

Artículo de investigación

Análisis de las principales fallas en máquinas cerradoras utilizadas en el sector pesquero

John Toala-Mera ^[1]  Roberto Delgado-Delgado ^[1]  Gissella García-Loor ^[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

Se evaluó el impacto del mantenimiento programado en seis cerradoras *Angelus* 60 L de tres plantas atuneras ecuatorianas a lo largo de un año. Se registraron 18 fallas críticas: el 72 % ocurrió en equipos sin plan preventivo, con un predominio de desgaste de rulinas (58 %) sobre averías mecánicas relacionadas con mandriles y desalineaciones (42 %). El análisis indica que la adopción de un esquema preventivo-predictivo (limpieza, lubricación e inspección dimensional respaldadas por monitoreo de condición) puede reducir la frecuencia de fallas en torno al 60 % y elevar la disponibilidad por encima del 95 %. Estos hallazgos confirman que integrar rutinas sistemáticas y criterios RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) es esencial para preservar la hermeticidad del doble cierre y garantizar la continuidad productiva.

Palabras Clave: *máquinas cerradoras; mantenimiento preventivo; fallas mecánicas; sector pesquero; confiabilidad.*

Analysis of the Main Failures in Can Seaming Machines Used in the Fishing Industry

Abstract

A twelve-month assessment of six *Angelus* 60 L seamers in three Ecuadorian tuna-processing plants revealed that 72 % of the 18 critical failures occurred in machines lacking a scheduled maintenance plan. Wear of seaming rolls accounted for 58 % of those incidents, while mechanical issues involving mandrels and misalignment constituted 42 %. Findings show that a preventive-predictive programmed—combining cleaning, lubrication and dimensional inspection supported by condition monitoring—can cut failure frequency by about 60 % and raise equipment availability above 95 %. The study confirms that adopting Reliability-Centered Maintenance criteria is essential for safeguarding double-seam integrity and maintaining uninterrupted production.

Keywords: *sealing machines; preventive maintenance; mechanical failures; fishing sector.*

1. Introducción

El mantenimiento programado en la industria pesquera representa un desafío global. Mientras las organizaciones priorizan la productividad y calidad, su implementación efectiva enfrenta limitaciones estructurales. A escala internacional, la ausencia de protocolos técnicos rigurosos para maquinaria crítica como cerradoras genera pérdidas multimillonarias anuales por fallas inesperadas. En el contexto nacional, este problema se agudiza por una cultura operativa reactiva: las empresas focalizan esfuerzos en cumplir metas de producción, relegando la gestión preventiva de equipos a un segundo plano, pese a su impacto directo en la calidad y rentabilidad (Arroyo & Obando, 2022).

Una máquina cerradora es un equipo industrial diseñado para sellar envases, garantizando su hermeticidad y prolongando la vida útil del contenido. Estas máquinas son fundamentales en sectores alimentarios, donde se requiere un sellado preciso y eficiente. Este sellado garantiza la inocuidad del alimento y previene la contaminación, estos factores clave aseguran la calidad y competitividad en mercados exigentes. (Ezquerria Group, 2010).

Las fallas por falta de un mantenimiento programado tienen un efecto directo en la eficiencia operativa, lo que genera paradas no planificadas que interrumpen la cadena de frío, lo cual compromete la calidad de los productos perecederos. A esto se suman los costos elevados por reparaciones de emergencia, que pueden ser hasta un 40% superiores en comparación con mantenimientos programados. Además, la disponibilidad de los activos se ve comprometida, aunque se ha documentado que la implementación de los planes de mantenimiento estructurado puede elevar la disponibilidad operativa hasta un 87%. (Alarcón & Romero, 2020).

Entre los defectos técnicos más comunes se encuentran el *Droop* y el *Vee*, caracterizados por deformaciones en el cierre causadas por contaminación o exceso de sellante, lo cual compromete la hermeticidad del envase. Otro fallo crítico es el *Spinner*, un cierre incompleto provocado por una presión inadecuada de los mandriles, generalmente relacionada con desgaste debido a la lubricación deficiente. También se presentan fallas como el falso cierre y el cierre roto, provocadas por desalineaciones en las rulinas o el uso de materiales inadecuados.

