



Mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo en conservadora de atún para reducir costo termoeconómico

Improvements to the preventive maintenance plan in the tuna cannery to reduce thermoeconomic cost

Daniel Chávez¹ , Ángel Arteaga¹ , Pedro Antonio Rodríguez Ramos^{2*} , Armando Díaz Concepción²

1. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Posgrado. Manabí, Ecuador.

2. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento. La Habana, Cuba.

* Autor de correspondencia: pedrojandro1952@gmail.com

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](#)



Recibido: 2 de marzo de 2025

Aceptado: 30 de marzo de 2025

Publicado: 1 de abril de 2025

Resumen

En Ecuador, las empresas, en general, conservadoras de atún no aplican las estrategias de Mantenimiento Preventivo. El costo termoeconómico, incluye, tanto los costos de energía, como los costos económicos asociados a las paradas de producción y reparaciones urgentes, puede reducirse significativamente si se aplican técnicas de Mantenimiento Preventivo. El objetivo principal de este trabajo fue proponer mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo para reducir el costo termoeconómico en las empresas conservadoras de atún del Ecuador. Los métodos utilizados fueron: entrevistas y encuestas a expertos y empleados, que se vinculan al diagnóstico previamente realizado del estado actual. El resultado principal que se

obtuvo fue la confección de un plan de Mantenimiento Preventivo que tributó a la reducción de los costos termoeconómicos en la empresa conservadora de atún. La identificación de las principales fallas que sufren los activos en una empresa conservadora de atún y su relación con la falta de Mantenimiento Preventivo, así como, los costos termoeconómicos asociados a los sistemas y activos críticos mejoraron significativamente con las propuestas al plan de Mantenimiento Preventivo actual.

Palabras claves: mantenimiento preventivo, costo termoeconómico, empresa conservadora de atún.

Abstract

In Ecuador, tuna canning companies generally do not implement Preventive Maintenance strategies. Thermoeconomic costs, which include both energy costs and economic costs associated with production downtime and urgent repairs, can be significantly reduced through the application of preventive maintenance techniques. The main objective of this study was to propose improvements to the Preventive Maintenance plan to reduce thermoeconomic costs in Ecuadorian tuna canning companies. The methods used were interviews and surveys with experts and employees, linked to the previously conducted diagnosis of the current status. The main result obtained was the

development of a preventive maintenance plan that contributed to the reduction of thermoeconomic costs in the tuna canning company. The main failures suffered by assets in a tuna canning company and their relationship with the lack of preventive maintenance were identified, as well as the thermoeconomic costs associated with critical systems and assets, which significantly improved with the proposals to the current preventive maintenance plan.

Key words: two phases flow, Reynold's number, only bubble, train of bubble, drag coefficient, drag forces.

Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

Chávez D, Arteaga A, Rodríguez Ramos PA. Mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo en conservadora de atún para reducir costo termoeconómico. Ingeniería Mecánica. 2025;28:e707. <https://goo.su/pwr6b>

1. Introducción

En el contexto ecuatoriano, muchas empresas conservadoras de atún no implementan adecuadamente estrategias de Mantenimiento Preventivo, lo que genera mayores costos operativos a largo plazo debido a fallos inesperados y al uso ineficiente de energía. El costo termoeconómico, que incluye, tanto los costos de energía, como los costos económicos asociados a las paradas de producción y reparaciones urgentes, pueden reducirse significativamente si se aplican correctamente técnicas de Mantenimiento Preventivo.

El problema reside en que muchas empresas no realizan un análisis detallado de cuánto pueden ahorrar en términos de reducir el consumo energético, disminuir la frecuencia de fallas y las reparaciones costosas, mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad al aplicar un programa de Mantenimiento Preventivo adecuado.

La importancia de la investigación realizada consiste en que la efectividad de los planes de Mantenimiento Preventivo en la industria de conservas de atún puede proporcionar a las empresas locales una ventaja competitiva significativa.

En la revisión bibliográfica efectuada, se muestran algunas acotaciones interesantes sobre el tema estudiado, las que se relacionan a continuación:

El Mantenimiento Preventivo puede reducir las interrupciones no planificadas en sistemas de distribución eléctrica, disminuyendo así los costos asociados a fallos y mejorando la confiabilidad del sistema [1].

