



Científica

ISSN: 1665-0654

ISSN: 2594-2921

revistacientifpn@yahoo.com.mx

Instituto Politécnico Nacional

México

Muñoz Cevallos, Jorge Luís; Cantos Macías, Manuel  
Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industria de conservas de atún  
Científica, vol. 25, núm. 2, 2021, Julio-Diciembre, pp. 1-24  
Instituto Politécnico Nacional  
Distrito Federal, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61466617005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industria de conservas de atún

Maintenance focused on reliability of equipment in the tuna canning industry

Jorge Luís Muñoz Cevallos<sup>1</sup>, Manuel Cantos Macías<sup>2</sup>

Universidad Técnica de Manabí, ECUADOR

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9502-3779> | [jorgmu--990@hotmail.com](mailto:jorgmu--990@hotmail.com)

Estudiante de la maestría en mantenimiento Industrial,  
mención gestión eficiente del mantenimiento, Instituto de Posgrado.

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7589-0210> | [mcantos@utm.edu.ec](mailto:mcantos@utm.edu.ec)

Docente del departamento de Mecánica de la Facultad  
de Ciencias Matemáticas, Física y Química.

Recibido 17-03-2021, aceptado 03-06-2021.

### Resumen

El presente trabajo tiene la finalidad identificar y solucionar los problemas específicos que se encuentran en una línea de producción de conservas de atún de la Empresa EUROFISH de Manta, mediante la implementación del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en las máquinas presentes en la línea en mención. En la industria de las conservas, el RCM a menudo se considera la demanda recursos. Sin embargo, es posible hacer que el proyecto sea manejable comenzando con un sistema de evaluación de los equipos críticos. Para llevar a cabo este proceso, se aplicaron los métodos: análisis de criticidad y el análisis de efectos y modos de fallas (AMEF). Se diseñó el plan de mantenimiento de acuerdo a lo detallado por el AMEF y el Diagrama de Pareto, donde se especifican tareas de prevención que no solo se concentran en operaciones de lubricación o engrase, sino el empleo de procesos de inspección y control en todas las medidas de mantenimiento que se han propuesto. Se encontró que el mejor indicador para medir la confiabilidad es el tiempo promedio entre paradas (MTBF) que indica un incremento en la confiabilidad del equipo y una mejora en la calidad de los trabajos de mantenimiento a 3,59, lo que se refleja en la disponibilidad de los equipos de la línea de producción. Pues al aplicar el plan de mantenimiento propuesto se logra un 87%, lo que se considera un porcentaje aceptable dada la situación de la empresa.

**Palabras clave:** confiabilidad, mantenimiento, análisis de efectos, modo de fallas, industria, conservas de atún.

### Abstract

The purpose of this work is to identify and solve the specific problems found in a canned tuna production line of the Manta EUROFISH Company, through the implementation of the maintenance program focused on reliability (RCM) in the machines present. On the line in question. In the canning industry, RCM is often considered resource demanding. However, it is possible to make the project manageable starting with a critical equipment evaluation system, to carry out this process, the methods were applied: criticality analysis and analysis of effects and failure modes (FMEA). The maintenance plan was designed according to the detailed by the FMEA and the Pareto Diagram, where prevention tasks are specified that not only concentrate on lubrication or greasing operations, but the use of inspection and control processes in all the maintenance measures that have been proposed. It was found that the best indicator to measure reliability is the mean time between stops (MTBF), which indicates an increase in the reliability of the equipment and an improvement in the quality of maintenance work to 3.59, which is reflected in the availability of production line equipment. Well, when applying the proposed maintenance plan, 87% is achieved, which is considered an acceptable percentage given the situation of the company.

**Keywords:** reliability, maintenance, effects analysis, failure mode, industry, canned tuna.

## I. INTRODUCCIÓN

Los programas de mantenimiento actuales deben garantizar la confiabilidad y el tiempo de funcionamiento del equipo, con el fin de alcanzar los objetivos y parámetros predefinidos. En muchos entornos de fabricación, la condición del equipo o proceso tiene un impacto significativo en la cantidad y calidad de las unidades producidas. [1]. Los investigadores de todo el mundo se esfuerzan por desarrollar y aplicar nuevas técnicas y metodologías para mejorar los procesos de mantenimiento. El objetivo es usarlos para políticas de mantenimiento óptimas, impactando positivamente los KPI (Indicadores Claves de Desempeño), aumentando la calidad, la productividad y reduciendo los costos [2].

La metodología RCM aparece proporcionando un marco idóneo en reducir las actividades de mantenimiento y costos relacionados en lo posible, sin afectar el rendimiento general de la planta, la calidad del producto, la seguridad o la integridad ambiental [3], teniendo como criterio general el mantenimiento prioritario de los componentes asumidos como críticos para el funcionamiento de la instalación [4].

Bajo este contexto, se propone un plan de mantenimiento enfocado en la confiabilidad de los equipos de toda una línea de producción de conservas de atún con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento controlada por el software Sismac encargado actualmente de registrar el historial de fallos de cada máquina que interviene en la línea de producción seleccionada.

Esta investigación tiene su origen en el deficiente plan de mantenimiento preventivo con el que la industria atunera trabaja, puesto que, las medidas preventivas que se ejecutan en la línea de producción de conservas de atún son simples y totalmente básicas, por lo que no se ajusta al correcto desempeño del software que aplica la empresa, evitando una correcta planificación de actividades, cuyo principal objetivo debe ser el de reducir los costes por mantenimiento, mitigar la presencia de paralizaciones e incrementar la vida útil de los equipos presentes en la línea de producción seleccionada para el estudio..

## II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### A. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA A RESOLVER

La empresa EUROFISH en 1998 inició sus operaciones con una capacidad de producción de 50 toneladas métricas (TM) de lomos precocidos por día. Tres años después inicia las operaciones de enlatado de conservas de atún, con la ampliación en la actualidad la empresa tiene una producción de 45000 TM. Esta posee una amplia gama de maquinarias, su gestión de mantenimiento es controlada por el sistema de mantenimiento asistido por computadora Sismac, donde están registrados los equipos con su respectivo historial de fallos.

El plan de mantenimiento preventivo actual de la empresa presenta una deficiente planificación para el mantenimiento en la línea de producción de conservas de atún, esto se debe a que, las acciones preventivas y correctivas están conformadas por tareas básicas de lubricación y engrase. Además, no existe una metodología establecida para la gestión de mantenimiento por parte de la empresa que permita prevenir futuras averías, daños irreparables en la línea de producción, paralizaciones y productos de baja calidad.

En este sentido, la falta de un plan de mantenimiento preventivo pone en riesgo la operatividad de la empresa objeto de estudio, además de representar fuertes gastos por mantenimiento correctivo.

