



Mantenimiento Preventivo en empresas conserveras de atún: desempeño e influencia en la sostenibilidad

Preventive Maintenance in tuna canning companies: performance and influence on the sustainability

María E. Delgado Collt¹, Ángel R. Arteaga Linzan¹, Pedro A. Rodríguez Ramos¹,*

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

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

*Autor de correspondencia: pedrojandro1952@gmail.com

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 1 de octubre de 2023

Aceptado: 12 de diciembre de 2023

Resumen

La industria del atún juega un papel fundamental en el desarrollo y sostenibilidad de la economía del Ecuador. La sostenibilidad se ha convertido en un tema de gran importancia, por tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el nivel de desempeño del mantenimiento sostenible preventivo, en empresas conserveras de atún, sobre la base de su influencia en los tres pilares de la sostenibilidad, a partir de la aplicación de los Indicadores Clave de Desempeño. Se aplicó un modelo de evaluación basado en la metodología del Proceso de Jerarquía Analítica, compuesta por un grupo de indicadores medidores del impacto en los tres pilares de la sostenibilidad: económico, ambiental y social. Mediante la escala de Likert se ponderaron y seleccionaron los indicadores más

relevantes, y posteriormente se ponderaron mediante la metodología del Proceso de Jerarquía Analítica. La empresa 1 alcanzó una calificación 7,68 de desempeño de mantenimiento sostenible (calificación: bueno), la empresa 2 alcanzó 9,45 (calificación: excelente) y la empresa 3 obtuvo 6,61 (calificación: justo). Los resultados obtenidos en la evaluación del mantenimiento sostenible en las empresas objeto de estudio, muestran las oportunidades de mejora, sugerencias e instrucciones para que tomen las medidas necesarias para mejorar el mantenimiento sostenible

Palabras claves: mantenimiento sostenible, mantenimiento preventivo, Indicadores Claves de Desempeño, Proceso de Jerarquía Analítica.

Abstract

The tuna industry plays a fundamental role in the development and sustainability of Ecuador's economy. Sustainability has become a topic of great importance; therefore, the main objective of this research was to evaluate the level of performance of preventive sustainable maintenance, in tuna canning companies, based on its influence on the three pillars of the sustainability, based on the application of Key Performance Indicators. An evaluation model was applied based on the Analytical Hierarchy Process methodology, composed of a group of indicators measuring the impact on the three pillars of sustainability: economic, environmental and social. Using the Likert scale, the most relevant indicators were weighted and selected, and

subsequently weighted using the Analytical Hierarchy Process methodology. Company 1 achieved a sustainable maintenance performance rating of 7.68 (rating: good), company 2 achieved 9.45 (rating: excellent), and company 3 achieved 6.61 (rating: fair). The results obtained in the evaluation of sustainable maintenance in the companies under study show opportunities for improvement, suggestions and instructions to take the necessary measures to improve sustainable maintenance.

Key words: sustainable maintenance, preventive maintenance, Key Performance Indicators, Analytical Hierarchical Process.

Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

Delgado Collt ME, Arteaga Linzan AR, Rodríguez Ramos PA, Rodríguez Piñeiro AJ. Mantenimiento Preventivo en empresas conserveras de atún: desempeño e influencia en la sostenibilidad. Ingeniería Mecánica. 2024;27(1):e686.

1. Introducción

La sostenibilidad en la industria de conservas ha tomado mayor relevancia con el paso de los años, para el aseguramiento de su éxito a largo plazo, el desarrollo económico y social, así como para la protección del medio ambiente; por ello, es primordial garantizar un estado excelente de sus activos, a través de un adecuado sistema de mantenimiento, como aporte al desarrollo sostenible. El mantenimiento sostenible se refiere a las prácticas y enfoques que buscan minimizar el impacto ambiental y social del mantenimiento de activos, equipos o infraestructuras.

Dentro de las funciones administrativas y operacionales, las más relevantes son la producción y el mantenimiento, puesto que ambas tienen la misión de mantener funcionando y mejorando la infraestructura productiva de la organización, la cual requiere mayor competitividad en el contexto nacional e internacional, y esto puede ser logrado con el desarrollo de adecuadas actividades de mantenimiento que garanticen la sostenibilidad del área de mantenimiento, de procesos y demás áreas que integran la empresa [1].