El enfoque de mantenimiento basado en condición incorpora un índice de eficiencia energética para la toma de decisiones, permitiendo optimizar las acciones de mantenimiento en función del consumo energético y los costos asociados [2].

La implementación de políticas de Mantenimiento Preventivo puede reducir significativamente los costos de reparación y el consumo energético, recomendando una inversión en Mantenimiento Preventivo entre el 4 % y el 8 % de los costos operativos [3].

Muchas de las empresas atuneras en Ecuador no cuentan con metodología para la gestión de manteniendo en los equipos y maquinarias que les permita prevenir futuras averías, daños irreparables en la línea de producción, paralizaciones y productos de baja calidad. Esto genera altos costos termoeconómicos [4].

Los modelos de optimización de Mantenimiento Preventivo que consideran la eficiencia energética y los costos de calidad en sistemas de manufactura, destacan la importancia de integrar estos factores para mejorar el rendimiento operativo [5].

La implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo no solo ayudará a reducir los costos termoeconómicos, sino que también mejorará la productividad y la vida útil de los equipos y maquinarias [6].

Las estrategias de mantenimiento (basado en inspección, tiempo y condición) tienen alto impacto en la eficiencia energética, proporcionando un marco adecuado para optimizar el consumo energético [7].

El impacto del Mantenimiento Preventivo es muy positivo y considerable para la organización debido a que ayuda a mejorar cada una de las actividades de la misma, por lo tanto, ayuda a mejorar los aspectos como el económico, ambiental y social [8].

El objetivo principal de este trabajo es proponer mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo para reducir el costo termoeconómico en las empresas conservadoras de atún de Ecuador, identificando las principales fallas que sufren los activos en una empresa conservadora de atún en Ecuador-Manta y su relación con la falta de Mantenimiento Preventivo, comparando los costos termoeconómicos asociados a los sistemas y activos críticos y evaluando los beneficios económicos y termodinámicos obtenidos, tras el análisis del Mantenimiento Preventivo y de los costos termoeconómicos.

Los principales métodos utilizados fueron: la recolección de datos mediante los instrumentos de encuestas y entrevistas, el método estadístico para la tabulación y análisis estadístico de los datos, el análisis cuantitativo para analizar las fallas, costos de reparación y consumo energético antes y después de implementar un Mantenimiento Preventivo y el método analítico con el propósito de fundamentar los objetivos e hipótesis de la presente investigación.

El resultado más importante obtenido en el trabajo son las mejoras al Mantenimiento Preventivo como evidencia del potencial impacto de su aplicación. Mediante indicadores clave como ahorro energético, reducción de costo termoeconómico y aumento del ciclo de vida de los activos, se concluye que el Mantenimiento Preventivo aporta beneficios económicos a las empresas atuneras.

2. Métodos

Esta investigación es de carácter no experimental y fue desarrollada en la empresa conservadora de atún de la ciudad de Manta, provincia de Manabí, la cual es reconocida a nivel nacional e internacional por su productividad. El tiempo de ejecución fue de 6 meses.

2.1. Diseño de la investigación

Se definieron: tareas, objeto de estudio, aspectos analizados, instrumento y lugar. Asimismo, se delimitaron variables independientes y dependientes, definición conceptual, dimensiones (subdimensiones) y operacionalización (indicadores, tipos de variables).

Criterios de selección de los expertos: la calidad y confiabilidad de la evaluación depende en gran medida de la idoneidad de los expertos.

2.1.1. Coeficiente de Competencia Experta (K)

La característica más importante es la competencia del experto, por eso es el método de selección de los expertos usado fue el Coeficiente de Competencia Experta, K [9], se calcula, para cada experto potencial mediante la ecuación (1).

$$K = 0,50 \cdot (K_c + K_a) \quad (1)$$

Donde:

Constante = 0,50

K_c: Coeficiente de conocimiento que tiene el experto acerca del problema

K_a: Coeficiente de argumentación o fundamentación acerca del tema

La entrevista [10] se aplicó a un ingeniero mecánico que es el gerente del área de conservas, de la empresa conservadora de atún, fue creada con 10 preguntas abiertas, estas son de carácter cualitativo y no pueden contener menos de 10 ítems sobre el tema en estudio y fue aplicada en la empresa de manera presencial donde se realizaron fotografías, como constancia, para tener evidencias.

