

Artículo original

Principio de operación y funcionamiento de máquinas llenadoras aplicadas a procesos de envasado en la industria atunera

Jonathan Andrés Guillén Palma ^[1]  Jairo Josué Anchundia Cedeño ^[1]  Gissella Mariel García-Loor ^[1]  José Eli Saltos-Zambrano ^[1] 

[1] Carrera Mecánica y Operación de Máquinas. Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez (ISTLAM). Manta, Ecuador.

Autor para correspondencia: g.garcia@istlam.edu.ec



Resumen

La automatización de los procesos de envasado constituye un factor clave para mejorar la productividad, la calidad del producto y la eficiencia operativa en la industria atunera; sin embargo, aún existe limitada información técnica sobre el funcionamiento de las máquinas llenadoras utilizadas en este sector. El objetivo de esta investigación fue analizar el principio de operación y el funcionamiento de estas máquinas en empresas atuneras de la ciudad de Manta. Se desarrolló una investigación con enfoque cualitativo, diseño no experimental y corte transversal, mediante entrevistas semiestructuradas aplicadas a 20 participantes, entre operadores, técnicos de mantenimiento, supervisores y especialistas en fabricación de maquinaria de dos empresas atuneras y un taller metalmecánico. Los resultados evidenciaron que el desempeño de las máquinas depende de la integración de componentes mecánicos, neumáticos y sistemas de automatización, donde el uso de PLC, sensores, actuadores y pantallas HMI permite controlar la dosificación, mantener la uniformidad del llenado y asegurar la continuidad del proceso. Además, se identificó que el mantenimiento preventivo, la calibración periódica y la capacitación del personal son factores determinantes para reducir fallas, minimizar desperdicios y garantizar la calidad del producto. Se concluye que las máquinas llenadoras desempeñan un papel estratégico en el proceso de envasado de atún, al mejorar la precisión de la dosificación, incrementar la productividad y favorecer la estandarización del producto. Se recomienda fortalecer los programas de mantenimiento e incorporar progresivamente tecnologías asociadas con la Industria 4.0 para optimizar el desempeño de estas líneas de producción.

Palabras Clave: *máquina llenadora; industria atunera; procesos de envasado; automatización industrial; producción.*

Article

Principles of Operation and Functioning of Filling Machines Used in Packaging Processes in the Tuna Industry.

Abstract

The automation of packaging processes is a key factor in improving productivity, product quality, and operational efficiency in the tuna industry; however, there is still limited technical information available on the operation of the filling machines used in this sector. The objective of this study was to analyze the operating principles and performance of these machines at tuna processing companies in the city of Manta. A qualitative, non-experimental, cross-sectional study was conducted using semi-structured interviews with 20 participants, including operators, maintenance technicians, supervisors, and machinery manufacturing specialists from two tuna processing companies and a metalworking shop. The results showed that the performance of the machines depends on the integration of mechanical and pneumatic components and automation systems, where the use of PLCs, sensors, actuators, and HMI screens allows for controlling dosing, maintaining filling uniformity, and ensuring process continuity. Furthermore, it was found that preventive maintenance, periodic calibration, and staff training are key factors in reducing failures, minimizing waste, and ensuring product quality. It is concluded that filling machines play a strategic role in the tuna packaging process by improving dosing accuracy, increasing productivity, and promoting product standardization. It is recommended to strengthen maintenance programs and progressively incorporate technologies associated with Industry 4.0 to optimize the performance of these production lines.

Keywords: *filling machine; tuna industry; packaging processes; industrial automation; production.*

Cita sugerida: Guillén Palma, J., Anchundia Cedeño, J., García-Loor, G., & Saltos-Zambrano, E. (2026). Principio de operación y funcionamiento de máquinas llenadoras aplicadas a procesos de envasado en la industria atunera. *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 9(18), 101-114. <https://doi.org/10.56124/finibus.v9i18.009>

DOI : <https://doi.org/10.56124/finibus.v9i18.009>
Recibido: 06-01-2026 Revisado: 28-05-2026
Aceptado: 06-06-2026 Publicado: 01-07-2026

1. Introducción

La industria del atún constituye uno de los sectores pesqueros más importantes a nivel mundial por su aporte económico, comercial y alimentario. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), las capturas mundiales de atún alcanzan aproximadamente cinco millones de toneladas anuales, consolidándolo como uno de los recursos pesqueros de mayor relevancia para el comercio internacional (FAO, 2024). Esta industria genera un valor comercial cercano a los 33 mil millones de dólares, equivalente al 24 % del comercio mundial de productos del mar de acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2014).

Ecuador se ha consolidado como uno de los principales actores de la industria atunera, ocupando el segundo lugar a nivel mundial en la exportación de atún procesado y enlatado. Este liderazgo ha impulsado el desarrollo de infraestructura pesquera e industrial, especialmente en la ciudad de Manta, considerada el principal centro atunero del país. Actualmente, la industria exporta alrededor de 500 000 toneladas anuales y genera ingresos superiores a mil millones de dólares, constituyéndose además en una importante fuente de empleo directo e indirecto de acuerdo con datos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP, 2024).

El crecimiento de la industria alimentaria ha impulsado la incorporación de tecnologías de automatización industrial

orientadas a mejorar la eficiencia de los procesos, incrementar la productividad y garantizar la calidad del producto. En la industria atunera, el proceso de envasado requiere sistemas capaces de operar con rapidez, precisión y en cumplimiento de los estándares de inocuidad y calidad. Dentro de este proceso, las máquinas llenadoras desempeñan un papel fundamental, ya que permiten dosificar y distribuir el producto de forma uniforme en cada envase, optimizando el aprovechamiento de la materia prima y reduciendo pérdidas durante la producción (Groover, 2020).

La Figura 1 presenta el proceso de elaboración del atún enlatado, que comprende las etapas de recepción, clasificación, lavado, corte y eviscerado de la materia prima, seguido de la cocción para garantizar la calidad e inocuidad del producto. Posteriormente se realiza la limpieza, el envasado y la dosificación del líquido de cobertura, donde intervienen las máquinas llenadoras para asegurar la cantidad adecuada de producto en cada envase. Además, las latas son selladas, esterilizadas, secadas, etiquetadas y almacenadas antes de su distribución.

Cada una de las etapas del proceso contribuye a preservar la calidad, la seguridad alimentaria y la vida útil del producto final. En este contexto, el proceso de llenado representa una de las operaciones más importantes, ya que influye directamente en la uniformidad del contenido, el aprovechamiento de la materia prima y la eficiencia global de la línea de producción. La incorporación de sistemas automatizados permite optimizar estas actividades y fortalecer la competitividad de la industria atunera.

