



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MECÁNICA ELÉCTRICA**

Optimización de plan de mantenimiento de máquinas cerradora  
para mejorar producción de envases de hojalata

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Gonzales Quezada, Behimer Wilmer ([orcid.org/0000-0002-6249-5948](https://orcid.org/0000-0002-6249-5948))

**ASESOR:**

Mg. Zavaleta Zavaleta, Heber Augusto ([orcid.org/0000-0003-3964-0198](https://orcid.org/0000-0003-3964-0198))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

A mis padres por enseñarme el valor del esfuerzo y el camino de la humildad. A todas las personas que han apoyado con sus conocimientos para el desarrollo de la investigación.

**Behimer**

## **AGRADECIMIENTO**

A la universidad san pedro y todos los docentes de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica nos brindaron los conocimientos necesarios.

A nuestro asesor Mg. Zavaleta Zavaleta Heber Augusto por dedicarnos su tiempo y apodarnos con su experiencia en el desarrollo de esta investigación.

A la universidad César Vallejo por darnos la oportunidad de titularnos en nuestra carrera profesional.

A compañeros de trabajos del área de servicio técnicos quienes me apoyaron con sus conocimientos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variable y operacionalización.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Método de análisis de datos .....	13
3.7. Aspectos éticos .....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN .....	57
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES .....	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estado actual cabezales de cierres .....	16
Tabla 2. Estado actual porta cabezal.....	17
Tabla 3. Estado actual de bancos de cierre.....	17
Tabla 4. Estado actual bolsillos de cierre .....	18
Tabla 5. Estado actual alimentación de tapas .....	19
Tabla 6. Estado actual tornamesa .....	20
Tabla 7. Estado actual árbol central de cierre .....	21
Tabla 8. Estado actual caja de transmisión .....	21
Tabla 9. Estado actual sistema de encendido .....	22
Tabla 10. Estado actual sistema de expulsión de envases.....	22
Tabla 11. Fallas de las partes de la máquina cerradora ángelus PR50.....	23
Tabla 12. Matriz de criticidad semicuantitativa modelo CTR.....	26
Tabla 13. Frecuencia, consecuencia y criticidad de partes.....	29
Tabla 14. Diagrama de Pareto.....	29
Tabla 15. Análisis NPR.....	32
Tabla 16. Causa raíz de Ishikawa-cabezales de cierre .....	34
Tabla 17. Causa raíz de Ishikawa-bancos de cierre .....	38
Tabla 18. Causa raíz de Ishikawa-bolsillos de cierre.....	42
Tabla 19. Resumen de causa raíz de las partes críticas de máquina.....	43
Tabla 20. Resumen de números de fallas... ..	46
Tabla 21. Fallas de la máquina desde agosto hasta diciembre .....	46
Tabla 22. Operación y paralización de equipos críticos.....	49
Tabla 23. Disponibilidad de equipos críticos.....	49
Tabla 24. Programa de Mtto. optimizado para cabezales de cierre .....	49
Tabla 25. Programa de Mtto. optimizado para los bancos de cierre .....	51
Tabla 26. Plan de Mtto. optimizado para los bolsillos de cierre .....	52
Tabla 27. Determinación de los indicadores de Mtto. Optimizado .....	53
Tabla 28. Beneficio debido a la reducción de horas perdidas.....	54
Tabla 29. Costos en mantenimiento predictivo de componentes.....	54
Tabla 30. Costos en mantenimiento preventivo de componentes .....	55
Tabla 31. Resumen de costos en mantenimiento.....	56
Tabla 32. Tabla de inversión en activos fijos .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estado actual máquina ángelus 50PR ño 2021.....	15
Figura 2 : Gráfico de matriz de criticidad semicuantitativa modelo CTR.....	28
Figura 3: Gráfica diagrama de Pareto .....	32

## RESUMEN

En la presente investigación se abordó el objetivo general que consistió en optimizar el plan de mantenimiento de máquinas cerradoras para mejorar la producción de envases de hojalata para empresas conserveras, la metodología fue de tipo aplicada, de diseño preexperimental, se aplicó herramientas como la matriz de criticidad semicuantitativa, diagrama de Pareto, matriz NPR y diagrama de Ishikawa. La población y la muestra fueron del mismo tamaño, y estuvo constituido por la máquina cerradora. Se concluyó que los componentes más críticos de las máquinas son 3: Cabezales de cierre, Bancos de cierre y Bolsillos de cierre, los mismos que fueron evaluados de acuerdo a sus tiempos de operación, tiempo de reparaciones y números de falla y, como resultado se obtuvo indicadores iniciales de disponibilidad de 75.32%, 80.44% y 93.48%, respectivamente, arrojando un promedio del 86.08%..

Según se ha obtenido en la determinación del NPR, se ha realizado un programa de mantenimiento y proyectado los indicadores tanto MTRR, MTBF y disponibilidad, obteniéndose la optimización del indicador de disponibilidad de 91.85% para los cabezales de cierre, 96.51% para los bancos de cierre y 97.85% para los bolsillos de cierre, lo cual hacen un promedio de 95.41% como indicador final o post mejora. Este estudio entonces queda justificado por su incremento significativo del 9.33% en el promedio general y sobrepasa el 90% que representa el valor mínimo de disponibilidad en un proceso eficiente.

**Palabras clave:** Plan de optimización, máquina cerradora, envase de hojalata, indicadores de mantenimiento.

## ABSTRACT

In the present investigation, the general objective was addressed, which consisted of optimizing the maintenance plan of seaming machines to improve the production of tin containers for canning companies, the methodology was of an applied type, of pre-experimental design, tools such as the matrix of semiquantitative criticality, Pareto diagram, NPR matrix and Ishikawa diagram. The population and the sample were of the same size, and consisted of the seaming machine. It was concluded that the most critical components of the machines are 3: Closing heads, Closing banks and Closing pockets, the same ones that were evaluated according to their operation times, repair time and failure numbers and, as a result, obtained initial availability indicators of 75.32%, 80.44% and 93..48%, respectively, yielding an average of 86.08%.

According to what has been obtained in the determination of the NPR, a maintenance program has been carried out and the MTRR, MTBF and availability indicators have been projected, obtaining the optimization of the availability indicator of 91.85% for the closing heads, 96.51% for the banks of zipper and 97.85% for zipper pockets, which averages 95.41% as a final or post-improvement indicator. This study is then justified by its significant increase of 9.33% in the general average and exceeds the 90% that represents the minimum value of availability in an efficient process.

**Keywords:** Optimization plan, seaming machine, tin container, maintenance indicators.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios la industria de conserva en 1813 que comenzó con la primera fábrica de conserva comercial en Inglaterra fue fundada por Bryan Donkin quien fue un destacado ingeniero. La industria conservera se desarrolló y fue en 1847 en donde pareció la primera máquina para sellar externos de latas quien fue patentado por Allan Taylor.

En la década de 1880 comenzaron aparecer nuevos inventos y esto marco el inicio de la primera máquina automática de hacer lata. En el comienzo de 1900 los inventos fueron aún más y con el crecimiento de la sociedad contemporánea centrada en el consumidor comenzó a tomar forma y en 1909 en Estados Unidos en la costa oeste marco el comienzo del enlatado de atún.

Pero según señala Roberto Baroni quien es Manager de Imeta que es una importante empresa que desde 1963 diseña y produce mandriles, rolas, cambios de formatos y fabricación de piezas para máquinas cerradoras, Roberto Baroni nos dice que “las máquinas cerradoras de latas requieren un conocimiento completo del proceso para poder reaccionar rápidamente y corregir un error”.

También Gilbert Salazar quien es especialista en cerramientos añade que muchos de los mecánicos más antiguos y cualificados ya se han jubilado llevándose con ellos de 30 a 40 años de experiencia y mayoría de la gente no se da cuenta la importancia de un buen doble cierre.

Basado en el esto las empresas conserveras en la actualidad desean obtener una máxima productividad y satisfacer las demandas del mercado consumidor con la prioridad de elaborar productos de excelente calidad y mejorar sus ingresos económicos. Para lograr esto es necesario tener en cuenta que la máquina cerradora es considerada como una parte fundamental y crítica de la línea del proceso, ya que depende del estado de la máquina que allá un buen proceso.

En el centro de labores en donde se observaron diversos problemas en las máquinas cerradoras, se ha podido constatar que existen muchas fallas en horas de producción en partes críticas como por ejemplo, desgastes en los cabezales que provocan malos cierres en los envases, desgaste en los bancos de cierres que provocan ganchos cortos de cuerpo por falta de mantenimiento; la merma que genera la máquina por envases abollados, atracados, mal ensamblado, por patinaje que genera una pérdida monetaria apreciable, por envases que no sirven. Estas fallas que ocurren en la máquina cerradora, fundamentalmente se deben a la falta de un buen plan de mantenimiento en la industria conservera y la falta de conocimiento en esta área. Como es entendible, estas acciones definitivamente han afectado a la producción y pérdida de material para la empresa, lo cual ha generado descontento laboral y procesos de producción interrumpidos, limitando de esta manera la eficiencia y la capacidad productiva.

Dado los problemas indicados, se ha planteado la siguiente formulación del *problema general*: ¿De qué manera la optimización del plan de mantenimiento de máquinas cerradoras influye en la mejora producción de envases de hojalata para empresas conserveras? Por lo tanto, se debió tener en cuenta las correspondientes justificaciones del tema, bajo las consideraciones siguientes: Justificación técnica, corresponde tener a la máquina cerradora disponible y cumplir su objetivo de cerrar envases de conservas cumpliendo todos los parámetros del doble cierre y buen aspecto del envase, así mismo evitar las paradas por inoperatividad de la cerradora que reduce el tiempo de producción y largas jornadas de trabajo; justificación social, orientada hacia el personal mecánico de planta, encargado de la máquina cerradora que trasciende en una buena ejecución del plan de mantenimiento optimizado para contribuir en su desarrollo social, mejorando la calidad de su familia y evitando pasar horas de jornadas largas de trabajo; justificación económica, consistente en reducir la merma de los envases defectuosos, con medidas de doble cierre fuera de los parámetros y observados por el área de calidad y así evitar pérdidas monetarias para la empresa conservera; justificación metodológica, orientada como una guía para las siguientes generaciones que deseen buscar información sobre el mantenimiento de la máquina cerradora.

Teniendo en cuenta todo lo pre citado, se dispuso entonces a identificar los objetivos de la investigación, de la siguiente manera: El *Objetivo general* planteado consiste en Optimizar el plan de mantenimiento de máquinas cerradoras para mejorar la producción de envases de hojalata para empresas conserveras. Como *objetivos específicos* se han propuesto los siguientes: i) Evaluar las condiciones actuales de las máquinas cerradoras de envases de hojalata; ii) Identificar las fallas que influyen en la operatividad de la máquina cerradora. iii) Determinar criticidad y causa raíz en la máquina cerradora; iv) Establecer la disponibilidad de la máquina; v) Elaborar del Programa de mantenimiento de máquinas cerradoras; vi) Calcular la disponibilidad de las partes de la máquina cerradora post mejora; vii) Evaluar la inversión para la implementación del mantenimiento, beneficio económico y retorno operacional de la inversión.

Como *Hipótesis* de la investigación se ha considerado la siguiente: La optimización del plan de mantenimiento de máquinas cerradoras influirán en mejorar positivamente la producción de envases de hojalata para empresas conserveras.

La investigación se ha basado entonces, en buscar la metodología correcta para mejorar de manera óptima el plan de mantenimiento de la máquina cerradora a fin de lograr que alcance la disponibilidad necesaria para un buen desarrollo en la producción, disminución de los tiempos de paradas por fallas o averías. Así mismo reducir la merma que genera la máquina por envases abollados, atracados, mal ensamblado y por patinaje, lo cual genera una perdida monetaria significativa por envases inservibles.

## II. MARCO TEÓRICO.

De acuerdo al desarrollo de la investigación, en este capítulo se han tomado en cuenta algunos trabajos previos o antecedentes como el de los investigadores Jorge y Manuel (2021), en su tesis denominada “Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industrias de conservas de atún”, Localizada en Manabí - Ecuador, desarrollado en la Universidad Técnica de Manabí de Ecuador, tuvo como objetivo realizar un estudio de identificar y solucionar inconveniente en la línea de elaboración de conserva de atún en la Empresa EUROFISH, con la realización del programa de mantenimiento centrado de confiabilidad (RCM). Concluyeron con la evolución de criticidad por NPR, demostrando que las máquinas y equipos más críticos en la línea de elaboración de atún fueron la máquina selladora de hojalata y la máquina Luthi; determinado así, que la máquina selladora de envases fue un punto crítico por el constante desgaste de sus piezas mecánicas, se encontró que para determinar la fiabilidad es el tiempo promedio entre paradas (MTBF) que expresa el incremento en la fiabilidad la máquina y un desarrollo de superioridad del trabajo de mantenimiento a 3,59, lo que influyó positivamente en la confiabilidad de las máquinas en la línea de elaboración de atún. El programa de mantenimiento, propuesto Logró un 87%, y se consideró un porcentaje positivo por la situación en la que se encuentra la empresa. El desarrollo del programa de mantenimiento enfocado en la confiabilidad, el resultado fue en la disminución de tiempos muertos en producción y un cambio de mantenimiento correctivo a preventivo. Se obtuvo confiabilidad en la máquina selladora al momento de producir, sin tener averías de un momento a otro(imprevistos).

En forma similar, Gómez y Manga (2016) en su monografía para obtener en título en la carrera de Ingeniería Mecatrónica, denominada “Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para el área enlatadora en la empresa Seatech Internacional Inc.”, Localizada en Cartagena - Colombia, desarrollada en la Universidad Tecnológica de Bolívar, el

objetivo fue diseñar un sistema de mantenimiento preventivo y también determinar el tiempo medio entre averías de los equipos y conocer una frecuencia óptima de mantenimiento preventivo. Concluyó que el mantenimiento de equipos, herramientas y máquinas fue un gasto que a largo plazo concederán un beneficio de ganancias no solo para el empresario si no también influirá en la mejora de su producción por lo cual disminuirá en las paradas imprevistas. También tuvo un impacto en sus trabajadores disminuyendo los accidentes y disminuyendo la tasa de accidentalidad bajos.

También Iparraguirre (2018), en su tesis denominada “Estudio de paradas de máquinas y propuesta de plan de mantenimiento preventivo fábrica de envases de lata LUX S.A”, Localizada en Lima – Perú desarrollada en la Universidad Privada del Norte, tuvo como objetivo estimar el impacto del programa de mantenimiento preventivo en la disponibilidad y fiabilidad de máquinas. Concluyó que las principales averías que influyen en las paradas de máquinas son un 79% de las averías totales que se suceden en planta, obteniendo como resultado tres fallas, “falta de lubricación, cambio de repuestos en la máquina” y “falta de inspección en la máquina”. La proposición de mejora estimado el aumento disponibilidad de las máquinas en 93%, con el plan de mantenimiento se lograría reducir tiempos en 75% en las máquinas con mayor incidencia de paradas.