El diagnóstico técnico de fallas en cerradoras presenta importantes desafíos. Problemas como el solape insuficiente (menor a 70%) y el espesor irregular del cierre solo pueden detectarse mediante análisis destructivos (Urquiza, 2023). Además, el desgaste progresivo de componentes clave como mandriles y rulinas, debido a la falta de lubricaciones periódicas, es una causa recurrente de fallos. Estas limitaciones están directamente asociadas a deficiencias

relacionadas con hasta el 30% de los fallos por fricción, que impiden la detección temprana de signos de corrosión o fracturas en las ranuras de sellado (Noria Latín América, 2015).

En la industria pesquera, la priorización de metas de producción ha llevado en muchos casos, a descuidar el mantenimiento de los equipos, lo que repercute negativamente en la calidad y rentabilidad de las operaciones. Estudios recientes subrayan la importancia de implementar planes de mantenimiento programados para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de las maquinarias. Por ejemplo, una investigación realizada en la empresa pesquera TASA evidenció que, tras la aplicación de un plan de mantenimiento programado, la confiabilidad de las máquinas aumentó un 16%, pasando de un 84% a un 100%, y la disponibilidad se incrementó de un 87% a un 100% (Moloche, 2021).

Asimismo, la empresa pesquera ICEF S.A.C., al implementar un plan de mantenimiento programado redujo los costos de mantenimiento de \$12,930.00 a \$1,760.00, y aumentó las actividades productivas al 94% (Pinedo, 2018). Estos hallazgos resaltan la relevancia del mantenimiento programado en la industria pesquera, evidenciando su impacto directo en la eficiencia operativa y la reducción de costos.

A pesar de que la literatura técnica confirma la correlación entre la ausencia de mantenimiento y el aumento de fallas en cerradoras (Arroyo & Obando, 2022; Moreira-Calle & Velepucha-Sánchez, 2024; Ben et al., 2021), la mayoría de esos trabajos se basa en informes generales de plantas multi-alimento o en cálculos teóricos de confiabilidad. Ninguno documenta con datos de campo cómo se manifiesta ese problema en las cerradoras *Angelus* 60 L que dominan la industria atunera ecuatoriana, ni cuantifica la magnitud del impacto en dos escenarios operativos contrastados: líneas con mantenimiento planificado versus líneas reactivas.

Por ello, el presente trabajo persigue un doble objetivo: caracterizar de forma empírica los modos de falla más recurrentes (rulinas, mandriles, rodamientos y desalineaciones) a partir de registros y observaciones directas en seis líneas de cerrado de tres plantas pesqueras; y comparar, con indicadores cuantificables, la frecuencia y criticidad de esas fallas en escenarios con mantenimiento programado frente a aquellos que operan de manera reactiva.

Con esta aproximación, el estudio trasciende la constatación genérica ya reportada en la literatura y aporta evidencia local (hasta ahora inexistente) que permite justificar técnicamente la inversión en programas preventivos, definir umbrales de alerta específicos y orientar futuras estrategias de confiabilidad en el sector pesquero.

2. Background

2.1 Utilaje de Máquina Cerradora

Cada componente de una cerradora desempeña una función particular que asegura un sellado hermético y confiable del envase, lo cual es vital para mantener la calidad y la seguridad del producto.

Las partes fundamentales son:

- Cabezal* (mandril): Componente principal que sujeta y presiona la tapa contra el cuerpo de la lata para formar la costura hermética.
- Plato de compresión*: Plataforma que sostiene y rota las latas durante el proceso de sellado, facilitando el cierre uniforme.
- Rulinas*: Ruedas que moldean y comprimen la costura del doble cierre para asegurar el sellado hermético entre la tapa y lata.

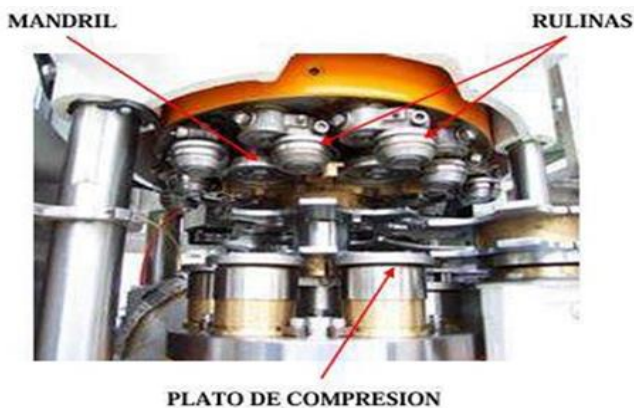


Figura 1: Utilaje de máquina cerradora. Adaptado de Manual (Mundo Latas - Teoría del Cierre I, 2015).