La encuesta es una técnica que se considera muy útil para la recolección de datos e información [11]. Cabe indicar que dentro de este método participan dos elementos, el encuestador y el encuestado. En este caso se realizaron preguntas cerradas, con no menos de 10 ítems.

Se aplicó con 12 preguntas cerradas de carácter cuantitativo, fue aplicada a los trabajadores del área de conservas de la conservadora de atún. Los datos obtenidos fueron graficados y analizados para de esta manera tener un diagnóstico claro sobre la prevención de mantenimiento y evitar costos termoeconómicos altos.

Se empleó el cuestionario [12] para la creación de la entrevista elaborando preguntas abiertas de carácter cualitativo. Para la construcción del formato de interrogantes cerradas de carácter cuantitativo fueron enfocadas al Mantenimiento Preventivo.

Se utilizó Microsoft Office Excel [13] para tabular los valores porcentuales de los datos obtenidos de la encuesta aplicada, se obtuvieron tablas y gráficos que fueron analizados con el fin de obtener información real sobre el Mantenimiento Preventivo y de esta manera plantear una solución para evitar el alto costo termoeconómico.

La investigación bibliográfica [14] utilizada se realizó para la búsqueda de información de diferentes autores con varias definiciones sobre el Mantenimiento Preventivo para el análisis de los costos termoeconómicos, esta indagación se realizó en repositorios y bases de datos.

La investigación de campo [15] se ejecutó en la empresa para la recopilación de información mediante la entrevista y la encuesta que fueron aplicadas al capital humano. Se utilizaron varios materiales y equipos para llevar a cabo las actividades planificadas.

El Método Analítico [16] se empleó para realizar diversos análisis, como los resultados de la encuesta que consistieron en datos numéricos, y los datos de la entrevista que son información cualitativa, además de los resultados en general. Por otro lado, este método fue útil para analizar información en el marco teórico, lo que ayudó a descomponer temas y subtemas para una mejor familiarización con los mismos. Asimismo, permitió establecer conexiones entre distintos aspectos del estudio, facilitando una comprensión más integral de los resultados obtenidos.

El Método Cuantitativo [17] se aplicó debido a que se realizó la recopilación de información numérica y porcentual por medio de la encuesta que se le aplicó a los trabajadores del área de conserva de la empresa atunera, por lo tanto, sirvió para poder realizar los respectivos análisis estadísticos, lo que ayudará al investigador a obtener resultados idóneos.

El Método Cualitativo [18] se usó para la recopilación de información de la variable termoeconómica, se empleó una entrevista para obtener dichos datos a dos ingenieros encargados del área conservadora de atún.

El Método Descriptivo [19] permitió analizar informaciones y luego describir las mismas. Dentro de éstas se describieron los resultados del impacto del Mantenimiento Preventivo de maquinarias y equipos para mitigar costos termoeconómicos.

2.1.2. Entrevista

El entrevistado expresó que los costos termoeconómicos, en el proceso de conservación del atún, se enfocan a los indicadores del costo del vapor saturado y el consumo eléctrico de la planilla de energía.

Las tecnologías que emplean en la empresa para mejorar la eficiencia energética son generadores de vapor eficientes, además, utilizan los sistemas de recuperación de calor y automatización de procesos para reducir el consumo energético y de esta manera también minimizar costos.

Para reducir los costos termoeconómicos, se han implementado sistemas de monitoreo en tiempo real y mejoras en la eficiencia de los generadores de vapor, para minimizar el desperdicio de energía en las instalaciones se ha optado por aplicar auditorías energéticas, y algunas veces se ha aplicado el Mantenimiento Preventivo. Sobre el tema de monitoreo y control de los costos de energía en tiempo real, se utilizan sensores y software para administrar y analizar el consumo, así como, las auditorías energéticas.

Se reducen los costos con inspecciones regulares, limpieza de equipos y calibración de sistemas para mantener la eficiencia energética y, por último, se evalúa la efectividad del plan de Mantenimiento Preventivo.