En forma similar, Zorrilla, Martínez y Mora (2007) en su monografía de grado para optar el título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento, denominada “Modelo de mantenimiento para la línea de enlatados con envases 307 de una empresa atunera”, Localizada en Bucaramanga – Colombia desarrollada en la Universidad Industrial de Santander , tuvo como objetivo elaborar un modelo de mantenimiento procurando satisfacer las necesidades propias de la empresa atunera de enlatado con envases 307 , siendo un modelo aplicable para toda empresa con una línea de producción de enlatado de 307 haciendo énfasis en la planeación y organización del área de mantenimiento y producción. Entre todas las

máquinas y equipos que se utilizan resaltan que la máquina cerrador ángelus de formato de 307 es una la más importante de la línea de producción puesto que la función es realizar el doble cierre en las latas siendo un punto de control crítico ya que esta operación de realiza la máquina cerrador Ángelus de mucho la hermeticidad e inocuidad del producto. Para llenar a esta hermeticidad eh inocuidad del producto ellos mencionan una seria falla que pueden ocurrir en la máquina cerrador Ángelus como: falso cierre, abolladuras y cierre incompleto. Así como en la inspección interna del envase en el cierre como: arrugas en el gancho de tapa, gancho de tapa corto y gancho de cuerpo corto. Concluyeron que el uso de las herramientas permitió la identificación de problemas mayores que pueden ocurrir en los equipos de tal manera que el equipo de mantenimiento y producción pueden realizar un programa adecuado para su acción. La estructura del modelo de gestión de mantenimiento permitió: conocer las máquinas de la organización, conocer las variables que influyeron en su vida útil, elegir un modo de mantenimiento y la generación de valor a través de la unidad productiva de mantenimiento.

Así mismo, Solís (2018) en su tesis denominada “Gestión de mantenimiento preventivo y confiabilidad en la máquina cerradora de cuadro cabezales de la línea de enlatados de pollos en la agroindustria Supe S.A Barranca”. Localizada en Barranca - Perú, desarrollada en la Universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión tuvo como objetivo precisar los sistemas críticos de la gestión de mantenimiento preventivo que se asocia con la fiabilidad en la máquina selladora de cuatro cabezales de la línea de producción de enlatado de pollo y determinar el programa de mantenimiento preventivo que se asocia con la confiabilidad. Concluyó que la máquina selladora de latas tiene mayormente cuatro partes con mayor frecuencia de fallas lo cual incurrió en mayor costo de producción y reparación son las siguientes: bocinas, rulinas, ejes porta mandriles y problemas de sincronización lo cual resumen el 79% de fallas. Lo cual nos indicó que: La gestión de mantenimiento, Los sistemas críticos diagnosticados, Programas de mantenimiento da una ecuación en la cual

se sabe la influencia de la confiabilidad del sistema de gestión de mantenimiento preventivo de la máquina selladora de latas.

Por otro lado, Milanés (2016) en su tesis de titulación denominada “Análisis de las causas para minimizar tiempos improductivos en las áreas de enlatados, etiquetado y especialidades”. Localizada en Colima – México Desarrollada en el Instituto Tecnológico de Colima, tuvo como objetivo determinar implementar un reporte de interrupción de producción por fallas para identificar las causas de tiempos improductivo, analizar las causas que estuvieron generando tiempo improductivo y proponer soluciones. En el estudio de las causas para reducir la duración de los tiempos improductivos ocurrió en la fase secundaria con el 35% fallas continuas, donde comienza el enlatado y cerrado de los envases, las máquinas cerradoras tienen más fallas de acuerdo al estudio realizado y las principales fallas fueron latas atoradas y destapadas, esto debido a desajustes mecánicos. Concluyó que la determinación e identificación de causas que generan el tiempo improductivo es un proyecto importante aplicándolo de manera adecuada influyó una de manera muy importante en las empresas en las cuales se deseó implementar.

Además, Cerna y Coronel (2018) en su tesis denominada “Efecto de mantenimiento preventivo en el nivel de riesgo de fallas en equipo crítico, Jada S.A 2018”. Localizada en Chimbote-Perú, desarrollada en la Universidad Cesar Vallejo tuvo como estudio el objetivo de usar el programa de mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas críticos. tras las fallas continuas de la máquina cerradora que identificada como un punto crítico en la producción en donde la empresa está perdiendo una ganancia de 59%, lo cual fue importante tener un buen plan de mantenimiento preventivo. Concluyó que mediante el resultado situacional logro establecer que la línea de producción de conserva mostro defectos particularmente en la máquina cerrador Ángelus y en los equipos de calderería con un índice de RN a 20 en averías. Y con el programa de mantenimiento preventivo, en relación a los equipos y

máquinas críticas, se pudo determinar que a través del mantenimiento se logró el incremento de la eficiencia con ayuda del programa software MP9, con él se logró un 81%.

Finalmente, Requejo (2021) en su tesis “Mantenimiento productivo total de la línea de conservas de la empresa procesadora Perú S.A.C para minimizar los ingresos no percibidos”. Localizada Chiclayo – Perú, desarrollada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo tuvo como objetivo centrarse en cuatro el primero fue determinar la situación del área actual, el segundo fue la selección los pilares de mantenimiento, tercero fue el desarrollo de los planes de mantenimiento y el cuarto el análisis criticidad. La ganancia no percibidos por las averías de máquina en la campaña del 2019-2020 representaron un total \$29 291, siendo la máquina cerradora y desgranadora de vainita con más fallas con pérdidas de ganancias por paradas con un total \$18 160. En proceso de cerrado en la máquina cerradora se tuvo que impedir las inconformidades de los envases de hojalata el 54% de la imperfección fueron causados en la operación de sellado del envase, \$7 010,36 envases con defectos. el 22,8% desbarnizado ,13.5% abulladuras,9.4% falso cierre ,9.1% rebabas. Concluyó que para el desarrollo se utilizaron en múltiples herramientas para conocer cuáles son las máquinas y equipos más críticas y en base a eso, se identificaron los problemas reales de las paradas por averías , se desarrolló un plan de estructura planificada con un enfoque que involucraron tanto a las áreas de mantenimiento y producción con el objetivo de disminuir las paradas por fallas y se enfocó en el área de sellado ya que provoco pérdidas de s/ 7 557,66 , se hizo un programa de acción basada en mejorar continuamente en cambios en la máquina cerradora reduciendo el 34% la merma de los productos , también la merma se redujo 8 143 envases que representan una ganancia netas de S/3 063,80.

Una vez presentados los antecedentes, se ha tomado como referencia hacia la investigación, las *teorías útiles* que se usaron en el tema, las

mismas que se de estudio fueron: Gestión de mantenimiento, nos asegura la continuidad de la funcionalidad, e impedir que en la cadena de producción haya rupturas por averías en las máquinas y equipos, un mantenimiento efectivo es una de la herramienta fundamental para que una empresa logre la operatividad, competitividad en un marco de disputa global en las empresas.

Las principales áreas en las que se enfoca la gestión de mantenimiento son operaciones de control ambiental y ecológico y producción, control de inventario, control de calidad y opciones de outsourcing. Y una perfecta gestión es un beneficio positivo para las empresas. La cual se debe valorar el mantenimiento industrial como un gasto beneficioso y no como un gasto que no es necesario. Los gastos de mantenimiento industrial pueden llegar alcanzar hasta 30 a 60 % de los gastos operativos por ello en la actualidad la industria tiene una influencia positiva sobre las ganancias económicas de la compañía con una correcta planificación y organización de gestión. Asegurar la máxima productividad de la nómina de mantenimiento, Reducir al mínimo el mantenimiento correctivo, Minimizar el stock inactivo del almacén, Extender la vida útil y productiva de las máquinas, Garantizar la máxima confiabilidad de máquinas, Arreglar averías en un tiempo menor posible con un bajo costo, Quitar desperfectos y defectos de las máquinas que influyan en la calidad del producto.

Veamos algunos postulados teóricos vigentes como, por ejemplo:

Mantenimiento preventivo. Es importante en la gestión de mantenimiento de una infraestructura, máquina o equipos que influye en el incremento de la vida útil reduciendo los periodos de los tiempos de inactividad no deseados y la reducción de los gastos de mantenimiento en un largo plazo. Se conforma de acciones que evitan las averías y disminuyen la probabilidad de los equipos fallen, es un mantenimiento planificado aun así cuando el equipo mantiene su efectividad de operación. Esta puede ser con una supervisión visual y realizando una lubricación cada cierto

tiempo, pero también hay planes de supervisión con más complejidad como revisiones cíclicas.

MODELO DE CRITICIDAD SEMICUANTICO CTR (CRITICIDAD TOTAL DE RIESGO). Este modelo nos ayudara la determinar las partes más críticas de la máquina cerradora basada en dos factores: frecuencia de fallas al año por consecuencia. Esta técnica nos ayuda a determinar e identificar su importancia y jerarquía para poner destinar recuerdo ya sea monetario y humano. Determinar la criticad de las partes y la máquina también se analiza las consecuencias que puede causar la falla de estar partes

Diagrama de Pareto (ley del 80-20, o del 20-80). Es una teoría de nos dice que si logramos solucionar al menos el 20% de las causas que son responsables del 80% de los efectos. Y unos los métodos más reconocidos en mantenimiento en el mundo industria. Y su principal objetivo es ordenar las acciones de mantenimiento según su número de intervenciones y luego priorizarlas para su solución.

Diagrama de Ishikawa. Este diagrama nos ayuda analizar mediante el principio de causa y efecto, en mantenimiento esta herramienta nos ayuda a comprender la operación de la máquina y condiciones de operación que influyen en el rendimiento. Para su aplicación de utilizan los siguientes parámetros: Media: este parámetro comprende fallas ocurridas por mediciones métricas, falta de calibración de equipos. Máquina: En este parámetro de analizan el porqué del mal funcionamiento de la máquina también comprende posibles problemas de producción, muchos de estos problemas son causados por falta de mantenimiento. Material: son causados por la mala utilización de gestión de insumos. Mano de obra: Aquí se analiza todos los errores por la causa humana, en otras palabras, errores cometidos por colaboradores por falta inspecciones no realizadas e imprudencias al momento de realizar tareas de mantenimiento en el equipo o máquina. Método: en este parámetro de analizan las faltas de

sistemas de gestión y procedimientos para la realización de las tareas de mantenimiento, Medio ambiente: se analizan toda la causa que pueden afectar al medio al momento de realizar tareas de mantenimiento, este parámetro va tomado mucha fuerza o lo largo del tiempo por la importancia del cuidado del medio ambiente

Es importante igualmente, la determinación del indicador de mantenimiento tipificado como la *disponibilidad* como un concepto simple que relaciona el tiempo sin fallas funciona en equipo o máquina, mayor disponibilidad mayor producción por lo tanto la función de esto es reducir los tiempos muertos

$$D = \frac{MTBF}{MTBF \times MTTR} \times 100$$

D= disponibilidad

MTBF= Tiempo promedio entre fallas

MTTR= Tiempo promedio de reparación

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El Tipo de investigación es aplicada, porque se tuvo que dar una solución a los problemas de la máquina cerradora.

El diseño de la investigación, fue de tipo pre experimental porque se tuvo que manipular la variable Optimización del Plan de Mantenimiento de máquinas cerradoras con la finalidad de mejorar la producción de envases de hojalata para empresas conserveras (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), proyectando la mejora.

#### **3.2. Variable y operacionalización**

**Variable independiente:**

Optimización del plan de mantenimiento

**Variable dependiente:**

Mejora de la producción de envases de hojalata para empresas conserveras.

\*) El cuadro de Operacionalización de Variables se presenta en el Anexo N° 1.

#### **3.3. Población; muestra y muestreo.**

**Población**

Máquinas cerradoras

**Muestra**

La muestra se tomará la máquina cerradora perteneciente a la empresa Envases Los Pinos S.A.C.

**Muestreo**

Máquina cerradora modelo ángelus Pr 50. El tipo de muestreo es por conveniencia, es decir, el investigador va a seleccionar el elemento de muestra, que en este caso es la máquina cerradora.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación se dará mediante la observación, la instrumentación de la recopilación de los datos es por la observación de campo. Y como instrumentos de calibración de la máquina cerradora de usa varillas de calibración, También usaremos un micrómetro para ver los parámetros del doble cierre y un dinamómetro para la presión del banco de cierre.

### 3.5. Procedimientos

- Se analizarán las fallas y averías presentadas en la máquina cerradora en el año 2021 desde agosto hasta diciembre
- Para encontrar las causas de los modos de falla mediante el análisis de Pareto y causa raíz con el método de Ishikawa
- Se determinará la programación de mantenimientos
- determinaremos la confiabilidad de la máquina de acuerdo a la optimización de plan de manteamiento de la máquina cerradora.
- Se definirán costos que involucren la implementación de Optimización del Plan de Mantenimiento.

### 3.6. Método de análisis de datos

Comenzaremos aplicando el modelo de criticidad semicuantitativo CTR (criticidad total de riesgo) para determinar las partes críticas de la máquina cerradora que son causante de los problemas que tiene.

Se evaluará mediante las siguientes variables

Factor de frecuencia (F.F), Impacto operacional (I.O), Flexibilidad operacional (F.O), Costo de mantenimiento (C.M) e Impacto en la seguridad, higiene, medio ambiente (S.H.M)

Y aplicaremos la siguiente formula

$$CRT = FF \times ((I.O \times FO) + CM + SHA)$$

Luego aplicaremos el método de Pareto para analizar las partes más críticas de la máquina cerradora, ya que el método nos indica que debemos solucionar el 20% de las causas de las cuáles son responsables del 80% de los defectos en la máquina.

A continuación, el Análisis de causa raíz con el diagrama Ishikawa Nos ha permitido aplicar este método para ayudar con la gestión de mantenimiento preventivo a fin de ser más eficaz, lo que nos indica que habrá una disminución de los riesgos asociados en la máquina cerradora, y con un entorno de trabajo más seguro y la disminución en las paradas, parciales o totales en la máquina cerradora

Así mismo, se ha obtenido de la información correspondiente, la fórmula de disponibilidad, la cual se utilizará antes de aplicar el plan de mantenimiento optimizado y después de aplicar el plan de mantenimiento para determinar la nueva disponibilidad.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

D= disponibilidad

MTBF= Tiempo promedio entre fallas

MTTR= Tiempo promedio de reparación

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación será hecha de manera responsable y limpia, respetando a todos los autores que se han citado en su derecho a la propiedad intelectual. Los datos que se usan en esta investigación son fiables.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluar las condiciones actuales de las máquinas cerradoras de envases de hojalata.

Se realizó la evaluación de la máquina cerradora, para la cual se tomó como ejemplo la máquina cerradora Ángelus PR 50, esta máquina cierra envases de hojalata tamaño A 10, los mismos que se conocen como envases galón.

Para la evaluación de la máquina cerradora se conoce en donde ha estado realizando el trabajo de cerrado, esta máquina vino trabajando con un plan de mantenimiento deficiente, con muchas intervenciones por averías que se presentaba en horas de producción.

Se realizó cuadros en donde se identificaron las partes de la máquina, así como, el número de intervenciones por falla en el año 2021.

