de líneas de investigación dispuestas para ser desarrolladas en el presente y el futuro.

En Colombia el sector automotor ha dado grandes pasos en su desarrollo tecnológico y ha adaptado tecnologías de automatización para la escala de producción que cuenta, la cual es pequeña al compararla con la de otros países que son grandes productores. También este sector ha tenido un cercano relacionamiento con el sector académico y con grupos de investigación lo que seguramente generará nuevos proyectos y nuevas capacidades para desarrollar procesos más seguros y eficientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Colledani, M., Tolio, T., Fischer, A., Lung, B., Lanza, G., Schmitt, R., & Váncza, J. (2014). Design and management of manufacturing systems for production quality. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 773-796.
- European Commission - Joint Research Centre. (2013). *The 2013 EU Industrial R&D Scoreboard*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- GM COLMOTORES MEDIOS. (4 de Septiembre de 2014). *NOTICIAS E INFORMACIÓN*. Obtenido de Sitio Web General Motors Colmotores: <http://media.gm.com/media/co/es/chevrolet/news.detail.html/content/Pages/news/co/es/2014/sept/0904-equipos.html>
- Gorlach, I., & Wessel, O. (2008). Optimal Level of Automation in the Automotive. *Engineering Letters*, 141.
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación.
- Livatyalia, H., Laxhuber, T., & Altanc, T. (2004). Experimental

investigation of forming defects in flat surface–convex edge hemming. *Journal of Materials Processing Technology*, 20-27.

Michalos, G., Makris, S., Papakostas, N., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2010). Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 81–91.

Ponticel, P. (2003). Automation: a tool, not an end. *Automotive Engineering International*, 86-89.

Rico, M. J., Sánchez, C. M., & Laverde, R. (2012). Sector Automotor Colombiano: Innovar para crecer. *ANDI*, 10-17.

Rietman, B., Goretti Doig, M., & Weiher, J. (2001). Predicting the quality of clinch joints using FEM. 4th ESAFORM Conference on Material Forming 2001, (págs. 1-4). Liège, Belgium.

Schonberger, R. J. (1997). *Manufactura de Categoría Mundial*. Bogotá: Editorial Norma S.A.

Trebilcock, B. (2011). To automate or not to automate. *Modern Materials Handling*, 16-21.

Vallejo, M., & Vallejo, S. (2005). Aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 47-63.

