

Design proposal of a Maintenance Management System for the Company Pesquera Pacasmayo E.I.R.L.

Cubas Rodríguez, Julio Cesar¹; Pretel Chigne, Lisbeth Paola²; Quezada Ramos, Erick Daniel³; Santamaría Loro, Carla Mercedes⁴; Valencia Vargas, Nathaly Yasmin⁵; Yépez Pérez, Amanda Yuxuha⁶

¹Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, julio.cubas@upn.edu.pe

Abstract – The purpose of this research is to implement preventive maintenance using the tools of: Predictive Maintenance and Total Productive Maintenance (TPM) in the company Pesquera Pacasmayo E.I.R.L.; since, after identifying the constant problems in the production area, it was identified that the main causes of these problems arise from deficiencies in maintenance. The study has a pre-experimental design, in which data collection techniques and instruments were used, specifically in the analysis of information on the company's production and maintenance processes. First, a diagnosis of these areas was carried out to identify the problems that directly affect productivity, in order to determine the maintenance tools to apply; then, the Mean Time Between Failures was found, considering the work data in real time and the number of failures, finding the value of 40 hours for the main machine, 70.94 hours for the hydraulic generator and 54.36 hours for the refrigeration compressor; Average Time Between Repairs, considering the data on the downtime due to breakdown and the number of breakdowns, where the value of 5 hours was found for the main machine, 3.5 hours for the hydraulic generator, and 4 hours for the refrigeration compressor. Regarding availability, 89% was found for the main machine, 95% for hydraulic generators and 93% for refrigeration compressors. Similarly, preventive maintenance was applied to minimize these problems. Total Productive Maintenance (TPM) was also applied, where an increase in productivity is reflected; as well as, an increase of the Total Effectiveness of the team to 15%.

Keywords: MTBF, MTTR, Availability, Preventive Maintenance, TPM.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.57>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Design proposal of a Maintenance Management System for the Company Pesquera Pacasmayo E.I.R.L.

Cubas Rodríguez, Julio Cesar¹; Pretel Chigne, Lisbeth Paola²; Quezada Ramos, Erick Daniel³; Santamaría Loro, Carla Mercedes⁴; Valencia Vargas, Nathaly Yasmin⁵; Yépez Pérez, Amanda Yuxuha⁶

¹Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, julio.cubas@upn.edu.pe

Abstract – The purpose of this research is to implement preventive maintenance using the tools of: Predictive Maintenance and Total Productive Maintenance (TPM) in the company Pesquera Pacasmayo E.I.R.L.; since, after identifying the constant problems in the production area, it was identified that the main causes of these problems arise from deficiencies in maintenance. The study has a pre-experimental design, in which data collection techniques and instruments were used, specifically in the analysis of information on the company's production and maintenance processes. First, a diagnosis of these areas was carried out to identify the problems that directly affect productivity, in order to determine the maintenance tools to apply; then, the Mean Time Between Failures was found, considering the work data in real time and the number of failures, finding the value of 40 hours for the main machine, 70.94 hours for the hydraulic generator and 54.36 hours for the refrigeration compressor; Average Time Between Repairs, considering the data on the downtime due to breakdown and the number of breakdowns, where the value of 5 hours was found for the main machine, 3.5 hours for the hydraulic generator, and 4 hours for the refrigeration compressor. Regarding availability, 89% was found for the main machine, 95% for hydraulic generators and 93% for refrigeration compressors. Similarly, preventive maintenance was applied to minimize these problems. Total Productive Maintenance (TPM) was also applied, where an increase in productivity is reflected; as well as, an increase of the Total Effectiveness of the team to 15%.

Keywords: MTBF, MTTR, Availability, Preventive Maintenance, TPM.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es uno de los pilares fundamentales de las empresas productoras y de servicios; las cuales han ido evolucionando a través del tiempo, pasando de un manejo de costos a un punto central de beneficios, con la finalidad de generar valor en sus actividades; eliminando los costos originados por el mal funcionamiento de las maquinarias en los distintos procesos productivos. El mantenimiento genera excelentes beneficios, evita accidentes laborales, elimina o reduce el lucro cesante ocasionado por averías de los equipos, lo que permite reducir los costos e incrementar la vida útil de los mismos. Para esto, es necesario un adecuado análisis de los

equipos y sus fallas, basándose en el historial de la maquinaria, para la evaluación crítica mediante los indicadores de gestión de mantenimiento [2]. De igual manera, es importante contar con las herramientas que se van a desarrollar en esta investigación, tales como: el Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Productivo Total TPM.

Esta investigación tiene como objetivo analizar la problemática que existe actualmente en la empresa Pesquera Pacasmayo E.I.R.L (Empresa Individual de Responsabilidad Limitada), debido a una limitada gestión del mantenimiento, lo cual ha generado retrasos e incumplimiento en las labores que se realizan, debido a un desconocimiento del tema y falta de capacitación del personal que realiza dichas labores. Es por ello que, se analiza todas las variables que afectan directa e indirectamente en las actividades que se realiza en la empresa, con la finalidad de tener las herramientas para mejorar la gestión de mantenimiento, aplicada en los equipos y máquinas críticas.