Imágenes de referencia:



**Figura 1:** Estado actual máquina ángelus 50PR año 2021 Fuente: Envases Los Pinos S.A.C

**TABLA 1***Estado actual cabezales de cierre*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50 CABEZALES DE CIERRES	
PARTES	ESTADO ACTUAL
BRAZOS Y PLATO CABEZAL	Se encontró brazos de primera y segunda operación desgaste en los brazos con respecto al plato cabezal por realizar la operación de abrir de cerrar
RODILLO DE EXCÉNTRICA	Se encontró en buen estado y sin desgaste
PERNO	
TEMPLADOR DE EXCÉNTRICA Y ROLAS	Se encontró pernos y tuercas con desgaste por realizar calibraciones de cierres
PINES	Se encontró en buen estado
PRISIONERO	Se encontró engarrotados
ROLAS DE PRIMERA Y SEGUNDA OPERACIÓN	Se encontraron rolas de primera y segunda operación picadas por desgaste de cerrado de envases
MANDRIL	Se encontró mandril desgastado por cerrado de envases
RESORTE DE TENSIÓN DE BRAZOS	Se encontró con fatiga por trabajo

NOTA. Imágenes de referencia anexos 3 ,4 y 5-fuente Envases Los Pinos S.A.C

Fuente: elaboración propia

**TABLA 2***Estado actual de porta cabezal*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50	
PORTA CABEZAL	
PARTES	ESTADO ACTUAL
EJE PORTA MANDRIL	Se encontró con desgaste presenta por movimiento
BOCINA	Se encontró con desgaste por fricción con el eje porta mandril
RODAJE	Se encontró con fatiga
PIÑONES	Se encontró en buen estado

*Nota:* Imagen de referencia anexo 7 – fuente Envases Los Pinos S.A.C

*Fuente:* Elaboración de tabla propia

**TABLA 3***Estado actual bancos de cierre*

CUADRO EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50	
BANCOS DE CIERRE	
PARTES	ESTADO ACTUAL
PLATO DE CIERRE	Se encontró con desgaste por cerrado de envases
CHAVETA DE BOTELLA	Se encontró con desgaste por movimiento al subir y bajar el banco
EMBOLO	Se encontró en buen estado
BOTELLA	Se encontró con desgaste por movimiento al subir y bajar el banco
SEPARADOR EJE	Se encontró en buen estado
REGULADOR DE PRESION	Se encontró en buen estado

PASADOR	Se encontró en buen estado
RESORTE DE BANCO	Se encontró con fatiga
PRISIONERO Y TUERCA	Se encontró prisionero y tuerca con robadas por falta de cambio o mal ajuste
BOCINA DE LA BOTELLA	Se encontró con desgaste
RODILLO DE BANCO	Se encontró con desgaste por recorrer a la pista de banco
PIN DE BANCO	Se encontró con desgaste por el giro del rodillo y el
PASADOR DE BANCO	Se encontró en buen estado
PISTA DE BANCO	Se encontró con desgaste por el recorrido del rodillo

*Nota:* Imágenes de referencia anexo 8 ,9 y 10 - fuente Envases Los Pinos S.A.C

*Fuente:* Elaboración de tabla propia

#### **TABLA 4**

*Estado actual bolsillos de cierre*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50	
BOLSILLOS DE CIERRE	
PARTES	ESTADO ACTUAL
EJE	Se encontró con desgaste por movimiento y fricción con la bocina
BOCINAS	Se encontró con desgaste por fricción con el eje, tanto la bocina superior e inferior
MASA PORTA PIÑON	Se encontró en buen estado
PIÑON	Se encontró en buen estado
BOLSILLO	Se encontró en mal estado por ser material de bronce

UÑAS DE BOLSILLO	Se encontró con desgaste por el trabajo de llevar las tapas
EXCENTRICA DE BOLSILLO	Se encontró en buen estado
RODILLO	Se encuentra en buen estado
LEVA DE BOLSILLO	Se encontró con desgaste por el recorrido del rodillo del bolsillo

*Nota:* Imagen de referencia anexo 11 - fuente Envases los pinos S.A.C

*Fuente:* Elaboración de tabla propia

#### **TABLA 5**

*Estado actual de alimentación de tapas*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50 ALIMENTACIÓN DE TAPAS	
PARTES	ESTADO ACTUAL
EJES	Se encontró con desgaste por movimiento de trabajo
BOCINAS	Se encuentran con desgaste tanto en la bocina superior e inferior
PIÑÓN	Se encontró en buen estado
NUEZ	Se encontró en mal estado
BRAZO DE BRONCE	Se encontró en buen estado
CUCHILLAS CORTADORAS	Se encontró en mal estado, platinas que cortan las tapas presentan desgaste
LENGÜETA	Se encontró en buen estado

ACUMULADOR DE TAPAS	Se encontró mal estado por presencia de oxidación
GUIAS DE TAPA	Se encontró en buen estado
AVION	Se encontró en buen estado

*Nota:* Imagen de referencia anexo 12 y 13 – fuente envases Los Pinos S.A.C  
*Fuente:* Elaboración tabla propia

**TABLA 6**

*Estado actual de tornamesa*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50	
TORNAMESA	
PARTES	ESTADO ACTUAL
EJE	Se encontró con desgaste por trabajo
BOCINA	Se encontró con desgaste por fricción con el eje
ESTRELLA	Se encontró en buen estado
GUIAS DE ENVASE DE CUERPO	Se encontró en buen estado
GATILLO	
ACTIVADOR DE TAPAS	Se encontró en buen estado
PLATO TORNAMESA	Se encontró con desgaste por trabajo
LEVA DE PRENSADOR	Se encontró en buen estado
PISTONES DE PRENSADOR	Bocinas de rodillos en mal estado
PLATO PRENSADOR	Se encontró en buen estado

*Nota:* Imagen de referencia anexo 14 y 15 – fuente envases Los Pinos S.A.C

*Fuente:* Elaboración de tabla propia

**TABLA 7***Estado actual de árbol central de cierre*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50	
ARBOL CENTRAL DE CIERRE	
PARTE	ESTADO ACTUAL
EJE CENTRAL	Se encontró con desgaste por trabajo
PIÑONES	Se encontró en buen estado
BOCINAS	Se encontró con desgaste por fricción con el eje central
ESTRELLA CENTRAL	Se encontró en mal estado por presencia de oxidación

*Nota:* Imagen de referencia anexo 16 – fuente envases Los Pinos S.A.C*Fuente:* Elaboración de tabla propia**TABLA 8***Estado actual caja de transmisión*

CUADRO DE EVALUCIÓN ACTUAL MÁQUINAS ANGELUS PR 50	
CAJA DE TRANSMISIÓN	
PARTES	ESTADO ACTUAL
EJE VOLANTE	Se encontró con desgaste por trabajo
BOCINAS	Se encontró con desgaste por fricción con el eje volante

*Nota:* Imagen de referencia anexo 17 – fuente envases Los Pinos S.A.C*Fuente:* Elaboración de tabla propia

**TABLA 9***Estado actual sistema de encendido*

CUADRO DE EVALUACIÓN ACTUAL MÁQUINA ANGELUS PR 50 SISTEMA DE ENCENDIDO	
PARTE	ESTADO ACTUAL
BASE DE POLEA	Se encontró engarrotado con su chaveta desgastada
POLEA	Se encontró en buen estado
DISCO DE FRENO	Se encontró en mal estado, presenta zapata de freno desgastado
TUERCA REGULADORA	Se encontró en buen estado

*Nota:* Imagen de referencia anexo 18,19,20 y 21 – fuente envases Los Pinos S.A.C*Fuente:* Elaboración de tabla propia**TABLA 10***Estado actual de sistema de expulsión de envases*

CUADRO DE EVALUACIÓN DE MÁQUINA ANGELUS PR 50 SISTEMA DE EXPULSIÓN DE ENVASES	
PARTES	ESTADO ACTUAL
BOCINAS	Se encontró con desgaste, tanto la bocina superior e inferior
EJE EXPULSOR	Se encontró con desgaste por trabajo
MESA EXPULSORA	Se encontró en mal estado por oxidación
ESTRELLA EXPULSORA	Se encontró en buen estado

*Nota:* Imagen de referencia anexo 22 – fuente envases Los Pinos S.A.C*Fuente:* Elaboración de tabla propia

## 4.2. Identificar las fallas que influyen en la operatividad de la máquina cerradora

**TABLA 11**

*Fallas de las partes de la máquina cerradora ángelus pr50*

CUADRO DE FALLAS DE LA MÁQUINA ANGELUS PR 50	
PARTES	FALLAS
Cabezales de cierres	Se tuvieron fallas de una calibración más constaste
Bancos de cierres	Se tuvo fallas por desnivelación en los ganchos de cuerpo. También se encontró fallas por desbarnizado en el fondo del envase
Bolsillos de cierres	Se tuvieron fallas por mal ensamblado por trabamiento de las tapas y esto también provocó que la máquina de cerrado pierda más tiempo de recorrido del envase y comience a aparecer merma de envases
Alimentación de tapas	Se tuvieron fallas de una mala entrega de tapas y desbarnizado en el ala de las tapas
tornamesa	Se tuvieron fallas por desbarnizado en el fondo del envase y de ralladuras en el cuerpo
Caja de transmisión	Se tuvieron fallas al accionar la palanca de encendido
Sistema de encendido	Se tuvieron fallas al momento de accionar la palanca de encendido

*Fuente:* elaboración de tabla propia

### 4.3. Determinar criticidad y causa raíz en la máquina cerradora modelo CTR

#### 4.3.1. CRITICIDAD:

**TABLA 12**

*Matriz de criticidad semicuantitativa modelo CTR*

Partes	Fallas	Factor de frecuencia (f.f)	Impacto operacional (i.o)	Flexibilidad operación (f.o)	Costo de mantenimiento (c.m)	Impa. En seguridad, higiene, medio ambiente (s.h.m)	Consecuencia	Crítica
Cabezales	20	4	7	4	1	3	32	128
Porta cabezal	0	1	3	4	1	1	14	14
Bancos de cierre	7	4	7	2	1	1	16	64
Bolsillo de cierre	7	4	5	4	1	1	22	88
Alimentación de tapas	6	4	5	4	1	1	22	88

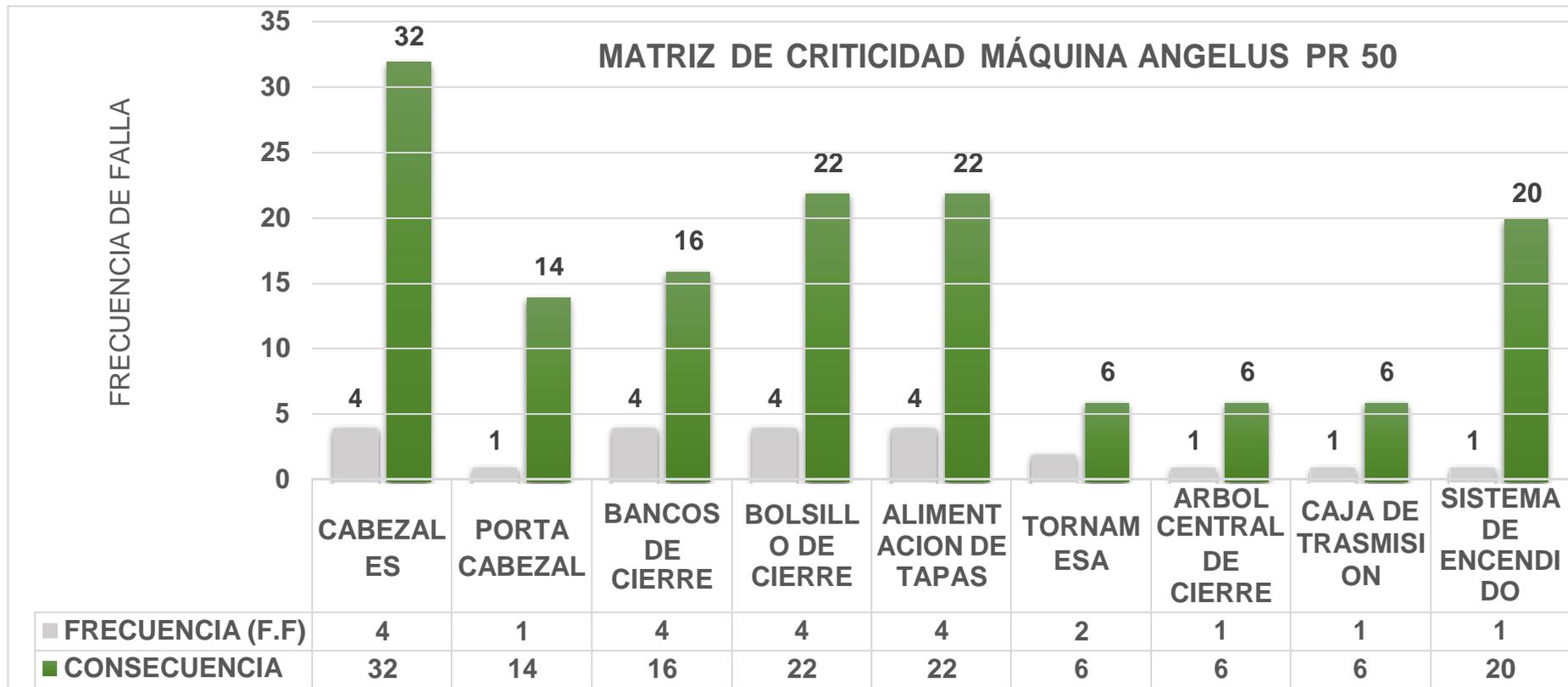
Tornamesa	2	2	1	4	1	1	6	12
Árbol central de cierre	0	1	1	4	1	1	6	6
Caja de transmisión	0	1	1	4	1	1	6	6
Sistema de encendido	0	1	4	4	1	3	20	20

*Fuente:* elaboración de tabla propia

**Interpretación:**

La tabla 12 muestra que los diversos indicadores de la matriz de criticidad semicuantitativa modelo CTR, utilizando el gráfico de frecuencia vs. consecuencia (Anexo 3), en donde se indica que la parte de la máquina cabezales fue el más crítico con 20 fallas, 4 frecuencias, 7 impactos operacionales, 32 consecuencias y 128 críticas. Bancos de cierre presentó 7 fallas, 4 frecuencias de fallas, 7 impactos operacionales; 16 consecuencias y 64 críticas. Bolsillos de cierre presentó, 7 fallas, 4 frecuencias de fallas, 5 impactos operacionales; 22 consecuencias y 88 críticas. Alimentación de tapas presentó, 6 fallas, 4 frecuencias de fallas, 5 impactos operacionales; 22 consecuencias y 88 críticas. Esta matriz indica que los cabezales de la maquina presentó mayor frecuencia de falla, por lo tanto, fue ele elemento que mayores riesgos generó ante el uso de la máquina, y que su mantenimiento debió realizarse para que no afecte negativamente la producción.

A continuación, se presenta el gráfico correspondiente a los resultados de la matriz de criticidad semicuantitativa, modelo CTR.