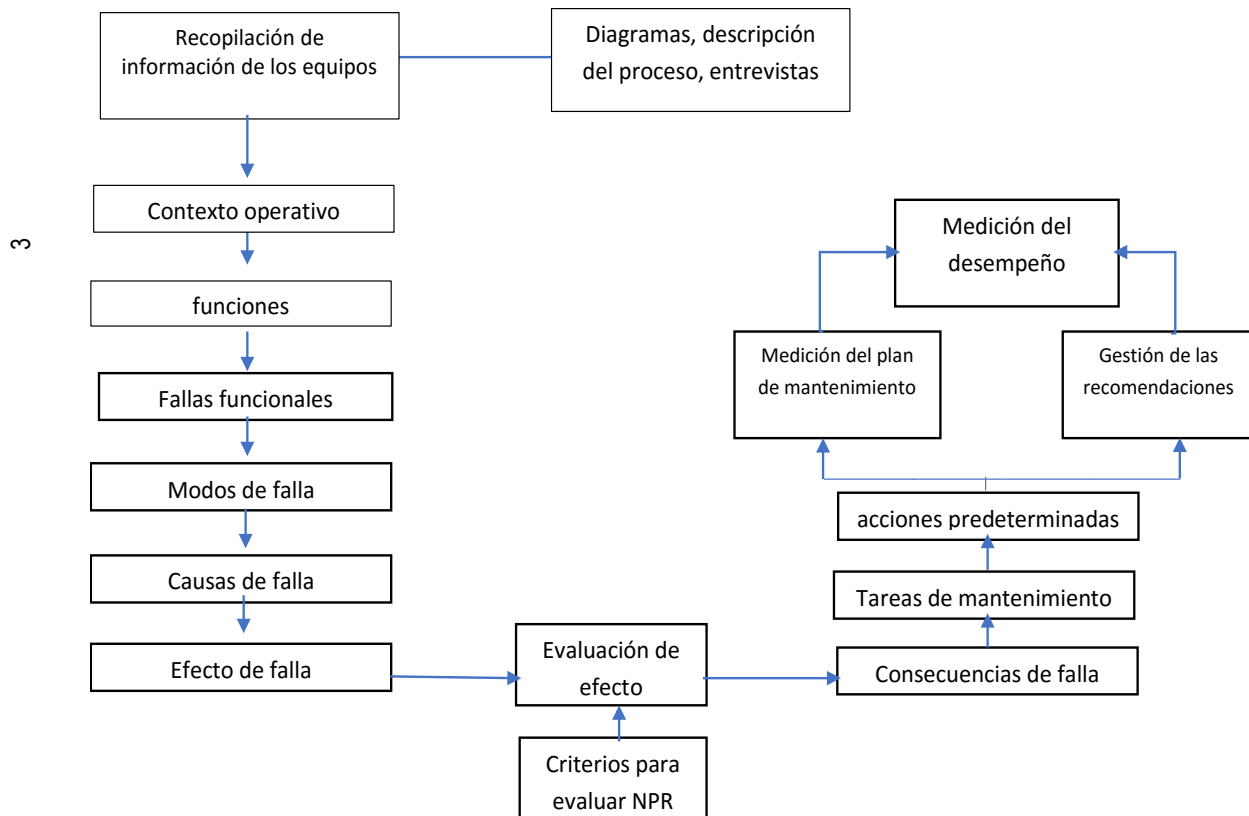


Fig. 1. Metodología RCM [5].

Al hacer referencia a la metodología, en la figura 1 se observa cada uno de los puntos o pasos a seguir para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de equipos (RCM), [5]. Considerada como una guía de estrategias para el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en el funcionamiento del equipo [6]. Este esquema permite, además, emplear procesos de control, ya que mide el desempeño del método aplicado con la finalidad de demostrar su efectividad en la línea de producción de conservas de atún en la empresa objeto de estudio. Esta metodología fue la considerada más viable para seguir en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Los instrumentos utilizados fueron: programa Sismac, hoja de registro de todos los fallos identificados por los operarios, registros de paralizaciones y la observación directa.

No hay una ruta establecida para implementar RCM con éxito porque este método es más que simplemente realizar un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), adoptar técnicas de monitoreo de condición y optimizar el programa de mantenimiento y revisión a través de la aplicación de un proceso de exploración de edad. El RCM se conoce como una técnica que se implementa en la gestión de mantenimiento con el fin de desarrollar planes y programas centrados en la confiabilidad [7]. Su implementación se basa en la garantía de la seguridad y la reducción del riesgo que pueden impactar en la producción, ayudando así a la disminución del costo y mantenimiento de la operación [8].

La evaluación de la criticidad proporciona los medios para cuantificar la importancia de una función del sistema en relación con la misión identificada [9] Esta metodología permite definir una jerarquización de prioridades en el proceso, los equipos y el sistema, facilitando la toma eficaz y efectiva de decisiones [10].

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) son una parte integral de cualquier Carta del Equipo, ya que permiten al Equipo y a la Administración determinar las prioridades del Equipo y medir la productividad.

### (1) *Análisis de criticidad por Número de Prioridad de Riesgo (NPR)*

Con el objetivo de garantizar un panorama rápido sobre cada efecto de falla identificado por el RCM, la categorización de estos efectos se basa en el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) asignado, dicho parámetro está en función de tres criterios cualitativos:

- Severidad
- Detectabilidad
- Ocurrencia
- Criterio

$$\text{NPR} = \text{Severidad (S)} \times \text{Detectabilidad (D)} \times \text{Ocurrencia (O)}$$

Se diseñó un criterio de semaforización para los efectos de falla con base en el valor del NPR, este criterio se observa en la tabla 1.

TABLA 1  
CRITERIO DE SEMAFORIZACIÓN DE ACUERDO CON EL VALOR DEL NPR.

Tipo de riesgo	Valor del NPR
Crítico (riesgo intolerable)	$\text{NPR} \geq 36$
Semi Crítico (riesgo moderado)	$7 < \text{NPR} < 36$
No crítico (riesgo bajo)	$\text{NPR} \leq 7$

### (2) *Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)*

El AMEF consiste definir el modo de falla como un efecto por el cual una falla es estudiada o analizada, por lo que es un evento que indica la ocurrencia de una falla en los equipos.

Para el presente trabajo se realizó una plantilla AMEF, la cual contiene varios campos de evaluación de modos y efectos de fallos, campos que se ajustan al contexto en el que operan los equipos de la línea de producción de la empresa EUROFISH.

### (3) *Indicadores de desempeño*

#### (3.1) *Tiempo medio de reparación*

Es una medida de mantenimiento que mide el tiempo promedio requerido para solucionar problemas y reparar equipos con fallas. Refleja la rapidez con que una organización puede responder a averías no planificadas y repararlas, se calcula según la fórmula (1):

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo en reparación}}{\text{Total de reparaciones}} \quad (1)$$

### (3.2) Tiempo medio de falla

La confiabilidad de la máquina se define como la capacidad de operar durante largos periodos de tiempo sin detenerse por mantenimiento o reparaciones [11]. La confiabilidad a menudo se expresa (en términos de ingeniería) como el "Tiempo medio entre fallas" (MTBF), expresada en la fórmula (2).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\text{total de paradas}} \quad (2)$$

### (3.3) Disponibilidad del equipo

La disponibilidad del sistema es una métrica utilizada para medir el porcentaje de tiempo que un activo puede usarse para la producción. Calcula la probabilidad de que un sistema no esté averiado para el mantenimiento preventivo cuando sea necesario para la producción, este se calcula a través de la fórmula (3):

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Tiempo total disponible} + \text{Tiempo en reparación}} \times 100 \quad (3)$$

## III. DESARROLLO

En el siguiente trabajo, seguidamente se evalúa toda la línea de producción de conservas de atún de la empresa EUROFISH, las máquinas a evaluar son:

- Cerradora de latas VARIN 400
- Máquina Luthi
- Dosificadora de líquidos
- Lavadora de latas
- Despaletizador de latas
- Encestador hidráulico

Durante los meses de enero a junio del 2020, se realiza el trabajo de investigación, enfocado en la planificación de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad del equipo, con el objetivo de mitigar las paralizaciones de producción, averías en las máquinas y equipos, defectos en el producto final lo que representa pérdidas significativas en la empresa objeto de estudio.

### A. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE ENLATADOS

#### (1) Registro de paralizaciones

En la tabla 2 se detalla la cantidad de paralizaciones que se dan por mes en la línea de producción de la industria procesadora de conservas de atún.

TABLA 2  
PRINCIPALES FALLOS Y AVERÍAS DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Paradas no programados (Min) en los 6 meses del 2020							
Principales fallos en la línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total min.
Fallos en el despaletizador	99	136	86	146	125	182	774
Avería de cerradora de latas	646	1561	879	676	699	1023	5484
Avería de empacadora Luthi	388	663	534	539	404	356	2884
Fallos en encestador de latas	32	82	134	29	137	73	487
Fallos en lavadora de latas	37	137	72	84	63	137	530
Fallos en transportadores de latas	50	27	20	25	35	62	219
Fallos en dosificador de líquidos	31	76	191	82	92	104	576

El software de mantenimiento Sismac de acuerdo con lo revisado solo disponía del historial de trabajos correctivos realizados, por otro lado, el historial de averías no es debidamente detallado debido a la falta de métodos de evaluación de fallos más eficientes. Esto deja como conclusión previa que el programa Sismac no se está utilizando con eficiencia al registrar los fallos para evaluar el estado de los equipos y arrojar un plan de mantenimiento preventivo con el que sea posible mantener la disponibilidad de toda la línea de producción.

El nivel de criticidad de los equipos de la línea de producción del área del enlatado es presentado en la tabla 3, estos costos se expresan en dólares.

