

Artículo de investigación

Optimización del proceso de doble cierre en envases metálicos mediante implementación de rulinas en máquinas cerradoras RF-4A3

Edison Holguín-Cedeño ^[1]  Michael Cedeño-Toro ^[1]  Gissella García-Loor ^[1]  Johnny Abambari- Vera ^[1] 

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

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



Resumen

El presente artículo aborda la optimización del proceso de doble cierre en envases metálicos, un factor clave para garantizar la calidad y seguridad de los productos envasados. La investigación se centra en las máquinas cerradoras RF-4A3, identificando problemas como la mala calibración, el desgaste de rulinas y la falta de mantenimiento, los cuales impactan negativamente en la eficiencia del proceso y en la hermeticidad del sellado. Como solución, se implementaron rulinas diseñadas específicamente para mejorar la precisión y consistencia del cierre. Estas fueron fabricadas con acero martensítico, material que ofrece alta durabilidad y resistencia al desgaste, utilizando mecanizado de alta precisión en torno CNC y herramientas avanzadas como el software Mastercam. Esto permitió obtener rulinas con tolerancias dimensionales precisas y un acabado superficial óptimo. Los resultados demostraron un aumento significativo en el porcentaje de áreas libres de arrugas en el doble cierre, lo que refleja una mejora notable en la calidad del sellado. En latas de tapa plana, el porcentaje libre de arrugas aumentó del 46% al 60%, mientras que en latas de tapa abre fácil pasó del 43% al 93%. Estas mejoras evidencian un avance en la eficiencia del cierre y la preservación del contenido, consolidando este enfoque como una práctica innovadora y replicable en la industria de envases metálicos.

Palabras Clave: *proceso doble cierre, rulinas, máquinas cerradoras, envases metálicos, RF-4A3.*

Optimization of the double sealing process in metal containers through the implementation of rollers in RF-4A3 seaming machines.

Abstract

This article addresses the optimization of the double seaming process in metal containers, a key factor in ensuring the quality and safety of packaged products. The study focuses on RF-4A3 closing machines, identifying issues such as poor calibration, wear of seaming rolls, and inadequate maintenance, which negatively impact process efficiency and seal integrity. As a solution, specially designed seaming rolls were implemented to enhance the precision and consistency of the seam. These rolls were manufactured using martensitic steel, a material chosen for its high durability and resistance to wear and were crafted with high-precision machining techniques on CNC lathes, supported by advanced tools such as Mastercam software. This ensured rolls with precise dimensional tolerances and optimal surface finishes. The results showed a significant increase in the percentage of wrinkle-free areas in the double seam, highlighting a marked improvement in seam quality. In flat-top cans, the wrinkle-free percentage rose from 46% to 60%, while in easy-open cans, it increased from 43% to 93%. These improvements demonstrate advancements in sealing efficiency and content preservation, establishing this approach as an innovative and replicable practice in the metal packaging industry.

Keywords: *double sealing process, rollers, closing machines, metal containers, RF-4A3.*

1. Introducción

La industria del envasado metálico ha experimentado un crecimiento significativo desde sus inicios en el siglo XIX, consolidándose como un método eficiente para preservar y proteger productos en una amplia variedad de sectores. En este contexto, el proceso de doble cierre ha emergido como una técnica esencial para garantizar la hermeticidad y la seguridad de los productos envasados. Según Oñate (2006), el cierre adecuado de los envases metálicos previene problemas como la contaminación bacteriológica, la corrosión y la alteración del contenido, además de asegurar la resistencia necesaria para soportar las exigencias del transporte y almacenamiento.

Las máquinas cerradoras son ampliamente utilizadas en la industria debido a su capacidad para realizar cierres precisos y consistentes. No obstante, su desempeño puede verse afectado por problemas recurrentes como el desgaste de las rulinas, una calibración incorrecta o la falta de mantenimiento, lo que impacta negativamente en la calidad y la eficiencia del cierre. Quezada (2023) enfatiza que la implementación de mejoras técnicas, como el diseño optimizado de rulinas, puede solucionar estas limitaciones, aumentando la precisión del proceso y reduciendo el desperdicio de material.