Por otro lado, se denominan “Indicadores de Clase Mundial” a aquellos que son utilizados como valor de referencia en todos los países, con el objeto de constatar si el desempeño organizacional es el más adecuado. Se realizan mediciones de los procesos a fin de llevar a cabo un control, con la finalidad de verificar si las acciones que se realizan se encuentran dentro de los parámetros preestablecidos, y si se están tomando las decisiones más acertadas; en otras palabras, que se esté realizando una adecuada gestión [11].

Con respecto al Mantenimiento Productivo Total (TPM), este es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal, desde operadores hasta la alta dirección, en donde se realizan las acciones con soporte de pequeños grupos [6].

Así mismo, el Mantenimiento Preventivo se define como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por: usuarios, operadores, y mantenimiento, para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios, máquinas, equipos. Su finalidad es encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas [7].

[2] Cabe resaltar que, los trabajos de mantenimiento bien realizados reducen un gran número de averías en equipos, lo cual es directamente proporcional a un buen equipo de trabajo, lo que permite mejorar el ambiente de trabajo, la confianza de los maquinistas aumenta y facilita que estos participen en la eficiencia de la máquina.

[8] Realizar un plan de mantenimiento es un trabajo que requiere de mucha formación. La persona encargada debe tener formación teórica en relación a máquinas y realizar trabajo de campo para poder conocer a profundidad la gestión a realizar. La experiencia también es un factor importante que es de gran ayuda y soporte en el desarrollo de este tipo de proyectos.

Es por ello que, la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo, permitirá incrementar el tiempo de vida útil de sus equipos críticos, evitando futuros contratiempos y retrasos en la programación de sus actividades, las cuáles serán medidas gracias a indicadores de mantenimiento y evaluadas constantemente gracias a un sistema de mejora continua.

[10] En la tesis de Triana C., de la ciudad de Bogotá, Colombia, en el año 2018, "Propuesta de implementación del TPM y de la herramienta OEE para la empresa Proyectos y Equipos Metalmecánicos S.A.S.", tuvo como objetivo principal diseñar una propuesta de implementación, empleando algunos pilares del TPM y el OEE, para mejorar el desempeño de la operación, reduciendo las paradas no programadas, las averías de la planta y los equipos, con la finalidad de mejorar la eficiencia y ciclo de vida de las máquinas, equipos y herramientas. El enfoque de la investigación fue cuantitativo. Con respecto a sus resultados, luego de aplicar el análisis del OEE para el electro soldador Lincoln, una de las máquinas con mayor desgaste en el proceso de producción, pues su funcionamiento es constante por el proceso que maneja la empresa, se obtuvo un 61%. De igual manera, al aplicar el TPM en los algunos de los pilares, se obtuvieron los siguientes resultados: con respecto a la mejora enfocada, pasó de un 67% a un 91%; en cuanto al mantenimiento autónomo, pasó de un 58% a un 88%; en el mantenimiento planeado, se incrementó de un 58% al 90%; con respecto al aseguramiento de la calidad, aumentó de un 42% al 79% y, por último, la seguridad y gestión ambiental, pasó de un 58% a un 78%.

[1] Por otro lado, la tesis de Alarcón, A., de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, en el año 2014, "Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico" tuvo como objetivo primordial demostrar que, por medio de las herramientas de Lean Manufacturing, los indicadores en los procesos de producción permiten incrementar la productividad en planta; de igual manera, propuso un modelo de cálculo de la productividad para planificar su extensión e implementación, mediante el estudio del OEE. En este caso, la investigación tuvo un diseño de tipo secuencial y recogió la información de las variables de

interés mediante un estudio de campo. Con respecto a los resultados, se encontró un OEE total del mes de 57,31%, en donde se consideró la sumatoria de todos los tiempos potenciales de producción, los tiempos disponibles, las producciones buenas y defectuosas, y las producciones esperadas del período; esto significa que, se puede producir 42,69% más con los mismos recursos o, se puede fabricar lo mismo con el 57,31% de los recursos actualmente utilizados. Es importante mencionar que el análisis del OEE sirvió como base para determinar la herramienta Lean aplicada a la mejora, en este caso, el SMED (Single-Minute Exchange of Die).

[4] En relación a la tesis de Cáceres, O. y Gamez, J., de la ciudad de Lima, Perú, en el año 2019, con el título "Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado, empresa JCB Estructuras S.A.C., 2019", tuvo como objetivo primordial determinar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019. Sobre su investigación, esta fue de tipo aplicada no experimental, ya que, mediante la aplicación del TPM se buscó mejorar la productividad en el proceso de granallado y se llevó a cabo sin manipular las variables independientes; también fue de nivel descriptiva – explicativa, ya que se analizaron las causas y efectos de las variables de la investigación. En cuanto a los resultados, se demostró que mediante la aplicación del Mantenimiento Productividad Total (TPM), con enfoque en la creación de un plan de mantenimiento preventivo, se logró mejorar la productividad del proceso de granallado, incrementándose en un 22.86%; así como, la eficiencia del proceso de granallado incrementó en un 16.17% y la eficacia de la máquina granalladora incrementó en un 17.81%. En resumen, todo ello favoreció en la mejora de la productividad del proceso de granallado, obteniendo un porcentaje del 84.90%.