TABLA 3  
ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE ACUERDO CON LAS PÉRDIDAS POR PARALIZACIONES DE ENERO A JUNIO

Tipo de máquina	Costo por hora (US\$)	Horas paradas por fallos	Costo de máquina por Horas (US\$)	Jornadas de trabajo	Criticidad del equipo en obra
Despaletizador de latas	5687,5	12,9	73368,75	Doble jornada	Semi crítico
Máquina Luthi	5687,5	48,07	273398,12	Doble jornada	Crítico
Transportador	5687,5	3,65	20759,37	Doble jornada	No crítico
Dosificador de líquidos	5687,5	9,6	54600	Doble jornada	Semi crítico
Cerradora de latas	5687,5	91,4	519837,5	Doble jornada	Crítico
Lavadora de latas	5687,5	8,8	50050	Doble jornada	Semi crítico
Encestador hidráulico	5687,5	8,1	46068,75	Jornada simple	Semi crítico

FUENTE: DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE EUROFISH

7

Tal como se aprecia en la tabla 3, la información referente al costo por hora fue otorgada por el departamento de mantenimiento de las empresas. Se puede observar que todos los de la línea de producción del área de enlatado trabajan a doble jornada, la cerradora de latas trabaja a un promedio de 16 horas, el costo por paradas no programadas en esta máquina es de \$519837,5, siendo el mayor de toda la línea de producción.

Al paralizarse la máquina cerradora, significa que la empresa no cumple con su capacidad de producción, poniéndose en riesgo la producción de conservas de atún, debido a esto, la cerradora de latas se considera la máquina con un nivel de criticidad alto durante todo el proceso de enlatado. Cabe mencionar que este análisis también se aplica a la máquina Luthi (empacado y llenado), el cual comprende un alto costo de máquina por fallos durante la producción (\$273398,12), además, la labor desempeñada por esta máquina es uno de los más importantes junto al cerrado de lata por lo que, prevenir futuras paralizaciones por avería en esta máquina, hace que se le considere un equipo crítico.

El transportador no es considerado equipo crítico porque las medidas correctivas se pueden realizar de forma rápida, incluso, la empresa cuenta con un cordón volta de repuesto para el transportador en caso de que se arranque y requiera una reparación o cambio.

El encestador hidráulico pese a que, contiene componentes que no están exentos de presentar fallas o averías como los motores eléctricos, cilindros hidráulicos, entre otros, que requieren de constantes tareas de inspección, es un equipo al que fácilmente se le pueden realizar dichas tareas sin afectar la producción ya que, las horas de trabajo representan una jornada completa.

En cuanto a la lavadora de latas y dosificador de líquidos presentan problemas en común, como las fallas en los tableros de control debido a la presencia de humedad que se concentran dentro de estos componentes generando desgaste y posteriormente fallos al sistema del equipo. Bajo este contexto son considerados equipos semicríticos.

## B. ANÁLISIS DE MODOS DE EFECTOS Y FALLOS (AMEF)

### (1) Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF) en la máquina cerradora de latas VARIN 400

La máquina cerradora de latas encabeza la lista de los equipos críticos. Cabe recalcar que los efectos potenciales de la gravedad del modo de falla en esta máquina generan problemas en el producto final, comprometiendo toda una producción, lo que representa serias pérdidas económicas para la empresa, donde incurren costos de mano de obra, costos de maquinaria, pérdida de recursos, y en el peor de los casos, la pérdida de clientes potenciales.

Luego de establecer el nivel de criticidad de acuerdo con el NPR, se procede a realizar el diagrama de Pareto en la máquina cerradora de latas.

TABLA 4  
ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE PARETO A MÁQUINA CERRADORA DE LATAS

Componentes	Promedio NPR	% Acumulado
Cabezal	42	29%
Lifter	36	54%
Rulinas 1ª operación	31.2	75%
Mandriles	18	88%
Sistema de transmisión	18	100%



Luego del análisis de Pareto se observa que el 75% son los componentes por fallar y los que se deberían de atender lo más pronto posible.

Se muestra la figura 2 correspondiente a los resultados mostrados en la tabla 4 para indicar las tres zonas que caracterizan el análisis de criticidad por NPR de las partes que afectan la confiabilidad de la máquina cerradora.

8

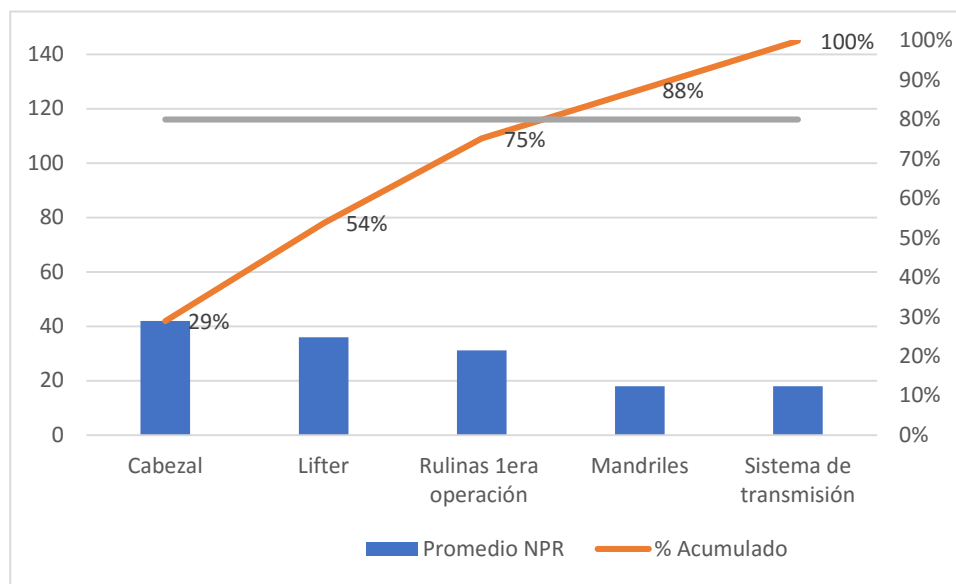


Fig. 2. Diagrama de Pareto a máquina cerradora de latas.

Luego de analizar la gráfica se puede afirmar que, los 4 cabezales de la cerradora, el plato de Lifter y las rulinas de operación (primera y segunda operación), se encuentran altamente críticos, los cuales disminuyen la confiabilidad de la máquina, representando el 75% del total, en donde se debe enfocar las tareas de mantenimiento preventivo.

## (2) Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF) en la máquina Luthi

La máquina Luthi también es considerada un equipo crítico, debido a las diversas funciones que realiza en el proceso de enlatado. El sistema de empaclado y llenado de la máquina presenta componentes sumamente críticos que pueden afectar al sistema completo, incluso puede generar afectaciones a otros equipos en la línea de producción dado que la máquina Luthi se sitúa en el centro de toda la línea, por lo que depende de la alimentación de los demás equipos y de la entrada de materia, la cual proviene de los equipos que lo anteceden.

Por ende, es necesario el un plan de mantenimiento eficiente para garantizar correcto funcionamiento de la máquina Luthi puesto que su principal efecto de falla es la paralización total del área de enlatado. Dependiendo del promedio, de acuerdo con el NPR de cada modo de falla del nivel 2, se realiza el análisis de Pareto en la máquina Luthi.

TABLA 5  
ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE PARETO A MÁQUINA LUTHI SP

Componentes	Promedio NPR	% Acumulado
Sistema de empacado	39	43%
Sistema de llenado	30	77%
Sistema de transmisión	21	100%

9

Luego del análisis de Pareto se observa que el 77% son los componentes de la máquina Luthi a fallar y los que se deberían atender lo más pronto posible.

Se muestra la figura 3 correspondiente a los resultados mostrados en la tabla 5 para indicar las tres zonas que caracterizan el análisis de criticidad por NPR son de las partes que afectan la confiabilidad de la máquina Luthi.