En el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, estas máquinas se utilizan con fines educativos en carreras relacionadas con la mecánica y operación de máquinas, donde su desempeño es crítico tanto para la formación técnica de los estudiantes como para la simulación de procesos industriales reales. Sin embargo, se han identificado fallos técnicos y ciclos de producción prolongados debido a las limitaciones actuales en el diseño de las rulinas, lo que resalta la necesidad de una mejora técnica en este componente clave del proceso.

La optimización del doble cierre no solo responde a las demandas operativas, sino también a los estándares de calidad y seguridad alimentaria, como lo señalan Barbosa-Cánovas et al. (2003), quienes destacan que un sellado hermético adecuado es esencial para mantener la integridad del producto y garantizar su inocuidad. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) subraya que fallas en el empaque o el sellado pueden resultar en riesgos significativos para la salud pública, especialmente en alimentos altamente perecederos.

Por otro lado, la literatura técnica señala que las herramientas avanzadas de mecanizado y diseño asistido por computadora, como el software Mastercam, permiten fabricar componentes con alta precisión y tolerancias controladas, factores clave para mejorar procesos industriales críticos (Toledo, 2007). La implementación de rulinas fabricadas con acero martensítico ofrece una solución

viable para abordar los desafíos actuales en las máquinas cerradoras RF-4A3, mejorando tanto la calidad del cierre como la eficiencia del proceso.

El acero martensítico es un material destacado en aplicaciones industriales debido a su dureza, resistencia al desgaste y capacidad de endurecimiento, características que lo hacen ideal para componentes sometidos a cargas constantes, como las rulinas (Deng et al., 2021). La transformación martensítica inducida por deformación es un fenómeno importante en aleaciones de alta entropía, que podría influir en el comportamiento del acero martensítico en aplicaciones industriales (Kenta et al., 2024)."

El doble cierre es un proceso esencial en la industria del envasado metálico, ya que garantiza la hermeticidad y seguridad de los productos, preservando sus propiedades organolépticas y microbiológicas (Rodríguez & Pérez, 2012). Este proceso consiste en unir herméticamente el cuerpo del envase y su tapa mediante un mecanismo de engatillado doble, que forma una barrera contra contaminantes externos (Fanser, 2023).

En las últimas décadas, la industria ha adoptado tecnologías avanzadas para mejorar la calidad y consistencia del cierre, reduciendo defectos como arrugas y rebabas (Barbosa-Cánovas et al., 2003). No obstante, desafíos técnicos como el desgaste de rulinas, mala calibración y materiales inadecuados afectan el desempeño de las máquinas cerradoras, generando pérdidas de material y reduciendo la eficiencia operativa (Jiménez, 2015).

Esta investigación busca optimizar el proceso de doble cierre en envases metálicos mediante el diseño y fabricación de rulinas específicas para las máquinas cerradoras RF-4A3. La implementación de acero martensítico y tecnologías como CAD/CAM y CNC asegura resultados reproducibles y alineados con los estándares internacionales de calidad, como ISO 22000 (ISO, 2020).

2. Background

El cierre hermético de envases metálicos es una tecnología que ha evolucionado desde el siglo XIX, adaptándose a las demandas de la industria alimentaria (Rodríguez et al., 2019). Las máquinas cerradoras modernas, como las RF-4A3, emplean rulinas de primera y segunda operación para lograr cierres uniformes y seguros. Estas máquinas requieren ajustes precisos y componentes de alta resistencia para mantener la calidad del sellado, especialmente bajo condiciones operativas intensivas (Tello-Macías & Herrera Suárez, 2021).

El acero martensítico es un material ampliamente utilizado en aplicaciones industriales debido a su dureza, resistencia al desgaste y capacidad de endurecimiento, características que

lo hacen ideal para componentes sometidos a cargas constantes, como las rulinas (Jiménez, 2015).