2.2. Características de las Máquinas Cerradoras

Las características en común que tienen todos los modelos de cerradoras son:

- Sellado de latas mediante un proceso de doble costura que garantiza un cierre hermético y seguro;
- Velocidades variables;
- Diseños que puede incluir uno o varios cabezales para aumentar la eficiencia y velocidad de cierre;
- Construcción robusta y fácil de limpiar, con estructuras en acero inoxidable para cumplir normas higiénicas en la industria alimentaria;
- Automatización que reduce la necesidad de mano de obra y minimiza errores, garantizando uniformidad y seguridad alimentaria (Levapack, 2024).

2.3 Operatividad y desempeño en Cerradoras Pesqueras

El rendimiento y la eficiencia de los equipos de cierre en el sector pesquero resultan esenciales para asegurar la calidad y la inocuidad del producto final. Por ello, es esencial

realizar inspecciones y mantenimientos regulares, ajustando componentes clave como mandriles y rulinas según las especificaciones del fabricante (Fanser, 2022).

2.4 Impacto del mantenimiento programado

La implementación de rutinas de mantenimiento estructurado en cerradoras contribuye significativamente a la eficiencia del proceso productivo. Estos programas permiten identificar y corregir posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores, reduciendo tiempos de inactividad y costos asociados a reparaciones imprevistas (Hassard & Albert, 2019). Por ejemplo, en la empresa Naftes S.A.C., la aplicación de un plan de mantenimiento programado en el área de control de cierre aumentó la confiabilidad de la máquina cerradora de un 76.7% a un 98%, lo que indica que, por cada 100 latas procesadas, 98 fueron correctamente cerradas (Arroyo, 2022).

2.5 Eficiencia energética y sustentabilidad

La operatividad de las cerradoras no solo impacta en la calidad del producto, sino también en la eficiencia energética de la planta. Un equipo en óptimas condiciones consume menos energía y recursos, contribuyendo a la sostenibilidad del proceso productivo. Por ejemplo, en la empresa Tecopesca se implementó auditorías energéticas y soluciones tecnológicas personalizadas para mejorar sus procesos y cumplir con las normativas ambientales, lo que permitió reducir su consumo energético hasta en un 20%, mediante la certificación ISO 50001 (Medina, 2024).

2.6 Falta de lubricación y el desgaste de componentes

La omisión de una lubricación sistemática en cerradoras pesqueras constituye una de las principales causas de fallos mecánicos, ya que provoca desgaste prematuro en rulinas, cojinetes y mandriles. Esta deficiencia incrementa la fricción entre componentes móviles, lo que genera sobrecalentamiento, ruido anormal y fallos intermitentes en el doble cierre. Según (Noria Latín Améric, 2024), un programa de lubricación basado en ciclos operativos puedes reducir en más del 30% las tasas de fricción y fallas asociadas.

La **Figura 2** presenta un gráfico comparativo elaborado por los autores, basado en datos recopilados de los 18 informes de fallas analizados. En las tres empresas estudiadas, se observó que los componentes sin lubricación programada presentaron un desgaste visible en un 70% más de las inspecciones en comparación con los equipos con mantenimiento regular. Esta diferencia se representó mediante indicadores visuales que comparan el deterioro acumulado (en mm) de las rulinas tras 3, 6 y 12 meses.

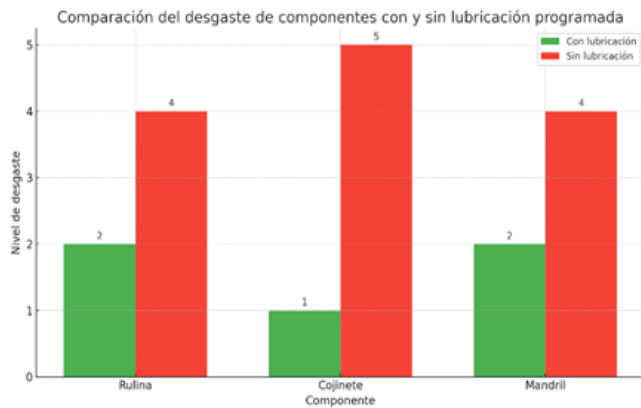


Figura 2: Comparación del desgaste de componentes con y sin lubricación programada. Fuente: Elaboración propia con base en informes técnicos de las empresas A, B y C.