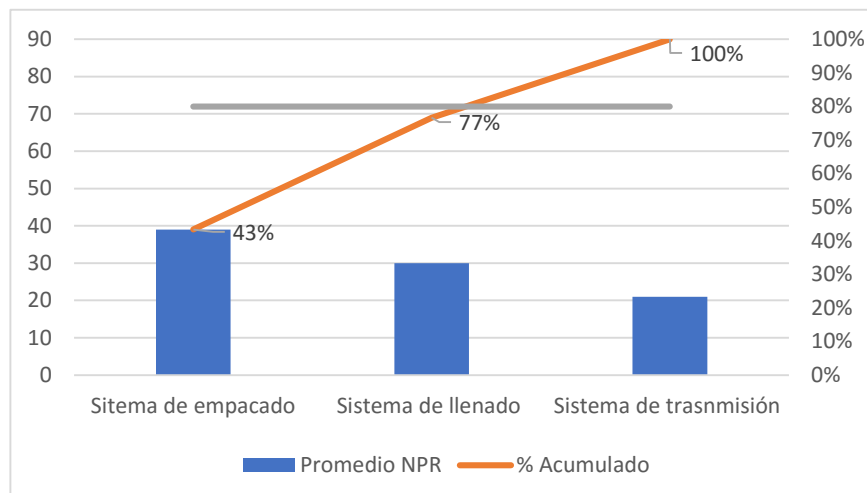


Fig. 3. Diagrama de Pareto a máquina Luthi SP.

Después de analizar la gráfica se puede afirmar que, el sistema de empacado y el sistema de llenado se encuentran altamente críticos, los cuales hace que se disminuya la confiabilidad de la máquina en mención, representando el 77% del total, donde se debe enfocar las tareas de mantenimiento preventivo.

### (3) Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF) en la máquina dosificador de líquido.

El dosificador de líquido se considera una máquina semicrítica, debido a que la mayoría de las fallas y averías recaen en las válvulas, por donde fluye el líquido y en las bombas que generan el flujo, al presentar apenas dos componentes considerados para el plan de mantenimiento. Las acciones o medidas para contrarrestar la veracidad de los problemas presentados son labores de cambio de componentes o la limpieza de estos.

Pese a que son modos de fallas de fácil control, los efectos que pueden provocar en la línea de enlatado pérdidas económicas considerables, averías irreparables en el sistema de la máquina, como fallas fulminantes en las bombas del dosificador lo que trae como consecuencia horas perdidas por la paralización de la máquina.

Dependiendo del promedio de acuerdo con el NPR de cada modo de falla del nivel 2, se realiza el análisis de Pareto en el dosificador.

TABLA 6  
ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE PARETO A DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS

Componentes	Promedio NPR	% Acumulado
Dosificación del sistema	18	37%
Bomba de presión	16	69%
Tuberías de impulso	9	88%
Sistema de válvulas	6	100%

Luego del análisis de Pareto, se observa que el 69% son los componentes del dosificador a fallar y los que se deberían atender lo más pronto posible.

Seguidamente, se muestra la figura 4, correspondiente a los resultados mostrados en la tabla 6 para indicar las tres zonas que caracterizan el análisis de criticidad por NPR son de las partes que afectan la confiabilidad del dosificador de líquidos.

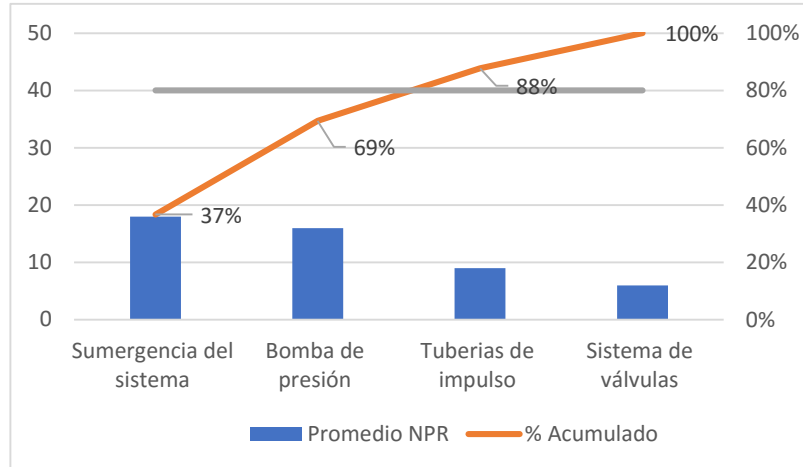


Fig. 4. Diagrama de Pareto a la dosificadora de líquidos.

Luego de analizar la figura 4, se puede afirmar que, la dosificación del sistema y la bomba de presión se encuentran altamente críticos, los cuales disminuyen la confiabilidad de la máquina referida, representando el 69% del total, en donde se debe enfocar las tareas de mantenimiento preventivo.

#### (4) Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF) en la máquina lavadora de latas

El principal fallo recae sobre las bombas de la lavadora, ya que permite el flujo de agua a presión y desengrasante es la tarea fundamental de esta máquina, la prevención de estos equipos es importante cuando las medidas a ejecutar son de manera periódica, un mantenimiento por inspección cada cierto tiempo permite detectar e impedir futuras averías, como el daño inminente en las válvulas o una sobrecarga en todos los motores, consecuencias con alto grado de severidad, lo cual se refleja en tiempos de producción perdidos, ya que se requerirá de horas laborales para poner nuevamente en marcha esta máquina.

Al presentar fallas, en relación con los componentes de la lavadora de latas, existe la probabilidad de que el producto final sea rechazado y nuevamente se presenten fuertes pérdidas económicas, incluso con mayor seriedad puesto que, si las latas están con residuos de grasa no se puede codificar ni etiquetar para que el producto final, representando pérdidas económicas para la empresa.

Al igual que en el dosificador de latas y en la máquina Luthi, la lavadora de latas presenta fallos en el sistema de transmisión, el cual permite la entrada y salida de latas en la máquina; como también en el tablero de operaciones. Bajo este contexto, se deben aplicar las mismas medidas que se detallan en el AMEF respectivo de cada máquina.

Dependiendo del promedio de acuerdo con el NPR de cada modo de falla del nivel 2, se realiza el análisis de Pareto en la lavadora de latas.

TABLA 7  
ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE PARETO A LA LAVADORA DE LATAS.

Fallos	Promedio NPR	% Acumulado
Tablero de mando	36	40%
Motorreductor	18	60%
Sistema de lavado	12	73%
Bomba de presión	12	87%
Sistema de transmisión	12	100%

Luego del análisis de Pareto, se observa que el 73% son los componentes de la lavadora de latas a fallar y los que se deberían atender lo más pronto posible.

Se muestra la figura 5, correspondiente a los resultados mostrados en la tabla 7, en el cual se indican las tres zonas que caracterizan el análisis de criticidad por PR, estas son de las partes que afectan la confiabilidad de la lavadora de latas.

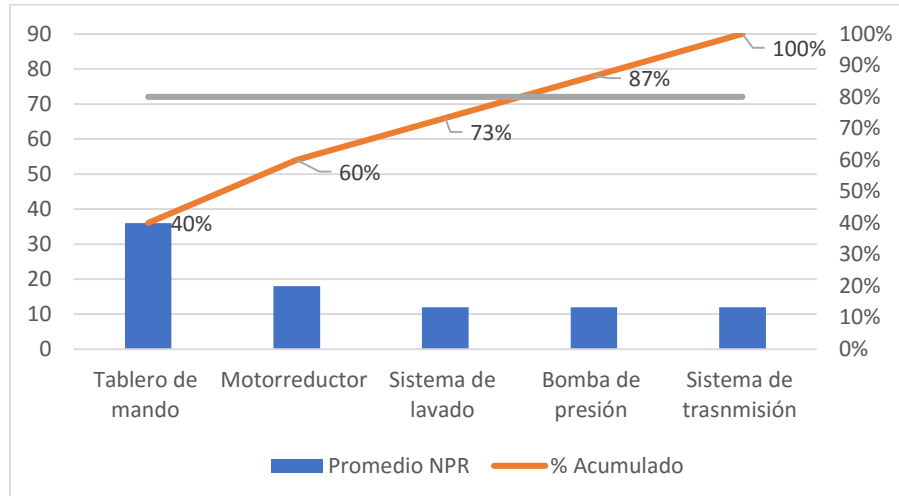


Fig. 5. Diagrama de Pareto a la lavadora de latas

Luego de analizar la figura 5 se puede afirmar que, el tablero de mando, el motorreductor y el sistema de lavado, se encuentran altamente críticos, los cuales permiten evidenciar, que disminuyen la confiabilidad de la máquina, representando el 73% del total, en donde se debe enfocar las tareas de mantenimiento preventivo para la posterior planificación.

