

# La Auditoría a la Gestión del Mantenimiento por Muestreo Basado en Atributos<sup>1</sup>

## The Audit of the Maintenance Management by Attribute-Based Sampling

E. Probanca, P. A. Rodríguez, A Díaz y L. Villar

Recibido: agosto 3 de 2023 – Aceptado: junio 18 de 2026.

**Resumen**—La evaluación de la gestión del mantenimiento constituye un elemento esencial para transformar datos operativos en decisiones estratégicas orientadas a la optimización de recursos, el incremento de la seguridad operacional, la reducción de paradas no planificadas y la prolongación de la vida útil de los equipos industriales. En este contexto, las auditorías desempeñan un papel fundamental como procesos sistemáticos, independientes y documentados destinados a obtener evidencias, evaluarlas objetivamente y determinar el grado de cumplimiento de criterios previamente establecidos. El objetivo de este estudio fue aplicar una auditoría a la gestión del mantenimiento en la empresa Mantener SA mediante la metodología denominada Muestreo Basado en Atributos (MBA-50), concebida por los autores bajo un enfoque mixto cuantitativo-cualitativo y estructurada en formato tipo checklist. Como aporte teórico, la investigación amplía el cuerpo de conocimientos sobre evaluación de la gestión del mantenimiento al incorporar, de manera integrada, cuatro dimensiones de análisis dentro de la gestión técnica: impacto de las acciones de mejora, prevención de riesgos, costos y eficiencia económica de las acciones implementadas. Desde el punto de vista práctico, MBA-50 proporciona una guía

estructurada y validada para diagnosticar el estado de la gestión del mantenimiento y sustentar la formulación de acciones de mejora. Los principales hallazgos permitieron determinar el estado actual de la gestión del mantenimiento, establecer el orden de prioridad de los atributos con mayor nivel de riesgo y definir acciones correctivas orientadas a revertir las deficiencias identificadas. Los resultados evidencian la pertinencia de aplicar sistemáticamente evaluaciones de la gestión del mantenimiento mediante herramientas integrales como MBA-50, debido a su capacidad para contribuir al incremento de la efectividad operacional, la sostenibilidad y la mejora continua de los procesos industriales.

**Palabras clave**—auditoría, gestión del mantenimiento, muestreo, atributos, acciones de mejora.

**Abstract**—The evaluation of maintenance management is essential for transforming operational data into strategic decisions aimed at optimizing resources, enhancing operational safety, reducing unplanned downtime, and extending the service life of industrial equipment. In this context, audits play a fundamental role as systematic, independent, and documented processes intended to obtain evidence, evaluate it objectively, and determine the degree of compliance with previously established criteria. The objective of this study was to apply a maintenance management audit at the company *Mantenimiento SA* using the Attribute-Based Sampling (MBA-50) methodology, developed by the authors under a mixed quantitative-qualitative approach and structured as a checklist-based instrument. As a theoretical contribution, this research expands the body of knowledge on maintenance management evaluation by integrating four analytical dimensions within technical management: the impact of improvement actions, risk prevention, costs, and the economic efficiency of implemented actions. From a practical perspective, MBA-50 provides a structured and validated tool for diagnosing the condition of maintenance management and supporting the formulation of improvement actions. The main findings made it possible to determine the current state of maintenance management, establish the priority ranking of the attributes with the highest risk level, and define corrective actions aimed at reversing the identified deficiencies. The results demonstrate the relevance of systematically applying maintenance management assessments through comprehensive tools such as MBA-50, given their capacity to enhance operational effectiveness, sustainability, and the continuous improvement of industrial processes.

<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación “Gestión estratégica en el mantenimiento”. Presentado por el Grupo de Investigación: Centro de Estudio Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad Ingeniería Mecánica. Universidad Tecnológica de La Habana.

E. Probanca, Cubabiofarma - División de Servicios Técnicos, La Habana, Cuba, email: [eylennyspc@gmail.com](mailto:eylennyspc@gmail.com).

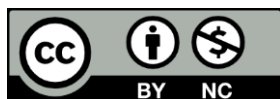
P. A. Rodríguez, Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba. [pedrojandro1952@gmail.com](mailto:pedrojandro1952@gmail.com).

A. Arteaga, Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba. [adiaz@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:adiaz@mecanica.cujae.edu.cu).

L. Villar, Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba. [leisis@ind.cujae.edu.cu](mailto:leisis@ind.cujae.edu.cu).