2.1.3. Encuesta

Está compuesta por 12 preguntas cerradas de carácter cuantitativo, se utilizó como muestra para su aplicación el total de 75 trabajadores del área de conservas.

1. ¿La empresa conservadora de atún, permite realizar los trabajos de manera eficiente y eficaz? Tabla 1.

Tabla 1. Trabajo eficaz y eficiente. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	10	13,33
Suficiente	30	40,00
Considerable	35	46,67
Total	75	100,00

2. Conoce Ud. ¿Sobre Mantenimiento Preventivo de equipos y maquinarias? Tabla 2.

Tabla 2. Mantenimiento de equipos y maquinarias. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	5	6,67
Suficiente	35	46,67
Considerable	35	46,67
Total	75	100,00

3. ¿Su empresa cuenta con un plan de Mantenimiento Preventivo de equipos y maquinarias? Tabla 3.

Tabla 3. Plan de mantenimiento de equipos y maquinarias. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
SI	65	86,67
No	0	0,00
No se	10	13,33
Total	75	100,00

4. ¿Qué tipo de mantenimiento a los equipos y maquinarias realizan dentro de la empresa conservadora de atún? Tabla 4.

Tabla 4. Tipos de mantenimiento de equipos y maquinarias. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Condicional	5	6,67
Sistemático	70	93,33
Total	75	100,00

5. ¿Existen gestiones para mejorar y optimizar las instalaciones y equipos en la empresa conservadora de atún? Tabla 5.

Tabla 5. Gestiones para mejorar y optimizar las instalaciones y equipos en la empresa. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Si	65	86,67
No	5	6,67
No sé	5	6,67
Total	75	100,00

6. ¿Considera que el Mantenimiento Preventivo reduce los tiempos de inactividad de los equipos? Tabla 6.

Tabla 6. Tiempos de inactividad de los equipos en la empresa. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	5	6,67
Suficiente	5	6,67
Considerable	65	86,67
Total	75	100,00

7. ¿El Mantenimiento Preventivo ha mejorado la seguridad en el lugar de trabajo? Tabla 7.

Tabla 7. Seguridad en el trabajo por Mantenimiento Preventivo. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	2	2,67
Suficiente	20	26,67
Considerable	53	70,67
Total	75	100,00

8. ¿Con qué frecuencia se actualiza el plan de Mantenimiento Preventivo? Tabla 8.

Tabla 8. Frecuencia de actualización del plan de Mantenimiento Preventivo. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Mensual	1	1,33
Trimestral	2	2,67
Semestral	2	2,67
Anual	70	93,33
Total	75	100,00

9. ¿Está satisfecho con la disponibilidad de repuestos y materiales para el mantenimiento? Tabla 9.

Tabla 9. Disponibilidad de repuestos y materiales para el mantenimiento. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	40	53,33
Suficiente	25	33,33
Considerable	10	13,33
Total	75	100,00

10. ¿Se realizan capacitaciones regulares sobre Mantenimiento Preventivo para el capital humano? Tabla 10.

Tabla 10. Capacitaciones regulares sobre Mantenimiento Preventivo. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Si	28	37,33
No	15	20,00
No se	32	42,67
Total	75	100,00

11. ¿El Mantenimiento Preventivo ha ayudado a reducir los costos operativos? Tabla 11.

Tabla 11. Reducción de costos operativos por Mantenimiento Preventivo. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	5	6,67
Suficiente	24	32,00
Considerable	46	61,33
Total	75	100,00

12. ¿Hay acceso a la tecnología necesaria para realizar su trabajo eficientemente? Tabla 12.

Tabla 12. Acceso a la tecnología en el Mantenimiento Preventivo. Fuente: autores

Selección	Encuestado	Porcentaje
Poco	31	41,33
Suficiente	23	30,67
Considerable	21	28,00
Total	75	100,00

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados de la Encuesta

Pregunta 1. Tabla 1

65 de los encuestados contestaron: 30 Suficiente + 35 Considerable, para un 86,67 %. Se interpreta que los encuestados consideran que el aspecto relativo al trabajo eficaz y eficiente del Mantenimiento Preventivo en el estado actual es aceptable.