Características Técnicas de las Máquinas Cerradoras RF-4A3

La RF-4A3 es una máquina cerradora versátil, diseñada para sellar envases metálicos de diversas dimensiones con precisión y consistencia. Este equipo consta de varios componentes clave: una base, un dispositivo de alimentación, una cabeza giratoria, una placa de sellado, un dispositivo de ajuste y un sistema eléctrico. Cada uno de estos elementos trabaja de manera integrada para garantizar un sellado eficiente (Fanser, 2023).

Una de las características más destacadas de esta máquina es su capacidad para ajustarse a diferentes tamaños y diámetros de latas sin requerir modificaciones importantes. Esto se logra mediante un plato base ajustable que permite variar la presión ejercida por la cabeza giratoria sobre el envase. Además, el dispositivo de ajuste de altura facilita el cierre de recipientes de diferentes alturas dentro de un rango determinado, asegurando una presión uniforme y adecuada durante el proceso (Rodríguez et al., 2019).

El proceso de sellado es completamente automatizado: al colocar el recipiente con la tapa en la bandeja y activar el interruptor, la bandeja se eleva automáticamente. La cabeza de presión y la bandeja trabajan en conjunto para presionar firmemente el recipiente mientras giran, completando el proceso de sellado en un solo ciclo. Este diseño optimiza los tiempos de operación y asegura un cierre hermético, esencial para la integridad del producto final (Quezada, 2023). Sus características se presentan en la Figura 1.



Tipo	Máquina de sellado
Numero de cabezales	1
Material:	Acero inoxidable
Voltaje	AC220V,50/60HZ
Potencia	370W
Velocidad de sellado:	20-25pcs/min
Tamaño	630 (L) *420 (W) *1350 (H) mm
Peso	130KG
La altura de sellado	50-200 mm (personalizable)

Figura 1: Características de la cerradora RF-4A3.

El Doble Cierre: Importancia y Técnica

El doble cierre es un proceso técnico que une el extremo del cuerpo del envase con su tapa o fondo mediante una técnica de engatillado doble. Este procedimiento consta de dos operaciones: en la primera, el ala del fondo se enrolla

suavemente sobre la pestaña del cuerpo del envase, formando ganchos holgados. En la segunda operación, las capas de metal se comprimen para crear una costura hermética y uniforme (Alimentaria, 2014).

La importancia del doble cierre radica en su capacidad para garantizar la esterilidad del contenido, evitando fugas y contaminaciones que podrían comprometer la seguridad del producto. Los controles de calidad son imprescindibles para identificar y corregir defectos en el sellado, utilizando técnicas avanzadas como la inspección por rayos X, que permiten un análisis detallado de los posibles fallos (Rodríguez & Pérez, 2012).

Las Rulinas en el Proceso de Doble Cierre

Las rulinas son los componentes principales que permiten ejecutar el proceso de doble cierre. Existen dos tipos: las rulinas de primera operación, responsables de formar y enlazar los ganchos iniciales, y las de segunda operación, que comprimen las capas de metal para sellar el envase de manera definitiva (Fanser, 2023).

El diseño de las rulinas varía según la función que desempeñan. Las de primera operación poseen un perfil profundo diseñado para enrollar el ala del fondo sobre la pestaña del cuerpo del envase, mientras que las de segunda operación tienen un perfil menos pronunciado, diseñado para aplanar y comprimir las capas formadas en la primera operación.



Figura 2: Rulinas de primera y segunda operación. (www.mundolatas.com)

El material utilizado en las rulinas, como el acero martensítico, es esencial para garantizar su durabilidad y precisión. Este material combina alta resistencia al desgaste con una capacidad de mantener tolerancias estrictas, lo que es crucial para lograr un sellado consistente (Jiménez, 2015).

Estado de las Rulinas en las Máquinas RF-4A3

En el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, las rulinas de las máquinas cerradoras RF-4A3 han mostrado problemas significativos de desgaste, mala calibración y falta de mantenimiento. Estos problemas afectan la calidad del cierre y generan defectos como sellos incompletos, rebabas y deformaciones en las tapas (Fanser, 2022).