[3] De igual importancia, se tiene la tesis de Cáceres, C., de la ciudad de Lima, Perú, en el año 2018, "Propuesta de mejora de la eficiencia global de los equipos orientado en el TPM para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica", que tuvo como objetivo principal incrementar el OEE con una metodología que facilite mejorar los procesos de envasado de la línea L05 para la elaboración de bebidas gasificada de la empresa Arca Continental. En esta investigación se analizaron las siguientes metodologías: Mantenimiento Productivo Total (TPM), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y Justo a tiempo (JIT). De manera que, con respecto a sus resultados, se realizó el cálculo del OEE previo a la implementación del TPM, siendo este de 67.6%, que, luego de la mejora, se incrementó a un 76.2%, logrando un 8.5% de mejora, con un ahorro mensual de paradas imprevistas operacional y de equipos hasta S/945,896.00.

[9] Finalmente, la tesis de Romero, W. y Vásquez, A., de la ciudad de Trujillo, Perú, en el año 2020, con su tesis titulada

“Propuesta de TPM para mejorar OEE de máquinas tapadoras Mondini en la Empresa Agroindustrial Virú S.A”, tuvo como objetivo principal elaborar una propuesta de Mantenimiento Productivo Total para mejorar OEE de Máquinas Tapadoras Mondini en la Empresa Agroindustrial Virú S.A. Esta investigación fue de tipo aplicada con diseño no experimental. Por consiguiente, se encontró que la propuesta del TPM, permitió una mejora del indicador OEE en un 19.0% de las máquinas tapadoras Mondini; cabe resaltar que, dentro de la elaboración del TPM, se propuso los planes de mantenimiento preventivo, mantenimiento planificado, mantenimiento autónomo, capacitaciones a los operadores de máquinas y personal de mantenimiento, actividades de mejoras para reducir los productos no conformes y actividades de mejoras para aumentar en el rendimiento de la máquina.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tiene como unidad de estudio a la empresa Pesquera Pacasmayo E.I.R.L., la cual se dedica a la pesca, explotación de criaderos de peces y granjas piscícolas; como empresa pesquera, la protección del ecosistema marino es de vital importancia. La investigación fue de carácter exploratorio y descriptivo. Además, para la recolección de datos, se empleó datos históricos basados en antecedentes de empresas del mismo rubro, mencionados anteriormente.

Para implementar un sistema de gestión de mantenimiento se necesitará de las siguientes herramientas:

- **Mantenimiento Producido Total (TPM):**
Con la aplicación de dicha herramienta, se contribuirá con la empresa Pesquera Pacasmayo E.I.R.L en la reducción de los desperdicios en el área de producción, con un sistema basado en buscar mejoras. Además, con la propuesta, se busca resolver las causas que generan los problemas en el área, de tal manera que se pueda obtener una mejora en la efectividad de los equipos, mejorar la calidad, disminuir los tiempos muertos y aumentar la productividad.
- **Plan de Mantenimiento Preventivo:**
Con el Mantenimiento Preventivo, se busca evitar las averías en el motor principal, actuando antes de que puedan ocurrir los problemas, normalmente se hace sustituyendo piezas de desgaste antes del fin de su vida útil estimada; también puede tratarse de acciones de limpieza y lubricación. Es importante tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, basarse en protocolos genéricos o en un análisis de fallos potenciales.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una clasificación de máquinas y equipos a través de una Matriz de Criticidad (Calificación Cuantitativa), de esta manera se identificaron las máquinas altamente

críticas. Según el formato de Matriz de Criticidad y rangos, se determinó la máquina principal y aquellas de clase A, que su parada o mal funcionamiento, afecta significativamente a los resultados de la empresa. Por ello, luego de haber identificado las máquinas críticas, se procedió a aplicar las técnicas del mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y TPM.

Tabla 1.

Matriz de Criticidad de la Empresa Pesquera Pacasmayo E.I.R.L.

MATRIZ DE CRITICIDAD EN LA EMPRESA PESQUERA PACASMAYO E.I.R.L. (Calificación Cuantitativa)								
GRUPO	Maquinaria y Equipos	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Costo de reparación	Impacto en la seguridad	Impacto ambiental	Valor de criticidad	Criticidad
SISTEMA DE PROPULSIÓN	Máquina principal - Motor principal	7	5	7	5	5	38.4	AC
SISTEMA ELÉCTRICO	Motor Generador	5	1	3	5	1	12	MC
SISTEMA HIDRÁULICO	Generados Hidráulicos	5	5	7	5	5	26	AC
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Compresor de refrigeración	5	3	7	7	7	29	AC
SISTEMA NEUMÁTICO	Compresor de aire	3	1	3	5	1	7.2	BC
BOTES AUXILIARES	Motor Panga	3	1	3	1	5	7.2	BC

Fuente: Elaboración propia

Al no encontrar paradas por fallas mecánicas, se trabaja 2 turnos por día de 12 horas cada uno. Su cargo de trabajo por máquina de clase A, se muestran a continuación.