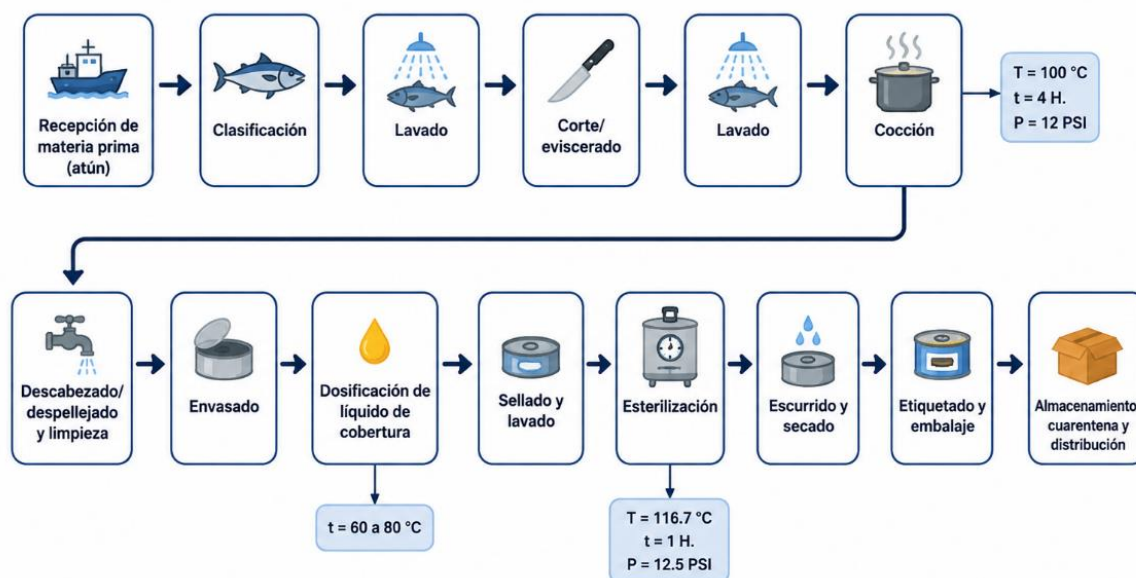


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de enlatado de atún en agua.

Fuente: Adaptado de Atún en lata, por R. Chedraui, 2001, Empresa Procesadora Alimentos Real.

Las máquinas llenadoras integran componentes mecánicos, eléctricos, neumáticos y sistemas de control automatizado que permiten realizar la dosificación del producto de forma automática o semiautomática. Su implementación reduce la intervención manual, incrementa la velocidad de producción y disminuye la variabilidad del proceso, favoreciendo una mayor eficiencia operativa y una mejor utilización de los recursos (Yam et al., 2005).

El proceso de envasado constituye una etapa crítica dentro de la industria atunera, debido a que garantiza la adecuada conservación del producto y su presentación al consumidor (Toledo, 2007). En este sentido, la máquina llenadora desempeña un papel esencial al asegurar que cada envase reciba la cantidad exacta de producto, reduciendo pérdidas de materia prima y garantizando la uniformidad del contenido, aspectos que repercuten directamente en la eficiencia del proceso industrial (Heldman & Singh, 2014).

Desde el punto de vista técnico, estas máquinas están conformadas por motores, cintas transportadoras, válvulas, sensores, actuadores neumáticos y sistemas de control automatizados que permiten transportar los envases, dosificar el producto y supervisar continuamente el funcionamiento del proceso (Bolton, 2019). Además, su fabricación en acero inoxidable y otros materiales aptos para contacto con alimentos garantiza el cumplimiento de las normas sanitarias y de inocuidad exigidas por la industria alimentaria (Chou Rodríguez et al., 2018).

La Figura 2 presenta un esquema general de una máquina llenadora automatizada empleada en el proceso de envasado de atún, donde se identifican los principales componentes mecánicos, neumáticos y de control, así como su secuencia básica de funcionamiento.



Figura 2. Componentes principales de una máquina llenadora utilizada en la industria atunera.

Fuente. Elaboración propia con base en Formentini et al. (2021).

Los sistemas de llenado dosifican el producto en cada envase mediante mecanismos de control de peso o volumen, dependiendo de las características del proceso productivo. Para ello, sincronizan los sistemas de alimentación, transporte y dosificación, permitiendo mantener la continuidad de la producción y evitando interrupciones que

puedan afectar el rendimiento de la línea (Robertson, 2016; Yam et al., 2005).

La automatización de estos equipos incorpora controladores lógicos programables (PLC), sensores electrónicos, actuadores neumáticos y sistemas de supervisión que

permiten monitorear y ajustar el proceso en tiempo real, garantizando una dosificación precisa, reduciendo errores operativos y mejorando la confiabilidad del sistema (Bolton, 2019; Boyer, 2010).

A pesar del elevado nivel de automatización alcanzado por estas máquinas, aún se presentan inconvenientes relacionados con la precisión de la dosificación, la uniformidad del peso del producto y el control de las mermas durante el proceso de llenado. Estas situaciones pueden originarse por desajustes mecánicos, fallas en los sistemas de control o deficiencias en el mantenimiento, afectando la productividad, la calidad del producto final y el cumplimiento de los estándares internacionales. En este contexto, la aplicación de programas de mantenimiento preventivo y la calibración periódica de los equipos resultan fundamentales para garantizar un funcionamiento confiable.

Aunque existen numerosos estudios sobre automatización industrial y sistemas de llenado aplicados a la industria alimentaria, la información científica relacionada específicamente con las máquinas llenadoras utilizadas en la industria atunera ecuatoriana continúa siendo limitada. La mayoría de las investigaciones abordan la automatización desde una perspectiva general, mientras que son escasos los trabajos que describen las características técnicas, el principio de operación y el funcionamiento de estos equipos en empresas atuneras, particularmente en la ciudad de Manta. Esta situación evidencia la necesidad de generar conocimiento que contribuya a comprender su desempeño y su influencia en la productividad y la calidad del proceso de envasado.

El análisis del funcionamiento de las máquinas llenadoras permite comprender la forma en que la automatización industrial integra sistemas de control, sensores, actuadores neumáticos y controladores lógicos programables para sincronizar y supervisar el proceso de envasado. Además, facilita la identificación de oportunidades de mejora orientadas a incrementar la confiabilidad de los equipos, reducir errores operativos, optimizar el aprovechamiento de la materia prima y fortalecer la eficiencia de la línea de producción.

Desde la perspectiva empresarial, este conocimiento aporta información útil para mejorar la competitividad de las empresas atuneras y fortalecer la gestión de sus procesos productivos. Al mismo tiempo, contribuye al desarrollo del conocimiento científico sobre automatización industrial aplicada a la industria alimentaria, un campo donde aún existe limitada información especializada sobre el funcionamiento de estos equipos.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar el principio de operación y el funcionamiento de las máquinas llenadoras utilizadas en los

procesos de envasado de la industria atunera de la ciudad de Manta. Los resultados contribuirán a ampliar el conocimiento técnico sobre estos sistemas de automatización y servirán como apoyo para estudiantes, investigadores y profesionales interesados en comprender el aporte de estas tecnologías a la eficiencia, productividad y competitividad de la industria atunera.

2. Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que estuvo orientada a comprender el funcionamiento y los principios de operación de las máquinas llenadoras empleadas en los procesos de envasado de la industria atunera, a partir de la experiencia y los conocimientos del personal directamente involucrado en su operación, mantenimiento y fabricación. Se trató de una investigación aplicada con alcance descriptivo, ya que buscó generar conocimientos útiles para explicar las características técnicas y operativas de estos equipos dentro de los procesos industriales automatizados.

Se empleó un diseño no experimental de corte transversal, debido a que las variables de estudio no fueron manipuladas y la información se recopiló en un único periodo comprendido entre enero y junio de 2026. El estudio se desarrolló en dos empresas dedicadas al procesamiento y envasado de productos atuneros y en un taller metalmecánico especializado en el diseño, fabricación y mantenimiento de maquinaria industrial, ubicados en la ciudad de Manta, provincia de Manabí, Ecuador. La selección de estos escenarios respondió a criterios de accesibilidad, disponibilidad de información y experiencia técnica relacionada con el funcionamiento de máquinas llenadoras.

La población estuvo conformada por 20 participantes vinculados directamente con la operación, mantenimiento y fabricación de este tipo de maquinaria, incluyendo operadores de producción, técnicos de mantenimiento y especialistas en fabricación y reparación de equipos industriales. Debido a las características del estudio, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a las personas con experiencia directa en el manejo y funcionamiento de las máquinas llenadoras; por ello, la muestra correspondió a la totalidad de la población considerada.

De acuerdo con el objetivo de la investigación, se establecieron dos variables de estudio. La primera fue el funcionamiento de la máquina llenadora, cuyos indicadores fueron el sistema de alimentación, el sistema de dosificación, el sistema de transporte, la velocidad operativa y la uniformidad del llenado. La segunda variable correspondió a los principios de operación de la máquina llenadora, considerando como indicadores la secuencia operativa, el

nivel de automatización, los componentes mecánicos principales, los sistemas de control y la eficiencia operativa.

Como técnica de recolección de información se empleó la entrevista semiestructurada, aplicada a los participantes de las organizaciones seleccionadas. Para ello se diseñó una guía de entrevista integrada por diez preguntas abiertas, elaboradas con base en los objetivos y variables de la investigación. Las preguntas estuvieron orientadas a conocer el principio de funcionamiento de la máquina, sus principales componentes, la secuencia operativa, las fallas más frecuentes, las actividades de mantenimiento, los procedimientos de calibración, el nivel de automatización, la

importancia del equipo dentro del proceso productivo, la eficiencia operativa y las condiciones técnicas generales de la maquinaria.

Como se muestra en la Figura 3 el desarrollo de la investigación comprendió seis etapas. Primero, se efectuó una revisión bibliográfica de artículos científicos, libros y documentación técnica relacionada con la automatización industrial, las máquinas llenadoras y los procesos de envasado en la industria alimentaria. Luego, se elaboró la guía de entrevista y se gestionó el acceso a las empresas y al taller metalmecánico participantes.



Figura 3. Metodología de la investigación

Fuente: Elaboración propia con base en Bhamu y Sangwan (2014)

Una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes, se aplicaron las entrevistas al personal seleccionado. Posteriormente, la información recopilada fue organizada mediante matrices de análisis y posteriormente interpretada para identificar coincidencias, criterios técnicos y aspectos relevantes relacionados con el funcionamiento y los principios de operación de las máquinas llenadoras.

El análisis de la información se realizó mediante la técnica de análisis de contenido cualitativo. Las respuestas obtenidas fueron sistematizadas en matrices elaboradas en Microsoft Excel, lo que permitió identificar categorías de análisis, patrones recurrentes y relaciones entre los diferentes criterios expresados por los participantes. Posteriormente, los resultados fueron contrastados con la literatura científica consultada, lo que facilitó su interpretación y permitió responder al objetivo planteado en la investigación.

En cuanto a los aspectos éticos, la participación de los entrevistados fue voluntaria y se garantizó la confidencialidad de la información proporcionada. Antes de la aplicación de las entrevistas, se explicó el propósito del estudio y se obtuvo el consentimiento de los participantes para el uso académico de la información recopilada, asegurando que los datos fueran utilizados exclusivamente con fines científicos y preservando el anonimato de las personas y organizaciones involucradas.

3. Resultados y discusión

Se realizó una síntesis de la literatura especializada con el propósito de identificar los elementos que intervienen en el funcionamiento de las máquinas llenadoras utilizadas en la industria atunera. La revisión evidencia que estos equipos integran componentes mecánicos, neumáticos y sistemas de control automatizado que trabajan de manera sincronizada para garantizar una dosificación uniforme, mantener la continuidad del proceso y optimizar la productividad. Entre los elementos más representativos se encuentran los módulos de corte y compactación, los sistemas de transporte, los dispositivos de llenado, los sensores de peso, los controladores lógicos programables (PLC), las interfaces hombre-máquina (HMI) y los actuadores, cuya interacción permite reducir desperdicios y asegurar la calidad del producto final.

La literatura también señala que el funcionamiento eficiente de estas máquinas depende de una adecuada integración entre sus componentes y de la aplicación de programas de mantenimiento y calibración periódicos. Diversos autores coinciden en que la automatización mejora la precisión del llenado, incrementa la productividad y reduce la variabilidad del proceso; sin embargo, advierten que el rendimiento del sistema puede verse afectado cuando existen deficiencias en el mantenimiento o en la sincronización de sus componentes (Formentini et al., 2021; Groover, 2020).

Con base en esta información se elaboró la Figura 4, que resume los principales elementos que intervienen en el funcionamiento de una máquina llenadora y su contribución al proceso de envasado industrial.