Pregunta 2. Tabla 2

70 de los encuestados contestaron: 35 Suficiente + 35 Considerable, para un 93,33 %. Se interpreta que los encuestados consideran que el aspecto relativo al mantenimiento de equipos y maquinarias en el estado actual es bueno.

Pregunta 3. Tabla 3

65 de los encuestados contestaron: si, para un 86,67 %. Se interpreta que la mayoría de los encuestados consideran que si existe un plan de mantenimiento de equipos y maquinarias.

Pregunta 4. Tabla 4

70 de los encuestados contestaron sistemático, para un 93,33 %. Se interpreta que la gran mayoría de los encuestados consideran que el mantenimiento que se realiza a los equipos y maquinarias es de forma frecuente.

Pregunta 5. Tabla 5

65 de los encuestados contestaron: si, para un 86,67 %. Se interpreta que la mayoría de los encuestados consideran que las gestiones para mejorar y optimizar las instalaciones y equipos es adecuada.

Pregunta 6. Tabla 6

70 de los encuestados contestaron: 5 Suficiente + 65 Considerable, para un 93,33 %. Se interpreta que la gran mayoría de los encuestados consideran que el Mantenimiento Preventivo reduce los tiempos de inactividad de los equipos.

Pregunta 7. Tabla 7

73 de los encuestados contestaron: 20 Suficiente + 53 Considerable, para un 97,33 %. Se interpreta que casi todos los encuestados consideran que el Mantenimiento Preventivo mejora y garantiza la seguridad en el trabajo.

Pregunta 8. Tabla 8

70 de los encuestados contestaron: anual, para un 93,33 %. Se interpreta que la mayoría de los encuestados consideran que la frecuencia de actualización del plan de Mantenimiento Preventivo es baja. Debía actualizarse con más frecuencia.

Pregunta 9. Tabla 9

40 de los encuestados contestaron: poco, para un 53,33 %. Se interpreta que la mayoría de los encuestados (más de la mitad) consideran que están insatisfechos con la disponibilidad de repuestos y materiales para el mantenimiento.

Pregunta 10. Tabla 10

47 de los encuestados contestaron: 15 No + 32 No sé, para un 62,67 %. Se interpreta que más de la mitad de los encuestados no confirman la existencia de una capacitación regular del capital humano sobre Mantenimiento Preventivo.

Pregunta 11. Tabla 11

70 de los encuestados contestaron: 24 Suficiente + 46 Considerable, para un 93,33 %. Se interpreta que la mayoría de los encuestados está consciente de que el Mantenimiento Preventivo logra reducir los costos operativos.

Pregunta 12. Tabla 12

31 de los encuestados contestaron: Poco, para un 41,33 %. Se interpreta que (casi la mitad) de los encuestados declararon que no tienen acceso a la tecnología en el Mantenimiento Preventivo, para lograr que su trabajo sea eficiente.

El resultado de la encuesta realizada demostró que el Mantenimiento Preventivo actual tiene que lograr la reducción de los costos termoeconómicos, para eso es necesario revisar y dar solución a las siguientes incorrecciones:

- La baja frecuencia con que se actualiza el plan de Mantenimiento Preventivo, pregunta 8
- La poca disponibilidad de repuestos y materiales para el mantenimiento, pregunta 9
- La irregularidad en la capacitación del capital humano sobre Mantenimiento Preventivo, pregunta 10
- La poca tecnología en Mantenimiento Preventivo a la cual el capital humano tiene acceso, para realizar el trabajo eficientemente, pregunta 12

Las mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo confeccionado se muestran en la tabla 13, de acuerdo a las 4 incorrecciones anteriormente expuestas

Tabla 13. Mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo. Fuente: autores