Tabla 2.

Carga de trabajo por máquina

CLASE A		
GRUPO	Maquinaria y Equipos	Carga de trabajo (horas)
SISTEMA DE PROPULSIÓN	Máquina principal - Motor principal	24
SISTEMA HIDRÁULICO	Generados Hidráulicos	8
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Compresor de refrigeración	24

Fuente: Elaboración propia

La Empresa Pesquera Pacasmayo E.I.R.L realizó un análisis mensual de las máquinas más críticas. Para esto, se clasificó la data recogida durante el monitoreo de la condición del equipo. Se realizó el cálculo de los indicadores de mantenimiento para las tres máquinas críticas, las cuales son: máquina principal - motor principal, generadores hidráulicos, compresor de refrigeración.

Tabla 3.
Indicadores de Mantenimiento

	Máquina principal - Motor principal	Generados Hidráulicos	Compresor de refrigeración
MIBF	40	70.94	54.36
MTIR	5	3.5	4
DISPONIBILIDAD	89%	95%	93%

Fuente: Elaboración propia

3.1. Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM):

La empresa realizará un mantenimiento productivo total a sus máquinas críticas, como son la máquina principal (Embarcación) y compresor de refrigeración. La capacidad de producción para la máquina principal es 15 toneladas por hora. Se registra en la máquina principal, un número total de 14 averías con un tiempo de paro de 5 horas por avería, durante los 30 días al mes que se trabaja. Además, existe un tiempo perdido por mantenimiento programado de 45 horas mensuales; por averías y falta de mantenimiento, al mes se perdió 385 toneladas de anchoveta (materia prima- anchoveta juvenil), siendo 7575 toneladas de anchoveta apta y conforme que cumplen con todas las especificaciones.

Así mismo, el compresor de refrigeración tiene una capacidad de producción de 14 toneladas por hora. Se registra un número total de 11 averías con un tiempo de paro de 4 horas por avería, durante los 30 días al mes que se trabaja. Además, existe un tiempo perdido por mantenimiento programado de 48 horas mensuales; por averías y falta de mantenimiento en el sistema de refrigeración, en la bodega de materia prima, al mes se perdió 425 toneladas de anchoveta (merma), siendo 7150 toneladas de anchoveta apta y conforme para ser transportada y entregada al cliente.

El objetivo es representar las oportunidades de mejoras de los índices de disponibilidad, efectividad y calidad. De esta manera, al mejorar el resultado del OEE, se lograría incrementar las unidades de producción con menores averías potenciales y menores desviaciones por calidad para el cumplimiento en el tiempo establecido.

Tabla 4.
Cálculo de OEE de Motor Principal

	ACTUAL	MEJORADO
	Máquina principal - Motor principal	
DISPONIBILIDAD	80%	90%
RENDIMIENTO	92%	95%
CALIDAD	95%	98%
OEE	70%	83%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los resultados para esta producción, la cual mejoraría notablemente en la máquina principal

(Embarcación) de 70% a 83 %; por lo tanto, mejoraría como máximo hasta un 13% de OEE. Para el compresor de refrigeración se calculó un 71% que se mejoró a 86%, en una variación de 15%, concluyendo que el indicador de cumplimiento del OEE es aceptable.

[5] Cabe resaltar que, según (Morales, 2013) se establece un nivel porcentual con respecto a las líneas de producción parcial o total.

- OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
- 65% < OEE < 75% Regular. Aceptable solo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
- 75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85% y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
- 85% < OEE < 95% Buena. Entra en valores World Class. Buena competitividad.
- OEE > 95% Excelente. Valores World Class. Excelente competitividad.

En la medida en que los operarios realicen los procesos de mantenimiento autónomo, el trabajo del departamento de mantenimiento disminuirá, paralelamente las fallas en las máquinas también.

Luego del análisis mencionado anteriormente, las actividades globales de mantenimiento se aligeran; por lo que, en esta etapa del proceso, se centró en su propia organización y estableció un programa de mantenimiento autónomo.

Tabla 5.
Control de Mantenimiento Autónomo

CONTROL DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
Observaciones		
Máquina	PRODUCCIÓN	Informar al jefe de taller sobre defectos e irregularidades antes, durante y después del trabajo con el equipo.
Marca	VOLVO PENTA	
NORMAS A CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL MÁQUINA		
Detectar Falla		
Verificar y evaluar		
Autorizar arreglo		
Reparar internamente y/o externamente		
Montaje y prueba		
NORMAS DE SEGURIDAD		
No operar el equipo si observa un aumento de presión inadecuada, puede ser peligroso y causar un accidente.		
Respetar el diseño original del equipo, no quitar elementos de seguridad, no modifique los ajustes de presión.		
Jamás intervenga el equipo en condiciones de operación, los ajustes se realizarán con el equipo apagado.		
Uso de todos los elementos de protección personal.		