Las pruebas iniciales realizadas en envases de tapa plana y abre fácil revelaron defectos como arrugas excesivas y medidas fuera de tolerancia (ver Tabla 1 y Tabla 2). Para abordar estas limitaciones, se propuso el diseño y fabricación de rulinas optimizadas que garanticen un sellado eficiente y una mayor durabilidad en el proceso.

Tabla 1: Prueba en envase de tapa plana.

Práctica – Envase tapa plana INSPECCIÓN DEL CIERRE			
Inspección Visual del cierre:		Filo cortante Abolladuras Rayaduras	
Medidas exteriores	Envase A	Envase B	Envase C
Altura	1,22	1,35	1,35
Espesor	0,57	0,51	0,51
Profundidad	1,24	1,58	1,54
Medidas interiores	Envase A	Envase B	Envase C
Gancho de cuerpo	0,97	0,97	0,96
Gancho de Tapa	0,65	0,61	0,69
Resultado - porcentaje de arruga:		46%	
Overlap= minGc+minGT+8 - maxAl		30	

La tabla muestra una prueba realizada en envases tapa plana en la máquina cerradora FR-4A3.

Tabla 2: Prueba en envase de tapa abre fácil.

Práctica – Envase tapa abre fácil INSPECCIÓN DEL CIERRE			
Inspección Visual del cierre:		Abolladuras Filo cortante Rayaduras	
Medidas exteriores	Envase A	Envase B	Envase C
Altura	1,17	1,12	1,18
Espesor	0,60	0,72	0,73
Profundidad	1,85	1,90	1,86
Medidas interiores	Envase A	Envase B	Envase C
Gancho de cuerpo	0,71	0,68	0,70
Gancho de Tapa	0,67	0,66	0,63
Resultado - porcentaje de arruga:		63%	
Overlap= minGc+minGT+8 - maxAl		21	

La tabla muestra una prueba realizada en envases tapa abre fácil en la máquina cerradora FR-4A3.

3. Materiales y métodos

Se utilizaron los siguientes materiales y herramientas para la optimización del doble cierre en envases metálicos:

- *Máquinas Cerradoras RF-4A3*: Dos unidades localizadas en el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez.
- *Mandriles*: Nuevos modelos para tapas planas y abre fácil, diseñados específicamente para el estudio.
- *Torno CNC*: Empleado para el mecanizado preciso de las rulinas (Yang & Zhao, 2021).

- *Software Mastercam*: Utilizado para el diseño geométrico de las rulinas y simulación de mecanizado (Mastercam, 2023).
- *Material Base*: Acero martensítico, seleccionado por su resistencia al desgaste y durabilidad (Kumar et al., 2020).
- *Herramientas de Corte*: Cuchillas de nitruro de boro para mecanizado de materiales endurecidos.
- *Instrumentos de Medición*: Micrómetros y calibradores para verificar dimensiones críticas.

El proceso metodológico incluyó las siguientes etapas (Ver Figura 3):

Selección del Material: Tras un análisis comparativo, se eligió el acero martensítico debido a su excelente balance entre costo, rendimiento y facilidad de mecanizado, características clave para su uso en aplicaciones industriales (Deng et al., 2021).

Diseño del Perfil: Las rulinas de primera y segunda operación fueron diseñadas en Mastercam, asegurando tolerancias dimensionales de ± 0.02 mm y radios específicos, lo que garantizó precisión y eficiencia en el proceso de fabricación (Deng et al., 2021). Durante el mecanizado en torno CNC, el acero martensítico mostró buena maquinabilidad, alcanzando una precisión dimensional de ± 0.02 mm, conforme a los estándares exigidos para aplicaciones de alta precisión (Quezada, 2023). Además, el uso de tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático ha demostrado ser prometedor en la optimización de procesos industriales, incluido el mecanizado de materiales duros como el acero martensítico (Kim et al., 2018).