**FIGURA 2: Gráfico de matriz de criticidad semicuantitativa modelo CTR**

*Fuente:* elaboración propia

**TABLA 13***Tabla de frecuencia, consecuencia y criticidad de las partes*

PARTES	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
CABEZAL DE CIERRE	4	32	C
PORTA CABEZAL	1	14	NC
BANCOS DE CIERRE	4	16	MC
BOLSILLOS DE CIERRE	4	22	MC
ALIMENTACIÓN DE TAPAS	4	22	MC
TORNAMESA	2	6	NC
ARBOL CENTRAL DE CIERRE	1	6	NC
CAJA DE TRANSMISIÓN	1	6	NC
SISTEMA DE ENCENDIDO	1	20	NC

*Fuente:* elaboración de tabla propia**Interpretación:**

La tabla 13 indica que las partes del cabezal de cierre con mayores frecuencias y consecuencias de criticidad, estos fueron, bancos de cierre con 4 frecuencias y 16 consecuencias, bolsillos con 4 frecuencias y 22 consecuencias y, alimentación de tapas con 4 frecuencias y 22 consecuencias.

Complementariamente, en el estudio de criticidad, se ha creído conveniente realizar un Diagrama de Pareto que ilustre porcentualmente el número de fallas, tendencias y metas:

**TABLA 14***Tabla diagrama de Pareto*

PARTES DE LA MÁQUINA CERRADORA	FALLAS	ACUMULADO DE FALLAS	PORCENTAJE DE ACUMULADO DE FALLAS	PARETO 80-20%
		$\Sigma$ DE FALLAS		

<i>fallas</i>				
$\Sigma TOTAL DE FALLAS$				
CABEZALES				
DE CIERRE	20	20	48%	80%
BANCOS DE				
CIERRE	7	27	81%	80%
BOLSILLO DE				
CIERRE	7	34	95%	80%
ALIMENTACIÓN				
DE TAPAS	6	40	100%	80%
TORNAMESA	2	42	100%	80%
SISTEMA DE				
ENCENDIDO	0	42	100%	80%
PORTA				
CABEZAL	0	42	100%	80%
ÁRBOL				
CENTRAL DE				
CIERRE	0	42	100%	80%
CAJA DE	0	42	100%	80%
TRASMISIÓN				
		$\Sigma TOTAL$		
		= 42		

Fuente: elaboración de tabla propia

Diagrama de Pareto máquina ángelus 50PR

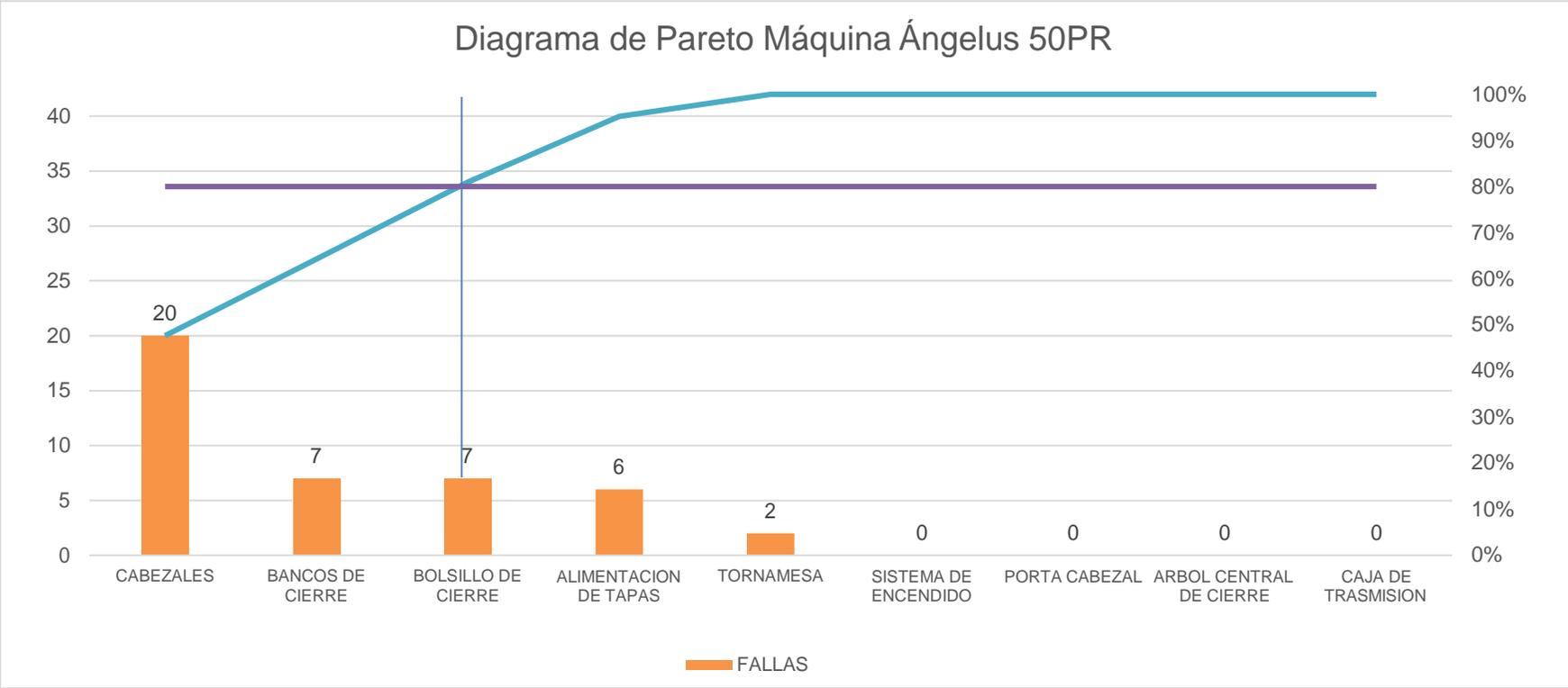


Figura 3: Gráfica diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGOS (NPR)

En la tabla N° 15, se especifica la forma de selección crítica de las fallas correspondientes a las partes de la máquina cerradora. A fin de establecer el NPR para cada una de las fallas mostradas, se ha realizado la ponderación correspondiente de acuerdo a la matriz del Anexo N° 4 y así determinar las fallas Inaceptables, Reducibles a Deseable y Aceptables.

De acuerdo a la matriz NPR, los rangos establecidos son:

- Inaceptables (I)                      NPR > 200
- Reducible a deseable (R)            200 > NPR < 125
- Aceptable (A)                         125 < NPR

**Tabla 15**

Análisis de NPR

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTE CRÍTICA.	G	O	D	NPR
1	CABEZAL DE CIERRE	9	8	7	504
2	PORTA CABEZAL	2	2	4	16
3	BANCOS DE CIERRE	8	5	4	160
4	BOLSILLOS DE CIERRE	7	5	5	175
5	ALIMENTACIÓN DE TAPAS	4	4	5	80
6	TORNAMESA	3	4	4	48
7	ARBOL CENTRAL DE CIERRE	2	5	5	50
8	CAJA DE TRANSMISIÓN	6	2	6	72
9	SISTEMA DE ENCENDIDO	8	2	4	64

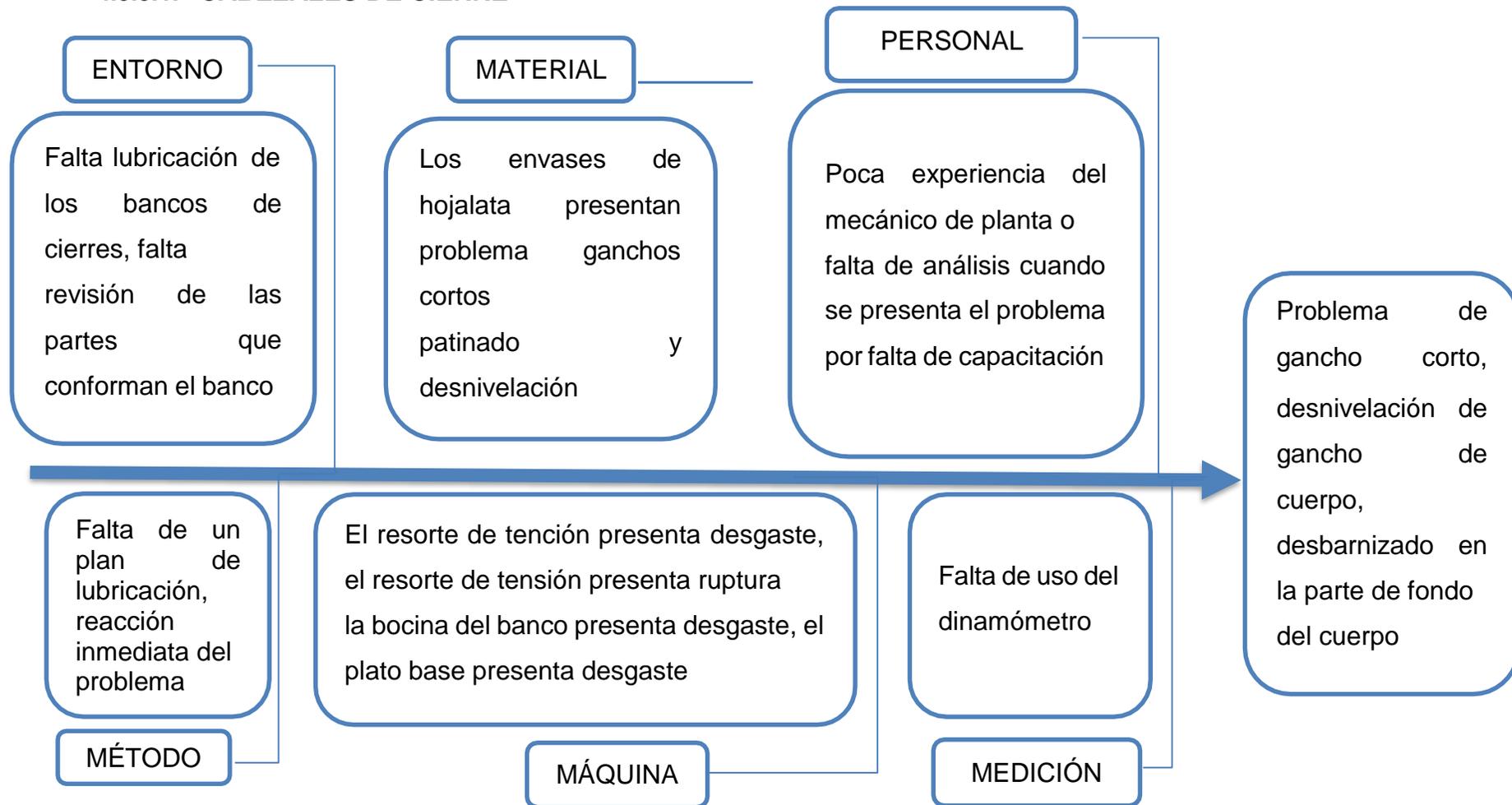
Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación

Del análisis NPR se ha podido observar que 1 falla de los 9 totales, es inaceptable (11.11%); 2 fallas son reducibles a deseables (22.22%); y, 6 fallas son aceptables (66.67%).

### 4.3.3. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ: DIAGRAMA ISHIKAWA

#### 4.3.3.1. CABEZALES DE CIERRE



**TABLA 16***Tabla de causa raíz de Ishikawa – cabezales de cierre*

<b>CAUSAS</b>	<b>MANT. DE PLANTA</b>	<b>TÉCNICO DE EPINSA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ENTORNO</b>			
Falta lubricación de los brazos	4	4	8
<b>MATERIAL</b>			
Los envases de hojalata presentan problemas de doble cierre	5	4	9
calibración constante	3	3	6
<b>PERSONAL</b>			
Poca disposición del área de mantenimiento para realizar los cambios	4	4	8

---

falta observación de mecánico de planta	2	3	5
<b>MEDICIÓN</b>			
Falta de varillas de calibración	4	4	8
<b>MÁQUINA</b>			
Brazos desgastados, pernos templadores robados, rolas porosas o rolas con perfil incorrecto, mandriles desgastados o altura de labio mandril incorrecto	5	5	10
<b>MÉTODO</b>			

---

---

Falta de un plan de lubricación	2	4	6
---------------------------------	---	---	---

---

*Fuente:* elaboración propia

### **Interpretación:**

Al haber realizado el diagrama Ishikawa, se hizo la evaluación con el mecánico de planta y su área de mantenimiento junto al técnico de asistencia técnica de envases de Los Pinos. La calificación se hizo del 1 al 5

- 1 sin importancia
- 5 muy importante

Y de tabla con las evaluaciones se tuvo que las partes con mayor importancia fueron los desgastes en los brazos de primera y segunda operación, rolas porosas o perfil incorrecto y los mandriles desgastados o con un labio de mandril de altura incorrecto.

1. ¿Por qué los brazos de primera y segunda?

Respuesta: por falta de lubricación

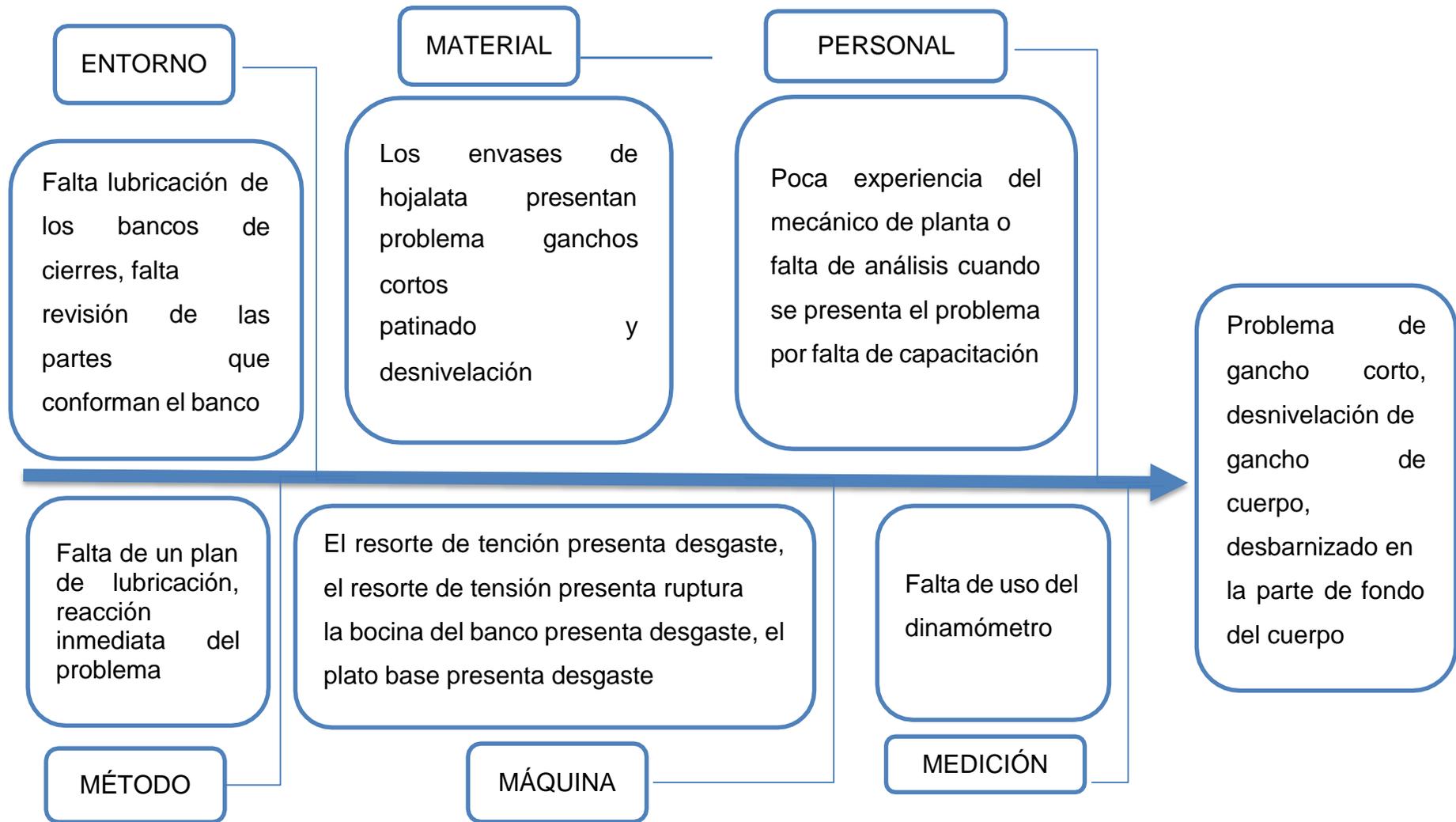
2. ¿Por qué las rolas presentan porosidad o perfil incorrecto?