Cuando se habla de sostenibilidad, se refiere a un modelo de desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Se trata de un enfoque holístico que tiene en cuenta las repercusiones de las acciones y decisiones que se toman en la actualidad en los tres pilares de la sostenibilidad (social, medioambiental y económico).

La evaluación del mantenimiento sostenible es una decisión que involucra aspectos de carácter estratégico y táctico, debido a que determina los niveles de operación, las necesidades de mantenimiento y en definitiva la capacidad productiva de la empresa [2].

Los principales criterios sobre evaluación del mantenimiento sostenible que se encuentran publicados en la revisión bibliográfica efectuada, son: el mantenimiento, como bien mencionan otros autores en varios trabajos analizados [3-5] permite obtener mejoras económicas, medioambientales y sociales (los tres pilares de la sostenibilidad) en la industria. Con una adecuada gestión del mantenimiento con enfoque sostenible se puede incrementar la calidad del producto, reducir costos por mantenimiento y producción, así como prevenir accidentes laborales y conservar el medio ambiente, reflejando menos averías, menos fallas, menos desperdicios de material y de tiempo en la empresa [6, 7].

Los impactos de las actividades de mantenimiento en los tres pilares de la sostenibilidad pueden ser medidos por medio de indicadores, con el fin de brindar al gerente de mantenimiento información cuantitativa sobre los objetivos de mantenimiento y qué acciones se deben tomar para mejorar los resultados de operación para cumplir con los objetivos [8]. El análisis de los indicadores es un elemento vital en el mantenimiento del funcionamiento de un equipo o instalación, para mejorar la rentabilidad, el rendimiento medioambiental y la seguridad, al aportar datos reales y actualizados sobre el estado del sistema de mantenimiento [9].

Los Indicadores Clave de Desempeño KPI (*Key Performance Indicators*) pueden servir como herramienta para la evaluación de la sostenibilidad en diferentes tipos de industrias [10] disponiendo de parámetros que permitan cuantificar de forma numérica y objetiva el valor y peso que tiene cada uno en la organización [11].

El modelo que mejor se ajusta al caso objeto de estudio es el propuesto por [12] que consiste en la determinación de los KPI, la validación de los KPI mediante una escala de Likert, el desarrollo del modelo de evaluación de la sostenibilidad mediante la aplicación del Proceso de Jerarquía Analítica, AHP (*Analytical Hierarchical Process*) bajo los tres pilares de la sostenibilidad y la evaluación sostenible del sistema bajo dos escalas: cuantitativa y cualitativa.

El problema de evaluación del mantenimiento sostenible requiere estudios cuidadosos de Ingeniería de Mantenimiento para obtener la información necesaria, que permita tomar decisiones apropiadas, con la finalidad de mejorar la eficiencia de operación y la posición competitiva de la empresa. Las industrias conserveras de atún, actualmente, se encuentran en la búsqueda de la racionalización de recursos, la eliminación de desperdicios y la identificación de mejoras en los procesos de vapor, electricidad, aire comprimido, agua y combustibles fósiles para la reducción de sus valores actuales, todo ello, con un enfoque más sostenible [13]. ¿Será posible evaluar el desempeño del mantenimiento sostenible Preventivo a partir de la aplicación de los KPI en una empresa conservera de atún?

Ecuador captura aproximadamente el 4 % del total mundial de atún y ocupa el tercer lugar a nivel mundial en exportación de conservas de atún y es la principal actividad económica del puerto de Manta, en el sector pesquero. Esta ciudad dispone de una importante flota de barcos que abastecen a las industrias locales con productos del mar [14]. La evaluación del desempeño del mantenimiento sostenible Preventivo es de vital importancia para la gestión eficiente de esta actividad. El papel del Mantenimiento Preventivo en una organización es manifiesto, porque garantiza aportaciones a la productividad por medio de la confiabilidad y disponibilidad de los activos, impactando también en la calidad, y la seguridad y salud del trabajo [15]. Determinar cómo el mantenimiento preventivo influye en la sostenibilidad de las empresas conserveras de atún es de suma importancia, considerando que es un factor clave para alcanzar y mantener la continuidad de su posicionamiento en el mercado a nivel internacional, para reducir los impactos ambientales, sociales y económicos, para tributar a la mejora continua.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el nivel de desempeño del mantenimiento sostenible preventivo, en empresas conserveras de atún, sobre la base de su influencia en los tres pilares de la sostenibilidad, a partir de la aplicación de los Indicadores Clave de Desempeño.

