

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA REBARBADO DE PIEZAS DE PLÁSTICO EN EMPRESA TRANSNACIONAL EN TORREÓN, COAHUILA.

Eber Alonso Facio-Chávez¹

¹Universidad La Salle Laguna, Facultad de Ingeniería. Gómez Palacio, México.

20442@ulsalaguna.edu.mx

Resumen. Este artículo aborda la automatización del proceso de rebarbado en una empresa manufacturera de piezas plásticas, con el objetivo de incrementar la producción diaria sin comprometer la calidad del producto. Actualmente, este proceso se realiza manualmente, lo que genera limitaciones en la productividad y desgaste físico en los trabajadores debido a movimientos repetitivos. La investigación, realizada en una empresa ubicada en Torreón, Coahuila, incluyó un análisis detallado del proceso actual y una evaluación de tecnologías viables para la automatización. Se diseñó y probó un sistema automatizado de bajo costo y con un diseño modular, lo que facilita su implementación en pequeñas y medianas empresas (PyMEs). Se evaluó su impacto en la productividad, la ergonomía y el ahorro económico. Los resultados muestran que la solución automatizada permite un aumento significativo en la producción diaria de piezas plásticas, una reducción del 35 % en los costos operativos y un retorno de inversión estimado menor a un año, manteniendo la calidad del producto final y favoreciendo la reconversión laboral de los operarios.

Palabras Clave: automatización, rebarbado, ergonomía

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

En la actualidad, la industria manufacturera enfrenta el desafío constante de incrementar su eficiencia operativa sin comprometer la calidad de sus productos ni el bienestar de sus trabajadores. En particular, las empresas dedicadas a la fabricación de piezas plásticas, que atienden sectores altamente demandantes como el automotriz, médico, aeroespacial y electrónico, deben responder a ritmos de producción cada vez más exigentes. Uno de los procesos críticos en estas líneas es el rebarbado de piezas plásticas, necesario para garantizar la calidad superficial y funcional de los componentes moldeados.

Este proceso, que en muchas plantas continúa siendo manual, presenta múltiples desventajas: alta demanda física, movimientos repetitivos y baja productividad. En la empresa objeto de estudio, ubicada en Torreón, Coahuila, el rebarbado manual era realizado por seis operarios por turno, con un promedio de 39,480 piezas al día, insuficiente para cubrir la demanda sin aumentar la carga laboral.

Diversos autores (Dempsey, 2013; Sauter & Bright, 2005; Zhou & Li, 2021; González & Vega, 2022) coinciden en que la automatización reduce la variabilidad, mejora la productividad y favorece la ergonomía. Además de la evidencia bibliográfica, los hallazgos de campo confirmaron la gravedad de los riesgos ergonómicos. En una entrevista con la fisioterapeuta Dulce Valverde Villa (comunicación personal, 2025), con ocho años de experiencia, se advirtió que los movimientos repetitivos comprometen gravemente la salud de manos, codos y hombros, pudiendo derivar en lesiones incapacitantes como síndrome del túnel carpiano, tendinopatías, lesiones del manguito rotador, bursitis y radiculopatías.

La automatización del rebarbado surge así como solución para aumentar la producción y mejorar las condiciones ergonómicas y económicas de trabajadores y empresa. Este trabajo se enmarca dentro del Objetivo de Desarrollo Sostenible 8 (ODS 8), que busca crecimiento inclusivo, empleo

pleno y trabajo decente, contribuyendo a la reducción de riesgos laborales y a la optimización del recurso humano.

2 Objetivo

Diseñar e implementar un sistema mecatrónico que coadyuve en la disminución de tiempos en el proceso de rebarbado de piezas de plástico “Plenco 02311” de la empresa dedicada a la elaboración de piezas de plástico por moldeo en la ciudad de Torreón, Coahuila

3 Propuesta teórico-metodológica

La investigación se fundamenta en la automatización industrial, la ergonomía laboral y la ingeniería mecatrónica aplicada al entorno productivo. Los procesos repetitivos manuales presentan limitaciones inherentes al desempeño humano, tales como fatiga, variabilidad y exposición a riesgos ergonómicos (Smith, 2015). Dempsey (2013) señala que estos factores reducen la eficiencia y aumentan costos de calidad y salud ocupacional. Miller (2019) sostiene que la automatización no solo incrementa productividad, sino que reduce errores y favorece condiciones más seguras.