Respuesta: por el uso constante de la máquina ya se suele trabajar turnos de 24 horas divididos en dos turnos de 12 horas, y los ácidos que se utilizan en el líquido de gobierno. Perfil incorrecto por que la empresa no sigue las recomendaciones del proveedor de la empresa vendedora de hojalata

3. ¿Por qué el labio de altura incorrecto?

Respuesta: la fábrica proveedora recomienda altura de labio de mandril, pero en ocasiones la empresa conservera no sigue las recomendaciones

### 4.3.3.2. BANCOS DE CIERRE



Se elaboró el cuadro de evaluación con los mismos parámetros de calificación.

**TABLA 15**

*Tabla de causa raíz de Ishikawa - bancos de cierre*

<b>CAUSAS</b>	<b>MANT. DE PLANTA</b>	<b>TÉCNICO DE EPINSA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ENTORNO</b>			
Falta lubricación de los bancos de cierres	4	4	8
Falta revisión de las partes que conforman el banco	3	5	8
<b>MATERIAL</b>			
Los envases de hojalata presentan problema ganchos cortos	5	4	9

---

patinado y desnivelación	4	5	9
<b>PERSONAL</b>			
Poca experiencia del mecánico de planta o falta de análisis cuando se presenta el problema por falta de capacitación	4	4	8
<b>MÉTODO</b>			
Falta de un plan de lubricación, reacción inmediata del problema	4	4	8
<b>MÁQUINA</b>			
El resorte de tención presenta	5	5	10

---

---

desgaste, el  
resorte de  
tensión presenta  
ruptura  
la bocina del  
banco presenta  
desgaste

**MEDICIÓN**

Falta de uso del dinamómetro	2	3	5
---------------------------------	---	---	---

---

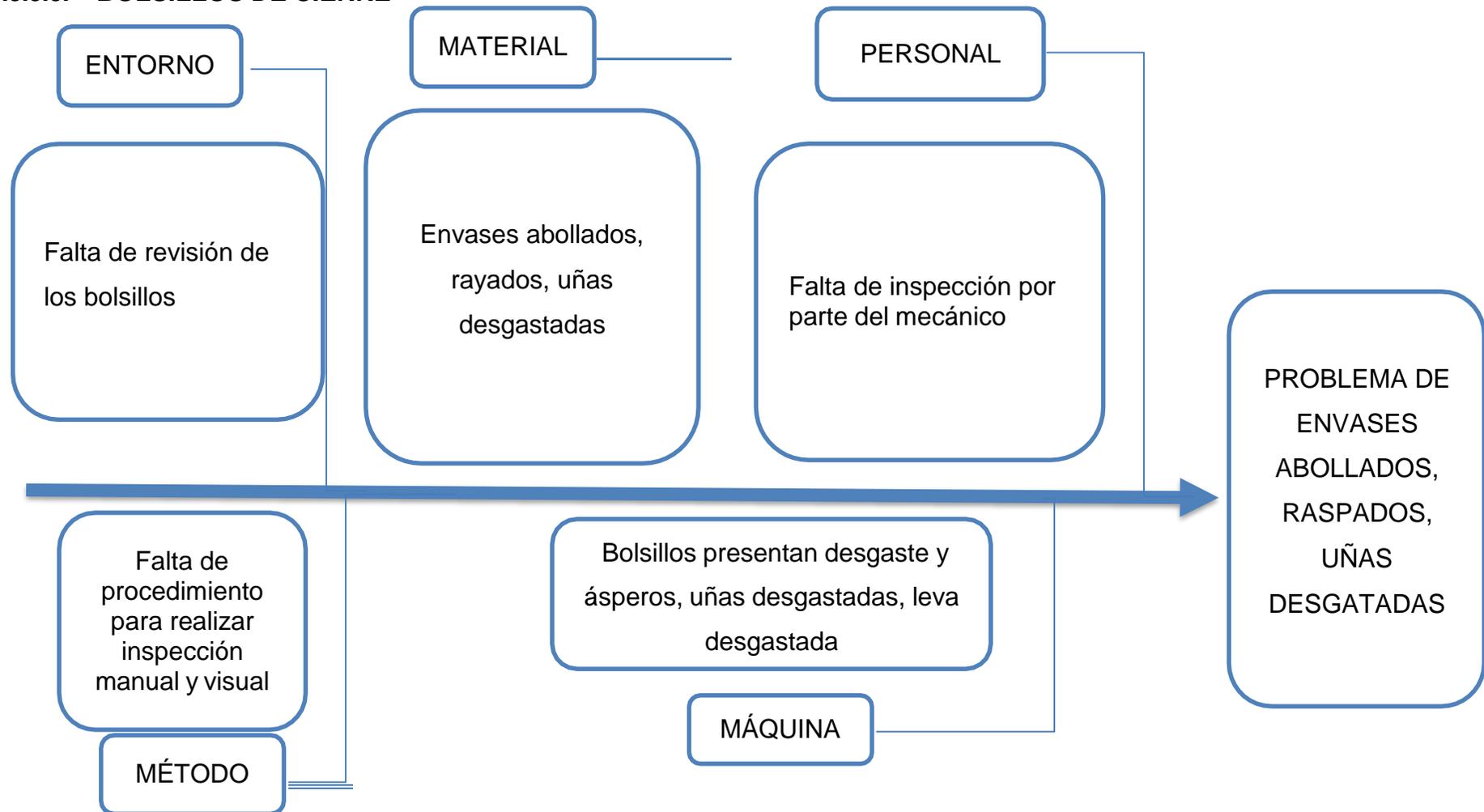
*Fuente:* elaboración propia

Luego se realizó el análisis del por qué:

¿Por qué los envases de hoja lata presentaron problemas de ganchos cortos?

Respuesta: porque la falta de experiencia de los mecánicos de planta por la falta de capacitación hizo que no tengan la reacción necesaria y correcta y necesaria para poder adquirir la habilidad necesaria de poder sospechar de los problemas que pueden suceder en la máquina cerradora.

### 4.3.3.3. BOLSILLOS DE CIERRE



**TABLA 16***Tabla de causa raíz de Ishikawa - bolsillos de cierre*

<b>CAUSAS</b>	<b>MANT. DE PLANTA</b>	<b>TÉCNICO DE EPINSA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ENTORNO</b>			
Falta de revisión de los bolsillos	3	4	7
<b>MATERIAL</b>			
Envases abollados, rayados, uñas desgastadas	5	4	9
<b>PERSONAL</b>			
Falta de inspección por parte del mecánico	3	4	7
<b>MÉTODO</b>			
Falta de procedimiento para realizar inspección manual y visual	3	3	6
<b>MÁQUINA</b>			
Bolsillos presentan desgaste y ásperos, uñas desgastadas, leva desgastada	5	5	10

*Fuente:* elaboración propia

Debido a que ya se conoce la causa raíz que ocasionaba los problemas en los bolsillos de cierre, se hizo la pregunta del por qué sucede.

¿Por qué los bolsillos presentaron desgaste y ásperas, uñas desgastadas y leva desgastada?

Los bolsillos presentaron este tipo de problemas por cerrado constante de envases de hoja al ver rose entre el envase y bolsillo suele ver desgaste con el tiempo, lo mismo sucedieron con las uñas porque tiene contacto con la tapa del envase.

La leva presentó desgaste por la falta de lubricación

#### 4.3.3.4. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE ISHIKAWA

**TABLA 17**

*Tabla de resumen causa raíz de las partes críticas de la máquina*

PARTE DE LA MÁQUINA	FALLAS	RESULTADO	RESULTADO DE LA PREGUNTA DEL: ¿POR QUÉ?
CABEZALES DE CIERRE	Se tuvo fallas de una calibración más constante	Brazos de primera y segunda operación	Por falta de lubricación por el uso constante de la máquina ya se suele trabajar turnos de 24 horas divididos en dos turnos de 12 horas

---

		<p>rolas porosas, rolas con perfil incorrecto, mandriles desgastados</p> <p>altura de labio de mandril incorrecto</p>	<p>por el uso constante de la máquina ya se suele trabajar turnos de 24 horas divididos en dos turnos de 12 horas, y los ácidos que se utilizan en el líquido de gobierno. Perfil incorrecto por que la empresa no sigue las recomendaciones del proveedor de la empresa vendedora de hojalata la fábrica proveedora recomienda altura de labio de mandril, pero en ocasiones la empresa conservadora no sigue las recomendaciones falta de experiencia de los mecánicos de</p>
BANCOS DE CIERRE	Se tiene fallas por desnivelación en los ganchos	Los envases de hojalata	

---

---

	de cuerpo. También se presentan fallas por desbarnizado en el fondo del envase	presentan problema ganchos cortos	planta por la falta de capacitación hace que no tengan la reacción necesaria y correcta y necesaria para poder adquirir la habilidad necesaria de poder sospechar de los problemas que pueden suceder en la máquina cerradora Los bolsillos presentan este tipo de problemas por cerrado constante de envases de hoja al ver rose entre el envase y bolsillo suele ver desgaste con el tiempo, lo mismo suceden con las uñas porque tiene contacto con la tapa del envase.
BOLSILLOS DE CIERRES	Se tienen fallas por mal ensamblado por trabamiento de las tapas y esto también provoca que la máquina cerrada pierda nos tiempo de recorrido del envase y comience a ver merma de envases	Bolsillos presentan desgaste y ásperos, uñas desgastadas, leva desgastada	

---

---

La leva presenta desgaste por la falta de lubricación

---

*Fuente:* fuente elaboración propia

#### 4.4. Establecer la disponibilidad de la máquina

Con la ayuda de un cuadro en donde se pudo visualizar las fallas de la máquina cerradora y las horas de tiempo de reparación, ilustramos el análisis previo. Para esto se utilizaron colores a fin de diferenciar las partes

- Rojo: cabezales
- Amarillo: bancos de cierre
- Verde: bolsillos de cierre

**TABLA 20**

*Tabla resumen de números de fallas*

<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>	<b>FALLAS</b>
Cabezales	20
Bancos de cierres	7
Bolsillos de cierres	7

*Fuente:* elaboración propia

**TABLA 21**

*Tabla de fallas de la máquina desde agosto hasta diciembre*

<b>PARTE DE LA MÁQUINA</b>	<b>FALLAS</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
Cabezales de cierres	20	2	4	5	5	4
Bancos de cierre	7		1	2	2	2

Bolsillos de cierre	7	2	3	2
---------------------	---	---	---	---

Fuente: elaboración propia

La disponibilidad de máquina se ha medido en época más alta de campaña que comprendió desde agosto hasta diciembre 2021

## AGOSTO

L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Se pudo observar que los cabezales tuvieron 2 eventos de fallas y 1 evento de falla en los bolsillos de cierre.

## SEPTIEMBRE

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

El mes de septiembre los cabezales tuvieron 4 eventos de falla el 17, en el cual se dividieron 1 en turno de día y 1 en el turno de noche y el día 30 de la misma manera; los bancos de cierre tuvieron un evento de falla

## OCTUBRE

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

En octubre los cabezales tuvieron 5 eventos de fallas, el día 5 ocurrió 2 eventos de falla 1 en el día y 1 en la noche, el día 14 tuvo un evento de falla en turno día y el 18 sucedió de la misma manera que el día 5.

Los bancos de cierre tuvieron 2 eventos de fallas, uno ocurrió el 10 y el siguiente el día 22. Los bolsillos de cierre tuvieron 3 eventos de fallas, ocurrido el día 25 de las cuales se dividieron de la siguiente manera, 2 en el turno día y 1 en turno noche

## NOVIEMBRE

L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

En este mes los cabezales tuvieron 5 eventos de fallas en los cuales se dividieron, el día 1 tuvo un evento de falla, el día 10 tuvo 2 eventos de fallas uno en el turno día y el otro en la noche, el día 20 tuvo un evento de falla y el 29 tuvo un evento de falla. Los bancos de cierres tuvieron 2 eventos de fallas y los sucedieron en turno día

## DICIEMBRE

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

En diciembre los cabezales tuvieron 4 eventos de fallas de los cuales se dividieron el día 7 tuvo 2 eventos de falla en el turno día y el 23 tuvo 2 eventos de fallas de los cuales 1 paso en el turno día y el otro en la noche. Los bancos de cierre tuvieron 2 eventos de fallas sucedidos en el turno día. Los bolsillos de cierre tuvieron 2 eventos de fallas, ocurrió 1 en el día y 1 en la noche.

#### 4.4.1. Tiempos de operación y paralización.

**Tabla 22**

*Operación y paralización de equipos críticos.*

EQUIPO	PERIODO	TIEMPO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE PARALIZACIÓN
CABEZALES DE CIERRE	Agosto a diciembre.	119 días	13 días
BANCOS DE CIERRE		127 días	5 días
BOLSILLOS DE CIERRE		129 días	3 días

Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación:

Se realizó el cuadro precedente, teniendo en consideración el número de días laborables de agosto a diciembre (132) y los días de paralización registrados en la sección anterior.

#### 4.4.2. Disponibilidad de Máquina:

**Tabla 23**

*Disponibilidad de equipos críticos*

EQUIPO	PERIODO	TIEMPO DE OPERACIÓN (Hrs)	TIEMPO DE PARALIZACIÓN (Hrs.)	NUMERO DE FALLAS	MTBF (Hrs/falla)	MTTR (Hrs/falla)	DISPONIBILIDAD
CABEZALES DE CIERRE	Agosto a diciembre	952	312	20	47.60	15.60	75.32%
BANCOS DE CIERRE		1016	120	7	145.14	17.14	89.44%
BOLSILLOS DE CIERRE		1032	72	7	147.43	10.29	93.48%
							<b><u>0.860771121</u></b>

#### Interpretación:

De acuerdo a definición de MTTR y MTBF como indicadores de tiempo, se ha calculado cada uno de estos parámetros, en base a: Tiempo de operación/ N° de fallas; y, Tiempo de reparación/N° de fallas, respectivamente. Luego en base a la formulación de Disponibilidad =  $MTBF / (MTBF + MTTR)$ , se obtuvo cada indicador y su promedio general.