Por su trascendencia científica y su valor práctico, la metodología utilizada en este estudio es la del Proceso de Jerarquía Analítica, que consta de modelos de estudio y análisis de datos para la determinación del impacto del mantenimiento sostenible en las empresas o áreas específicas.

Tomando en cuenta la problemática a analizar y el objetivo trazado el resultado más importante que se obtuvo en el estudio fue la determinación del nivel de desempeño del mantenimiento sostenible preventivo, en empresas conserveras de atún investigadas.

El grado de autenticidad de la evaluación del desempeño del mantenimiento sostenible preventivo está dada por la veracidad que tengan los datos de entrada utilizados.

2. Métodos y Materiales

La investigación se desarrolló usando la metodología realizada por [12], donde un grupo de indicadores enfocados en la *Triple Bottom Line* evaluaron la sostenibilidad del sistema de mantenimiento de las empresas conserveras de atún. La metodología consta de cuatro etapas, que se presentan en la figura 1.

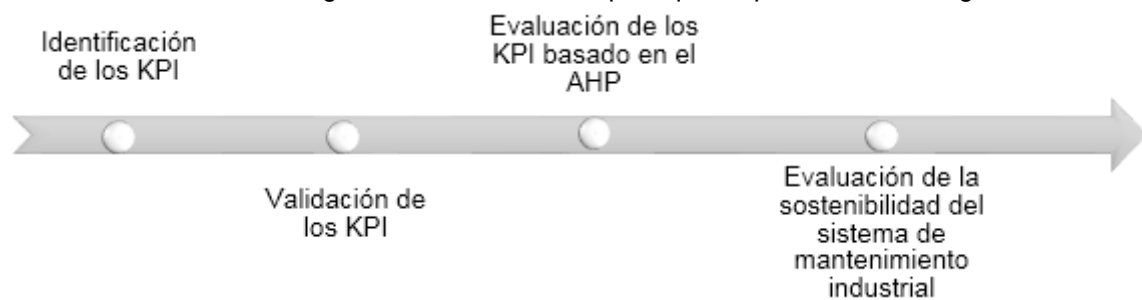


Fig.1 Metodología de evaluación del mantenimiento sostenible a través de Indicadores Claves de Desempeño. Fuente: autores

2.1. Etapa 1. Identificación de los Indicadores Claves de Desempeño

La determinación de los KPI se realizó mediante la revisión de la literatura. Los KPI se seleccionaron bajo los tres pilares de la sostenibilidad (económico, social y ambiental) con relación directa o indirecta a los diferentes mantenimientos industriales que se ofrecen en la empresa.

Los indicadores identificados se clasificaron por factores económicos, ambientales y sociales, tal como se muestra en la tabla 1, los cuales se presentan a los expertos de las industrias que colaboran en la investigación, para la realización de la encuesta y evaluación de los indicadores propuestos.

Tabla 1. KPI seleccionados de las revisiones bibliográficas y clasificadas según los factores económicos, sociales y ambientales. Fuente: autores

Categoría	Indicador
Económico	Costo de inventario Costo por mantenimiento Tiempo medio entre fallas (MTBF) Tiempo medio de reparación (MTTR) Tiempo de inactividad de un equipo (MTTA) Eficiencia global del equipo Frecuencia de mantenimiento correctivo Cumplimiento del mantenimiento planificado Costo laboral Tasa de fallos aleatorios (no previstos) Frecuencia de mantenimiento preventivo Trabajo completado a tiempo Retraso en el mantenimiento
Ambiental	Consumo de energía eléctrica Consumo de combustible Consumo de agua Consumo de refrigerante Cantidad de emisiones y residuos producidos (la huella de CO ₂) Contaminación del aire Contaminación acústica Gestión de desperdicios de materia prima
Social	Salud y seguridad en el trabajo Capacitación en áreas específicas de trabajo Accidentes laborales

	Habilidades del personal Equidad de género Retrasos por insuficiente recurso humano (ausentismo) Conflictos laborales Frecuencia de reclamos por los empleados Comunicación entre empleados Participación de colaboradores en la toma de decisiones Relación laboral
--	---