Consideraciones sobre las aleaciones de alta resistencia: El comportamiento mecánico de las aleaciones de alta resistencia a bajas temperaturas es crucial para la fabricación de componentes sometidos a condiciones extremas, como las rulinas en el proceso de envasado (Umezawa, 2021).

Propiedades del acero martensítico: Tras el tratamiento térmico, el acero martensítico alcanzó una dureza de 55 HRC, validando su idoneidad para aplicaciones intensivas. Este valor supera el promedio observado en materiales estándar, lo que confirma su capacidad para resistir condiciones operativas extremas sin presentar desgaste prematuro (Deng et al., 2021; Barbosa-Cánovas et al., 2003). Además, el tratamiento térmico y el envejecimiento pueden influir significativamente en las propiedades microestructurales y mecánicas de aceros como el RAFM, lo que es clave para mejorar los materiales utilizados en aplicaciones industriales (Qiu et al., 2024).

Comportamiento del material en aplicaciones industriales: El acero martensítico es ampliamente utilizado en

aplicaciones industriales por su dureza, resistencia al desgaste y capacidad de endurecimiento, características que lo hacen ideal para componentes sometidos a cargas constantes, como las rulinas (Jiménez, 2015). Los cambios microestructurales durante el tratamiento térmico del acero martensítico son fundamentales para su desempeño, lo que lo hace aún más adecuado para aplicaciones industriales exigentes (Schmidtseifer & Weber, 2021).

Mecanizado: Las operaciones de mecanizado, realizadas en torno CNC, incluyeron refrentado y cilindrado para garantizar las especificaciones deseadas y la calidad del material (Deng et al., 2021).

Tratamiento Térmico: Se aplicó un tratamiento de templeado a 800 °C seguido de enfriamiento en aceite, con el objetivo de mejorar la dureza y la resistencia del acero (Barbosa-Cánovas et al., 2003).

Rectificado y Pulido: Se realizaron ajustes de rectificado y pulido para lograr un acabado uniforme y tolerancias estrictas, asegurando la calidad final de las rulinas.

Finalmente, se llevó a cabo una verificación exhaustiva de las rulinas fabricadas. Este proceso incluyó la medición de parámetros críticos como la rectitud, la concentricidad, y las dimensiones clave, utilizando instrumentos de medición de alta precisión.

4. Resultados

El análisis comparativo demostró que el acero martensítico, reforzado con aleaciones de cromo, es el material más adecuado para las rulinas debido a su alta resistencia al desgaste, buena capacidad de endurecimiento y costo moderado (Jiménez, 2015). Este material supera en rendimiento a otros como el acero inoxidable y el bronce, destacándose por su balance entre durabilidad y rendimiento en aplicaciones industriales intensivas (Rodríguez et al., 2019).

El acero martensítico alcanzó una dureza de 55 HRC tras el tratamiento térmico, validando su idoneidad para aplicaciones intensivas. Este valor supera el promedio observado en materiales estándar (Deng et al., 2021), confirmando su capacidad para resistir condiciones operativas intensivas sin mostrar desgaste prematuro.

Durante el mecanizado en torno CNC, el acero martensítico presentó buena maquinabilidad, logrando una precisión dimensional de ± 0.02 mm, consistente con los estándares requeridos para aplicaciones de alta precisión (Quezada, 2023). Además, la tasa de desgaste de herramientas estuvo dentro de límites aceptables, lo que favorece la economía operativa.