Mejora	Estrategias	Actividades	Responsables	Recursos necesarios	Indicadores de medición
1. Realizar Mantenimiento Preventivo -Tiempo estimado: semestral	Implementar un sistema de planificación y control de mantenimiento para reducir fallos inesperados y costos elevados de reparación.	- Elaborar un cronograma de mantenimiento semestral. - Asignar responsables y definir procedimientos. - Realizar inspecciones técnicas periódicas. - Registrar todas las incidencias y acciones realizadas para mejoras.	Equipo de mantenimiento y supervisión de la empresa atunera en Manta.	Software de gestión de mantenimiento, herramientas de diagnóstico, capital humano técnico especializado, manuales de mantenimiento.	1. Cumplimiento del cronograma de mantenimiento. 2. Índice de fallas operativas imprevistas. 3. MTBF. 4. Disponibilidad operativa.
2. Garantizar la disponibilidad de repuestos y materiales -Tiempo estimado: revisión mensual	Optimizar la gestión de inventarios y establecer acuerdos estratégicos con proveedores.	- Analizar la demanda y definir los niveles mínimos de inventario. - Firmar contratos con proveedores. - Implementar un software de monitoreo de inventarios. - Realizar auditorías de inventario de manera regular en la empresa conservadora de atún en Manta.	Jefe de logística y equipo de almacén de la empresa atunera en Manta.	Software de inventarios, almacén adecuado, proveedores confiables, presupuesto para compra de repuestos.	5. Índice de disponibilidad de repuestos. 6. Tiempo medio de respuesta en la reposición de materiales críticos.
3. Fortalecer la capacitación en Mantenimiento Preventivo -Tiempo estimado: revisión semestral	Desarrollar un programa de formación continua que garantice que el capital humano esté actualizado con buenas prácticas de mantenimiento.	- Elaborar módulos de capacitación teóricos y prácticos. - Organizar talleres de formación con expertos en mantenimiento industrial. - Crear materiales educativos como manuales y videos interactivos. - Evaluar el conocimiento adquirido por los trabajadores mediante pruebas y observación en campo. - Desarrollar simulaciones y ejercicios prácticos para reforzar la aplicación de conocimientos. - Implementar un sistema de mentoría para mejorar el aprendizaje entre trabajadores con más experiencia y nuevos empleados.	Departamento de capacitación y expertos en mantenimiento de la empresa atunera en Manta.	Material didáctico (manuales, videos, simulaciones), espacio para capacitaciones, instructores especializados, plataforma de aprendizaje en línea, herramientas de diagnóstico para prácticas	7. Cantidad de trabajadores calificados. 8. Índice de Trabajadores capacitados. 9. Mejora del desempeño post-capacitación. 10. Aplicación efectiva de conocimiento adquirido en tareas operativas.
4. Acceso a la tecnología necesaria para realizar el trabajo eficientemente -Tiempo estimado: cada 3 meses	Aplicar metodologías de mantenimiento predictivo para prolongar la vida útil de los equipos.	- Implementar herramientas de diagnóstico avanzado. - Diseñar protocolos de inspección detallados para los empleados de la empresa. - Registrar datos y tomar medidas preventivas del capital humano de la empresa.	Técnicos especializados y supervisores de producción de la empresa atunera en Manta.	Equipos de diagnóstico (termografía, análisis de vibración), manuales de inspección, capital humano capacitado, software de análisis de datos.	11. Vida útil de los equipos. 12. Costo total de reparación. 13. Costo total acumulado por equipos.

La aplicación efectiva de las 4 mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo se realiza a través del cumplimiento de la estrategia, de las actividades integrantes, del tiempo estimado de ejecución, del papel del responsable de la ejecución y del uso eficiente de los recursos necesarios, que constituyen las etapas, integrantes, tabla 13, de cada mejora.

Estas mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo, forman parte de la gestión de la Función Mantenimiento. Cada mejora a la gestión, debe concluir con la medición de su eficiencia, para lo cual, se recomienda utilizar los conocidos indicadores en el entorno de la Gerencia de Mantenimiento, que se muestra a continuación (columna Indicadores de medición):

3.2. Indicadores de medición

Mejora 1. Indicadores 1 al 4

1. Cumplimiento del cronograma de mantenimiento (%), ecuación (2)

$$\text{Cumplimiento del cronograma} = \left(\frac{\text{Cantidad actividades realizadas en tiempo}}{\text{Cantidad actividades programadas}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

2. Índice de fallas operativas imprevistas (f/eq), ecuación (3)

$$\text{Índice de fallas imprevistas} = \left(\frac{\text{Cantidad fallas imprevistas}}{\text{Cantidad equipos críticos}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