#### (5) Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF) en la despaletizador de latas

El AMEF realizado a la despaletizador revela fallos en el tablero de mando, sistema de transmisión y en los motores. En ese sentido, al existir varios modos de fallos en los sistemas de la máquina se clasifica como semi crítico, esto se debe principalmente al alto riesgo que puede ocasionar un corto circuito en el tablero de mando, lo que puede producir que la máquina pueda operar e incluso representa un riesgo eléctrico para el operario, la excesiva presencia de humedad en el área de enlatado afecta directamente a los componentes eléctrico, por tal motivo se debe aplicar impermeabilizadores a todos los componentes electrónicos, incluyendo los tableros de mando.

Los modos de fallos en los motores de la despaletizador provocan un bajo rendimiento en la máquina, saliéndose del tiempo estándar, lo que representa un 20% de retraso referente al tiempo empleado para la producción de conservas de atún, sin embargo, los efectos potenciales que la falla en los motores puede ocasionar no son considerados severos o perjudiciales, esto también se refleja en las tareas a realizar, las cuales consisten en labores de reemplazo y engrase.

Siendo la alimentación de la máquina el principal modo de fallo a considerar, se debe tomar en cuenta los efectos potenciales que esto puede generar, tal es el caso de la acumulación de latas en la banda transportadora, generando obstrucción en la sección en mención, las abolladuras en las latas se deben a que al momento de trazar el camino de las latas chocan con los filos de los rieles que se encargan de guiar las latas hasta la empacadora de atún.

Dependiendo del promedio de acuerdo con el NPR de cada modo de falla del nivel 2, se realiza el análisis de Pareto en el despaletizador de latas.

TABLA 8  
ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE PARETO A LA DESPALETIZADOR

Fallos	Promedio NPR	% Acumulado
Tablero de mando	10	41%
Alimentación de la paletizadora	7.3	71%
Motor despaletizador	7	100%

Luego del análisis de Pareto, se observa que el 71% son los componentes del despaletizador a fallar y los que se deberían atender lo más pronto posible.

Se muestra la figura 6, correspondiente a los resultados mostrados en la tabla 8 para indicar las tres zonas que caracterizan el análisis de criticidad por NPR son de las partes que afectan la confiabilidad de la despaletizador.

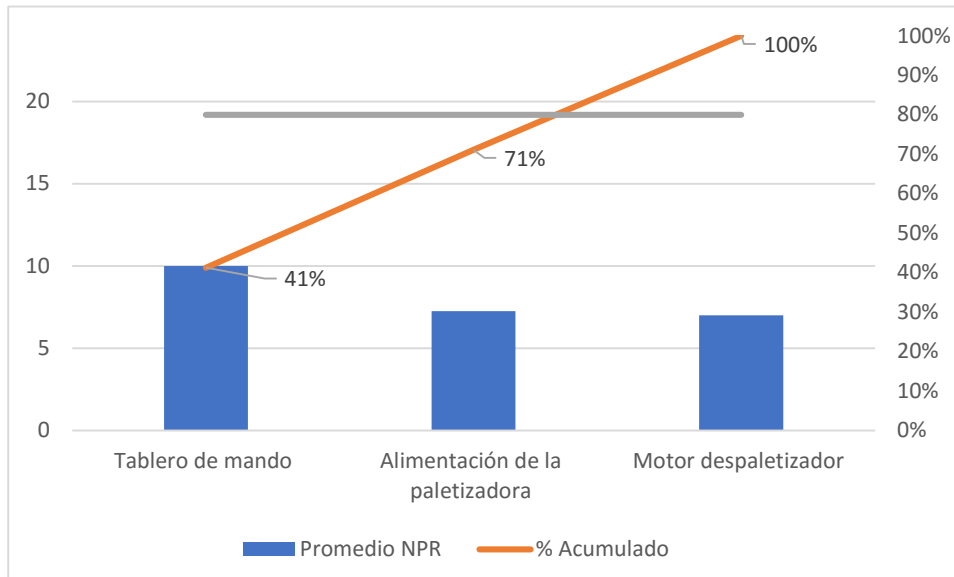


Fig. 6. Diagrama de Pareto al despaletizador de latas.

Luego de analizar la gráfica se puede afirmar que, el tablero de mando y la alimentación de entrada, se encuentran altamente críticos, los cuales disminuyen la confiabilidad de la máquina en mención, representando el 71% del total y en donde se debe enfocar las tareas de mantenimiento preventivo.

#### (6) Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF) en encestador hidráulico

El principal modo de falla en el encestador hidráulico se centra en el sistema hidráulico, los elementos del cilindro impiden un correcto flujo a presión del líquido el cual permite el accionar del encestador hidráulico, al no existir buena presión, los elementos de trabajo del sistema hidráulico, como el vástago de los pistones no realizan correctamente sus funciones, generando un sobre esfuerzo en cada uno de estos componentes, trayendo

como consecuencia desgaste en los pistones o engranajes, fuga de los retenes, pistones y cilindros pandeados, consecuencias que afectan al cilindro hidráulico limitando su función principal.

Dependiendo del promedio de acuerdo con el NPR de cada modo de falla del nivel 2, se realiza el análisis de Pareto en el encestador hidráulico de latas.

TABLA 9  
ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE PARETO EN EL ENCESTADOR HIDRÁULICO

Componentes	Promedio NPR	% Acumulado
Depósito de aceite	20	51%
Cilindro hidráulico	9.7	76%
Motor despaletizador	9.33	100%

Luego del análisis de Pareto, se observa que el 76% son los componentes cilindro hidráulico a fallar, los que se deberían atender lo más pronto posible, por el elevado porcentaje de falla demostrado.

Seguidamente, se muestra la figura 7 correspondiente a los resultados mostrados en la tabla 9 para indicar las tres zonas que caracterizan el análisis de criticidad por NPR son de las partes que afectan la confiabilidad del encestador.

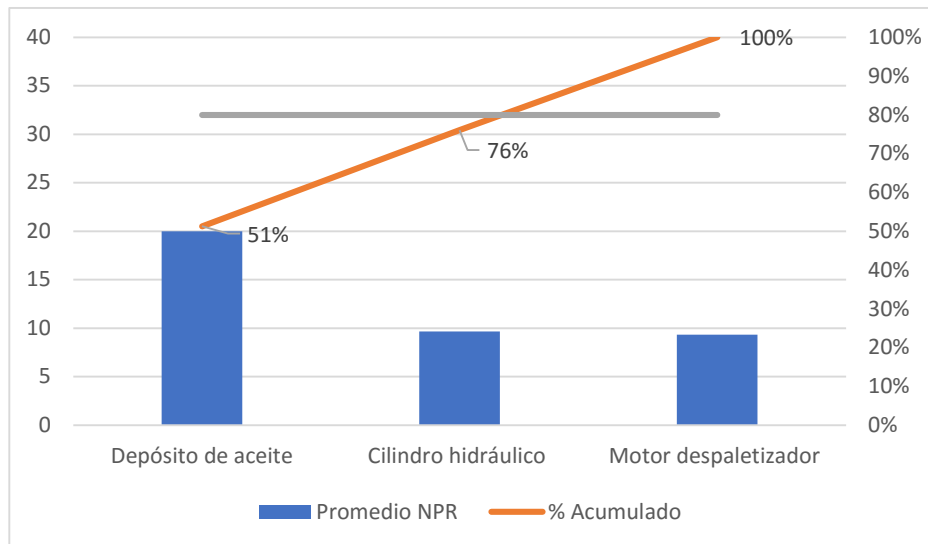


Fig. 7. Diagrama de Pareto para el encestador hidráulico

Luego de analizar la gráfica 7, se puede afirmar que, el depósito de aceite y el cilindro hidráulico, se encuentran altamente críticos, los cuales hacen que se disminuya la confiabilidad de la máquina, representando el 76% del total, en la cual se debe enfocar principalmente en las tareas de mantenimiento preventivo.