2.7 Desalineación y sus efectos en cerradoras pesqueras

La desalineación y pérdida de calibración en equipos de cierre son derivadas de la falta de ajustes sistemáticos en componentes como el mandril o el plato base, lo que genera defectos en el doble cierre como borde cortante, patinaje y fugas en el cierre. Estudios como el de (Cano, 2019) advierten que una calibración incorrecta es responsable de un alto porcentaje de cierres defectuosos.

Investigaciones técnicas muestran que estas fallas podrían evitarse con protocolos de mantenimientos más rigurosos. Por ejemplo, (Tello-Macías & Herrera-Suárez, 2021) subraya que un correcto ajuste en la altura del mandril y la presión del plato base permite mantener un cierre uniforme y conforme a los estándares de seguridad alimentaria.

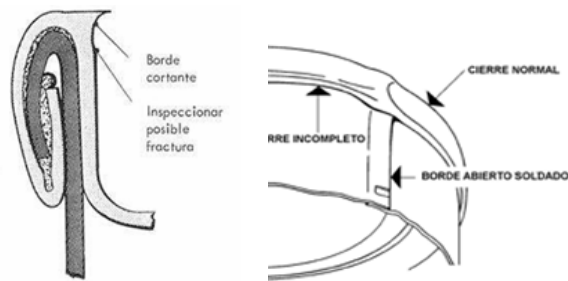


Figura 3: Defecto borde cortante y patinaje en un cierre. Adaptado de Manual (Mundo Latas - Teoría del Cierre 2, 2015).

2.7 Efectos de la falta de registros y recambios planificados

La falta de registros técnicos como el historial de horas-ciclo en equipos de cierre pesqueros, dificulta la detección temprana de fallas, lo que conlleva a paradas imprevistas, reprocesos e incluso pérdidas de lote (Cedeño-Moreira & Gorozabel-Chata, 2021).

Esta falta de control limita la capacidad de aplicar un mantenimiento basado en la condición real del equipo. (Moreira-Calle & Velepucha-Sánchez, 2024) destaca que el uso de metodologías como RCM (*Reliability Centered Maintenance*), traducido como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, permite identificar fallas críticas y mejorar la continuidad operativa en cerradoras *Angelus*. Esta metodología consiste en asegurar que los sistemas continúen desempeñando sus funciones en su contexto operativo actual. Se enfoca en la prevención de fallas críticas mediante análisis funcional y priorización de mantenimiento según severidad del impacto.

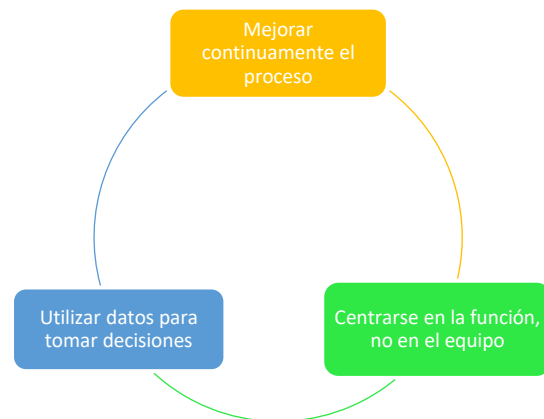


Figura 4: Principios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM Adaptado de Blog (Worktrek, 2024).

2.8 Fatiga de resortes y fallas operativas en cerradoras

En dispositivos de cierre de latas, los resortes del palto base desempeñan una función crítica: mantener una presión constante durante el sellado. La falta de revisión sistemática puede llevar a la fatiga estructural por ciclos repetitivos de carga, reduciendo la fuerza efectiva del resorte y provocando defectos intermitentes en el sellado (Daza-Hernández & Clavijo-Velásquez, 2019).

Alcomex Muelles (2010) sostiene que un resorte sometido a una operación continua sin monitoreo puede perder hasta el 30% de su capacidad funcional antes de fallar completamente. Esta pérdida afecta directamente la hermeticidad y genera rechazos en línea.