Además, los hallazgos de campo confirmaron riesgos ergonómicos severos. La fisioterapeuta Dulce Valverde Villa destacó que los movimientos repetitivos comprometen la salud y pueden ser incapacitantes, lo que refuerza la urgencia de automatizar.

Para alcanzar el objetivo planteado, se empleó una metodología cuasiexperimental con enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Desde el enfoque cuantitativo, se comparó el rendimiento del proceso con cronometraje manual en el método tradicional y sensores conectados a un PLC en el automatizado. Desde el enfoque cualitativo, se realizaron entrevistas semiestructuradas a operarios, ingenieros de planta y especialistas en fisioterapia, a fin de identificar las principales problemáticas asociadas al proceso manual y evaluar la percepción del cambio tecnológico implementado.

Se aplicó estadística descriptiva para calcular promedios y desviaciones estándar de los tres métodos: manual, automatizado sin alimentador y con alimentador. Estos valores permitieron analizar la consistencia y eficiencia del proceso en cada caso. Como complemento, se elaboraron gráficos de comparación y tablas que facilitaron la visualización de los resultados.

La población incluyó a los seis operarios y personal técnico de supervisión, además de expertos externos que validaron el diseño mechatrónico. La recolección de datos se realizó durante el periodo de implementación del sistema, en condiciones reales de operación.

El desarrollo del prototipo implicó el diseño e integración de sensores, actuadores neumáticos, estructura mecánica y sistema de control basado en un PLC Siemens S7-1200. Se emplearon sensores fotoeléctricos de la marca Omron para el conteo de piezas, y se diseñaron pantallas de interfaz hombre-máquina (HMI) que facilitaron la interacción del operario con el sistema. La lógica se programó en lenguaje escalera, validada con simulaciones y pruebas piloto antes de su integración en la línea.

Esta propuesta de investigación se enmarca dentro de los proyectos de aplicación, ya que genera un modelo funcional y transferible para resolver una problemática específica del sector industrial. Los resultados obtenidos proporcionan información clave para la elaboración de manuales técnicos de operación, programas de capacitación para operarios y estrategias de mejora continua en procesos industriales repetitivos.

4 Discusión de resultados

La implementación del sistema automatizado evidenció mejoras en productividad, estabilidad del proceso y ergonomía. El método manual presentó un tiempo promedio de 13.9 segundos por pieza, con desviación estándar de 1.662, reflejando alta variabilidad por fatiga o experiencia del operario. El sistema automatizado sin alimentador redujo el tiempo promedio a 11.0 segundos ($\sigma = 0.731$). El sistema con alimentador alcanzó el mejor desempeño, con 7.2 segundos por pieza y desviación estándar de 0.635 (ver Tabla 1).

Este último escenario representa un incremento de 93.35 % en productividad respecto al manual y de 53.39 % frente al automatizado sin alimentador (ver Figura 1). La reducción en la variabilidad mejora la planeación, disminuye inspecciones y retrabajos, y optimiza la estabilidad del proceso.

En el ámbito ergonómico, los operarios reportaron menor fatiga, reducción de movimientos repetitivos y mayor seguridad al usar la HMI, disminuyendo riesgos musculoesqueléticos. Estos hallazgos se alinean con la meta 8.8 del ODS 8, que promueve entornos laborales seguros.

En lo económico, se estimó un ahorro del 35 % en costos operativos, principalmente por reducción de tiempos de ciclo y mano de obra directa. Esto proyecta un retorno de inversión menor a un año, confirmando la viabilidad financiera. A diferencia de sistemas más costosos, la propuesta aquí desarrollada fue diseñada con enfoque modular y de bajo costo, adaptándose también a PyMEs y ampliando su impacto social y de transferencia tecnológica.