3. Tiempo Medio Entre Fallas (*Mean Time Between Failures*, MTBF): (h), ecuación (4)

$$\text{MTBF} = \left(\frac{\text{Tiempo operacion (horas)}}{\text{Cantidad de fallas}} \right) \quad (4)$$

4. Disponibilidad operativa (%), ecuación (5)

$$\text{Disponibilidad operativa} = \left(\frac{\text{Tiempo total operacion (horas)}}{\text{Tiempo operacion} + \text{Tiempo de parada}} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Mejora 2. Indicadores 5 y 6

5. Índice de disponibilidad de repuestos (%), ecuación (6)

$$\text{Disponibilidad repuestos} = \left(\frac{\text{Cantidad repuestos al momento del requerimiento}}{\text{Cantidad de repuestos solicitados}} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

6. Tiempo medio de respuesta en la reposición de materiales críticos (h), ecuación (7)

$$\text{Tiempo medio de respuesta} = \left(\frac{\text{Tiempo reposición repuestos al momento del requerimiento}}{\text{Cantidad repuestos solicitados}} \right) \quad (7)$$

Mejora 3. Indicadores 7 al 10

7. Cantidad total de trabajadores capacitados (uno), ecuación (8)

$$\text{Cantidad trabajadores} = \sum (\text{trabajadores capacitados } i) \quad (8)$$

8. Índice de trabajadores capacitados (%), ecuación (9)

$$\text{Índice de trabajadores capacitados} = \left(\frac{\text{Cantidad trabajadores capacitados}}{\text{Cantidad trabajadores}} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

9. Mejora del desempeño post capacitación (%), ecuación (10)

$$\text{Mejora del desempeño} = \left(\frac{\text{Puntaje post capacitación} - \text{Puntaje pre capacitación}}{\text{Puntaje pre capacitación}} \right) \cdot 100 \quad (10)$$

10. Aplicación efectiva de conocimientos en tareas operativas (%), ecuación (11)

$$\text{Aplicación efectiva de conocimiento} = \left(\frac{\text{Cantidad trabajadores aplican lo aprendido}}{\text{Cantidad de capacitados}} \right) \cdot 100 \quad (11)$$

Mejora 4. Indicadores 11 al 13

11. Vida Útil de los equipos (años), ecuación (12)

$$\text{Vida util estimada (años)} = \left(\frac{\text{Horas operación esperadas}}{\text{Horas promedio uso por año}} \right) \quad (12)$$

12. Costo de reparación (\$), ecuación (13)

$$\text{Costo de reparación} = \text{Costo repuestos} + \text{costo mano de obra} + \text{costo servicios externos} \quad (13)$$

13. Costo acumulado por equipo (\$), ecuación (14)

$$\text{Costo acumulado de reparacion por equipo} = \left(\frac{\text{Costo reparaciones}}{\text{Vida útil (años)}} \right) \quad (14)$$

Conclusiones

Las cuatro mejoras, definidas en el estudio, al plan de Mantenimiento Preventivo actual, contribuyen significativamente a reducir el costo termoeconómico asociado a los sistemas y activos críticos en las empresas conservadoras de atún del Ecuador. Las sugerencias e instrucciones proporcionadas por este estudio, en el plan de Mantenimiento Preventivo confeccionado, a través de la definición de: estrategias, actividades, tiempo estimado, responsables, recursos necesarios y los indicadores de medición de cada mejora, tributarán a que se hagan acciones eficientes para mejorar el desempeño integral de la empresa conservadora de atún.