### C. PLAN DE MANTENIMIENTO

#### (1) Plan de mantenimiento recomendado para la cerradora de latas VARIN 400

TABLA 10  
1 PLAN DE MANTENIMIENTO MÁQUINA CERRADORA DE LATAS

PLAN DE MANTENIMIENTO					
Área:	Enlatado	Línea: Cerradoras VARIN 400			
Máquina	Componente	Clase	Trabajo	Tipo	Frec. en horas
Sistema de Alimentación	Cadenas de Rodillo	Revisión 1		Mecánico	300
	Cadenas de Rodillo	Cambio de Cadenas		Mecánico	17280
	Chumaceras	Revisión 1/ Cambio		Mecánico	250
	Sensor de Presencia de Latas	Revisión 3/ Alineación		Electrónico	250
Sistema de Alimentación de Tapas	Sensor Entrada de Tapas	Revisión 3/ Alineación		Electrónico	250
	Sensor de Presencia de Tapas	Revisión 3/ Alineación		Electrónico	250
	Actuadores Neumáticos	Revisión Estado		Mecánico	400
	Actuadores Neumáticos	Limpieza		Mecánico	2000
	Electroválvula alimentadora de tapas (2)	Revisión 3/ Limpieza		Mecánico	400
	Alimentador de tapas	Lubricación		Mecánico	50
	Separador de tapas (entrada)	Revisión 3/ Ajuste		Mecánico	50
	Lifters	Revisión 3/ Ajuste		Mecánico	200
	Rulinas 1ra Operación	Revisión 2/ Ajuste		Mecánico	200
	Resortes Rulinas 1ra Operación	Revisión 1/ Cambio		Mecánico	50
Sistema Cerradora	Rulinas 2da Operación	Revisión 2/ Ajuste		Mecánico	200
	Resortes Rulinas 2da Operación	Revisión 2/ Ajuste		Mecánico	50
	Mandriles	Revisión 1/ Ajuste		Mecánico	200
	Seguidores de Leva Rulinas de 1ra Operación	Revisión 1 Estado		Mecánico	200
	Seguidores de Leva Rulinas de 2da Operación	Revisión 1 Estado		Mecánico	200
	Seguidores de Leva Lifters	Revisión 1 Estado		Mecánico	200
	Leva Rulinas de 1ra Operación	Revisión 3 / Cambio		Mecánico	400
	Leva Rulinas de 2da Operación	Revisión 1 / Cambio		Mecánico	400
	Transmisión (Salida)	Revisión 1/ Tensionar		Mecánico	200
	Transmisión (Salida)	Cambio		Mecánico	17280
	Correa para levante de cabeza	Revisión 2 / Cambio		Mecánico	8640
	Cabezal de volanta	Revisión Nivel Aceite		Mecánico	100
	Codificador (Código en la Tapa)	Revisión 1 / Ajuste		Mecánico	100
	Rodamientos del Codificador	Revisión 1/ Lubricación		Mecánico	100
	Columnas (3 en el cabezal)	Engrasar		Mecánico	200
	Motor	Revisión Freno		Electrónico	1000
	Motor	Revisión de Amperaje		Electrónico	750
	Motor	Revisión 3		Electrónico	3600
	Eje Cerradora	Revisión 1 Acoples		Mecánico	200
	Eje Cerradora	Cambio Acoples		Mecánico	1000
	Reductor a Llenadora	Revisión Nivel Aceite		Mecánico	200
	Reductor a Llenadora	Cambio de Aceite		Mecánico	1000
	Dispositivo de Sincronización	Revisión 3		Mecánico	200
	Dispositivo de Sincronización	Cambio de Aceite		Mecánico	1000



Sistema de Salida de Latas Cerradas	Banda Transportadora (Salida)	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	300
	Motorreductores de la banda de salida	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductores de la banda de salida	Revisión 3	Mecánico	250
	Chumaceras banda de salida	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	250
	Foto sensor Banda de Salida	Revisión 4 / Alineación	Electrónico	250

(2) Plan de mantenimiento recomendado para máquina Luthi (llenadora)

TABLA 11  
PLAN DE MANTENIMIENTO MÁQUINA LLENADORA LUTHI

PLAN DE MANTENIMIENTO				
Área:	Enlatado	Línea: Máquina SP		
Máquina	Componente	Clase	Tipo	Frec. en horas
Sistema de Alimentación de Envases	Bandas de Transporte 1 y 2 (Doble Direccionada)	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	300
	Disco Giratorio y Guías	Revisión 1 / Ajuste	Mecánico	300
	Motorreductor Banda 1	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda 1	Revisión 3	Mecánico	200
	Motorreductor Banda 2	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda 2	Revisión 3	Mecánico	200
	Motorreductor del Disco	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor del Disco	Revisión 3	Mecánico	200
	Sensor Estrella de entrada	Revisión / Alineación	Electrónico	250
	Tornillo Sinfin Alimentación	Revisión 3	Mecánico	250
	Reductor Tornillo Sinfin	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Reductor Tornillo Sinfin	Revisión 3	Mecánico	200
	Estrella de alimentación	Revisión 3	Mecánico	250
	Fotosensor Banda de Entrada	Revisión 3/ Alineación	Electrónico	250
	Sensor banda 1	Revisión 4	Electrónico	250
	Fotosensor Can-Stop	Revisión 4 / Alineación	Electrónico	250
Sistema de Llenado Líquido de Cobertura	Cilindro No can-No fill	Revisión 1 Estado	Mecánico	400
	Cilindro No can-No fill	Limpieza	Mecánico	2000
	Electroválvula activadora del embolo no Can no Fill (5)	Revisión 4/ Limpieza	Mecánico	400
	Electroválvula activadora del embolo no Can no Fill (5)	Revisión 4	Electrónico	300
	Tanque líquido Cobertura	Limpieza 3	Mecánico	50
	Válvula Principal (llenado Aceite)	Revisión 4	Mecánico	400
	Flotador control de llenado	Revisión 3 Revisión 3/	Mecánico	200
	Gomas de sellado	Cambio		50
	Electroválvula para llenado del filtro ppal. (4)	Revisión 4/ Limpieza	Mecánico	400
	Electroválvula para llenado del filtro ppal. (4)	Revisión 4	Electrónico	300
	Válvula Paso Llenado	Revisión 3/ Limpieza	Mecánico	1000
	Estrellas Ciclo de Llenado	Revisión 1	Mecánico	250
	Cabezas articuladas	lubricación (grasa)	Mecánico	500
	Bujes	Lubricación (grasa)	Mecánico	150
	Válvulas Ciclo de Llenado	Revisión 1 (limpieza)	Mecánico	1000

(3) Plan de mantenimiento recomendado para máquina Luthi (empacadora)

TABLA 2  
PLAN DE MANTENIMIENTO MÁQUINA EMPACADORA LUTHI

PLAN DE MANTENIMIENTO				
Área:	Enlatado	Línea: Empacadora Luthi SP		
Máquina	Componente	Trabajo		
		Clase	Tipo	Frec. en horas
Carro	Tornillería	Revisión 1 / Cambio	Mecánico	50
	Cojinete 4-2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Rueda dentada y cadena	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Rodamientos 6204	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Maza rueda dentada y Disco embrague	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Bujes	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Crucetas	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
Motorreductor	Frentera, Uñas y Ejes de Uñas	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Rueda Dentada y cadena	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	480
	Eje 3-11	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	480
	Base motorreductor	Revisión 3/ Reparación	Mecánico	480
	Rodamientos internos NJ208	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	480
Caja de Excéntricas	Rodamientos NJ2209 y 6205	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	240
	Sellado de caja	Revisión 2/ Reparación	Mecánico	240
	Sprockets y cadena	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	240
	Rodamientos 51209 y 6309	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Seguidores 40S	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Retenedores	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Tornillería	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mandos	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Bufin	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Ejes 2-6, 2-8, 2-9 y 2-10	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Aceite Caja	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	400
Sistema de cortes	Cuchilla (1)	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	100
	Mec. Formato Buje 9-31	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. cuchilla Buje 10-2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. cuchilla Buje 10-8	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. cuchilla rod 32005	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. Fill Buje 8-3	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. Fill Buje 8-6	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. Fill Buje 8-7	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. Fill Buje 8-9	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. Fill Buje 8-12	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. Rod. 30205	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. formato rodamientos 6205	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. formato guías cuchillas	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Mec. formato guías formato	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
Sistema Expulsor de Atún	Tornillería	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Seguidores 40S	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	50
	Guías de bronce	Revisión 1/ Reparación	Mecánico	50
	Émbolos	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	50
	Rodamientos RAE 35	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	50
	Rodamientos NJ 206	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	50
	Buje 12-6	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	50
	Bujes 12-15	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	50
	Cojinete 12 -13	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	50

Caja de Piñones Cónicos	Cojinetes laterales 5-4	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	480
	Bujes 5-19	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Bujes 5-22	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Bujes 5-23	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Piñones 6-1,6-4, cadena 5/8 6-3	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	480
	Embrague de rodillo 8-25	Revisión 1/ Reparación	Mecánico	480
	Ejes 5-10	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	480
	Cojinetes inferiores 5-5	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	480
	Rod. 60-11 Reten. 40X65X10	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Piñones cónicos	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	480
	Bujes 5-15	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Bujes 5-16	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
Sistema de Bandas	Ejes poleas verticales 5-12	Revisión 1/ Reparación	Mecánico	240
	Rotulas Tornillería	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Biela 7-5	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Bujes 7-15	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Banda vertical derecha	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Banda vertical Izquierda	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Eje polea htal. Trasero	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Roda. 6008, 6206, Reten. 608010	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240
	Bujes 6-17	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	240

(4) Plan de mantenimiento recomendado para Dosificadora de líquidos.