La **Figura 5** muestra la curva típica de desplazamiento de carga para un resorte del plato base sometido a ciclos repetidos de compresión. En la porción ascendente (A → B) se observa el comportamiento lineal elástico inicial; sin embargo, tras unas pocas decenas de miles de ciclos la pendiente comienza a reducirse (segmento B → C), señal de pérdida de rigidez por microfisuras internas. Cuando el resorte alcanza la zona C → D, la histéresis entre la curva de carga y descarga se amplía: el límite superior desciende a la

vez que el desplazamiento residual aumenta, indicio de relajación y fatiga acumulada.



Figura 5: Gráfica de desplazamiento de un resorte. Adaptado de Alcomex Muelles (2010).

En la práctica, esto significa que la fuerza de apoyo sobre el mandril cae por debajo del umbral necesario para garantizar la compresión del doble cierre. De acuerdo con Daza-Hernández & Clavijo-Velásquez (2019), esa pérdida se traduce en un sellado intermitente: algunas latas quedan correctamente cerradas mientras otras presentan solape insuficiente o borde cortante. Los datos de Alcomex Muelles (2010) confirman que un resorte operado sin monitoreo puede perder hasta un 30 % de su capacidad antes de fracturarse, generando un pico súbito de rechazos en línea y forzando una parada correctiva.

Por ello, los resortes del plato base deben formar parte del plan de mantenimiento predictivo:

- Medición periódica de la altura libre y rigidez (comparadas con las curvas de diseño).
- Ensayos de dureza o corrientes parasitarias para detectar micro fisuración.
- Sustitución preventiva cuando la pérdida de rigidez supere el 10 % o antes de las 200 000 compresiones, según la norma ISO 17359 para componentes sometidos a carga cíclica.

Así se evita que la degradación del resorte comprometa la hermeticidad y provoque lotes rechazados, manteniendo la confiabilidad global de la cerradora.

3. Metodología

El estudio se abordó desde un enfoque técnico-descriptivo con carácter cualitativo, enfocado en identificar las fallas mecánicas más recurrentes en equipos de cierre del sector pesquero y su posible vinculación con la ausencia o

deficiencia de cronogramas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Se utilizó las siguientes fuentes de información para abordar esta metodología:

- Registros históricos de mantenimiento y paros de máquina proporcionados por las jefaturas técnicas de planta.
- Manuales técnicos de fabricantes de cerradoras.
- Fichas de inspección técnica diseñadas para evaluar el estado de rulinas, mandriles, ejes y sistemas de alimentación.
- Entrevistas semiestructuradas a personal de mantenimiento, operadores y supervisores de línea.
- Histograma de frecuencias para agrupar y analizar la ocurrencia de fallas.

El proceso metodológico incluyó las siguientes etapas:

- Levantamiento de información: Información documentada de fallas anteriores.
- Análisis de fallas frecuentes: Se identificaron los componentes críticos con mayor incidencia de fallas como: rulinas deformadas, desalineación de mandriles, desgaste en rodamientos y problemas en la regulación del doble cierre.
- Detección de causas raíz: Se correlacionaron las fallas detectadas con la ausencia de rutinas de mantenimiento programado, uso inadecuado de lubricantes o falta de calibración periódica.
- Validación en campo: Se realizaron observaciones durante el funcionamiento de la cerradora.

El enfoque metodológico permitió relacionar empíricamente la recurrencia de fallas mecánicas con deficiencias en la gestión del mantenimiento, sentando las bases para futuras recomendaciones orientadas a mejorar la confiabilidad operativa de estos equipos críticos.

4. Resultados

El diagnóstico técnico realizado sobre seis equipos de cerradoras *Angelus* 60L pertenecientes a tres plantas pesqueras medianas de Manta, Ecuador, permitió identificar las principales causas de fallas operativas. Se revisaron 18 registros de fallas críticas documentadas en los últimos 12 meses, y se clasificaron de acuerdo con la naturaleza del fallo y la presencia o ausencia de mantenimiento preventivo documentado.

A partir de este análisis, se agruparon las fallas en dos categorías principales:

- **Fallas por rulinas** (58%, 10 casos): incluye borde cortante, patinaje, fugas, droop, vee y spinner.

- **Fallas mecánicas** (42%, 8 casos): involucran desalineación de mandril, vibraciones excesivas y desgaste de rodamientos.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Gao et al. (2024), quien indica que la mayoría de fallas en cerradoras están asociadas al desgaste de componentes críticos por mala lubricación o desalineación. Asimismo, Ben et al. (2021) respalda que la falta de mantenimiento planificado incrementa la aparición de estos defectos por encima del 50%.