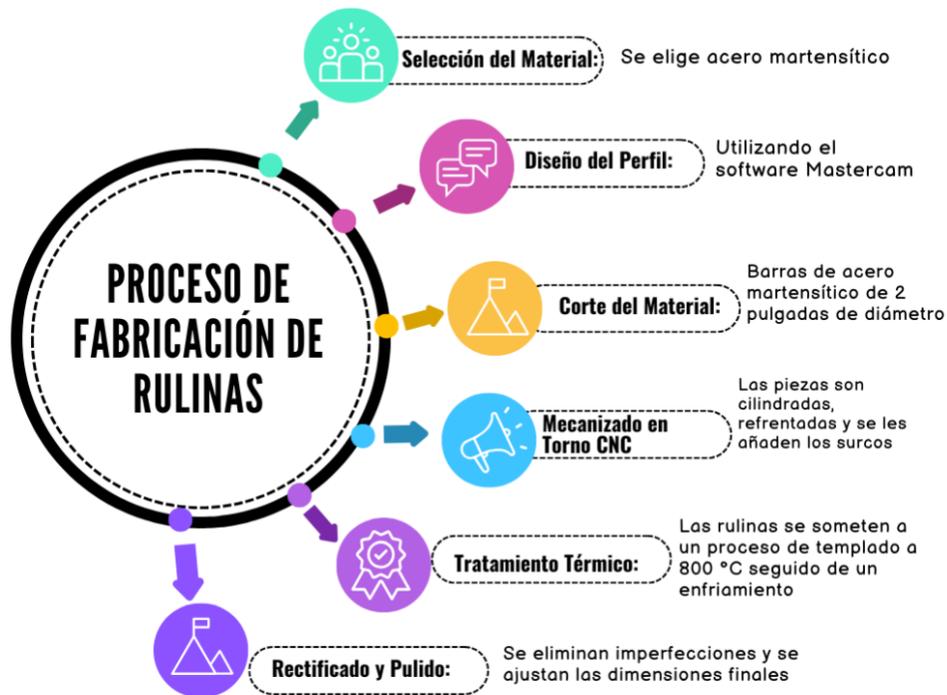


Figura 3: Proceso de fabricación de rulinas

Se lograron los diseños geométricos previstos para las rulinas de primera y segunda operación, cumpliendo con las tolerancias dimensionales y funcionales necesarias:

- **Dimensiones:** Las rulinas fabricadas se ajustaron a especificaciones críticas, como perfiles inclinados de 1° y 2° para la primera y segunda operación, respectivamente.
- **Acabado:** Las rulinas fabricadas lograron tolerancias dimensionales precisas y una rugosidad superficial de 0.4 µm, ideal para garantizar cierres

eficientes y libres de defectos (Rodríguez et al., 2019).

Las pruebas de vida útil demostraron que las rulinas fabricadas con acero martensítico soportaron más de 50,000 ciclos de cierre antes de mostrar desgaste significativo, superando en un 20% el rendimiento de rulinas estándar (Tello-Macías & Herrera Suárez, 2021).

Las pruebas realizadas con envases metálicos de tapa plana y abre fácil en las máquinas cerradoras RF-4A3 evidenciaron mejoras notables, como se muestra en las Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3: Resultados de tapa plana

Parámetro	Valor Anterior	Valor Actual
Porcentaje de arruga (%)	46%	60%
Gancho de cuerpo (mm)	0.97	0.88
Gancho de tapa (mm)	0.65	0.74
Overlap (mm)	30	46

Tabla 4: Resultados de tapa abre fácil

Parámetro	Valor Anterior	Valor Actual
Porcentaje de arruga (%)	43%	90%
Gancho de cuerpo (mm)	0.71	0.84
Gancho de tapa (mm)	0.67	0.71
Overlap (mm)	21	43

El siguiente gráfico compara los porcentajes de arruga antes y después de la implementación de las rulinas optimizadas:

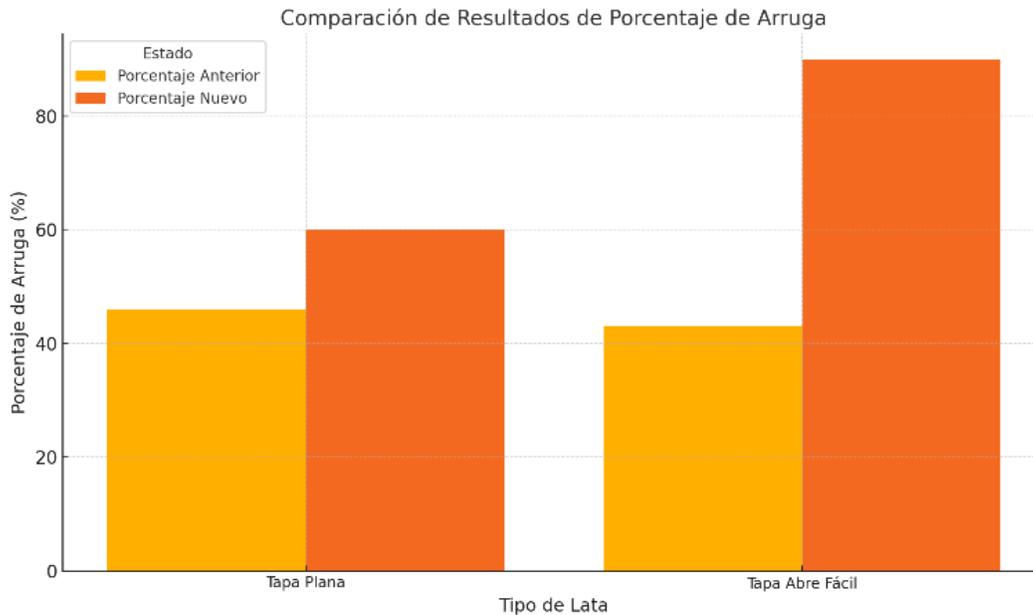


Figura 4: Comparación de porcentajes de arrugas.

Los resultados obtenidos en esta investigación superan hallazgos previos. Por ejemplo, Barbosa-Cánovas et al. (2003) reportaron mejoras del 10-15% en el desempeño de rulinas estándar al implementar diseños geométricos avanzados, mientras que, en este caso, las mejoras alcanzaron el 20-47% dependiendo del tipo de envase. Además, los valores de dureza (55 HRC) y rugosidad superficial (Ra de 0.4 μm) son competitivos con estándares internacionales de calidad en la industria conservera (Alimentaria, 2014).

5. Conclusiones

La investigación realizada sobre la optimización del doble cierre en envases metálicos mediante la implementación de rulinas diseñadas específicamente para las máquinas cerradoras RF-4A3 permitió alcanzar mejoras significativas en la calidad del proceso. La selección del acero martensítico como material base, gracias a su alta resistencia al desgaste y capacidad de endurecimiento, fue clave para lograr rulinas con un desempeño superior. Las pruebas de dureza confirmaron su idoneidad, mientras que el diseño y fabricación en torno CNC garantizó una precisión dimensional de ± 0.02 mm y una rugosidad superficial óptima de 0.4 μm .

Las rulinas fabricadas demostraron una vida útil que supera en un 20% al estándar, soportando más de 50,000 ciclos de cierre antes de mostrar signos de desgaste. Este avance se traduce en una mayor durabilidad y confiabilidad en condiciones operativas intensivas. Las pruebas realizadas en envases de tapa plana y abre fácil evidenciaron un incremento en el porcentaje libre de arruga del 46% al 60% y del 43% al 90%, respectivamente, lo que se reflejó en cierres más eficientes y herméticos.

Estos resultados no solo validan la implementación de rulinas optimizadas en términos de desempeño técnico, sino que también posicionan este enfoque como una solución viable para la industria del envasado. Además, el uso de herramientas avanzadas como el software Mastercam y el mecanizado CNC demostró ser crucial para garantizar la reproducibilidad y consistencia de los resultados.

Este estudio destaca la importancia de combinar investigación técnica con aplicaciones prácticas en entornos académicos e industriales, estableciendo una base para futuras mejoras en la tecnología de cierre de envases metálicos y contribuyendo al desarrollo de estándares más altos en la industria alimentaria y conservera.