TABLA 13  
PLAN DE MANTENIMIENTO DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS

PLAN DE MANTENIMIENTO				
Área:	Enlatado	Línea: Dosificadores de líquidos		
Máquina	Componente	Trabajo Clase	Tipo	Frec. en horas
Dosificador	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Dosificador	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Mecánico	200
	Cadena Transmisión Motorreductor	Revisión 2/ Ajuste	Mecánico	200
	Ejes Dosificador (3)	Revisión 3	Mecánico	200
	Chumaceras Ejes Dosificador (6)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Piñones Naranja Banda Plástica (3)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Banda Plástica	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación	Revisión 1	Mecánico	200
	Tuberías Entrada Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvulas Tubería Entrada Líquido	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Dosificador			
	Tubería Retorno Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvulas Tubería Retorno Líquido	Revisión 1 / Cambio	Mecánico	200
	Dosificador			
	Motor Bomba Retorno Agua	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Agua	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Agua	Revisión 1/ Limpieza	Mecánico	500
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Aceite	Revisión 3/ Limpieza	Mecánico	500
	Bomba Neumática Llenado Vinagre	Revisión 3 / Limpieza	Mecánico	500
	Tanque Elevado Dosificación Vinagre	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Tubería y Válvulas Tanque Vinagre	Revisión Fugas	Mecánico	200

Dosificador 1 Lb	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Dosificador	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Mecánico	200
	Cadena Transmisión Motorreductor	Revisión 2/ Ajuste	Mecánico	200
	Ejes Dosificador (2)	Revisión 3	Mecánico	200
	Chumaceras Ejes Dosificador (4)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Piñones Naranja Banda Plástica (2)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Banda Plástica	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación	Revisión 1	Mecánico	200
	Tuberías Entrada Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvulas Tubería Retorno Líquido Dosificador	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Motor Bomba Retorno Agua	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Agua	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Agua	Revisión 1/ Limpieza	Mecánico	500
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Aceite	Revisión 1 / Limpieza	Mecánico	500
Dosificador 4 Lbs	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Dosificador	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Cadena Transmisión Motorreductor	Revisión 2/ Ajuste	Mecánico	200
	Ejes Dosificador (2)	Revisión 3	Mecánico	200
	Chumaceras Ejes Dosificador (4)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Piñones Naranja Banda Plástica (2)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Banda Plástica	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación	Revisión 1	Mecánico	200
	Tuberías Entrada Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvulas Tubería Entrada Líquido Dosificador	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Tubería Retorno Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvulas Tubería Retorno Líquido Dosificador	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Motor Bomba Retorno Agua	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Agua	Revisión 1	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Agua	Revisión 1/ Limpieza	Mecánico	500
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Aceite	Revisión 1/ Limpieza	Mecánico	500
Dosificador Ventresca	Moto reductor Banda Dosificador	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Dosificador	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Dosificador	Revisión 3	Mecánico	200
	Cadena Transmisión Motorreductor	Revisión 2/ Ajuste	Mecánico	200
	Ejes Dosificador (2)	Revisión 3.4	Mecánico	200
	Chumaceras Ejes Dosificador (4)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Piñones Naranja Banda Plástica (2)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Banda Plástica	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación	Revisión	Mecánico	200
	Tuberías Entrada Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvulas Tubería Entrada Líquido Dosificador	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Tubería Retorno Líquido Dosificador	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Vál. Tubería Retorno Líq. Dosificador	Revisión 1 / Cambio	Mecánico	200
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba Retorno Aceite	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba Retorno Aceite	Revisión / Limpieza	Mecánico	500

(5) Plan de mantenimiento recomendado a la lavadora de latas.

TABLA 14  
PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA LAVADORA DE LATAS

PLAN DE MANTENIMIENTO				
Área:	Enlatado	Línea: Lavadoras		
Máquina	Componente	Trabajo Clase	Tipo	Frec. en horas
Sistema Bomba No. 1	Motor Bomba No. 1	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba No. 1	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba No. 1	Revisión 3/ Limpieza	Mecánico	500
	Acople Motor – Bomba No. 1	Revisión 3	Mecánico	200
	Pozo No. 1 (Agua Jabón)	Inspección – Limpieza	Mecánico	100
	Rejillas Pozo No. 1	Inspección/Reparación	Mecánico	200
	Termómetro Pozo No. 1	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Tubería Entrada Vapor Pozo No. 1	Revisión Fugas	Mecánico	100
	Válvula Control Entrada Vapor Pozo No.1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	100
	Tubería Succión Bomba No. 1	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Válvula Cebado Bomba No. 1	Revisión / Cambio	Mecánico	200
	Tubería Descarga Bomba No. 1	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Válvula Antes Filtro Salida Ppal. Bomba No. 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Filtro Salida Ppal. Bomba No. 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Válvula Cheque Salida Ppal. Bomba No. 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Válvula Antes Filtro Salida Aux. Bomba No. 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Filtro Salida Aux. Bomba No. 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Válvula Después Filtro Salida Aux. Bomba No. 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Manómetro Presión Agua Bomba No. 1	Revisión 1 / Cambio	Mecánico	200
Sistema Bomba No. 2	Motor Bomba No. 2	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motor Bomba No. 2	Revisión 3	Electrónico	3600
	Bomba No. 2	Revisión 3/ Limpieza	Mecánico	500
	Acople Motor – Bomba No. 2	Revisión 1	Mecánico	200
	Tubería Succión Bomba No. 2	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Válvula Cebado Bomba No. 2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Tubería Descarga Bomba No. 2	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Válvula Antes Filtro Salida Principal Bomba No. 2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Filtro Salida Principal Bomba No. 2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Válvula Cheque Salida ppal. Bomba No. 2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Motorreductor Banda Lavadora No. 1	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Lavadora No. 1	Revisión 1	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Lavadora No. 1	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Lavadora No. 1	Revisión 1	Mecánico	200
	Cadena Transmisión Motorreductor	Revisión 2 / Ajuste	Mecánico	200

Lavadora No. 1 (1/2 Lb)	Válvula Paso Entrada Agua Jabón (Amarilla)	Revisión 1 / Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación Agua Jabón	Revisión 1	Mecánico	200
	Tubería Retorno Agua Jabón	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Tubería Entrada Agua Enjuague	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Válvula Paso Entrada Agua bomba 1	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación Agua Enjuague	Revisión 1	Mecánico	200
	Tubería Retorno Agua Enjuague (Naranja)	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Estructura Metálica Lavadora No. 1	Revisión 1 / Reparación	Mecánico	200
Lavadora No. 2 (1/2 Lb)	Motorreductor Banda Lavadora No. 2	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Lavadora No. 2	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Lavadora No. 2	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Lavadora No. 2	Revisión 3	Mecánico	200
	Cadena Transmisión Motorreductor	Revisión 1 / Ajuste	Mecánico	200
	Tubería Entrada Agua Jabón	Revisión Fugas	Mecánico	200
	Válvula Paso Entrada Agua bomba 2	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Flauta (s) Dosificación Agua Jabón	Revisión 1	Mecánico	200
	Tubería Retorno Agua Jabón (Amarilla)	Revisión Fugas	Mecánico	200