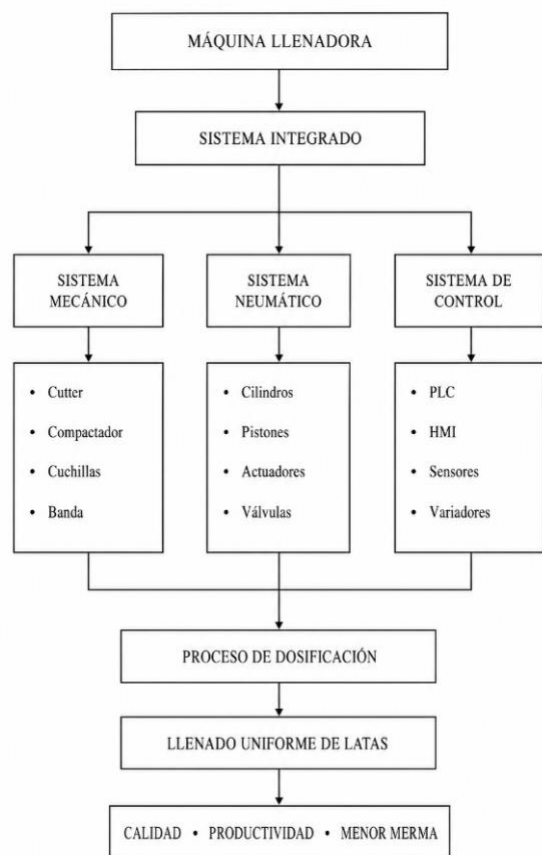


Figura 4. Integración de los sistemas que intervienen en el funcionamiento de una máquina llenadora.

3.1. Caracterización de los participantes

Como parte del proceso de caracterización de la muestra, se analizaron las principales variables sociodemográficas y laborales de los participantes, considerando el lugar de trabajo, el cargo desempeñado y los años de experiencia en actividades relacionadas con la operación y mantenimiento de máquinas llenadoras en la industria atunera.

La muestra estuvo conformada por personal vinculado directamente con la operación, mantenimiento y fabricación de máquinas llenadoras utilizadas en la industria atunera. Se observa un predominio de participantes pertenecientes al taller metalmecánico (45 %) y de técnicos de mantenimiento (45 %), lo que evidencia que la información proviene principalmente de profesionales con experiencia directa en este tipo de equipos. Además, el 55 % de los participantes posee entre uno y tres años de experiencia laboral, garantizando la participación de personal con conocimientos

prácticos sobre los procesos de llenado y mantenimiento industrial.

Los resultados (Tabla 1) muestran que la información recopilada proviene de personal con experiencia directa en el funcionamiento de las máquinas llenadoras. Como señalan Chandrasiri et al. (2022), la participación de operadores, técnicos de mantenimiento, técnicos de fabricación y supervisores permitió obtener una visión integral del proceso de envasado desde las perspectivas operativa y técnica. Esta diversidad de perfiles favoreció la obtención de información complementaria sobre el funcionamiento del equipo, las actividades de mantenimiento y los factores que influyen en la eficiencia del proceso productivo.

Tabla 1. Caracterización de los participantes del estudio.

Variable	Categoría	Porcentaje (%)
Lugar de trabajo	Empresa atunera 1	30
	Empresa atunera 2	25
	Taller metalmecánico	45
Cargo desempeñado	Técnico de mantenimiento	45
	Operador	30
	Técnico de fabricación	15
	Supervisor	10
Años de experiencia	1–3 años	55
	4–7 años	30
	8–12 años	15

3.2. Principio de funcionamiento de la máquina llenadora

Con el propósito de comprender el funcionamiento del equipo, se analizaron las respuestas de los participantes relacionadas con el principio de operación de la máquina llenadora. Las respuestas fueron agrupadas según su similitud técnica y permitieron identificar los elementos que intervienen durante el proceso de alimentación, compactación, dosificación y transferencia del producto.

La Figura 5 evidencia que el 25 % de los entrevistados considera que la máquina funciona mediante un sistema automatizado de dosificación y transferencia del producto. Un 20 % destacó la versatilidad operativa del modelo Herfraga SM-200 y otro 20 % señaló que el equipo contribuye a mejorar la presentación final del producto. Por otra parte, el 15 % indicó que la máquina incrementa la calidad del proceso, mejora la eficiencia de la producción y garantiza una mayor uniformidad durante el llenado.

Estos resultados son consistentes con lo señalado por Groover (2020) quien indica que la automatización industrial favorece la precisión de la dosificación, mejora la eficiencia operativa y contribuye a la estandarización de los procesos de envasado en la industria alimentaria.

Componentes principales de la máquina llenadora

Para identificar los componentes más importantes del equipo (Figura 6), se consultó al personal técnico y operativo acerca de los elementos que consideran indispensables para el

funcionamiento de la máquina. Las respuestas fueron clasificadas de acuerdo con la función que desempeñan dentro del sistema.

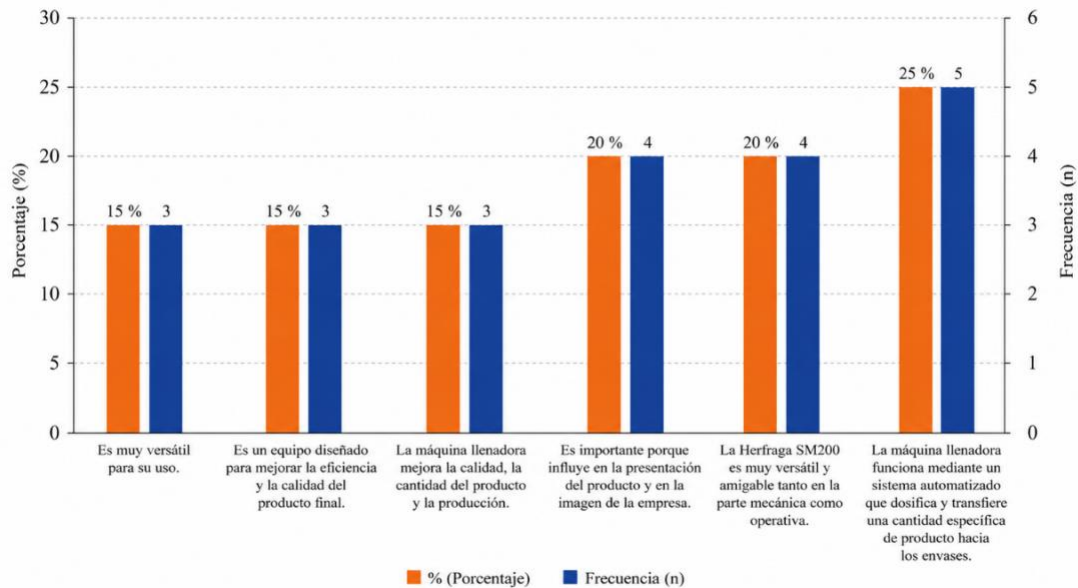


Figura 5. Descripción del principio de funcionamiento.