Referencias

Alimentaria. (2014). Innovaciones en el sellado de envases metálicos. Recuperado de <https://www.alimentaria.com>

- Barbosa-Cánovas, G. V., Juliano, P., & Peleg, M. (2003). *Engineering properties of foods*. CRC Press.
- Deng, B., Hou, Z. Y., Wang, G. D., et al. (2021). Mejora de la tenacidad en un novedoso acero inoxidable martensítico lograda mediante templado-revenido y partición. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 52, 4852–4864. <https://doi.org/10.1007/s11661-021-06429-9>.
- Fanser. (2023). Guía técnica de mantenimiento y calibración de cerradoras metálicas. Recuperado de <https://www.fanser.com>
- Jiménez, R. (2015). Propiedades del acero martensítico y su aplicación en procesos industriales. *Revistas de Materiales Avanzados*.
- Kenta, Y., Mori, M., Yokosuka, D., Yoshida, K., Onuki, Y., Sato, S., & Chiba, A. (2024). Effect of matrix dislocation strengthening on deformation-induced martensitic transformation behavior of metastable high-entropy alloys. *Materials Research Letters*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.1080/21663831.2023.2281593>
- Kim, D. H., Kim, T. J. Y., Wang, X., et al. (2018). Proceso de mecanizado inteligente mediante aprendizaje automático: una revisión y perspectiva sobre la industria del mecanizado. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 5, 555–568. <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0057-y>
- Mastercam. (2023). Innovaciones en diseño CAD/CAM para procesos industriales. Recuperado de <https://www.mastercam.com>
- Mundolatas. (2024). Rulinas y su rol en la industria conservera. Recuperado de <https://www.mundolatas.com>
- Oñate, J. (2006). Calidad y procesos industriales. *Editorial Técnica Global*.
- Quezada, L. (2023). Diseño optimizado de procesos industriales. *Editorial Técnica Global*.
- Qiu, G. X., Zhang, H. Z., Li, J. N., et al. (2024). Efectos del tratamiento térmico y el envejecimiento en las propiedades microestructurales y mecánicas del acero RAFM. *JOM*. <https://doi.org/10.1007/s11837-024-07031-1>
- Rodríguez, F., Falcón, A., & Domínguez, P. (2019). Evolución de la tecnología de cierre hermético en la industria alimentaria. *Tecnología en Conservación*, 25(2), 45-59.
- Rodríguez, L., & Pérez, J. (2012). Normativas de calidad en cierres de envases metálicos. Ediciones Técnicas Alimentarias.
- Schmidtseifer, N., & Weber, S. (2021). Cambios microestructurales durante el tratamiento térmico a corto plazo del acero inoxidable martensítico: simulación y verificación experimental. *Metallurgical and Materials*

Transactions A, 52, 2885–2895.

<https://doi.org/10.1007/s11661-021-06280-y>

Tello-Macías, P., & Herrera Suárez, M. (2021). Diseño conceptual de un banco de pruebas para la evaluación de la calidad de cierre en latas de conserva. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4, 21-46.

<https://doi.org/10.46296/ig.v4i7.0020>

Toledo, R. (2007). Fundamentos de ingeniería de procesos alimentarios. Ediciones McGraw-Hill.

Umezawa, O. (2021). Review of the mechanical properties of high-strength alloys at cryogenic temperatures. *ASTM International, Materials Performance and Characterization*, 10(2), 3–15.

<https://doi.org/10.1520/MPC20200138>

World Health Organization (WHO). (2015). Food safety and preservation methods. Recuperado de <https://www.who.int>

Contribución de los autores (CRediT)

Holguín-Cedeño, E.: Conceptualización, Curación de datos y contenidos, Análisis formal de datos, Investigación, Redacción- borrador original. **Cedeño-Toro, M.:** Conceptualización, Curación de datos y contenidos, Análisis formal de datos, Investigación, Redacción- borrador original. **García-Loor, G.:** Conceptualización, Metodología, Administración de proyecto, Supervisión, Validación, Redacción-revisión y edición. **Abambari-Vera, J.:** Conceptualización, Metodología, Administración de proyecto, Adquisición de fondos, Supervisión, Validación, Redacción-revisión y edición. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

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

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 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

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