2.2. Etapa 2. Validación de los Indicadores Claves de Desempeño

Para la validación de los KPI, se seleccionaron cuatro expertos de las divisiones de producción y mantenimiento de las empresas integrantes del presente trabajo, los cuales mediante una escala de Likert [15] de cinco puntos que va desde 1 (nada importante) a 5 (muy importante), calificaron el nivel de importancia de cada uno de los KPI identificados para la evaluación del mantenimiento sostenible, agrupándolos jerárquicamente como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Validación de Indicadores Claves de Desempeño. Fuente: autores

Categoría	Indicador	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Promedio
Económico	Costo de inventario	5	5	5	5	5,00
	Costo por mantenimiento	5	5	5	5	5,00
	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	5	5	5	5	5,00
	Tiempo medio de reparación (MTTR)	5	5	5	5	5,00
	Tiempo de inactividad de un equipo (MTTA)	5	5	5	4	4,75
	Eficiencia global del equipo	5	5	5	4	4,75
	Frecuencia de mantenimiento correctivo	4	4	5	4	4,25
	Cumplimiento del mantenimiento planificado	4	5	4	4	4,25
	Costo laboral	4	3	4	4	3,75
	Tasa de fallos aleatorios (no previstos)	4	4	3	3	3,50
	Frecuencia de mantenimiento preventivo	4	2	3	4	3,25
	Trabajo completado a tiempo	4	2	4	3	3,25
	Retraso en el mantenimiento	3	2	4	4	3,25
Ambiental	Consumo de energía eléctrica	5	5	5	5	5,00
	Consumo de combustible	5	5	5	5	5,00
	Consumo de agua	5	5	5	5	5,00
	Consumo de refrigerante	5	5	5	4	4,75
	Cantidad de emisiones y residuos producidos (la huella de CO ₂)	4	5	5	5	4,75
	Contaminación del aire	4	4	5	4	4,25
	Contaminación acústica	5	1	4	4	3,50
	Gestión de desperdicios de materia prima	4	3	2	3	3,00
Social	Salud y seguridad en el trabajo	5	5	5	5	5,00
	Capacitación en áreas específicas de trabajo	5	5	5	5	5,00
	Accidentes laborales	5	5	5	5	5,00
	Habilidades del personal	5	5	5	5	5,00
	Equidad de género	5	5	5	4	4,75
	Retrasos por insuficiente recurso humano (ausentismo)	3	4	3	3	3,25
	Conflictos laborales	5	3	3	2	3,25
	Frecuencia de reclamos por los empleados	4	3	3	3	3,25
	Comunicación entre empleados	3	2	3	3	2,75
	Participación de colaboradores en la toma de decisiones	3	2	2	3	2,50
	Relación laboral	3	2	2	3	2,50

Luego de la jerarquización, se asentaron en una tabla los indicadores de mayor importancia en función de su calificación promedio, que deben ser mayor que cuatro (> 4), como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. KPI para la evaluación de la sostenibilidad. Fuente: autores

Factor	Indicadores	Importancia
Económico	Costo de inventario	5,00
	Costo por mantenimiento	5,00
	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	5,00
	Tiempo medio de reparación (MTTR)	5,00
	Tiempo de inactividad de un equipo (MTTA)	4,75
	Eficiencia global del equipo	4,75
	Frecuencia de mantenimiento correctivo	4,25
	Cumplimiento del mantenimiento planificado	4,25
Ambiental	Consumo de energía eléctrica	5,00
	Consumo de combustible	5,00
	Consumo de agua	5,00
	Consumo de refrigerante	4,75
	Cantidad de emisiones y residuos producidos (la huella de CO ₂)	4,75
	Contaminación del aire	4,25
Social	Salud y seguridad en el trabajo	5,00
	Capacitación en áreas específicas de trabajo	5,00
	Accidentes laborales	5,00
	Habilidades del personal	5,00
	Equidad de género	4,75

2.3. Etapa 3. Evaluación de los KPI basado en AHP

Mediante la aplicación del AHP [10, 12], se construyó la estructura jerárquica de los KPI bajo los tres pilares (factores) de la sostenibilidad. Para ello se utilizaron matrices de comparación pareadas usando una escala de Saaty de nueve puntos que va de 1 a 9 (1 = igual importancia, 3 = importancia moderada, 5 = importancia grande, 7 importancia muy grande, 9 = importancia extrema) para calificar el nivel de importancia de un criterio respecto a otro. Luego se ponderaron los factores e indicadores jerarquizados mediante la aplicación de cuestionarios de comparación por pares.