Fuente: Elaboración propia

3.2. Plan de Mantenimiento Preventivo

Desde la inspección realizada para cada equipo, es indispensable la recopilación de la información de cada uno de ellos, una ficha técnica que cuente con detalles técnicos útiles para las tareas de mantenimiento, información que especifique los tipos de combustible (aceites y refrigerantes), parámetros de operación, peso, potencia, rpm, entre otros. Por ello, se elaboró un formato de la ficha técnica del motor de la máquina principal de la empresa.

De igual forma, se elaboró la matriz AMFE con las máquinas críticas como son: el motor principal de la embarcación y el compresor de refrigeración, encargado de mantener fresco la materia prima (anchoveta), definiendo la importancia relativa de las fallas, sus causas y efectos.

Se pudo observar que el mayor NPR pertenecía al fallo del componente BEILA, con un valor de 128. También se analizaron los valores de severidad, ocurrencia y detección. El mayor valor de severidad fue para el desgaste severo del componente BEILA, cuya falla fue por falta e inadecuada lubricación; es por ello que, se debe prestar mayor atención a este proceso y a las acciones correctivas recomendadas.

La planificación del mantenimiento se enfocó en las actividades de: inspección, lubricación, limpieza, ajuste mecánico, conservación y eliminación de desperdicios.

La empresa no cuenta con un registro de historial de fallas de los equipos; por tal motivo, es necesario que la empresa cuente con uno. De igual manera, es importante que los responsables de las máquinas implementen las fallas y reporten sobre las fallas más frecuentes. Para esto, se propone un diseño de un registro de historial de fallas, con la finalidad de identificar las causas de origen e implementar formatos de acciones correctivas. Al realizar estos registros, se reducen los riesgos de fallas de las máquinas y se puede asegurar el funcionamiento de las máquinas.

Tabla 6.

Formato de Bitácora - Fallas de equipos

PESQUERA PACASMAYO E.I.R.L.	FORMATO DE REGISTRO DE HISTORIAL DE FALLAS - BITÁCORA		
<i>Nombre del Equipo:</i>	<i>Fecha:</i>		
<i>Zona del Equipo:</i>	<i>Hora:</i>		
<i>Reportante:</i>	<i>Tipo de falla:</i>		
<i>Turno de trabajo:</i>	Mecánica:	Eléctrica	Neumática
<i>Técnico Asignado:</i>	<i>Otro:</i>		
DATOS DEL INCIDENTE DE LA FALLA			
1. Descripción de Falla			
2. Causa de la Falla			
3. Primeras medidas tomadas			
4. Observaciones			
Gestor de Productividad	Jefe de Mantenimiento		

Fuente: Elaboración propia

La finalidad de implementar un registro de historial de fallas es identificar las causas de origen y realizar formatos de acciones correctivas. Al realizar estos registros se reducen los riesgos de fallas de las máquinas y se puede asegurar el funcionamiento de las máquinas.

Con respecto a la limpieza y lubricación, será ejecutado por el operador del equipo; sin embargo, el departamento de mantenimiento es el responsable de planificar esta acción y controlar que el trabajo se cumpla.

Tabla 7.

Formato de Programa de Lubricación de Equipos

Programa de Lubricación de Equipos y Máquinas de la Empresa Pacasmayo E.I.R.L.						CÓDIGO: 001
						VERSIÓN: 01
Zona de Trabajo:						
Nombre de Máquina y Equipo: Motor Principal						
Punto de Lubricación	Tipo de Lubricante	Cantidad de Lubricante	Frecuencia de Lubricante	Operador Responsable	Fechas de Lubricación	
Nombre de Máquina y Equipo: Compresor de Refrigeración						
Punto de Lubricación	Tipo de Lubricante	Cantidad de Lubricante	Frecuencia de Lubricante	Operador Responsable	Fechas de Lubricación	

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un Programa de Mantenimiento Preventivo a través de un formato de rutina planificado, donde se especificó las actividades o tareas a realizar para las máquinas principales, como el motor principal de la embarcación y compresor de refrigeración.

Tabla 8.

Programa de Mantenimiento Preventivo - Motores Principales

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO		EMPRESA PESQUERA PACASMAYO E.I.R.L.			
<i>EQUIPO:</i>	Motor principal				
<i>MARCA:</i>	Volvo Penta	SERVICIO			
<i>MODELO:</i>	D1-20				
<i>SISTEMA:</i>	Propulsión	AMBIENTE			
<i>N° DE INV. TÉCNICO:</i>					
ACTIVIDADES		SI	NO	FECHA	OBSERVACIONES
Comprobar nivel de aceite lubricante, rellenar si es necesario.					
Comprobar nivel de combustible, rellenar si es necesario.					
Comprobar la presión de aceite					
Inspección de las partes móviles					
Revisar la temperatura					
Comprobar el nivel de refrigerante, rellenar si es necesario.					
Pruebas de arranque					
Engrase					
Limpieza filtro del circuito de refrigeración.					
Revisión de elementos de seguridad y conexiones.					
Análisis del aceite					
Medida de compresión de cilindros					
Verificación del estado de las juntas de tapas de balancines y cambio si procede					
Revisión del arranque eléctrico o neumático					
Reglaje de válvulas					
Engrase rodamientos.					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Programa de Mantenimiento Preventivo - Compresor de Refrigeración