(6) Plan de mantenimiento programado para despaletizador

TABLA 15  
PLAN DE MANTENIMIENTO DESPALETIZADOR

PLAN DE MANTENIMIENTO				
Área:	Enlatado	Línea: Despaletizador		
Máquina	Componente	Trabajo Clase	Tipo	Frec. en horas
Alimentación y Ascensor Estibas	Motorreductor Avance Alimentación de Estibas	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Avance Alimentación de Estibas	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Avance Alimentación de Estibas	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Avance Alimentación de Estibas	Revisión 3	Mecánico	200
	Cadena Paso 120 – 1 (Avance de Estibas)	Revisión 2/ Ajuste	Mecánico	200
	Chumaceras 1.1/4 (12)	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200
	Motorreductor Accionamiento Ascensor	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Accionamiento Ascensor	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Accionamiento Ascensor	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Accionamiento Ascensor	Revisión 3	Mecánico	200
	Balinerías Ascensor (4)	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200
	Estructura General Paletizador	Pintura	General	1200
Transporte Envases a Elevador Magnético	Motorreductor Banda Intralox (Principal)	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Intralox (Principal)	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Intralox (Principal)	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Intralox (Principal)	Revisión 3	Mecánico	200
	Banda Intralox (Principal)	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	200
	Sprockets Banda Intralox (Principal)	Revisión 1/ Cambio	Mecánico	200

Transporte Envases a Elevador Magnético	Chumaceras Banda Intralox (Principal)	Revisión 1 / Cambio	Mecánico	200
	Motorreductor Banda Intralox (Auxiliar)	Revisión de Amperaje	Electrónico	750
	Motorreductor Banda Intralox (Auxiliar)	Revisión 3	Electrónico	3600
	Motorreductor Banda Intralox (Auxiliar)	Cambio de Aceite	Mecánico	1000
	Motorreductor Banda Intralox (Auxiliar)	Revisión 3	Mecánico	200
	Cadena de Transmisión Banda Intralox	Revisión 2 / Ajuste	Mecánico	200
	Auxiliar			
	Banda Intralox Auxiliar	Revisión 2/ Cambio	Mecánico	200
	Sprockets Banda Intralox Auxiliar	Revisión 3/ Cambio	Mecánico	200

22

#### D. INDICADORES DE DESEMPEÑO

##### (1) Tiempo medio de reparación

Para el cálculo del MTTR se tomará en consideración el año 2019, donde se reportó un total de 227 horas en reparación a toda la línea de producción del área de enlatado, registrando un total de 62 reparaciones en todos los equipos que conforman esta línea.

Partiendo de estos datos, al aplicarse un caso ideal para el cálculo del MTTR, se estima que, con la implementación del plan de mantenimiento preventivo propuesto para la empresa EUROFISH, tanto el tiempo empleado en reparación y el total de arreglos en cada equipo, presentando una disminución del 12% y 15% respectivamente. Luego se procede a realizar el cálculo del MTTR:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo en reparación}}{\text{Total de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{200}{53}$$

$$MTTR = 3,77$$

##### (2) Tiempo medio de falla

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\text{total de paradas}}$$

$$MTBF = \frac{1320 - 227}{304}$$

$$MTBF = 3,59$$



### (3) Disponibilidad del equipo

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Tiempo total disponible} + \text{Tiempo en reparación}} \times 100$$

$$MTBF = \frac{1320}{1320 + 200} \times 100$$

$$MTBF = 87\%$$

## IV. CONCLUSIONES

Se logra diseñar un plan de mantenimiento eficiente basado en el método RCM a toda la línea de producción del área de enlatado de la industria de conservas de atún de la Empresa EUROFISH de Manta.

El análisis de criticidad por NPR demostró que los equipos más críticos son la cerradora de latas y la máquina Luthi. En ese sentido, la cerradora de latas es considerada crítica debido al constante desgaste que presenta en sus componentes internos.

De igual forma, se realizó el análisis del diagrama de Pareto para identificar cuáles son los sistemas de cada equipo presentes en la línea de producción que están próximos a generar un fallo o avería y requieren de medidas tanto correctivas como preventivas.

Se encontró que el mejor indicador para medir la confiabilidad es el tiempo promedio entre paradas (MTBF) que indica un incremento en la confiabilidad del equipo y una mejora en la calidad de los trabajos de mantenimiento a 3,59, lo que se refleja en la disponibilidad de los equipos de la línea de producción.

El plan de mantenimiento propuesto se logra un 87%, lo que se considera un porcentaje aceptable dada la situación de la empresa.

Se le propuso a la dirección de la empresa EUROFISH la aplicación de este modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad en las otras cinco líneas de producción y en toda la planta por los resultados obtenidos en esta investigación, demostrando que su aplicación puede expandirse o replicarse en cualquier industria atunera.

Es importante destacar, por otro lado, la relación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM y el programa Sismac para la adecuada gestión de las actividades dentro de la planta, pero no solo a este software sino a cualquiera relacionado con la gestión de mantenimiento. Por ser esta metodología ampliamente aplicable en sistema de equipos industriales, teniendo gran reconocimiento en el mundo [12].

En correspondencia con los beneficios económicos que se pueden obtener con la implementación de este plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, estos se obtienen sobre todo en la reducción de tiempos muertos en producción y pasar de mantenimiento correctivo a preventivo. Significa tener confiabilidad en la máquina al momento de producir, sin tener fallos imprevistos. Ejemplo: en la línea corren 150 latas de atún por minuto, si se detiene un minuto, la selladora por fallas imprevistas dejará de producir 150 latas de atún, que tienen un valor de pérdida o más bien de no ganancia de aproximadamente unos \$110.00 USD, ese es el costo real de la fábrica cuando la línea para un minuto.

## REFERENCIAS

- [1] B. Kazaz, T. Sloan, "The impact of process deterioration on production and maintenance policies," *European Journal of Operational Research*, vol. 227, no. 1, pp. 88-100, 2013.



- [2] Integra Markets, *Gestión y planificación del mantenimiento industrial*, Lima: Escuela de Gestión Empresarial, 2017.
- [3] O. Campos-López, G. Tolentino-Eslava, M. Toledo-Velázquez, "Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos," *Científica*, vol. 23, n° 1, pp. 51-59, 2019.
- [4] A. Díaz-Concepción, L. Villar-Ledo, J. Cabrera-Gómez, A. S. Gil-Henríquez, R. Mata-Alonzo, A. J. Rodríguez-Piñero, "Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica," *Ingeniería Mecánica*, vol. 19, n° 3, pp. 137-142, 2016.
- [5] C. R. Vishnu, V. Regikumar, "Reliability based maintenance strategy selection in process plants: a case study," *Procedia technology*, vol. 25, n° 1, pp. 1080-1087, 2016.
- [6] Y. Alfonso-Padura, A. E. García-Tol, A. Díaz-Concepción, A. J. Rodríguez-Piñero, M. B. Hourné-Calzada, G. Cedrón-Pérez, "Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos," *Revista de Ingeniería Energética*, vol. 48, n° 3, pp. 224-230, 2017.
- [7] J. Barrios, "Análisis y diagnóstico de los tipos de mantenimiento en la pequeña y gran minería aurífera en la subregión del Bajo Cauca, Antioquia," *Servicio Nacional de Aprendizaje SENA*, vol. 1, n° 1, pp. 17-24, 2018.
- [8] G. A. Mora, *Mantenimiento estratégico para empresas generales o de servicio*, Medellín: AMG, 2008, pp. 30-130.
- [9] A. Daquinta-Gradaille, C. Pérez-Olmo, "Metodología de Análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH," *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 8, n° 2, pp. 55-61, 2018.
- [10] A. Enríques-Gaspar, A. Díaz-Concepción, L. Villar-Ledo, A. Castillo-Serpa, A. J. Rodríguez-Piñero, A. Alfonso-Álvarez, "Tecnología para el análisis de criticidad de los sistemas tecnológicos en empresas biofarmacéuticas," *Ingeniería Mecánica*, vol. 23, n° 1, pp. 1-11, 2020.
- [11] E. Zambrano, A. T. Prieto, R. Castillo, "Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior," *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, vol. 17, n° 3, pp. 495-511, 2015.
- [12] O. Campos-López, G. Tolentino-Eslava, M. Toledo-Velázquez, R. Tolentino-Eslava, "Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos," *Científica*, vol. 23, n° 1, pp. 51-59, 2019.