2.3.1. Matriz de Comparación por Pares

Las comparaciones por pares de los criterios se organizaron en una matriz cuadrada, denominada Matriz de Comparación por Pares [15], en la que primero se evaluaron los tres factores de la sostenibilidad entre sí, tal como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Modelo de la Matriz de Comparación por Pares. Fuente: autores

Criterios	Económico	Ambiental	Social
Económico	1	x	y
Ambiental	1/x	1	z
Social	1/y	1/z	1

El método se aplica para la ponderación de los factores, así como de los indicadores de cada factor entre sí, confeccionando otras matrices para su ponderación en base al mismo modelo y método; y una vez definidos los factores, se realiza la evaluación por pares, es decir, se comparan cada una de las alternativas ante cada uno de los criterios de forma biunívoca, es decir, par con par.

2.3.2. Matriz normalizada y vector de ponderación

Se dividió cada término de la matriz sobre la suma total de cada columna, y en este caso, se obtuvo una matriz tal como se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Matriz normalizada y vector de ponderación resultante de la Matriz de Comparación por Pares. Fuente: autores

Criterios	Económico	Ambiental	Social	Matriz normalizada			Ponderación
Económico	1	x	y	-	-	-	-
Ambiental	1/x	1	z	-	-	-	-
Social	1/y	1/z	1	-	-	-	-
Suma total:							

Realizada la matriz, se obtiene el vector de prioridad del criterio al promediar los valores de las filas. Este procedimiento se realizó para todos los indicadores de cada factor y también para comparar los factores entre sí.

2.3.3. Razón de consistencia

La Razón de Consistencia (RC) se utilizó para verificar si los juicios emitidos por parte del grupo de expertos decisor fue consistente. La RC es consistente cuando el valor es menor a 0.1 o al 10 %, ya que si ésta emite valores igual o mayor a 0.1 se considera que la evaluación de la Matriz por Pares presenta inconsistencia y que no tiene una evaluación aceptable.

El proceso consistió en realizar una multiplicación de matrices, en la cual las matrices a multiplicar son la Matriz de Comparación por Pares (matriz A) y el Vector de Ponderación o de Prioridad (matriz B), y el resultado obtenido se lo denomina A x B como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Multiplicación de matrices A x B. Fuente: autores

Criterios	Matriz de Comparación por Pares Matriz A			Vector de Ponderación o de Prioridad Matriz B	Resultado de la multiplicación de las matrices, A x B
	Económico	Ambiental	Social		
Económico	1	x	y	-	-
Ambiental	1/x	1	z	-	-
Social	1/y	1/z	1	-	-
					Σ A x B (n _{max})

Luego de la multiplicación de las matrices A x B y haber obtenido la suma total de la columna A x B (n_{max}), se buscó determinar la Razón de Consistencia la cual se obtuvo dividiendo el Índice de Consistencia (CI) entre el Índice Aleatorio (RI), ecuación (1).

$$RC = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

El Índice de Consistencia se obtuvo mediante la ecuación (2), y el Índice Aleatorio usando la ecuación (3).

$$CI = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$RI = \frac{1,98(n - 2)}{n} \quad (3)$$

Donde:

n_{max}: suma total de la resultante de las matrices A x B

n: dimensión de la Matriz de Comparación por Pares

Si el resultado de RC es mayor a 0,1 se considera inconsistente la prueba ejecutada y es preciso repetir todo el proceso del AHP en la matriz inconsistente.

2.4. Etapa 4. Evaluación de la sostenibilidad del sistema de mantenimiento industrial

La evaluación del sistema de mantenimiento industrial se realizó mediante la aplicación del Modelo de Evaluación de la Sostenibilidad desarrollado en el paso anterior; para lo cual es necesario contar con dos escalafones.