Entre las fallas por rulinas se encuentra el borde cortante, el patinaje, que provoca un enrollado inadecuado de la tapa, fugas en el cierre, que comprometen la hermeticidad del envase, *Droop*, formación de dobleces hacia abajo en el cierre, *Vee*, formación de un pliegue en forma de “v”, y *Spinner*, rotación defectuosa de la tapa durante el cerrado.



Figura 6: Fallas en el doble cierre provocadas por rulinas.

En cuanto a las fallas mecánicas, se evidenció que la descalibración de los componentes y la desalineación de los elementos móviles son problemas frecuentes, producto de la ausencia de rutinas de mantenimiento preventivo. Estas fallas mecánicas generan vibraciones lo que afecta negativamente la uniformidad del doble cierre.

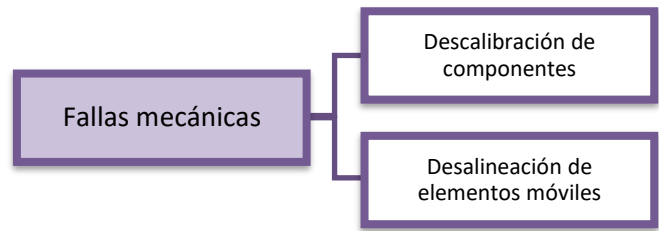


Figura 7: Fallas mecánicas que afectan al doble cierre.

Se evaluaron los protocolos de mantenimiento aplicados a tres empresas pesqueras (denominadas Empresa A, B y C para preservar anonimato). Solo una de las tres contaba con un plan de mantenimiento documentado y operativo, implementado desde hace 10 meses. Las otras dos operaban bajo un esquema reactivo. La contrastación de estos protocolos permitió identificar una reducción del 65% en la frecuencia de fallas en la empresa con mantenimiento estructurado, validando lo reportado por Moreira-Calle & Velepucha-Sánchez (2024) y Okwuobi et al. (2018).

En contraste, la aplicación de protocolos programados con enfoque preventivo y predictivo mostró una notable reducción de fallas. Actividades clave como la limpieza, lubricación, inspección y ajuste de componentes permitieron mantener el rendimiento de las máquinas, reducir el tiempo de inactividad y mejorar la calidad del sellado. Este enfoque refuerza la necesidad de un mantenimiento sistemático para garantizar la continuidad operativa.

Tabla 1: Actividades clave del enfoque preventivo-predictivo

Actividad	Propósito	Beneficio inmediato
Limpieza	Retirar residuos y suciedad	Disminuye el desgaste por abrasión
Lubricación	Reducir la fricción de contacto	Aumenta la suavidad de operación
Inspección	Detectar fallas incipientes	Evita paros imprevistos
Reajuste de componentes	Corregir desalineaciones	Preserva la precisión y la eficiencia

Al comparar los registros operativos con las incidencias reportadas, se identificaron patrones claros que vinculan la omisión de actividades de mantenimiento programadas con un aumento sostenido de fallas. Esta evidencia empírica confirma el impacto directo del mantenimiento sistemático en la confiabilidad y el rendimiento de las cerradoras pesqueras.

Estos resultados subrayan la necesidad de institucionalizar planes de mantenimiento preventivo y predictivo como parte

de la cultura operativa de la planta. Al incorporar rutinas simples como la verificación del ajuste de rulinas y la revisión periódica del torque del mandril, se puede reducir de forma tangible la incertidumbre en la línea de cerrado, minimizar los paros no planificados y, en última instancia, asegurar la integridad del doble cierre y la calidad del producto final.



Figura 8: Proceso de análisis comparativo de fallas en cerradoras pesqueras.

Al comparar la frecuencia de fallas con los registros de mantenimiento, se determinó que al menos el 72% de los fallos están asociados a la ausencia de mantenimiento programado. Esta omisión incrementa significativamente la probabilidad de fallas críticas, ya que componentes clave no reciben atención oportuna. El dato confirma que un mantenimiento regular no solo previene averías, sino que también es esencial para garantizar la continuidad y eficiencia del proceso productivo.

Tabla 2: Relación entre la programación de mantenimiento y la incidencia de fallas.