#### 4.5. Elaborar del Programa de mantenimiento de máquinas cerradoras.

De acuerdo al estudio de criticidad, se ha establecido el correspondiente programa de mantenimiento para las 3 máquinas críticas:

##### 4.5.1. CABEZALES DE CIERRE

**TABLA 18**

*Programa de mantenimiento optimizado para los cabezales de cierre*

<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>Tiempo</b>
Cabezales	Lubricación de brazos de primera y segunda operación	2 veces por turno	1 h
	Revisión o cambio de rodillo de excéntrica	Cada mes y medio	1h 30min
	Revisión o cambio de excéntrica	Cada mes y medio	1h 30min
	Revisión o cambio perno y tuerca de templador de excéntrica	Una vez al mes	2 h
	Revisión o cambio prisionero	Una vez al mes	1 h
	Revisión o cambio rolas de primera y segunda operación, mandril	Cada 15 días	2 h
	Revisión o cambio resorte de tensión de brazos	Una vez al mes	1 h

Fuente: elaboración propia

#### 4.5.2. BANCOS DE CIERRES

**TABLA 19**

*Programa de mantenimiento optimizado para los bancos de cierre*

<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>Tiempo</b>
BANCOS DE CIERRES	Revisión o cambio plato de cierre	Cada 15 días	30 min, total al mes 1h
	Revisión, lubricación o cambio de alguna parte de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• CHAVETA DE BOTELLA</li> <li>• EMBOLO</li> <li>• BOTELLA</li> <li>• SEPARADOR</li> <li>• EJE REGULADOR DE PRESION</li> <li>• PASADOR</li> <li>• RESORTE DE BANCO</li> <li>• PRISIONERO Y TUERCA</li> <li>• BOCINA DE LA BOTELLA</li> <li>• RODILLO DE BANCO</li> <li>• PIN DE BANCO</li> <li>• PASADOR DE BANCO</li> <li>• PISTA DE BANCO</li> </ul>	Una vez al mes	4 horas
	REVISIÓN DE PRESIÓN DE BANCO	Cada semana	15 min Total, al mes 1h

Fuente: elaboración propia

### 4.5.3. BOLSILLOS DE CIERRE

**TABLA 20**

*Programa de mantenimiento optimizado para los bolsillos de cierre*

<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>Tiempo</b>
BOLSILLOS DE CIERRE	Revisión bolsillo	Cada 15 días	15 min, total al mes 30min
	Revisión o rellenado con soldaduras de uñas de bolsillo	Una vez al mes	2 h
	Revisión excéntrica de bolsillo	Cada 15 días	15min, total al mes 30min
	Revisión rodillo	CADA 15 DIAS	15 min, total al mes 30min
	Revisión o rellenado con soldadura de leva de bolsillo	UNA VEZ AL MES	3 h

*Fuente:* elaboración propia

### 4.6. Calcular la disponibilidad de las partes de la máquina cerradora post mejora.

Según se ha obtenido en la determinación del NPR, se han proyectado los indicadores de tiempo: Con la optimización del plan de mantenimiento, se resolverán el 33.33% de las fallas existentes en la máquina cerradora (Inaceptables + reducibles a deseables); existiendo por lo tanto ya resueltas el 66.67% (aceptables).

Tabla 27

*Determinación de los indicadores de mantenimiento optimizado*

<b>EQUIPO</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
CABEZALES DE CIERRE	58.05	5.148	91.85 %
BANCOS DE CIERRE	156.63	5.657	96.51 %
BOLSILLOS DE CIERRE	154.32	3.394	97.85 %
			<b>95.41 %</b>

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

Para obtener el primer resultado:

$MTTR = 15.60 * 0.3333 = 5.148$  horas/falla; Donde 15.60 es el MTTR inicial.

$MTBF = (15.90 - 5.148) + 47.60 = 58.05$  horas/falla; Donde 47.60 es el MTBF inicial.

La Disponibilidad, obedece al cálculo de:  $Do = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} * 100$

**Por lo tanto:**

La aplicación del plan de mantenimiento optimizado determinó que la nueva disponibilidad de las partes críticas con referencia a los cabezales de cierre fue 91.85%, la disponibilidad en los bancos de cierre fue 96.51% y finalmente, la disponibilidad en los bolsillos de cierre fue 97.85%. Tal como se puede observar, la disponibilidad de la maquina en promedio, se incrementó significativamente a 95.41%, lo cual indica que la optimización del plan de mantenimiento logró su objetivo reduciendo las fallas operativas de la máquina, así como la merma de envases defectuosos y problemas de doble cierre.

**4.7. Evaluar la inversión para la implementación del mantenimiento, beneficio económico y retorno operacional de la inversión.**

**4.7.1. Beneficios económicos en reducción de horas pérdidas:**

Tabla 28  
Beneficio debido a la reducción de horas perdidas.

Componentes	MTTR actual (hrs/5 meses)	MTTR mejora (hrs/5 meses)	Ahorro en horas perdidas (hrs/año)	Costos de operación (USD/hr)	Ahorro (USD/año)
CABEZALES DE CIERRE	15.60	5.148	25.08	185.00	4639
BANCOS DE CIERRE	17.14	5.657	27.56	185.00	5099
BOLSILLOS DE CIERRE	10.29	3.394	16.55	185.00	3061
OTROS COMPONENTES	(Asumido)				5 000
<b>Total</b>					<b>17 800</b>

Fuente: Elaboración propia

El beneficio económico en ahorro por reducción de fallas es:

$$B_{\text{ahorro fallos}} = 17\,800 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

#### 4.7.2. Costos para la implementación del mantenimiento predictivo

Tabla 29  
Costos en mantenimiento predictivo de componentes de la máquina cerradora

Acción	Frecuencia	Costo unitario (USD)	Costo total (USD/año)
Alineamiento de componentes	12 veces/año	35.00	420
Análisis vibracional a los componentes	24 veces/año	40.00	960
Ensayos termo gráficos	24 veces/año	30.00	720
<b>Total</b>			<b>2 100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Costo total en mantenimiento predictivo:

$$2\,100.00 \times 3 \text{ componentes} = \underline{6\,300.00 \text{ USD}}$$

#### 4.7.3. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo

Tabla 30

*Costos en mantenimiento preventivo de componentes de la máquina cerradora*

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>CABEZALES</b>			
Lubricación de brazos de primera y segunda operación	12 Lt.	50	600
Revisión o cambio de rodillo de excéntrica	1	75	75
Revisión o cambio de excéntrica	1	30	30
Revisión o cambio perno y tuerca de templador de excéntrica	2	15	30
Revisión o cambio prisionero	2	10	20
Lubricación de brazos de primera y segunda operación	12Lt.	50	600
Revisión o cambio de rodillo de excéntrica	2	40	80
<b>BANCOS DE CIERRE</b>			
Revisión o cambio plato de cierre	1	80	80
Revisión, lubricación o cambio de alguna parte de:			0
CHAVETA DE BOTELLA	2	25	50
EMBOLO	2	40	80
BOTELLA	2	50	100
SEPARADOR	2	20	40
EJE REGULADOR DE PRESION	1	15	15
PASADOR	2	10	20
RESORTE DE BANCO	2	25	50
PRISIONERO Y TUERCA	2	15	30
BOCINA DE LA BOTELLA	1	35	35
RODILLO DE BANCO	1	70	70
PIN DE BANCO	1	10	10
PASADOR DE BANCO	2	10	20
PISTA DE BANCO	1	25	25
REVISION DE PRESION DE BANCO	2	30	60
<b>BOLSILLOS DE CIERRE</b>			0
Revisión bolsillo	1	50	50
Revisión o rellenado con soldaduras de uñas de bolsillo	2	100	200
Revisión excéntrica de bolsillo	1	45	45
Revisión rodillo	1	50	50
Revisión o rellenado con soldadura de leva de bolsillo	2	100	200

**2665**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.4. Beneficio útil:

Tabla 31  
*Resumen de costos de mantenimiento.*

Ahorro en horas perdidas	+ 17 800.00USD/año
Costos predictivos	- 6 300.00 USD/año
Costos preventivos	- 3 665.00 USD/año
<b>Beneficio útil</b>	<b>7 835.00 USD/año</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.5. Inversión en activos fijos y tecnología para la implementación

Tabla 32  
*Tabla de inversión en activos fijos.*

Activos fijos	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Licencia software de vibró metro	1	3 000.00	3 000.00
Servicio de Cámara termo gráfica.	1	1 000.00	1 000.00
Servicio de alineamiento láser	1	800.00	800.00
Instrucción al personal	2	300	600.00
<b>Costo total</b>			<b>5 400.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.6. Retorno operacional de la inversión

$$R. O. I = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}}$$
$$R. O. I = \frac{5\,400.00 \text{ USD}}{7\,835.00 \text{ USD/año}}$$

$$R. O. I = 0.69 \text{ años} \approx 8.28 \text{ meses}$$

Comentario:

El análisis económico descrito anteriormente, es referente a trabajos de mantenimiento rutinarios y de acuerdo al Programa establecido; sin embargo, a manera de comparación, también se puede manifestar que, en lapso mayor a 5 años, es factible solicitar un Overhaul, cuyo precio es aproximadamente 15,250.00 DOLARES + I.G.V., según la cotización que figura en el anexo 25.

## V. DISCUSIÓN

En el estudio de investigación realizado se evidenció que el plan de mantenimiento con el cual se viene trabajando para la máquina cerradora durante el periodo del año 2021 es deficiente y que las fallas que se producen en la máquina cerradora fueron por falta de la optimización de ese plan de mantenimiento. Se verificó que después de realizar la evaluación de la máquina presentó desgaste en muchas de sus partes, esto se tradujo en fallas operativas de la máquina; se hizo la evaluación de la máquina, en donde se determinó que todas las partes de la máquina presenta fallas por falta de lubricación, revisión y cambio de piezas.

Para la identificación de las partes que más influyeron en las fallas de la máquina cerradora se utilizó la matriz semicuantitativa de criticidad y diagrama de Pareto en cada una de las partes de la máquina. Se tuvo como resultado que las partes críticas de la máquina que presentaron fallas fueron los cabezales de cierre, bancos de cierre y bolsillos de cierre; gracias a la determinación del Número de Prioridad de Riesgos (NPR) calculado en base a la matriz correspondiente. Con el análisis de causa raíz se pudo identificar las fallas de estas partes de la máquina; se encontró que la falta de lubricación, cambio de piezas y, la falta de inspección por parte del mecánico fueron las causantes de la fallas de estas partes críticas; mediante la aplicación de cálculo de indicadores, se verificó que la disponibilidad en los cabezales de cierre fue de 75.32%; en los bancos de cierre fue de 89.44%; y, en los bolsillos de cierre se tuvo una disponibilidad de máquina 93.48%, que determinaron un promedio del 86.08%.

Con la optimización del plan de mantenimiento se logró aumentar la disponibilidad de estas partes, siendo la nueva disponibilidad: cabezales de cierre 91.85%, bancos de cierre 96.51% y bolsillos de cierre 97.85%, que determinaron un promedio del 95.41%, considerado totalmente eficiente, lo cual constituye la principal fortaleza de la investigación.

A fin de resaltar la discusión de la investigación, se realiza la comparación correspondiente con estudios similares referentes:

Contrastando con el trabajo de Jorge y Manuel (2021), quienes en su tesis llegaron a la conclusión de que la máquina cerradora Luthi es crítica para la producción de envases de conserva y con su programa de mantenimiento propuesto logro un 87%, y se consideró un porcentaje positivo por la situación en la que se encuentra la empresa. Contrastando con esta investigación se coincide que mediante la aplicación del plan de mantenimiento mejorado se optimizará la disponibilidad de la máquina cerradora en un 95.41 % en promedio, para mejorar producción de envases de hojalata

También los autores Gómez y Manga (2006) en su monografía es determinar el tiempo de averías de los equipos y conocer una frecuencia optima de mantenimiento preventivo por lo tanto también contrasta en que el mantenimiento de equipos, herramientas y máquinas es un gasto que largo plazo concederán un beneficio de ganancias no solo para el empresario si no también influirá en la mejora de su producción por lo cual disminuirá en las paradas imprevistas. También tuvo un impacto en sus trabajadores disminuyendo los accidentes y disminuyendo la tasa de accidentalidad bajos. Contrastando con la investigación realizada conocemos el número de averías y tiempo de parada, también se realizó un plan óptimo para aumentar la disponibilidad de la cerradora reduciendo los tiempos de parada aumento así mismo los envases producidos de conserva lo que significa ganancias para la empresa.

Con el mismo objetivo el investigador Yasser Abelardo Iparraguirre Zelada (2018) en su tesis tuvo como objetivo estimar el impacto del programa de mantenimiento preventivo en la disponibilidad y fiabilidad de máquinas. En el cual 79% de averías suceden en planta y las tres fallas son por “falta de lubricación, cambio de repuestos en la máquina” y “falta de inspección en la máquina”, y en su propuesta logro aumentar la disponibilidad de la máquina cerradora hasta 93%, con el plan de mantenimiento se lograría reducir tiempos en 75% en las máquinas con mayor incidencia de paradas. Contrastando con nuestra investigación también existe coincidencia en que

la máquina cerradora es un equipo crítico para la producción de conserva, en la cual determinamos la disponibilidad y las partes críticas de la máquina cerradora eran los cabezales, bancos y bolsillos de cierre y contaban con un 75.32 y 89.44%; sin embargo, con en el plan de mantenimiento optimizado aumentamos la disponibilidad de estas partes críticas hasta 91.85 y 96.51%.

De la misma forma Noel Flores Zorrilla, Manuel Darío Martínez Carbajal y Yury Daniel Mora Gonzales (2007) coincide que entre todos las máquinas y equipos que se utilizan resaltan que la máquina cerrador ángelus de formato de 307 es una de las más importantes de la línea de producción puesto que la función es realizar el doble cierre en las latas siendo un punto de control crítico ya que esta operación se realiza la máquina cerrador ángelus. Para llegar a la hermeticidad eh inocuidad del producto ellos mencionan una serie fallas que no les permite llegar a sus parámetros requeridos y estos suceden en la máquina cerrador ángelus como: falso cierre, envases defectuosos y cierre incompleto. Así como en la inspección interna del envase en el cierre como: arrugas en el gancho de tapa, gancho de tapa corto y gancho de cuerpo corto. Concluyen que el uso de las herramientas permite la identificación de problemas mayores que pueden ocurrir en los equipos de tal manera que el equipo de mantenimiento y producción pueden realizar un plan adecuado para su acción. La estructura del modelo de gestión de mantenimiento permite: conocer las máquinas de la organización, conocer las variables que influyen en su vida útil, elegir un modo de mantenimiento y la generación de valor a través de la unidad productiva de mantenimiento. Contrastando con nuestra investigación la mayoría de fallas que ellos mencionan suceden en las tres partes críticas que determinamos mediante la matriz semicuantitativa y diagrama de Pareto las cuales son los cabezales de cierre, bancos de cierre y bolsillos de cierre con nuestro plan de optimización se logró aumentar la disponibilidad de esa las partes a un 95.41% lo cual significa la reducción de las fallas ya antes mencionadas.