Mediante el primer escalafón se cuantificó el grado de cumplimiento del peso asignado a cada uno de los indicadores agrupados bajo los factores económicos:

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Muy pobre | 6. Muy aceptable |
| 2. Moderadamente pobre | 7. Humildemente bueno |
| 3. Escasamente pobre | 8. Moderadamente bueno |
| 4. Escasamente regular | 9. Muy bueno |
| 5. Moderadamente regular | 10. Excelente |

Los valores alcanzados de cada indicador mediante la escala anterior, se sumaron bajo sus respectivos factores, estas sumas permitieron calificar el desempeño sostenible del sistema de mantenimiento industrial bajo los tres factores de la sostenibilidad, mediante el segundo escalafón:

- Si $1 \leq$ la puntuación ≤ 4 el desempeño es pobre.
- Si $4 <$ la puntuación ≤ 7 el desempeño es justo.
- Si $7 <$ la puntuación ≤ 9 el desempeño es bueno.
- Si la puntuación > 9 el desempeño es excelente.

3. Resultados y Discusión

Los KPI propuestos para la evaluación del mantenimiento preventivo sostenible en las industrias de conservas de atún se utilizaron para construir una jerarquía. Los tres grupos fueron definidos y construidos en la jerarquía incluyendo meta, factores e indicadores. Evaluar el nivel de desempeño del mantenimiento preventivo sostenible de las industrias de conservas de atún se estableció como el objetivo o meta. El nivel siguiente consta de los factores de la sostenibilidad: económico, ambiental y social. El tercer nivel consta de los indicadores que describen cada uno de los factores, contemplando un total de diecinueve, se representa la jerarquía en la figura 2.

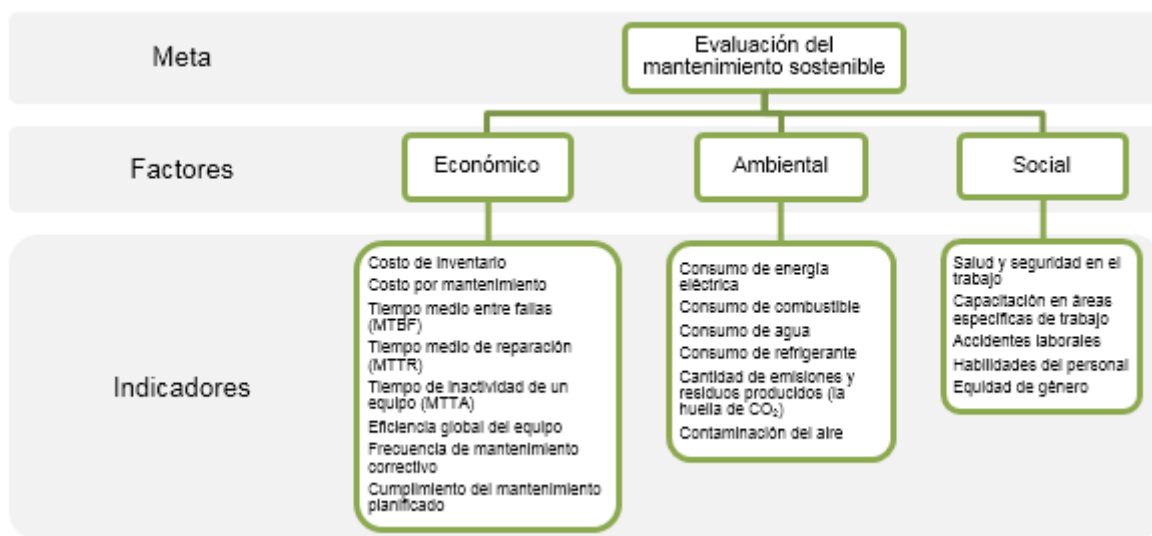


Fig. 2. Estructura jerárquica de los KPI. Fuente: autores

Una vez construida la jerarquía, se calculó el peso de importancia de cada KPI; para ello, se seleccionaron tres gerentes de mantenimiento de las industrias de conservas de atún, sobre la base de su experiencia en la industria objeto de estudio, para dar sus preferencias sobre los KPI. Se diseñó un cuestionario de comparación por pares. Las comparaciones por pares se determinaron entre factores e indicadores dentro de cada factor de los KPI bajo una escala de Saaty de 1 a 9, resultados que se presentan en la tabla 7.

La prueba de consistencia se realizó a cada matriz de comparación por pares combinadas. Los resultados muestran que los valores de la RC son inferiores a 0.1, lo que significa que todas las comparaciones por pares son consistentes.