RUTINA DEMANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO		EMPRESA PESQUERA PACASMAYO E.I.R.L.		
EQUIPO:	Compresor de Refrigeración	SERVICIO		
MARCA:	Vilter			
MODELO:	VMC - 444			
SISTEMA:	Refrigeración	AMBIENTE		
N° DE INV.				
TÉCNICO:				
ACTIVIDADES	SI	NO	FECHA	OBSERVACIONES
Limpiar de la maquinaria del parque de pesca.				
Verificar niveles de refrigerante y aceite en la instalación.				
Comprobar hermeticidad de los túneles, cámaras y serpentines				
Realizar puesta en marcha y regulación				
Inspección cuadro de mando				
Análisis de aceite				
Comprobar valores de manómetros, termostatos.				
Inspección visual y limpieza.				
Examinar en el sistema para la circulación.				
Examinar el sistema de refrigeración para ver si tienes fugas.				
Enfriador de aceite, verificar señales de corrosión.				
Condensadores, inspección y limpieza.				
Carter, separador de aceite, portafiltro, vacie y limpie, recargar.				
Revisión del arranque eléctrico o neumático				
Controles electricos, verificar su funcionamiento.				
Limpiar el enfriador de aceite.				

Fuente: Elaboración propia

3.3. Mantenimiento Predictivo

Debido al desgaste de una o más piezas o componentes de las máquinas críticos de la empresa, se realizó un mantenimiento predictivo a través de la medición, el análisis de síntomas y tendencias de parámetros físicos, empleando varias tecnologías que determinaron la condición del equipo o de los componentes, con el objetivo de determinar el punto exacto de cambio o reparación, antes que se produzca la falla.

3.3.1. Análisis espectrográfico de aceite

- Análisis de lubricación

Se verificó el nivel de contaminación de los aceites y lubricantes, para determinar su cambio, o si requiere análisis espectrográfico.

- Análisis de aceites

Se detectaron elementos de desgaste, análisis de la condición del aceite, viscosidad y un reporte de análisis. Se realizó una programación de aceites lubricantes según sus sistemas y máquinas que se utilizan.

Tabla 10.

Programación Análisis de aceite lubricante

SISTEMA	EQUIPO	FRECUENCIA
SISTEMA DE PROPULSIÓN	Motor principal (Volvo Penta)	3 meses
	Reductor (T win disc)	3 meses
	Torno de fuerza	3 meses
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas hidráulicas	6 meses
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Motor principal del sistema hidráulico (volvo Penta)	3 meses
	Electro-bomba para condensador	3 meses
	Compresor de Refrigeración	3 meses

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Análisis de vibraciones

Se monitoreó en forma continua (mensual) puntos de partes y componentes en las máquinas y equipos críticos identificados, para registrar la evolución de su comportamiento y así determinar su confiabilidad operativa y su tendencia de desgaste, para programar intervención. El equipo utilizado para análisis de vibraciones fueron los vibrómetros.

Tabla 11.

Programación Análisis por vibraciones

SISTEMA	EQUIPO	FRECUENCIA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SISTEMA DE PROPULSIÓN	Motor principal (Volvo Penta)			x			x			x			x
	Reductor (T win disc)			x			x			x			x
	Torno de fuerza			x			x			x			x
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas hidráulicas			x			x			x			x
	Motor principal del sistema hidráulico (volvo Penta)			x			x			x			x
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Electro-bomba para condensador			x			x			x			x
	Compresor de Refrigeración			x			x			x			x

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Análisis termográfico

Esto permitió medir temperaturas a distancia, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, durante la inspección y el control industrial. La herramienta utilizada fue el termógrafo, encargado de captar estas temperaturas, el cual funciona mediante el sistema calórico.

Tabla 12.

Programación Termográfica

SISTEMA	EQUIPO	FRECUENCIA												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
SISTEMA DE PROPULSIÓN	Motor principal (Volvo Penta)							x						x
	Reductor (T win disc)							x						x
	Baterías							x						x
	Cajas de conexiones													x
SISTEMA HIDRÁULICO	Generadores							x						x
	Motor principal del sistema hidráulico (volvo Penta)							x						x
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Bombas centrifugas							x					x	
	Compresor de Refrigeración							x					x	

Fuente: Elaboración propia

3.4. ÓRDENES DE TRABAJO

La implementación de la Orden de Trabajo para el mantenimiento preventivo ha sido un avance muy significativo para la empresa; ya que es de vital importancia cuando se presenta una avería. Para esto, se debe proceder a realizar la reparación requerida para que el equipo se coloque nuevamente en funcionamiento, y así, emitir una orden de trabajo. Se tuvo en cuenta la información resultante, dado que se registró información acerca del tipo y causa de la falla en el equipo, materiales, repuestos, horas y personal necesario para la realización del mantenimiento. Todo esto se realizó con el objetivo de hacer un seguimiento al objeto o equipo.