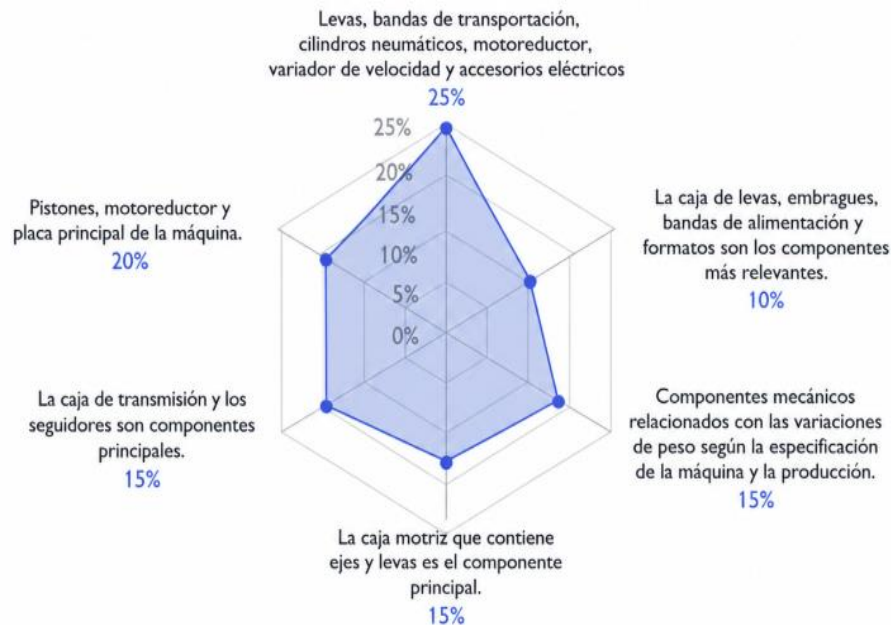


Figura 6. Componentes principales de la máquina llenadora

Los resultados muestran que las levas, las bandas transportadoras, los cilindros neumáticos, el motoreductor, el variador de velocidad y los accesorios eléctricos fueron los

componentes mencionados con mayor frecuencia (25 %). En segundo lugar se ubicaron los pistones, el motoreductor y la placa principal (20 %), mientras que los demás componentes

alcanzaron porcentajes entre el 10 % y el 15 %. Estos resultados evidencian que la precisión del proceso depende de la interacción entre los sistemas de transmisión, accionamiento y control.

La información obtenida coincide con lo reportado por Formentini et al. (2021) y Asencio Torres (2025), quienes destacan que la integración entre componentes mecánicos, neumáticos y sistemas automatizados constituye un factor determinante para garantizar la continuidad y precisión de los procesos industriales.

Variables que afectan la dosificación

La precisión de la dosificación representa uno de los factores más importantes para garantizar la calidad del producto final (Ver Figura 7). En este sentido, se analizaron las respuestas relacionadas con los aspectos que pueden afectar el llenado de los envases.

Los resultados indican que el 30 % de los participantes considera que el cumplimiento del proceso de producción y la ejecución de un mantenimiento adecuado constituyen los

principales factores que influyen en la dosificación. El 15 % señaló la importancia de la calibración de la máquina, el desempeño del operador, la calidad de la materia prima y el estado de los componentes mecánicos.

Estos hallazgos respaldan lo señalado por Robertson (2016) y Boyer (2010), quienes sostienen que la estabilidad de los procesos automatizados depende tanto de la correcta calibración de los equipos como del mantenimiento periódico y del control permanente de las variables operativas.

Los resultados presentados en la Figura 8 permiten observar que los beneficios atribuidos por los participantes no actúan de forma aislada, sino que mantienen una relación directa entre sí. La automatización favorece una mayor precisión en la dosificación, lo que contribuye a obtener un producto uniforme, reducir desperdicios y mejorar la productividad de la línea de envasado. Esta interacción evidencia el papel estratégico de la máquina llenadora dentro del proceso industrial.

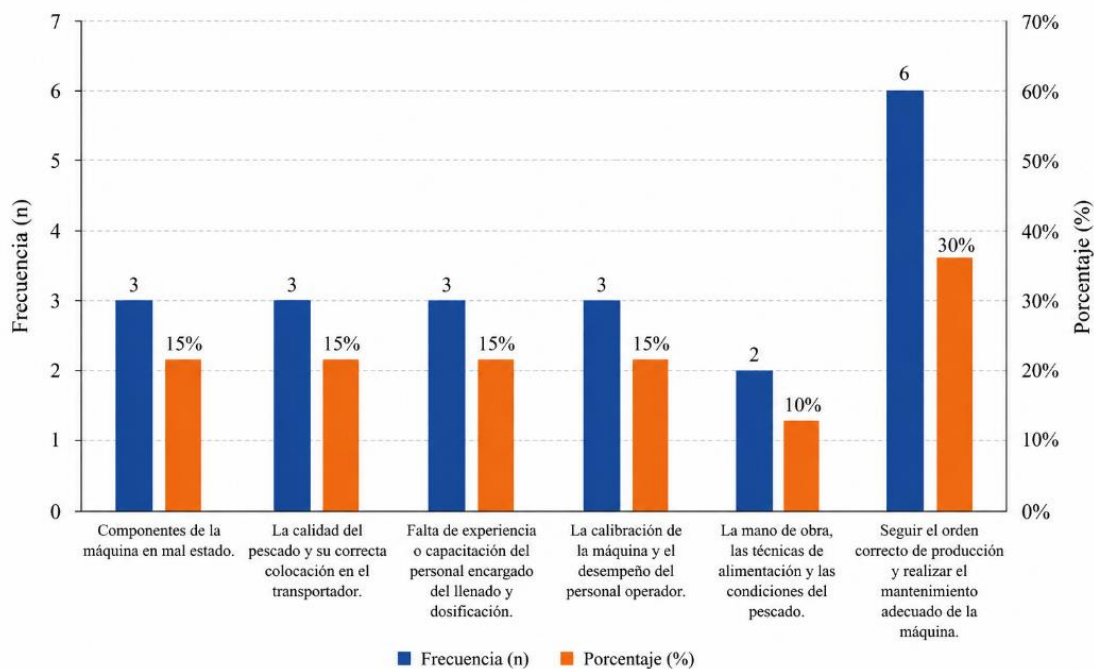


Figura 7. Factores que influyen en la dosificación



Figura 8: Factores que afectan el llenado

3.3. Ventajas operativas de la máquina llenadora

La evaluación de las ventajas operativas de la máquina llenadora permitió identificar los beneficios percibidos por el personal técnico y operativo respecto a su desempeño dentro de la línea de producción. Mediante el análisis y categorización de las respuestas, se determinaron los principales aportes del equipo relacionados con la rapidez del proceso, la precisión en la dosificación, la calidad del producto y la rentabilidad operativa. La siguiente ilustración muestra la distribución porcentual de las ventajas identificadas por los participantes.

La Figura 9 muestra que el 30% de los entrevistados considera que la principal ventaja de la máquina llenadora es la mayor rapidez en el proceso y el cumplimiento de las especificaciones de producción, mientras que el 20% destaca que es una máquina rentable y el 15% señala beneficios como mejora en la calidad, presentación del producto y mayor capacidad de producción. Estos resultados reflejan que el equipo aporta directamente a la eficiencia y optimización del proceso industrial.