Tabla 7. Pesos de importancia de los KPI para la evaluación del mantenimiento sostenible en las empresas conserveras de atún. Fuente: autores

Factores	Peso	Indicadores	Peso
Económico	0,057	Costo de inventario	0,0015
		Costo por mantenimiento	0,0056
		Tiempo medio entre fallas (MTBF)	0,0077
		Tiempo medio de reparación (MTTR)	0,0077
		Tiempo de inactividad de un equipo (MTTA)	0,0077
		Eficiencia global del equipo	0,0189
		Frecuencia de mantenimiento correctivo	0,0027
		Cumplimiento del mantenimiento planificado	0,0052
Ambiental	0,649	Consumo de energía eléctrica	0,0557
		Consumo de combustible	0,0531
		Consumo de agua	0,0531
		Consumo de refrigerante	0,0194
		Cantidad de emisiones y residuos producidos (la huella de CO ₂)	0,3055
		Contaminación del aire	0,1622
Social	0,294	Salud y seguridad en el trabajo	0,0929

	Capacitación en áreas específicas de trabajo	0,0348
	Accidentes laborales	0,0929
	Habilidades del personal	0,0514
	Equidad de género	0,0220

El factor ambiental es el peso de mayor importancia con un valor de 0,649 y la cantidad de emisiones y residuos producidos (la huella de CO2) (0,3055) se considera su indicador más importante. En cuanto al factor social (0,294), la salud y seguridad en el trabajo y los accidentes laborales son sus indicadores más importantes, ambos con un valor de 0,0929. Por último, la eficiencia global del equipo (0,0189) se considera el indicador más importante del factor económico (0,057).

Seguidamente, se solicitó a tres gerentes de mantenimiento de diferentes empresas conserveras de atún, que evaluarán su sistema de mantenimiento industrial en base a los KPI seleccionados, utilizando una escala de calificación que va del 1 al 10 (muy pobre – excelente) en los KPI de evaluación del sistema de mantenimiento. Los valores de calificación se utilizan para calcular la puntuación de la empresa, que consiste en las puntuaciones individuales de cada factor y la puntuación general por empresa. Calculando así las puntuaciones individuales para cada factor de los KPI como se muestra en la tabla 8. Calificando, además, cada factor mediante la escala de calificación (1 ≤ 4 pobre; ≤ 7 regular; ≤ 9 bueno; >9 excelente) para determinar el desempeño de cada factor por empresa y posteriormente el desempeño global.

Tabla 8. Nivel de rendimiento sostenible de cada factor por empresa. Fuente: autores

Factores	Nivel de rendimiento por empresa		
	1	2	3
Económico	6,625 (Justo)	8,750 (Bueno)	7,000 (Justo)
Ambiental	8,000 (Bueno)	10,000 (Excelente)	6,833 (Justo)
Social	8,400 (Bueno)	9,600 (Excelente)	6,000 (Justo)

En la tabla 8 se puede apreciar que la calificación de cada factor y el nivel de rendimiento de las empresas son variados. La empresa 2 mantiene un rango superior para todos los factores. La empresa 1, tiene la puntuación individual del factor económico menor que la empresa 3; sin embargo, supera a la 3 en los factores ambiental y social. Se puede observar que, la empresa con la puntuación general más baja puede no ser la peor en todos los factores, por ende, para realizar una toma de decisiones, estos aspectos deben ser analizados en detalle para priorizar qué Indicadores Claves de Desempeño de la empresa deben ser objeto de mejora y perfeccionar el desempeño del mantenimiento sostenible de la empresa.

La puntuación general de las tres empresas conserveras de atún comparadas se presenta en la figura 3.

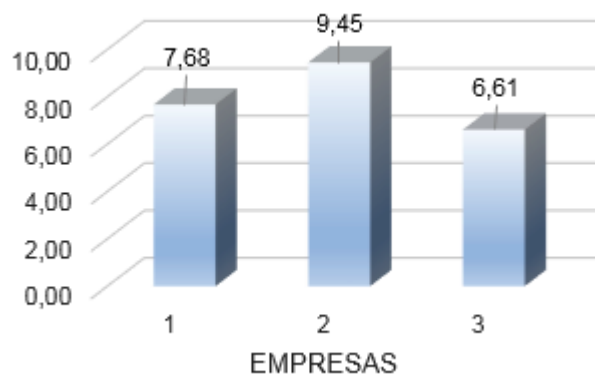


Fig. 3 Puntuación global del desempeño sostenible de mantenimiento de las empresas comparadas.