Tabla 13.
Formato de Orden de Trabajo

ORDEN DE TRABAJO				
SOLICITADO POR:	FECHA Y HORA:	SOLICITUD DE TRABAJO N°		
PRODUCCIÓN	15/11/2020 06:40 AM			
EQUIPO DE INSTALACIÓN	CÓDIGO	TIPO DE SOLICITUD		
MOTOR PRINCIPAL	18	Normal	Urgente	
PARTES	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
SOLICITADA POR	RESIVIDA POR	AUTORIZADA POR		
PRODUCCIÓN	JEFE DE MANTENIMIENTO	GERENTE GENERAL		
ORDEN DE TRABAJO ASIGNADO POR:	ORDEN DE TRABAJO ASIGNADA A	TIPO DE ORDEN DE TRABAJO		
SANTISTEBAN CHAPOÑAN	SUCLUPE FIESTAS TOMAS	Normal Urgente		
N°	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR	CONDICIÓN DE PARADA		
1	Limpieza del motor.	Con pérdida de producción		
2	Echar lubricante al motor.	Sin pérdida de producción		
3	Revisar que el motor cuente con todas sus piezas.	TIPO DE MANTENIMIENTO		
4	Encender y verificar que funcione correctamente.	CORRECTIVO PREVENTIVO		
MATERIALES, REPUESTOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS REQUERIDOS				
N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	VALOR UNITARIO
1	2	Lubricante	TELEX HVLP 46	\$/40.00
2	1	Franela		\$/10.00
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS ENCONTRADOS		FECHA DE INICIO		
No se encontró daños en el motor principal		15/11/2020		
DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS		FECHA DE TÉRMINO		
Se hizo un correcto lavado del motor.		15/11/2020		
Se realizó el vaciado de lubricante al motor.		MANO DE OBRA \$/20.00		
Se revisaron las piezas y se verificó que el motor funcione correctamente.		MATERIALES \$/100.00		
		TOTAL \$/120.00		
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES				
No hay observaciones y recomendaciones				
EJECUTO		RECIBÍ Y APROBO		
Firma	Suclupe Fiestas Tomas	Firma	Santisteban Chapoñan Raúl	
Fecha	15/11/2020	Fecha	15/11/2020	

Fuente: Elaboración propia

3.5. MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO

Aun aplicando todas las medidas preventivas, siempre existe la posibilidad de que aparezcan fallos imprevistos. Para tal caso, el equipo de trabajo debe estar informado sobre qué medidas tomar para solucionarlas. En este apartado, se explicará cómo solucionar los fallos más comunes que se produzcan en los equipos.

El mantenimiento correctivo programado, permite prevenir lo que se haría antes de que se produzca un fallo. De manera que, cuando se detiene el equipo para efectuar la reparación, ya se dispone de repuestos y personal técnico capacitado y entrenado.

Así mismo, se realiza un listado de tareas a ejecutar para la reparación, recambio o ajuste que no sería factible hacer con

el equipo en funcionamiento. Para esto, se recomienda realizar en un momento de menor actividad, periodos de baja demanda, fines de semana, entre otros.

Tabla 14.
Plan de Mantenimiento Preventivo Programado Semanal

PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO SEMANAL						
ACTIVIDADES	DÍAS A LA SEMANA					
	LUN.	MAR.	MIE.	JUE.	VIE.	SAB.
Verificar el estado de conexión eléctrica de la máquina						
Verificar que no exista piezas fuera de lugar correspondiente						
Verificar la presión del aceite						
Inspeccionar el motor						
Limpieza de las partes de máquina con implementos adecuados						
Limpieza de los filtros de sistema de lubricación						
Inspección de anclaje de piezas						
Reportar defectos inmediatamente						
RECURSOS POR ACTIVIDAD						
Personal						
Repuestos y materiales						
Herramientas						
Otros						

Fuente: Elaboración propia

3.6. PROPUESTA DE MEJORA

Se realizó un mantenimiento preventivo para las máquinas que contienen fallas comunes, mejorando su funcionalidad en las horas de producción, disminuyendo tiempos muertos o improductivos.

Se elaboró registro de historial de fallas – bitácora, ya que la empresa no cuenta con un registro de historial de fallas de máquinas y equipos y de esta manera se reporten las fallas más frecuentes.

Se realizó un mantenimiento programado, considerando posibles averías y su solución, en caso que exista la posibilidad de que aparezcan fallos imprevistos.

Se elaboró un formato del programa de lubricación de máquinas y equipos, considerando el tipo de lubricante a utilizar, la cantidad necesaria, su frecuencia y el operador o responsable de la esta función.

Se elaboró una tarjeta de verificación y tareas frecuentes a realizar diaria, semanal y mensual.

Se elaboró una hoja de inspección de máquinas y equipos para garantizar su buen funcionamiento y estado de vida útil.

3.7. DISCUSIÓN

Luego de realizar el análisis respectivo, se demostró que mediante la aplicación del Mantenimiento Productivo Total

(TPM) con enfoque en la implementación del Mantenimiento Preventivo, se pudo mejorar las deficiencias en las máquinas, por problemas de mantenimiento en el área de producción.