Por otro lado, Solis (2018) coincide con el objetivo precisar los sistemas críticos de la gestión de mantenimiento preventivo que se asocia con la

fiabilidad en la máquina selladora de cuatro cabezales de la línea de producción de enlatado de pollo y determinar el programa de mantenimiento preventivo que se asocia con la confiabilidad. También logro obtener el mismo resultado que la máquina selladora de latas tiene mayormente cuatro partes con mayor frecuencia de fallas lo cual incurre en mayor costo de producción y reparación son las siguientes: bocinas, rulinas, ejes porta mandriles y problemas de sincronización lo cual resumen el 79% de fallas. Lo cual nos indica que: La gestión de mantenimiento, Los sistemas críticos diagnosticados, Programas de mantenimiento nos da una ecuación en la cual sabremos la influencia de la confiabilidad del sistema de gestión de mantenimiento preventivo de la máquina selladora de latas. Esto contrasta con la investigación realizada ya que cuando se realizó la evaluación de la máquina cerradora del año 2021 coincidimos que las fallas que se presentan en la cerradora por falta lubricación y desgaste son las bocinas , rolas también llamadas rulinas y problemas de sincronización lo cual genera problemas en el cerrado del envases producción envases defectuosos , lo cual también estos problemas mencionados se original en los cabezales de cierre y bolsillos de cierre que gracias a la matriz semicuantitativa de criticidad y diagrama de Pareto juntos con la aplicación de causa raíz de Ishikawa logramos determinar que realmente los problemas son originados en las partes de la máquina cerradora y aumentando la disponibilidad de las partes críticas en un 95.41% con el plan de optimización propuesto , reduciendo así los problemas de cierre que se generan produciendo envases de calidad

Milanes (2016) en su estudio de las máquinas cerradoras determina que tienen muchas fallas, y las principales fallas son latas atoradas y destapadas, esto debido a desajustes mecánicos. También coincide que la determinación e identificación de causas que generan el tiempo improductivo es un proyecto importante aplicándolo de manera adecuada influye una de manera muy importante en las empresas en las cuales se desee implementar. Este estudio contrasta con nuestra investigación ya que lo problemas de desajustes mecánicos son originadas en los cabezales de cierre, latas atoradas se origina en los bolsillos de cierre y el sistema de entrega de tapas.

Esto se logró determinar por el análisis de causa raíz de Ishikawa que se realizó en el estudio de la mano de la matriz semicuantitativa de criticidad y diagrama de Pareto en donde se determinó que las partes críticas son los cabezales de cierre y bolsillos cierre en donde justamente se presentan los problemas mencionados y con el plan optimizado se mejoró la disponibilidad de las partes críticas en un 95.41%

Los investigadores Cerna y Coronel (2018) coinciden usar el programa de mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas críticas. tras las fallas continuas de la máquina cerradora que fue identificada como un punto crítico en la producción en donde la empresa está perdiendo una ganancia de 59%, lo cual es importante tener un buen plan de mantenimiento preventivo. Mediante el resultado situacional logro establecer que la línea de producción de conserva mostro defectos particularmente en la máquina cerradora ángelus y en los equipos de calderería con un índice de RN a 20 en averías. Y con el programa de mantenimiento preventivo, en relación a los equipos y máquinas críticas, se pudo determinar que a través del mantenimiento se logró el incremento de la eficiencia con ayuda del programa software MP9, con él se logró un 81%.

Contrastando con nuestra investigación se coincide que la máquina cerradora es un punto crítico en la cual si no se tiene un plan óptimo de mantenimiento esto se traduce una perdida monetaria para la empresa. Por lo tanto, se planea un plan de mantenimiento óptimo para las tres partes las críticas de la máquina cerradora y causa raíz que nos ayudó a determinar los problemas que genera, y se logró incrementar la disponibilidad de estar tres partes críticas. Lo se traduce en un momento de producción de envases de conserva lo que genera ganancia para la empresa conservera.

Requejo (2021) su estudio consistió en desarrollar planes de mantenimiento y el análisis criticidad. La ganancia no percibidos por las averías de máquina en la campaña del 2019-2020 representan un total \$29 291, siendo la máquina cerradora y desgranadora de vainita con más fallas con pérdidas de ganancias por paradas con un total \$18 160. En proceso de cerrado en la

máquina cerradora se tiene que impedir las inconformidades de los envases de hojalata el 54% de la imperfección son causados en la operación de sellado del envase, \$7 010,36 envases con defectos. el 22,8% desbarnizado ,13.5% abulladuras,9.4% falso cierre ,9.1% rebabas. Concluyo en el desarrolló un plan de estructura planificada con un enfoque que involucran tanto a las áreas de mantenimiento y producción con el objetivo de disminuir las paradas por fallas y se enfocó en el área de sellado ya que provoco perdidas de s/ 7 557,66, se hizo un programa de acción basada en mejorar continuamente en cambios en la máquina cerradora reduciendo el 34% la merma de los productos, también la merma se redujo 8 143 envases que representan una ganancia netas de S/3 063,80.

Contrastando con nuestra investigación todos los problemas originados en su estudio son generados en las partes críticas que se determinó en nuestra investigación siendo los cabezales de cierre, bancos de cierre y bancos de cierre con la ayuda de causa raíz de Ishikawa se determinó que es lo que se puede originar si estas partes no tiene un plan óptimo de mantenimiento los cuales también coinciden con el estudio realizado por Requejo (2021) lo genera merma de envases y esto se traduce en el perdida monería , al plantear el plan de optimización de mantenimiento logramos aumentar las disponibilidad de estas partes críticas de la máquina cerradora lo que genera las merma de envases por distintas problemas que mencionados.

## VI. CONCLUSIONES

1. En este estudio primero se comenzó realizando la evaluación situacional de la máquina cerradora del 2021 y en los cinco meses más alta de la campaña de producción desde agosto hasta diciembre, en la cual se venía trabajando un plan de mantenimiento deficiente por lo cual se realizó la optimización del plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las partes de la máquina cerradora.
2. Se realizó tablas evaluativas de la situación de una cada de las partes la máquina cerradora y la cual se determinó que las partes en donde se presentan problemas son cabezales de cierres, bancos de cierres, bolsillos de cierres, alimentación de tapas, tornamesa, caja de transmisión, sistema de encendido. Mediante la matriz de criticidad semicuantitativa y diagrama de Pareto se concluyó que las partes más críticas en donde se generaron los problemas con los cabezales de cierre, bancos de cierre y bolsillos. Y mediante la aplicación de causa raíz de Ishikawa se concluyó el porqué de las fallas de estas partes y lo que puede generar que estas partes no tengan un plan de mantenimiento óptimo.
3. Luego de determinar las partes más críticas se pasó a determinar la disponibilidad de estas partes: Cabezales de cierre, Bancos de cierre y Bolsillos de cierre, los mismos que fueron evaluados de acuerdo a sus tiempos de operación, tiempo de reparaciones y números de falla y, como resultado se obtuvo indicadores iniciales de disponibilidad de 75.32%, 80.44% y 93.48%, respectivamente, arrojando un promedio del 86.08%.
4. Según se ha obtenido en la determinación del NPR, se ha realizado un programa de mantenimiento y proyectado los indicadores tanto MTRR, MTBF y disponibilidad, obteniéndose la optimización del indicador de disponibilidad de 91.85% para los cabezales de cierre, 96.51% para los bancos de cierre y 97.85% para los bolsillos de cierre, lo cual hacen un promedio de 95.41% como indicador final o post mejora. Este estudio

entonces queda justificado por su incremento significativo del 9.33% en el promedio general y sobrepasa el 90% que representa el valor mínimo de disponibilidad en un proceso eficiente.

5. Se ha realizado el estudio de la inversión para la implementación del mantenimiento, beneficio económico y retorno operacional, cuyos resultados representan que para el sistema de mantenimiento de los componentes críticos de las máquinas cerradoras se hará una inversión de US\$ 5400.00 y se obtendrá un beneficio útil de US\$ 7835.00 al año; por lo tanto, el período de retorno de la inversión será de 8.2 meses, satisfactorio para la empresa.
6. Finalmente se demostró la optimización del plan mantenimiento para cada una de las partes críticas de la máquina cerradora y se halló la nueva disponibilidad.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para obtener los resultados teóricamente en donde vemos que la disponibilidad de las partes más críticas de la máquina cerradora que son superiores al 90% se debe seguir el plan de mantenimiento propuesto, con esto tendremos una producción con menos lotes observados por los distintos problemas ya mencionados anteriormente

Se recomienda que cambiar las partes de fierro negro de la máquina cerradora por un tema de desgaste del mismo, la recomendación es utilizar acero inoxidable, una de las partes principalmente sería la base de apoyo del plato de cierre, los bolsillos de cierre que normalmente son de fierro negro o también bronce y también los depósitos de tapas por cuestiones de inocuidad

Se recomienda tener las herramientas necesarias para poder solucionar los problemas o fallas de la máquina, ya que muchas de las plantas no cuentan con las herramientas correctas, una cosa de estos sería la calibración de los cabezales de cierre ya que el instrumento correcto a usar son las galgas de calibración

## REFERENCIAS

- Zelada, Y. Y. A. (2018). *Descripción: Estudio de paradas de máquina y propuesta de plan de mantenimiento preventivo fábrica de envases de lata Lux S.A.*  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_13dc64c16e829b93bdaac22c5d8a5901](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_13dc64c16e829b93bdaac22c5d8a5901)
- Ingeniera de Confiabilidad.* (s.f.). Google Books.  
<https://books.google.com.pe/books?id=TE0Sj5Mku70C>
- Hurtado, D. F. (2022, 20 septiembre). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM para incrementar la disponibilidad de las máquinas en línea de envasado latas en una empresa cervecera - Lima.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/95697>
- Lozano, M. E. R. (2015, 15 septiembre). *DSpace en ESPOL: Rediseño de una línea de producción de envases metálicos de tres piezas para atún.*  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/29849>
- Betancourt, D. (2022, 22 febrero). *Pareto: Qué es y cómo se hace + MODELO plantilla en EXCEL.* Ingenio Empresa.  
<https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/>
- Daza, A. J. L. (2019, 22 febrero). *Efecto del mantenimiento preventivo en el nivel de riesgo falla en equipos críticos, JADA S.A., 2018.*  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27851>
- Mothes, D. (2021, 17 mayo). *Pareto y GMAO: hacia una evolución del análisis de mantenimiento.* Mobility Work. <https://mobility-work.com/es/blog/gmao-evolucion-diagrama-pareto/>

- Vidal, F. (2022, 27 septiembre). *Tipos de Mantenimiento [Act. 2022]*. STEL Order. <https://www.stelorder.com/blog/tipos-de-mantenimiento/>
- Herrera, G. G. M. (2019, 18 octubre). *Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para el área enlatadora de la empresa Seatech Internacional INC*. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/1545>
- Gestión de mantenimiento preventivo y confiabilidad en la máquina cerradora de cuatro cabezales de la línea de enlatados de pollos empresa agroindustria Supe S.A. Barranca, 2018.* (s. f.). <https://1library.co/document/y807m84q-gestion-mantenimiento-preventivo-confiabilidad-cerradora-cabezales-agroindustria-barranca.html>
- Inicio*. (2021, 26 noviembre). Imeta. <https://www.imetasrl.com/es/>
- Feldman, T. (2022, 12 diciembre). *Mantenimiento preventivo: guía definitiva [2023]*. Infraspak Blog. <https://blog.infraspak.com/es/mantenimiento-preventivo/>
- Betancourt, D. (2022b, marzo 22). *Ingenio Empresa: estudia, emprende y enseña*. Ingenio Empresa. <https://www.ingenioempresa.com/>
- IRENE, G. (S.F.). PREDICTIVA21. Obtenido de predictiva21: <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/#:~:text=Es%20una%20filosof%C3%ADa%20de%20mantenimiento,esperada%2C%20sin%20paradas%20no%20programadas.>
- Luna, M. I. G. (2017, 20 febrero). *Análisis de las causas para minimizar tiempos improductivos en las áreas de enlatado, etiquetado y especialidades*. <https://dspace.colima.tecnm.mx/handle/123456789/230>
- OSCAR SOMME & ASOCIADOS SL. (2022, 20 abril). *Cerradora de latas | Cerradora de botes | JK Somme*. Cerradora de latas | Cerradora de botes

| JK Somme - Fabricante de cerradora de latas automática y manual. Jk Somme, los pioneros desde 1905. Ya vamos por la cerradora de botes número 6000. <https://somme.com/es/>

LATAS, MUNDO. (04 de MAYO de 2022). MUNDO LATAS. Recuperado el OCTUBRE de LA CERRADORA DE LATAS: UNOS DE LOS INVENTOS QUE CAMBIARON LA HISTORIA, de 1. <https://mundolatas.com/la-cerradora-de-latas-uno-de-los-inventos-que-cambiaron-la-historia-de-la-alimentacion/>

*Tratamiento de las fallas dependientes y las acciones humanas en los análisis de confiabilidad y riesgo de la industria convencional* | ISBN 978-980-00-1689-3 - Libro. (s. f.). isbn.cloud. <https://isbn.cloud/en/9789800016893/tratamiento-de-las-fallas-dependientes-y-las-acciones-humanas-en-los-analisis-de-confiabilidad-y/>

Equipo editorial. (2019, 3 diciembre). *Evolución del mantenimiento industrial: desde origen hasta la actualidad*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/evolucion-mantenimiento-industrial/>

MUNDO LATAS. (s.f.). *MEDIAS DE DOBLE CIERRE*. Obtenido de <https://mundolatas.com/medidas-del-cierre/>

Campos-López, O. (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

- Pack Perú Digital News. (s. f.). *Importancia del “doble cierre” para asegurar la hermeticidad en los enlatados.*  
<http://packperuexpo.com/packnews/importancia-del-doble-cierre-para-asegurar-la-hermeticidad-en-los-enlatados-263/>
- PALENCIA, I. O. (2005). *EL ANALISIS CAUSA RAIZ, ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL.* Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1275/1/RED-54.pdf>
- Garrido, S. G. (s. f.). *Tipos de Mantenimiento.* <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Lázaro, V. A. S. (2021, 3 diciembre). *Repositorio de Tesis USAT: Mantenimiento productivo total en la línea de conserva de la empresa procesadora Perú SAC para minimizar los ingresos no percibidos.*  
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4058>
- Serrano, V. (s. f.). *ANÁLISIS CAUSA RAÍZ APLICADO AL MANTENIMIENTO.*  
<https://www.datadec.es/blog/analisis-causa-raiz-aplicado-al-mantenimiento>
- Cmc-Latam, S. (2019, 12 junio). *Análisis de criticidad semicuantitativa y cuantitativa de activos.* cmc-latam.com. <https://cmc-latam.com/2017/08/08/analisis-criticidad-semicuantitativa-cuantitativa-activos/>
- ¿Qué es la disponibilidad en mantenimiento y cómo calcularla?* (s. f.).  
<https://www.fractal.com/es/que-es-la-disponibilidad-en-mantenimiento-y-como-calcularla>

Jiménez N, A. J. (s. f.). *Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias.*

<https://maintenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>

Valuekeep. (2022, 12 diciembre). *¿Cómo se calcula la disponibilidad de los activos?* <https://valuekeep.com/es/recursos/disponibilidad-de-los-activos/>