Fuente: autores

A través del modelo de evaluación del desempeño del mantenimiento sostenible, se aprecia que la empresa 2 obtuvo la puntuación general más alta (9,45) que corresponde a un nivel de desempeño sostenible excelente. Mientras que la empresa 1 alcanzó una puntuación de 7,68 representando un nivel de desempeño sostenible bueno. Por último, la empresa 3 tiene la puntuación general más baja (6,61), siendo su nivel de desempeño justo.

Conclusiones

La evaluación realizada determinó el nivel de importancia e influencia de cada indicador y a la vez de cada factor, así como las fuentes de mejora, que se encuentran con un nivel más bajo o que son más relevantes, dentro del área de mantenimiento preventivo, en los que se puede trabajar para potenciar el pilar, sea económico,

ambiental o social. Los resultados alcanzados proporcionan sugerencias e instrucciones para que las empresas conserveras de atún tomen las medidas necesarias para mejorar su desempeño del mantenimiento sostenible.

Referencias

- Colmenares OG, Villalobos DE. Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo. *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería*. 2014;(15):30-23-27. <https://doi.org/10.21500/01247492.1355>
- Viveros P, Stegmaier R, Kristjanpoller F, Barbera L, Crespo A. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 2013;(21):125-138. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>
- Pérez AT, Pérez PM. **Sostenibilidad y gestión del proceso de mantenimiento en la industria del plástico en cuba. Revista de Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación**. 2022;(4):38:59-66.
- Azoy CA. Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2014;4(4):45-49.
- Polese F, Gallucci C, Carrubbo L, Santulli R. Predictive maintenance as a driver for corporate sustainability: Evidence from a public-private co-financed R&D project. *Sustainability*, MDPI. 2021;13(11): 1-21.
- Zhao J, Gao C, Tang T. A Review of Sustainable Maintenance Strategies for Single Component and Multicomponent Equipment. *Sustainability*. 2022;14(5). 2992. <https://doi.org/10.3390/su14052992>
- Macías AM, Á. Arteaga AR, Rodríguez RP. Análisis de los indicadores de la caldera de una planta procesadora de conservas de atún. *Ingeniería Mecánica*. 2021;24(3):e630.
- Oliveira M, Lopes I, Rodrigues C. Use of Maintenance Performance Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. *Procedia CIRP*. 2016;(52):157-160. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>
- Quisiguiña LG, Arteaga AR, Rodríguez PA. Determinación de Indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad. Caso de Estudio: Industria de Elaboración de Conservas de Atún. *Revista Cubana de Ingeniería*. 2021;12(2):e276.
- Arteaga AR, Brito AL, Fernández MI, Roldán AF. Evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores claves de desempeño sostenible del sistema de generación de vapor de una industria ecuatoriana. *Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (AFCEE)*, (10):67-79.
- Sánchez MI, García EJ, Pardo AR. Análisis de herramientas de sostenibilidad y RSC para su aplicación a la industria de procesos. *Revista de Estudios Empresariales. Segunda Época*. 2010;(2):81-98.
- Amrina E, Vilsí AL. Key Performance Indicators for Sustainable Manufacturing Evaluation in Cement Industry. *Procedia CIRP*. 2015;(26):19-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.020>
- Fatma E. Development of Sustainable Tuna Processing Industry using System Dynamics Simulation. *Procedia Manufacturing*. 2015;(4):107-114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.020>
- Lucas FS. La calidad y competitividad en las empresas de la ciudad de Manta-Ecuador. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*. 2017;3(3):09-18.
- García SJ, Cárcel CJ, Mendoza VJ. Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*. 2019;8(2):50-67. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.50-67>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

María E. Delgado Collt. <http://orcid.org/0000-0001-9632-9019>

Participó en el diseño de la investigación y en la revisión de la investigación bibliográfica, 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 R. Arteaga Linzan. <http://orcid.org/0000-0002-3589-5866>

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 informe final.

Pedro A. Rodríguez Ramos. <http://orcid.org/0000-0003-2862-0984>

Trabajó en la conformación y actualización de las referencias bibliográficas, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones para su mejora, en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del informe final.