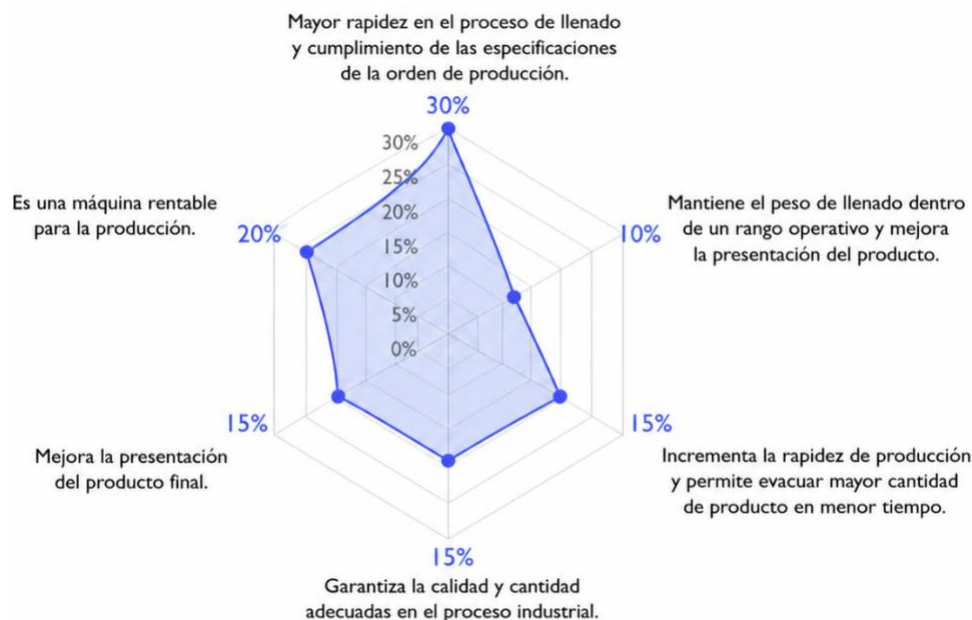


Figura 9. Ventajas operativas de la maquina llenadora

Los resultados son consistentes con Groover (2020) y Heldman & Singh (2014) quienes señalan que la automatización industrial mejora significativamente la eficiencia, la calidad del producto final y el rendimiento general de los procesos de producción alimentaria.

Problemas o limitaciones durante la operación

El análisis de los problemas o limitaciones durante la operación de la máquina llenadora permitió identificar las principales condiciones que afectan su desempeño y confiabilidad dentro del proceso de envasado. Mediante la categorización de las respuestas proporcionadas por el personal técnico y operativo, se determinaron los inconvenientes más frecuentes relacionados con el funcionamiento del equipo, el mantenimiento y las condiciones de operación.

La Tabla 2 evidencia que el 20% de los entrevistados identifica como principales problemas las variaciones de peso, la falta de compactación de las pastillas y el sobrellenado de los pistones, mientras que el 15% señala daños en rodamientos y ajustes inadecuados que afectan la calidad del producto final. Estos resultados demuestran que las fallas mecánicas y errores en la calibración influyen directamente en la estabilidad y continuidad del proceso de llenado.

La evidencia recopilada concuerda con Shafiee y Chukova (2013) y Bolton (2019), quienes sostienen que el mantenimiento adecuado y la correcta calibración son fundamentales para reducir errores operativos y garantizar

un funcionamiento eficiente en sistemas automatizados industriales.

Mantenimiento requerido

El mantenimiento constituye un factor determinante para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de la máquina llenadora durante el proceso de envasado. En este contexto, se analizaron las respuestas de los participantes con el fin de identificar las actividades de mantenimiento consideradas prioritarias para conservar el correcto funcionamiento del equipo. La información fue organizada en categorías temáticas y se presenta en la siguiente ilustración, donde se resume la distribución porcentual de las acciones de mantenimiento más mencionadas por el personal técnico y operativo.

La Tabla 3 muestra que el 30% de los entrevistados considera que la máquina llenadora requiere mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para garantizar un funcionamiento continuo y eficiente, mientras que el 15% destaca la importancia de la lubricación, revisión periódica y programación de mantenimiento según las horas de trabajo. Estos resultados reflejan que el mantenimiento constituye un factor clave para conservar el rendimiento operativo del equipo. Esta información guarda relación con Shafiee y Chukova (2013) y Bolton (2019), quienes señalan que el mantenimiento preventivo y la supervisión continua permiten reducir fallas, prolongar la vida útil del equipo y garantizar estabilidad en sistemas automatizados de producción industrial.

Tabla 2. Limitaciones durante la operación de la máquina llenadora

Respuesta agrupada	Porcentaje
Variaciones de peso y problemas en la presentación de la pastilla de atún.	20%
Desconocimiento de los principios de calibración de la máquina.	10%
Daños en rodamientos y variaciones de peso.	15%
Problemas de calidad y peso del producto debido a ajustes inadecuados de la máquina.	15%
Falta de compactación de las pastillas.	20%
Sobrellenado de los pistones o errores en el tiempo y ubicación del llenado.	20%

Tabla 3. Actividades de mantenimiento

Respuesta agrupada	Porcentaje
Requiere mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para garantizar un funcionamiento eficiente y continuo.	30%
Mantenimiento preventivo y monitoreo basado en condición.	10%
Mantenimiento periódico según las horas de trabajo y programación semanal.	15%
La correcta lubricación de los componentes mecánicos garantiza el funcionamiento continuo y adecuado.	15%
Lubricación y revisión general para evitar el desgaste de las piezas.	15%
Mantenimiento preventivo y correctivo.	15%

3.4. Importancia de la máquina llenadora en la producción

Con el propósito de conocer la percepción del personal técnico y operativo sobre el aporte de la máquina llenadora al proceso de envasado, se analizó la importancia que este equipo representa dentro de la producción industrial. Las respuestas fueron agrupadas en categorías temáticas, permitiendo identificar los principales beneficios asociados con el incremento de la productividad, la uniformidad del llenado, la reducción de desperdicios, la mejora de la calidad del producto y el fortalecimiento de la automatización del proceso. La siguiente ilustración presenta la distribución porcentual de los aspectos más representativos identificados por los participantes.