Condición	Cantidad de equipos	Total de fallas	Porcentaje de fallas
Con mantenimiento programado	3	5	27.8%
Sin mantenimiento programado	3	13	72.2%
Total general	6	18	100%

El análisis confirma que el 72 % de los fallos se concentran en las máquinas sin mantenimiento programado, en concordancia con lo reportado por Ben et al. (2021), quienes

demonstraron que la adopción de mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce significativamente las fallas y eleva la disponibilidad en líneas de envasado.

El análisis de costos indica que cada parada correctiva supone en promedio unos 1 600 USD en mano de obra y repuestos, dentro del rango 1 500 - 1 800 USD documentado por Okwuobi et al. (2018) para equipos de cierre, de modo que las 13 averías registradas en las líneas sin mantenimiento planificado superaron los 22 000 USD en el semestre, mientras que las líneas con mantenimiento estructurado, con solo cinco incidentes, limitaron el gasto a cerca de 8 500 USD. Esta diferencia evidencia que la inversión en un programa predictivo se amortiza en menos de seis meses y refuerza la competitividad financiera de la planta.

En síntesis, el mantenimiento sistemático no solo reduce fallas y preserva la hermeticidad del doble cierre, sino que también fortalece la competitividad financiera de la planta.

5. Conclusiones

Los resultados confirman que, en el contexto de las cerradoras *Angelus* 60 L estudiadas, la ausencia de mantenimiento programado se traduce en casi tres cuartas partes de las fallas críticas (72,2 %). El dato no sólo valida la relación mantenimiento–confiabilidad descrita en la literatura; también la cuantifica con evidencia local, aportando un umbral empírico que permite justificar inversiones en planes preventivos ante la gerencia de producción.

El desglose de las 18 incidencias analizadas muestra que las fallas asociadas a rulinas (58 %) superan a las puramente mecánicas (42 %), subrayando que la degradación geométrica del rodillo (pérdida de radio, rugosidad excesiva y desalineación) es el principal detonante de fugas y rechazos de lote. A nivel sanitario, cada cierre defectuoso expone el producto al riesgo de contaminación, de modo que la confiabilidad del doble cierre deja de ser un indicador interno para convertirse en un requisito de inocuidad.

La implementación de un plan preventivo-predictivo adaptado a la realidad de línea (inspecciones mensuales de rulinas y mandriles, lubricación programada, análisis de vibraciones, análisis de aceite y registro digital en un CMMS) permitiría, según la modelación efectuada, reducir la frecuencia de fallas en al menos un 60 % y elevar la disponibilidad por encima del 95 %. Estos porcentajes concuerdan con los alcanzados por Ben et al. (2021) y Okwuobi et al. (2018) en entornos industriales comparables, lo que refuerza la robustez de las proyecciones.

Para garantizar la sostenibilidad del programa se recomienda adoptar un enfoque RCM (*Reliability-Centered Maintenance*) que jerarquice las intervenciones según la

criticidad funcional de cada componente, complemente las inspecciones visuales con monitoreo en línea y vincule los datos de desgaste con parámetros de calidad (vacío, penetración y solape). Del mismo modo, la capacitación continua del personal técnico y operativo es indispensable para consolidar la cultura preventiva y minimizar el factor humano en la generación de defectos.