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V. 1. Optimización del plan de mantenimiento de máquinas cerradoras	Es la mejora del plan de mantenimiento deficiente con la que viene trabajando la máquina cerradora en el periodo del año 2021	La variable de optimización del plan de mantenimiento se va a medir según la influencia al aplicar matriz semicuantitativa de criticidad, análisis de Pareto en cada una de las partes de la máquina, causa raíz y la disponibilidad de la máquina cerradora	Matriz semicuantitativa de criticidad	$CRT = FFx ((I.OxFO) + CM + SHA))$	Razón
			Diagrama de Pareto	% relativo = frecuencia de fallas / total de fallas	
			Análisis de causa raíz de Ishikawa	Método de Ishikawa	Numérico
			Disponibilidad	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Razón

<p><b>V. 2.</b> Mejora de producción de envases de hojalata para empresas conserveras</p>	<p>Es la producción de envases que cumplen con todos los parámetros de doble cierre y buen aspecto sin ningún defecto ocasionado por la máquina cerradora</p>	<p>La variable se medirá según la influencia de la optimización del plan de mantenimiento y la nueva disponibilidad de las partes críticas de la máquina cerradora</p>	<p>Disponibilidad</p>	<p>Tiempo promedio entre fallas (MTBF)</p>	<p>Razón</p>
---	---	--	-----------------------	--	--------------

**ANEXO 2**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

OPTIMIZACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS CERRADORA PARA MEJORAR PRODUCCIÓN DE ENVASES DE HOJALATA

<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>VARIABLES</b>
<p><b>GENERAL:</b> ¿Cuál es la influencia de la optimización de plan de mantenimiento de máquinas cerradora para mejorar producción de envases de hojalata?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar la influencia de la optimización de plan de mantenimiento de máquinas cerradora para mejorar producción de envases de hojalata</p>	<p><b>GENERAL:</b> La optimización del plan de mantenimiento influye positivamente en la producción de envases de hojalata.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> : Aplicada</p>	<p><b>V. 1.</b>  Optimización de plan de mantenimiento.</p>
<p><b>ESPECIFICO</b> : Realizar un diagnóstico de la</p>	<p><b>ESPECIFICO:</b> Determinar el estado de las máquinas cerradoras</p>	<p><b>ESPECIFICAS</b> Influye positivamente el diagnostico que se realiza</p>	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>  Diseño de campo</p>	<p><b>V. D.</b> Mejorar la eficiencia de la máquina.</p>

<p>situación de cómo se encuentran las máquinas cerradoras en las empresas conserveras.</p>		<p>a la máquina cerradora</p>	<p>Recolección de datos directamente de donde ocurren los hechos</p>	
<p>Determinar las fallas o averías que pueden influir en la operatividad de la máquina cerradora en producción mediante el método de Pareto.</p>	<p>Establecer la criticidad de las fallas o averías con el método Pareto</p>	<p>Contribuye a determinar las partes más críticas de la máquina cerradora</p>		
<p>Establecer una programación de actividades de</p>	<p>Realizar programas de mantenimiento</p>	<p>Influye positivamente al buen funcionamiento de la máquina cerradora</p>		



**Anexo 3: Matriz de criticidad semicuantitativo modelo CTR**

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
	CONSECUENCIA					

**ANEXO 4**

Criterios para evaluación del NPR (Améndola, 2018)

<b>Gravedad</b>	
Descripción	Puntaje
Imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

<b>Ocurrencia</b>	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Detección	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

$NPR > 200$  Fallas Inaceptables (I).

$125 < NPR \leq 200$  Fallas reducibles deseables (R).

$NPR \leq 125$  Fallas Aceptables (A).

#### **ANEXO 5:**

Brazo de cierres



#### **ANEXO 6**

Cabezales de cierre y ejes porta mandriles



## ANEXO 7

Resorte de tensión de brazos de cabezal



## ANEXO 8

Cabezal de cierre



## ANEXO 9

Banco de cierres



## ANEXO 10

Botella de banco de cierre



## ANEXO 11

Pista de bancos de cierre



## ANEXO 12

Bolsillo de cierre



### **ANEXO 13**

Acumulador de tapas



### **ANEXO 14**

Leva activadora de tapas



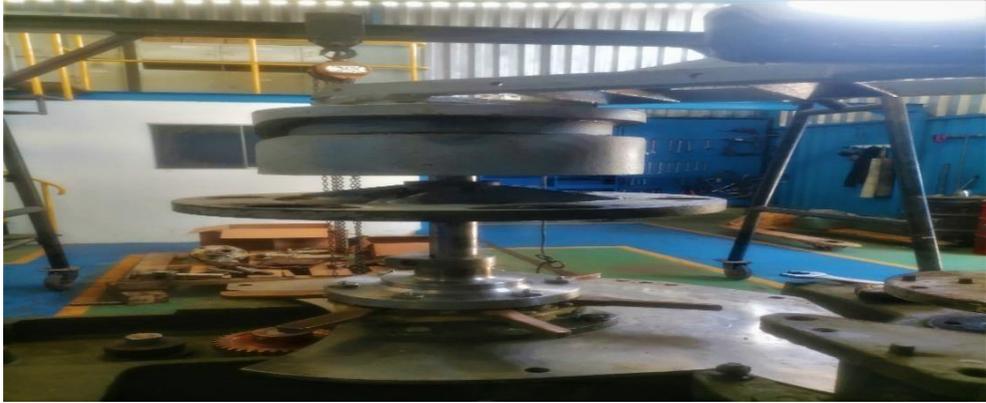
### **ANEXO 15**

Entrada de tornamesa



## ANEXO 16

Sistema de prensador de producto



## ANEXO 17

Árbol central de cierre



## ANEXO 18

*Caja de transmisión*



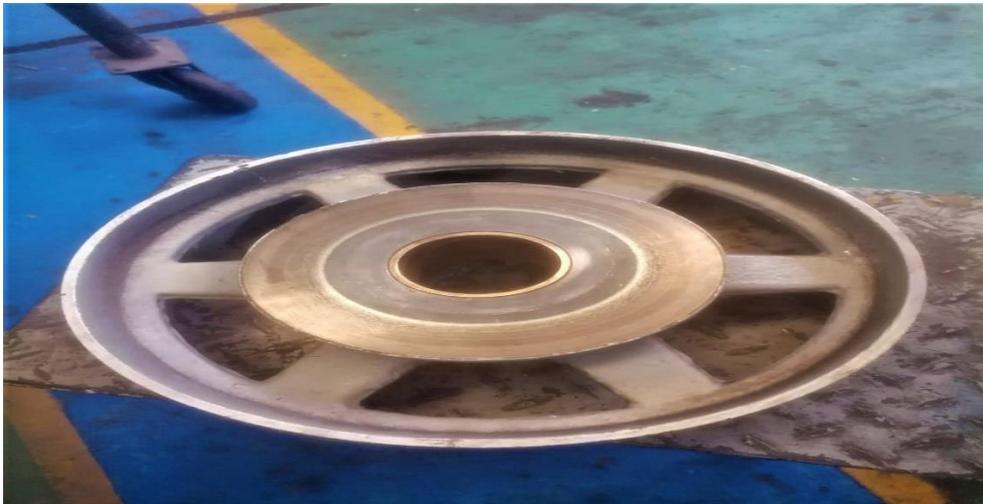
## ANEXO 19

Base de polea



## ANEXO 20

Polea



## ANEXO 21

Disco de freno



## ANEXO 22

Tuerca reguladora



## ANEXO 23

Sistema de salida del envase



**ANEXO 24**

MICROMETRO



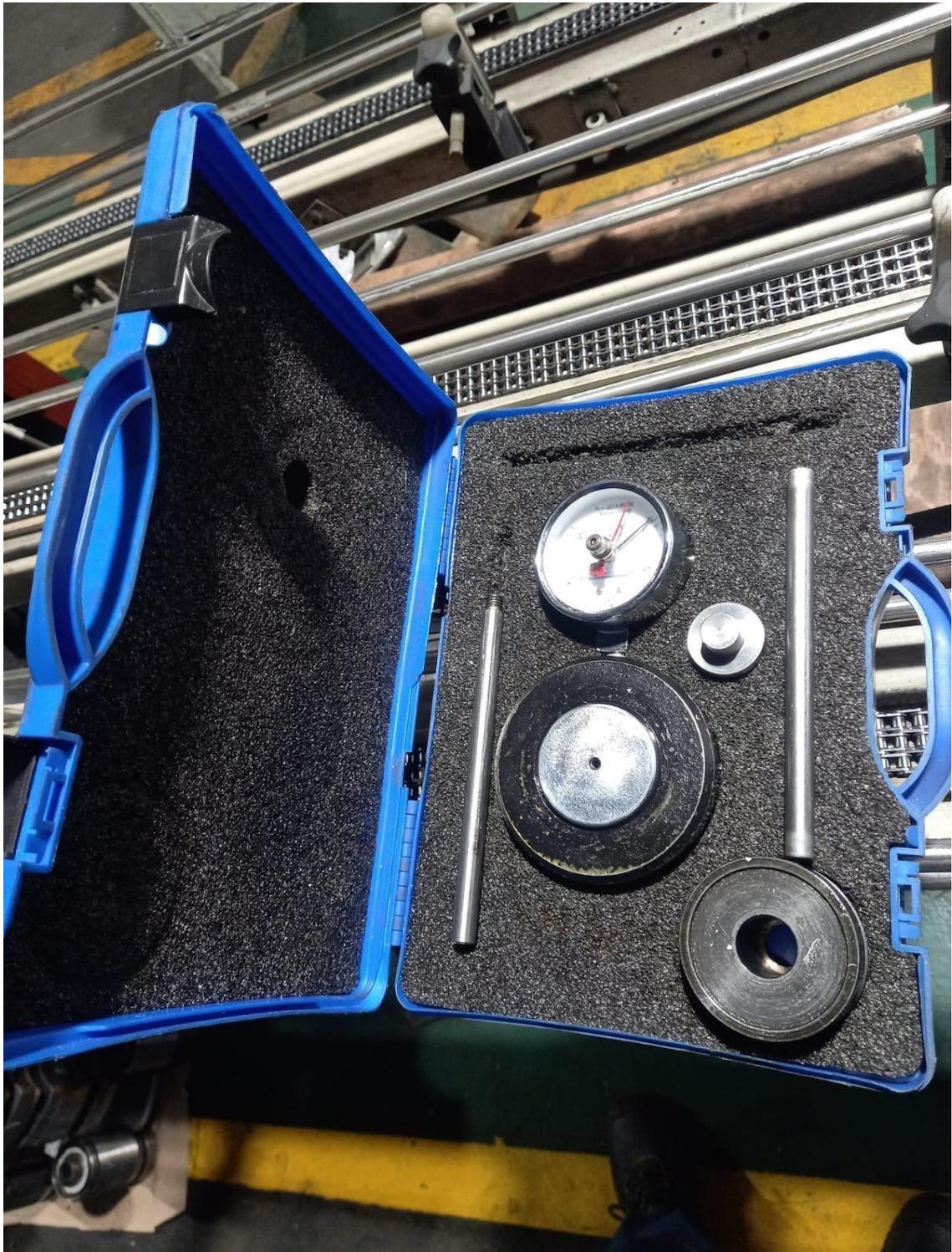
**ANEXO 25**

VARILLAS O GALGAS DE CALIBRACION



## ANEXO 26

### DINAMOMETRO



## ANEXO 27

### COTIZACION DE OVERHAUL DE MÁQUINAS ANGELUS 50P GALON

SRES. ENVASES LOS PINOS S.A.C.  
ASUNTO COTIZACION 128  
REPARACION DE ACCESORIOS MÁQUINA CERRADORA ANGELUS  
50 P GALON  
DETALLES

---

#### TORNAMESA DE ENTRADA

Fabricación de 02 piñones de 27 y 36 dientes en bronce (eje y bocinas)  
fabricación de eje inox. y bocina en bronce para piñón de 45 dientes  
fabricación de MAZA de entrada en acero NODULAR y ratificación de uñas y bocinas  
fabricación de eje de prensador en acero inox. Y fabricación de 03 bocinas de bronce  
fabricación de 03 ejes pistones en acero inox. De prensador + bocinas y rodillos  
acerobolher  
Reparación de brazo lanzadera de tapas (ejes y bocinas de bronce -----  
**PRECIO: \$ 2,630.00**

#### SISTEMA AUTOMATICO DE TAPAS

fabricación de acumulador de tapas en acero inox. + 02 cuchillas separadora inox.  
Cambio de eje acero inox. Si tema de automático de tapas y 02 bocinas de bronce  
fabricación de NUEZ en acero inox. Completo (uña y engroche) -----  
**PRECIO: \$ 1,870.00**

#### BOLSILLOS

fabricación de 04 BOLSILLOS EN ACERO INOXIDABLE y fabricación de pines y  
bocinas a uñas  
fabricación de eje central de bolsillos en acero inox. Con 02 bocinas de bronce-----  
**PRECIO: \$ 2,120.00**

#### CABEZALES DE CIERRE

fabricación de 12 pines en acero bolher con tratamiento térmico  
fabricación de 12 bocinas de bronce sae 65 y rectificado de alojamientos de brazos --  
**PRECIO: \$ 890.00**

#### PORTA CABEZALES

Rectificado de ejes porta mandriles y fabricación de bocinas superiores e inferiores  
En bronce Sae 65  
Cambio de rodajes y retenes -----  
**PRECIO: \$ 950.00**

#### BANCOS DE CIERRE

fabricación de 03 bancos de cierre en bronce  
fabricación de 03 bocinas de bancos en bronce sae 65  
fabricación de pines y rodillos acero bolher con tratamiento  
fabricación de 03 vástagos en acero inox. -----  
**PRECIO: \$ 2,860.00**

#### ARBOL CENTRAL

fabricación de eje central con 02 bocinas de bronce + rodaje  
fabricación de eje trasversal co 03 bocinas de bronce sae 65  
fabricación de eje de salida de latas + 02 bocinas de bronce  
fabricación de pista de leva rodillos de bancos acero bolher con tratamiento-----  
**PRECIO: \$ 3,930.00**

**TOTAL ----- \$ 15,250.00**

-Nota.: Si al momento de la reparación se detectara algún accesorio en mal estado y no estará

Detallado se procederá a su cambio o reparación SIN COSTO ADICIONAL

PRECIO TOTAL: **15,250.00 DOLARES + I.G.V.**  
TIEMPO DE ENTREGA: **30 DIAS HABLES**

## ANEXO 28

### AUTORIZACION DE LA EMPRESA ENVASES LOS PINOS SAC



Chimbote, 16 de diciembre del 2022

Señor:

**GONZALES QUEZADA BEHIMER**

Asunto: Ref.: Solicitud Permiso para realizar Trabajo de Investigación de tesis

Yo, Pedro Reyes Reyna, con DNI: 43133562, brindo la autorización para realizar el presente trabajo de investigación

Sin otro particular me suscribo de Ud.

Atentamente,

Pedro Reyes Reyna.  
Jefe de Asistencia Técnica.  
Envases Los Pinos SAC



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ZVALETA ZVALETA HEBER AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Optimización de plan de mantenimiento de máquinas cerradora para mejorar producción de envases de hojalata", cuyo autor es GONZALES QUEZADA BEHIMER WILMER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Febrero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ZVALETA ZVALETA HEBER AUGUSTO <b>DNI:</b> 17865439 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3964-0198	Firmado electrónicamente por: HZVALETAZ el 12- 02-2023 00:52:40

Código documento Trilce: TRI - 0532639