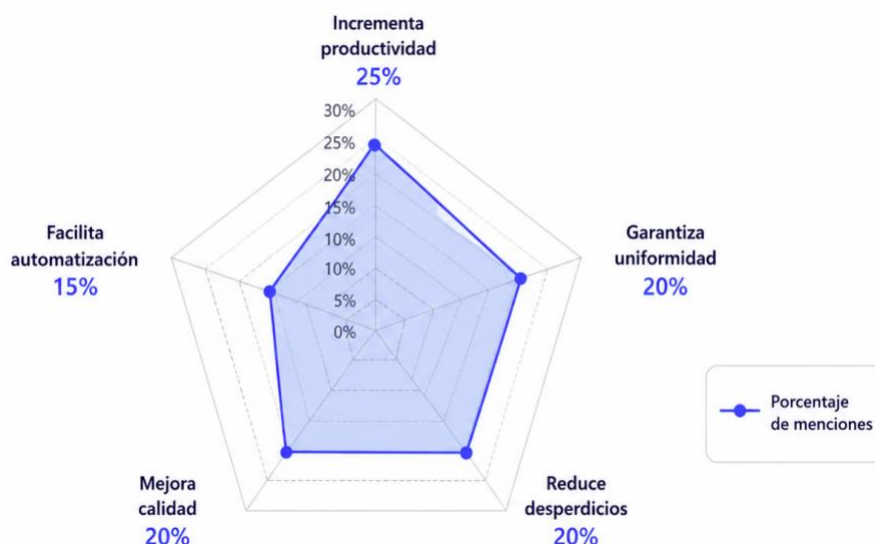


Figura 10. Beneficios percibidos en la operación de la máquina llenadora.

Fallas mecánicas más frecuentes

La identificación de las fallas mecánicas más frecuentes constituye un elemento fundamental para evaluar la confiabilidad y disponibilidad operativa de la máquina llenadora. En este contexto, se analizaron las respuestas del personal técnico y operativo con el fin de determinar los componentes que presentan mayor incidencia de averías durante el proceso de envasado. La información fue agrupada en categorías de fallas y se presenta en la siguiente ilustración, permitiendo identificar los principales puntos críticos que requieren acciones de mantenimiento y mejora para garantizar la continuidad y eficiencia del proceso industrial.

Los resultados (Tabla 4) muestran que la obstrucción de boquillas constituye la falla más frecuente (25 %), seguida del desgaste de válvulas, las fallas neumáticas y los problemas eléctricos (20 % cada uno). En conjunto, estas averías afectan principalmente los sistemas responsables de la dosificación y el control del proceso, comprometiendo la uniformidad del llenado y la continuidad de la producción.

De acuerdo con el principio de Pareto, la mayor parte de las incidencias se concentra en un número reducido de componentes críticos. En consecuencia, las estrategias de mantenimiento deberían priorizar la inspección y conservación de boquillas, válvulas y elementos neumáticos, ya que su adecuado funcionamiento repercute directamente

en la estabilidad del proceso y en la calidad del producto final.

Tabla 4. Principales fallas mecánicas identificadas durante la operación de la máquina llenadora.

Falla mecánica	Frecuencia (%)	Efecto sobre el proceso
Obstrucción de boquillas	25	Variaciones en la dosificación y llenado irregular.
Desgaste de válvulas	20	Disminución de la precisión durante el llenado.
Fallas neumáticas	20	Pérdida de sincronización y disminución del rendimiento.
Problemas eléctricos	20	Interrupciones del proceso y paradas no programadas.
Sensores defectuosos	15	Errores en el control de peso y en la automatización.

Influencia de la automatización en la productividad

La automatización constituye uno de los principales factores que inciden en la productividad de los procesos industriales de envasado. En este contexto, se evaluó la percepción de los participantes respecto al grado de influencia que ejercen los sistemas automatizados incorporados en la máquina llenadora sobre el rendimiento operativo. La información recopilada fue clasificada según el nivel de influencia percibido, permitiendo valorar la contribución de la automatización al incremento de la eficiencia, la continuidad del proceso y la calidad del producto final. La Tabla 5 presenta la distribución de las respuestas obtenidas.

Tabla 5. Nivel de influencia de la automatización

Nivel de influencia	Frecuencia	Porcentaje (%)
Muy alto	3	15,79
Alto	12	63,16
Medio	4	21,05
Bajo	0	0,00

La mayoría de los participantes (63,16 %) considera que la automatización ejerce una alta influencia sobre la productividad de la máquina llenadora. Además, el 15,79 % calificó esta influencia como muy alta, mientras que el 21,05 % la consideró de nivel medio. Ninguno de los entrevistados indicó una influencia baja, lo que evidencia un amplio consenso sobre la importancia de los sistemas automatizados para mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos improductivos y garantizar la estabilidad del proceso de envasado.

Los resultados evidencian que el desempeño de la máquina llenadora depende de la interacción entre los componentes mecánicos y los sistemas de automatización. Cuando estos elementos operan de manera sincronizada y reciben un mantenimiento adecuado, se logra una dosificación uniforme, mayor continuidad del proceso y una reducción significativa de desperdicios. En contraste, el deterioro o mal funcionamiento de cualquiera de estos componentes puede afectar la precisión del llenado y disminuir la productividad de la línea de envasado.

4. Discusión

Los resultados evidencian que el funcionamiento eficiente de la máquina llenadora depende de la integración entre los componentes mecánicos, neumáticos, eléctricos y los sistemas de automatización, así como del mantenimiento periódico y de la capacitación del personal responsable de su operación. Los participantes coincidieron en señalar que elementos como las boquillas, cilindros neumáticos, motoredutores, sensores, PLC y bandas transportadoras desempeñan un papel fundamental para garantizar la precisión del llenado, la continuidad del proceso y la calidad del producto final.

La secuencia operativa descrita por los entrevistados confirma que la alimentación, compactación, dosificación y transferencia del producto conforman un proceso continuo que requiere una adecuada sincronización entre los diferentes sistemas de la máquina. Estos resultados son consistentes con lo señalado por Groover (2020) y Heldman & Singh (2014) quienes destacan que la automatización industrial incrementa la precisión, reduce la variabilidad del proceso y mejora el rendimiento de las líneas de producción.

En relación con las variables que afectan la dosificación, los participantes identificaron como factores determinantes la calibración del equipo, el mantenimiento preventivo, el estado de los componentes mecánicos, la calidad de la materia prima y la experiencia del operador. Además, las principales fallas detectadas estuvieron relacionadas con la obstrucción de boquillas, el desgaste de válvulas, las fallas neumáticas y los errores de calibración, aspectos que también han sido reportados por Robertson (2016) y Shafiee y Chukova (2013) como causas frecuentes de pérdida de precisión y disminución del rendimiento en sistemas automatizados.

Otro hallazgo relevante fue el amplio consenso de los participantes respecto a la influencia de la automatización sobre la productividad. La incorporación de PLC, sensores electrónicos, interfaces HMI y sistemas de control favorece la estandarización del proceso, reduce el desperdicio de materia prima y mejora la continuidad de la producción.

Estos resultados respaldan lo descrito por Bolton (2019) y Boyer (2010), quienes sostienen que la automatización constituye una herramienta clave para incrementar la competitividad de la industria manufacturera.