En síntesis, el sistema automatizado no solo mejora la eficiencia productiva, sino que constituye una solución integral que incide en la ergonomía, la economía y la sostenibilidad laboral. Su modularidad, bajo costo y replicabilidad lo convierten en una propuesta viable tanto para grandes empresas como para PyMEs que buscan competitividad en un entorno global.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

El proyecto logró responder a la pregunta de investigación al demostrar que la automatización del proceso de rebarbado incrementa la productividad y mejora las condiciones laborales. Se cumplió con el objetivo general mediante el diseño e implementación de un sistema mecatrónico que redujo el tiempo promedio de rebarbado y mejoró la consistencia del proceso. En consecuencia, la empresa ahora cuenta con un proceso más eficiente y ergonómico, alineado con el ODS 8 (ver Figura 2).

Se propone, como trabajo futuro, la incorporación de sistemas de monitoreo en tiempo real y visión artificial para incrementar la autonomía del sistema. Asimismo, el modelo puede replicarse en otros procesos industriales similares, evaluando su impacto tanto en la producción como en la salud ocupacional.

Adicionalmente, se resalta que el sistema desarrollado no constituye un prototipo aislado, sino que es escalable y transferible gracias a su diseño modular y de bajo costo, lo que facilita su implementación en diferentes entornos productivos, incluyendo pequeñas y medianas empresas (ver Figura 3). Finalmente, se sugiere diseñar un plan de capacitación para los seis trabajadores en operación, programación básica, control de calidad y mantenimiento, alineado con el ODS 8.

6 Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad La Salle Laguna por las facilidades brindadas para el desarrollo de este proyecto. Asimismo, se reconoce el apoyo del Dr. Raúl Abdiel Escobedo García por sus observaciones y sugerencias, las cuales contribuyeron a mejorar la calidad del trabajo presentado.

7 Referencias

1. Dempsey, P. G. (2013). *Ergonomics and human factors: Applications in occupational safety and health*. CRC Press.
2. Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (6^a ed.). McGraw-Hill.
3. Miller, J. (2019). Automation and productivity in manufacturing: A comprehensive analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 141(8), 081002. <https://doi.org/10.1115/1.4043965>
4. Sauter, S. L., & Bright, K. M. (2005). Work organization and musculoskeletal disorders: A review of the literature. *Journal of Occupational Health Psychology*, 10(4), 298–310. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.10.4.298>
5. Smith, J. (2015). Impact of automation on manufacturing efficiency and worker safety. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(2), 123–135. <https://doi.org/10.3926/jiem.1257>

6. Zhou, L., & Li, H. (2021). Advances in automation and digital manufacturing systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 114(7–8), 2101–2114. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07012-6>
7. González, A., & Vega, M. (2022). Ergonomic approaches in industrial automation: Balancing productivity and worker well-being. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 32(5), 399–412. <https://doi.org/10.1002/hfm.20948>

8 Figuras



Figura 1. Tiempo de rebarrado de 10 piezas con destinos métodos. Fuente. Elaboración propia.



Figura 2. Sistema automático de rebarrado con alimentador externo. Fuente. Elaboración propia.

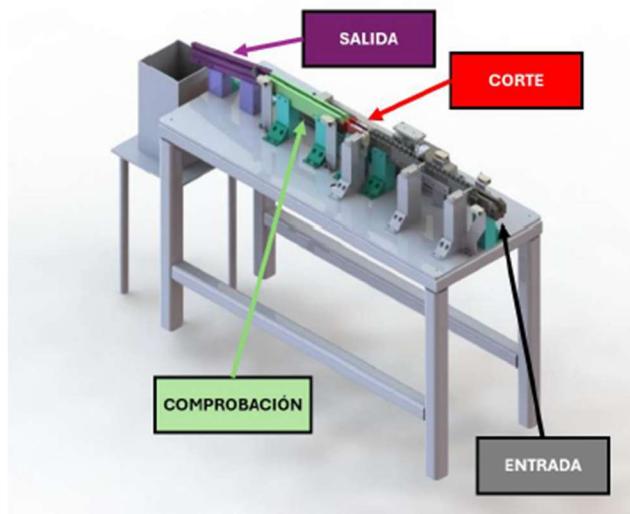


Figura 3. Etapas de sistema automatizado para rebarrado. Fuente. Elaboración propia.