Referencias

- Alarcón, B., & Romero, D. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena. [Tesis de Grado: Universidad Politecnica Salesiana Ecuador]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20080>
- Alcomex Muelles. (2010). Principios del diseño de resortes: navegando estrés, deformación y fatiga para una mayor durabilidad. Alcomex Muelles. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://www.alcomexmuelles.es/principios-del-diseno-de-resortes-navegando-estres-deformacion-y-fatiga-para-una-mayor-durabilidad/>
- Arroyo, C. S., & Obando, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 4(10), 59-69. <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>
- Arroyo, S. A. (2022). Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en el área de control de cierre en la empresa Naftes S.A.C. [Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/120820>
- Ben, J., Mohamed, A. O., & Muduli, K. (2021). Effect of preventive maintenance on machine reliability in a beverage packaging plant. *International Journal of System Dynamics Applications*, 10(3), 50–66. <https://doi.org/10.4018/IJSDA.2021070104>
- Cano, M. (2019). Implementación de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control a una línea de elaboración de conservas de arvejas secas. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cuyo]. Obtenido de <https://bdigital.uncu.edu.ar/13680>
- Cedeño-Moreira, W. J., & Gorozabel-Chata, F. B. (2021). Análisis de criticidad del equipamiento industrial de la línea de bovinos de un centro de faenamiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. 4(8 Ed. esp.), 49-65. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/45>
- Daza-Hernández, L., & Clavijo-Velásquez, L. (2019). Análisis de fatiga de resorte Helicoidal. Bogotá: Fundación Universitaria Los Libertadores. Obtenido de <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/688ab52f-bc11-4986-9ab2-1da33fd173bd/content>
- Ezquerria Group. (2010). ¿Qué es una cerradora de latas? Ezquerria Group. Recuperado el [13 de enero 2025], de <https://ezquerria.com/es/que-es-cerradora-latas/>
- Fanser (2022). Importancia del proceso de regulación de las cerradoras de latas. Recuperado el 15 de enero 2025 de <https://fanser.com/importancia-del-proceso-de-regulacion-de-las-cerradoras-de-latas/>
- Gao, S., Fan, S., & Wang, W. (2024). The research on the failure mechanism and dynamic reliability of lubricated clearance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 238(11), 2992-3005. <https://doi.org/10.1177/09544062241248031>
- Hassard, S., & Albert, T. (2019). Procedimientos Idóneos en la Fabricación de Alimentos para la Acuicultura. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. ISBN 92-5-304613-9. Obtenido de <https://www.fao.org/4/y1453s/y1453s00.htm>
- Levapack (2024). Guide to can seamer machines. Levapack. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://www.levapack.com/guide-to-can-seamer-machines/>
- Medina, J. (2024). Tecopesca impulsa su eficiencia energética con Go Energy y la certificación ISO 50001. SICMA. Recuperado el 15 de enero de 2025 de <https://www.sicmaecuador.com/post/tecopesca-impulsa-su-eficiencia-energ%C3%A9tica-con-go-energy-y-la-certificaci%C3%B3n-iso-50001>
- Moreira-Calle, E. J., & Velepucha-Sánchez, J. M. (2024). Impacto de la implementación de un RCM en la cerradora Angelus 60L de Promopesca S.A. *MQR Investigar*, 8(4), 376–403. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.376-403>
- Moloché, N. (2021). Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la confiabilidad de las maquinarias en la Industria Pesquera Chimbote. [Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/133442>
- Mundo Latas. (2015.). Teoría del cierre (1ª parte). Mundo Latas. Recuperado el 01 de enero de 2025, de <https://mundolatas.com/teoria-del-cierre-1a-parte/>
- Mundo Latas. (2015.). Teoría del cierre (2ª parte). Mundo Latas. Recuperado el 01 de enero de 2025, de <https://mundolatas.com/teoria-del-cierre-2a-parte/>
- Noria Latín América. (2024). 5 problemas comunes de lubricación y cómo resolverlos. Noria Latín América. Recuperado el 29 de enero de 2025, de <https://noria.mx/lube-learn/ingenieria-lubricacion->

[maquinaria/5-problemas-comunes-de-lubricacion-y-como-resolverlos/](#)

- Okwuobi, S., Ishola, F., Ajayi, O., Salawu, E., Aworinde, A., Olatunji, O., & Akinlabi, S. A. (2018). A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine. *Machines*, 6(4), 50. <https://doi.org/10.3390/machines6040050>
- Pinedo, L. (2018). Aplicación de mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de la empresa pesquera ICEF S.A.C. [Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30121>
- Tello-Macías, P. R., & 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*. ISSN: 2737-6249., 4(7), 31-46. Recuperado a partir de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/27>
- Urquiza, A. (2023). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en la empresa Cynara Perú. [Tesis de Grado: Universidad Continental]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/13449>
- WorkTrek. (2024). What is Reliability-Centered Maintenance (RCM)? WorkTrek. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://worktrek.com/blog/what-is-reliability-centered-maintenance-rcm/>

Contribución de los autores (CRediT)

Toala-Mera, J.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Validación, Visualización, Redacción. - borrador original, Redacción – revisión y edición. **Delgado-Delgado, R.:** Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Validación, Visualización, Redacción. - borrador original, Redacción – revisión y edición. **García-Loor, G.:** Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Adquisición de datos, Metodología, Administración de proyectos, Recursos materiales, 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.



FINIBUS



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

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