Referencias

1. Ali B, Seyed MM, Reza D, Seyed MH. The Role of Preventive Major Maintenance in the Costs of Electric Energy Distribution Companies. *Indian Journal of Science and Technology*. 2018;11(19):1-7. DOI: 10.17485/ijst/2018/v11i19/121112
2. Do P, Hoang A, lung B, Vu H-C. Energy efficiency for condition-based maintenance decision-making: Application to a manufacturing platform. *Journal of Risk and Reliability*. 2018;232(4):379-388. DOI:10.1177/1748006X18762282
3. Hernández CV, Lledó CV, Francesc Hernández SF. Preventive Maintenance Versus Cost of Repairs in Asset Management: An Efficiency Analysis in Wastewater Treatment Plants. *Process Safety and Environmental Protection*. 2020;141:215-221. DOI: [10.1016/j.psep.2020.04.035](https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.04.035)
4. Muñoz JL, Cantos M. Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industria de conservas de atún. *Científica*. 2021;25(2):1-23.
5. Yang L, Liu Q, Xia T, Ye C, Li J. Preventive Maintenance Strategy Optimization in Manufacturing System Considering Energy Efficiency and Quality Cost. *Energies*. 2022;15(21):8237. <https://doi.org/10.3390/en15218237>
6. Arroyo CS, Obando RF. Importancia de la implementación de Mantenimiento Preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*. 2022;4(10):59-69.
7. Firdaus N, Ab-Samat H, Prasetyo BT. Maintenance strategies and energy efficiency: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2023;29(3):640-665. <https://doi.org/10.1108/JQME-06-2021-0046>
8. Delgado ME, Arteaga AR, Rodríguez PA. Mantenimiento Preventivo en empresas conserveras de atún: desempeño e influencia en la sostenibilidad. *Ingeniería Mecánica*. 2024;27(1):1-9.
9. Marín FG, Pérez JG, Senior AN, García JG. Validación del diseño de una red de cooperación científico-tecnológica utilizando el coeficiente K para la selección de expertos. *Información Tecnológica*. 2021; 32(2):79-88 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000200079>
10. González AM, Molina C, López A, López GL. La entrevista cualitativa como técnica de investigación en el estudio de las organizaciones. *New Trends in Qualitative Research*. 2022;14:1-12.
11. Díaz A. Métodos de recolección y precisión de encuestas. El caso de Nuevo León, México en 2021. *Mexicana de opinión pública*. 2023;35:148-171.
12. Herrera D, Ríos D, Díaz C, Salas F. Elaboración y validación de cuestionario sobre la enseñanza y aprendizaje en educación remota. *Educ. Pesqui.*, São Paulo. 2022;48:1-24.
13. Jáuregui VS, Polar JF, Díaz LV. Excel como estrategia de enseñanza-aprendizaje de los estados financieros e-n la especialidad de Contabilidad. *Investigación en Ciencias de la Educación*. 2022;6(22):291-296.
14. Fernández FH. Las referencias bibliográficas y los artículos de investigación. *Investigación, Desarrollo e Innovación*. 2022;12(1):5-15.
15. Sandoval E A. El trabajo de campo en la investigación social en tiempos de pandemia. *Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología*. 2022;31(3):11-22.
16. Zavaleta ME, Castillo EF, La Cunza AD, Noriega J M, Reyes CE. Validación de un método analítico para la cuantificación de alcaloides totales. *Revista Cubana de Medicina Militar*. 2024;53(2):1-16.
17. Castañeda MM. La científicidad de metodologías cuantitativas, cualitativas y emergentes. *Digital de Investigación en Docencia Universitaria*. 2022;16(1):1-12.
18. Piña LS. El enfoque cualitativo: Una alternativa compleja dentro del mundo de la investigación. *Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*. 2023;8(15):1-3.
19. Moromi H, Villavicencio J, Martínez E, Ortiz L, Orihuela J, Arce F, et al. Análisis descriptivo y tendencias de las tesis de pregrado en Facultades de Odontología peruanas. *Digital de Investigación en Docencia Universitaria*. 2022;16 (2):1-13.

Editor:

Alberto Julio Rodríguez Piñeiro.

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Daniel Chávez.

Participó en el diseño de la investigación y en la revisión del estado del arte, diseño teórico y de investigación. Trabajó en la recolección y el procesamiento de los datos usados para el estudio. Realizó contribuciones en los cálculos, el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados, participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del informe final.

Ángel Arteaga.

Participó en la organización y ordenamiento, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones para su mejora, también participó en la recopilación de datos e informaciones, en el diseño teórico y de investigación, así como en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Pedro Antonio Rodríguez Ramos.

Trabajó en la búsqueda y recopilación de información, para contribuir en la conformación y actualización de las referencias bibliográficas usadas en la investigación, en la organización y ordenamiento, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones para su mejora, en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Armando Díaz Concepción.

Trabajó en la búsqueda y recopilación de información, realizó contribuciones en los cálculos, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones, participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.