También se identificó que la mayor parte de las empresas continúa fundamentando sus estrategias de mantenimiento en enfoques preventivos y correctivos, mientras que la aplicación de técnicas predictivas y herramientas propias de la Industria 4.0 aún es limitada. Esta situación representa una oportunidad para incorporar sistemas de monitoreo inteligente, análisis de datos en tiempo real y mantenimiento basado en condición, con el propósito de incrementar la disponibilidad de los equipos y optimizar la eficiencia del proceso productivo.

Los resultados demuestran que las máquinas llenadoras constituyen un componente estratégico dentro del proceso industrial de envasado de atún, debido a que integran sistemas mecánicos, neumáticos y de control que favorecen la productividad, la precisión del llenado y la estandarización del producto final. No obstante, el fortalecimiento de los programas de mantenimiento, la capacitación continua del personal y la incorporación gradual de tecnologías asociadas con la Industria 4.0 representan oportunidades de mejora para incrementar la competitividad del sector atunero.

5. Conclusiones

Se evidenció que el funcionamiento de la máquina llenadora en la industria atunera se basa en la integración sincronizada de componentes mecánicos, neumáticos, eléctricos y sistemas de automatización, los cuales permiten ejecutar de manera continua las etapas de alimentación, compactación, dosificación, control de peso y transferencia del producto. Este hallazgo demuestra que la interacción adecuada entre estos sistemas constituye el elemento fundamental para garantizar la uniformidad del llenado, la estabilidad del proceso y el cumplimiento de las especificaciones de producción, permitiendo alcanzar el objetivo de analizar el principio de funcionamiento de este equipo industrial.

Se identificó que el mantenimiento preventivo, la calibración periódica de la máquina, el adecuado estado de sus componentes mecánicos y la capacitación continua del personal representan los factores con mayor influencia sobre la eficiencia operativa del proceso de llenado. Se estableció que problemas como la obstrucción de boquillas, el desgaste de válvulas, las fallas neumáticas y las variaciones en la dosificación afectan directamente la calidad del producto y la continuidad de la producción, evidenciando que la confiabilidad del sistema depende tanto de la gestión técnica del equipo como de la correcta operación por parte del personal especializado.

El estudio permitió establecer que la automatización incorporada en las máquinas llenadoras, mediante el empleo

de PLC, sensores electrónicos, pantallas HMI y sistemas de control, contribuye significativamente al incremento de la productividad, la reducción de desperdicios y la estandarización del producto final. Los resultados evidencian que un mayor nivel de automatización favorece la precisión de la dosificación, optimiza los tiempos de producción y fortalece el control del proceso industrial, constituyéndose en un elemento estratégico para mejorar la competitividad de la industria atunera.

De manera general, la investigación permitió demostrar que las máquinas llenadoras constituyen un componente crítico dentro del proceso industrial de envasado de atún, debido a su influencia directa sobre la productividad, la calidad del producto y la eficiencia operativa. Los resultados obtenidos evidencian que el máximo desempeño de estos equipos no depende únicamente de la incorporación de tecnologías de automatización, sino también de la aplicación sistemática de programas de mantenimiento preventivo y predictivo, procedimientos de calibración y capacitación permanente del personal técnico. En consecuencia, se recomienda fortalecer la implementación de herramientas asociadas con la Industria 4.0, como el monitoreo inteligente y el mantenimiento predictivo, con el propósito de incrementar la confiabilidad de las máquinas, reducir fallas operativas y mejorar la competitividad de la industria atunera de la ciudad de Manta.

Referencias

- Asencio Torres, M. M. (2025). Diseño de un sistema automatizado para el proceso de producción de atún en lata [Trabajo de titulación, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Digital UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12744>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bolton, W. (2019). *Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering* (7th ed.). Pearson.
- Boyer, S. A. (2010). *SCADA: Supervisory control and data acquisition* (4th ed.). International Society of Automation.
- Chandrasiri, G. S. M., Wijenayake, K. I. A., & Arachchige, U. S. P. R. (2022). Development of automated systems for the implementation of food processing. *Journal of Research Technology & Engineering*, 3(1), 8–18. <https://www.jrte.org/wp-content/uploads/2022/01/Development-of-automated-systems-for-the-implementation-of-food.pdf>
- Chedraui, R. (2001). Atún en lata [Documento técnico interno]. Empresa Procesadora Alimentos Real.

- Chou Rodríguez, R., Gómez Rodríguez, V. G., & Cedeño Palma, M. E. (2018). Diagnóstico del sistema de mantenimiento de equipos de una empresa procesadora de pescado en Guayaquil: Caso de estudio línea "A". *Identidad Bolivariana*, 2(1), 102–118. <https://doi.org/10.37611/IB2ol1102-118>
- Formentini, G., Favi, C., Moroni, F., & Pirondi, A. (2021). Engineering design in food-packaging industry: The case study of a tuna canning machine. *Procedia CIRP*, 100, 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.038>
- Groover, M. P. (2020). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (5th ed.). Pearson.
- Heldman, D. R., & Singh, R. P. (2014). *Introduction to food engineering* (5th ed.). Academic Press.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014). Mercado de los túnidos. Gobierno de España. <https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/mapa/contenido/pesca/temas--nuevo/mercados-y-economia-pesquera/6.informes/especies/11-informe-atun-marzo-2014.pdf>
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2024). Boletín estadístico pesquero y acuícola del Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: La transformación azul en acción. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- Robertson, G. L. (2016). *Food packaging: Principles and practice* (3rd ed.). CRC Press.
- Shafiee, M., & Chukova, S. (2013). Maintenance models in warranty: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 229(3), 561–572. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.017>
- Toledo, R. T. (2007). *Fundamentals of food process engineering* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/0-387-29241-1>
- Yam, K. L., Takhistov, P. T., & Miltz, J. (2005). Intelligent packaging: Concepts and applications. *Journal of Food Science*, 70(1), R1–R10. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09052.x>

Contribución de los autores (CRediT)

Guillén Palma, J.: Conceptualización, investigación, metodología, curación de datos, análisis formal, visualización, redacción del borrador original. **Anchundia Cedeño, J.:** Investigación, metodología, curación de datos, análisis formal, validación, visualización, redacción del borrador original. **García Llor, G.:** Supervisión, validación,

metodología, revisión y edición del manuscrito, administración del proyecto. **Salto-Zambrano, J.:** Conceptualización, Metodología, Análisis formal de datos, Validación, Redacción – borrador original.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento

Los autores han declarado que no existe financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles a solicitud razonable al autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Declaración sobre el uso de IA generativa y tecnologías asistidas por IA

El manuscrito no incluye una declaración específica respecto al uso de herramientas de inteligencia artificial durante su proceso de redacción. La autoría, así como la responsabilidad total del contenido, recaen exclusivamente en los autores.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2026.



Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Revista Científica *FINIBUS* - ISSN: 2737-6451.