De manera que, luego de la implementación de mejora, el OEE del motor principal pasó de un 70% a un 83%; mientras que, para el compresor de refrigeración se calculó que, de un 71%, se mejoró a 86%. Esto se comprueba frente a nuestros antecedentes estudiados, tales como, en la tesis de Triana C (2018), luego de aplicar el análisis del OEE para el electro soldador Lincoln, se obtuvo un incremento al 61%. De igual manera, se puede comparar el análisis de esta investigación frente a la tesis de Cáceres, C. (2018), dado que, él realizó el cálculo del OEE previo a la implementación del TPM, siendo este de 67.6%, que, luego de la mejora, se incrementó a un 76.2%, logrando un 8.5% de mejora. Por ello, claramente se puede verificar que existe un cambio y/o incremento a favor en el OEE cuando se aplican herramientas de mejora en la producción, en este caso: TPM, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Preventivo.

De igual forma, la presente investigación se puede comparar frente a la tesis de Romero, W. y Vásquez, A (2020), dado que ellos también encontraron un incremento en el OEE de 19% al aplicar la herramienta TPM, detallando de manera clara y precisa los diferentes planes de mantenimiento: preventivo, planificado y autónomo; sin dejar de lado las constantes capacitaciones al personal de producción y mantenimiento.

IV. CONCLUSIONES

Por consiguiente, luego de haber aplicado cada una de las herramientas de mantenimiento, se resalta que:

El desarrollo de la implementación del plan de mantenimiento propuesto refleja un incremento de la disponibilidad mecánica de la flota y en la confiabilidad de los componentes más críticos. De igual manera, podría incrementar el rendimiento actual de la flota.

Se desarrolló un método para comparar rendimientos, en el cual se definió y cuantificó los parámetros de comparación para los distintos equipos de la flota, en base a los requerimientos y prioridades de la empresa; de forma que, se pueda encontrar el equipo crítico. Esto permitió que se pueda direccionar los recursos de la misma para obtener mejores resultados.

Se diseñó una metodología para la recopilación de la información, en el cual se revisó, ordenó y clasificó toda la información referida a los modos de falla de mantenimiento; así como, las operaciones de la flota de máquinas durante el periodo, para que esta pueda ser analizada y trabajada.

Gracias a la implementación de mejora en la máquina de clase A: Motor principal, se observó una mejora en el indicador OEE de 70% a 83%, con un incremento de 13%. De igual manera, el compresor de refrigeración, se evidenció que

de un 71% se mejoró a 86%, concluyendo que el indicador de cumplimiento del OEE es aceptable.

Como producto de la aplicación de estas herramientas, se logró impactar en los costos originados inicialmente por el mal funcionamiento de las maquinarias.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación ha podido ser desarrollada como parte de la materia Gestión de Mantenimiento en la Universidad Privada del Norte - Sede Trujillo, bajo el asesoramiento y supervisión del Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez, a quien dirigimos nuestro profundo agradecimiento por su dedicación y apoyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alarcón, A. (2014). *Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico*. [Tesis pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>
- [2] Álvarez, R. G. (2012). *Diseño del plan de mantenimiento para una embarcación de 32 metros*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/836/Rub%C3%A9n%20Gonz%C3%A1lez%20C3%81lvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Cáceres, C. (2018). *Propuesta de mejora de la eficiencia global de los equipos orientado en el TPM para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica*. [Tesis pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623002/CACERES_CC.pdf;jsessionid=62A233B10C0FB34D5E5C7F2331E20746?sequence=5
- [4] Cáceres, O. y Gamez, J. (2019). *Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado, empresa JCB Estructuras S.A.C., 2019*. [Tesis pregrado, Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2619/IND_T030_74450211_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [5] Morales, G. (2013). *Modelación de la cadena de suministro evaluada con el paradigma de manufactura esbelta utilizando simulación*.
- [6] Morocho, A. C. (2019). *Plan de Mantenimiento del Barco Pesquero*. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8091/tfg-cappla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] Nieto, E. C. (2015). *Gestión de Mantenimiento Preventivo*. <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
- [8] Rendón, M. (1997). *Implementación del Mantenimiento*. <http://eprints.uanl.mx/496/1/1020128430.PDF>
- [9] Romero, W. y Vásquez, A. (2020). *Propuesta de TPM para mejorar OEE de máquinas tapadoras Mondini en la Empresa Agroindustrial Virú S.A.* [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50977/Romero_SCWE-Vasquez_EAA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [10] Triana, C. (2018). *Propuesta de implementación del TPM y de la herramienta OEE para la empresa Proyectos y Equipos Metalmecánicos S.A.S.* [Tesis pregrado, Universitaria Agustiniiana]. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/525/TrianaCortes-CristianCamilo-2018.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- [11] Zambrano, E. (2015). *Indicadores de gestión de mantenimiento*. [www.dialnet-indicadoresDeGestionDeMantenimientoEnLasInstituciones655378%20\(2\).pdf](http://www.dialnet-indicadoresDeGestionDeMantenimientoEnLasInstituciones655378%20(2).pdf)