**Como citar este artículo:** Probanca, E., Rodríguez, P. A., Díaz, A., y Villar, L. “La Auditoría a la Gestión del Mantenimiento por Muestreo Basado en Atributos”, *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 20, no. 39, pp. 19-29, enero-junio de 2026.

DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2947>.



**Keywords—audit, maintenance management, sampling, attributes, improvement actions.**

## I. INTRODUCCIÓN

LA auditoría es la pieza clave de un sistema de mejora continua - éxito sostenido. La auditoría de gestión fortalece la competitividad y la eficiencia organizacional mediante la identificación sistemática de oportunidades de mejora y acciones correctivas. [1]. La auditoría de gestión funciona como mecanismo de diagnóstico, control y generación de acciones correctivas para impulsar la mejora continua de los procesos organizacionales, constituye un mecanismo esencial para la mejora continua y la sostenibilidad organizacional [2].

Son muchos los tipos de herramientas (auditoría, diagnóstico, normas, otros) que han sido concebidas, para la evaluación del nivel de la gestión del mantenimiento, ejemplos: [3]-[10]. En particular [8] analiza, de forma detallada, diferentes herramientas aplicadas para evaluar el estado de la gestión del mantenimiento a través de una revisión bibliográfica realizada en este campo. Empleó el método de análisis y síntesis; así como el método de análisis de conglomerados. Se analizan un total de 25 herramientas (entre 1990–2020) mostrándose las características de cada una, aplicando análisis de estadística descriptivas. El estudio proporciona a los investigadores los beneficios e insuficiencias para la selección de herramientas que mejor se contextualicen a su campo de trabajo, dentro del mantenimiento, potenciando así, la toma de decisiones ante los problemas presentados.

Cada herramienta tiene su objetivo y alcance, sus fortalezas, debilidades y sus resultados, de acuerdo con objeto donde se aplica. La auditoría, en el caso de la gestión del mantenimiento, consiste en la evaluación, análisis y valoración objetiva, periódica y sistemática de las funciones y características esenciales del servicio, para comprobar la pertinencia de la gestión del mantenimiento y su evolución en el tiempo. Es un acto voluntario del jefe de mantenimiento, que desea esclarecer los puntos débiles y fuertes del servicio (no es una inspección, no es un control externo). La auditoría a la gestión del mantenimiento es una combinación de la auditoría de calidad y la auditoría de procesos-servicios [2].

La concepción básica de la auditoría (diagnóstico) de la gestión del mantenimiento [11] es:

- Input: se parte de la identificación de un estado actual.
- Aplicar lista de chequeo de atributos.
- Definir las prioridades de atención.
- Proponer acciones de mejora.
- Evaluación económica de las acciones de mejora.
- Control y seguimiento.
- Output: obtención de un estado de la gestión del mantenimiento clase mundial.

En este artículo se presenta la auditoría a la gestión del mantenimiento por Muestreo Basado en Atributos (acrónimo MBA-50).

Para evaluar la conformidad de los requisitos establecidos, se usa el enfoque basado en atributos. El atributo es una cualidad (condición) de algo. Símbolo que denota el carácter y

oficio, en este caso, de la gestión del mantenimiento. Es el eslabón base de la auditoría que se propone. Se concibió, por los autores, una lista de chequeo para la auditoría a la gestión del mantenimiento; MBA-50, está integrada por 50 atributos, que están soportados por los doce factores claves de Mantenimiento Clase Mundial. No se audita por áreas funcionales, sino por atributos individuales (el nombre exacto de cada atributo en [11]).

El objetivo central de este artículo fue aplicar una auditoría a la gestión del mantenimiento en la empresa Mantener SA, aplicando MBA-50, para identificar (cuantitativamente) el estado general de la gestión del mantenimiento y de sus atributos, además, definir el orden de la atención a los atributos, concretar sus correspondientes acciones de mejora y la evaluación de su pertinencia (real posibilidad de implementación) a través de cuatro dimensiones (impactos de las acciones de mejora, riesgos, costos, eficiencia económica).

## II. METODOLOGÍA

La Auditoría a la gestión del mantenimiento MBA-50 está estructurada en cinco etapas [11], que garantizan su correcto desarrollo y que satisfacen las expectativas de la organización auditada.

- Etapa 1. Selección de los expertos.
- Etapa 2. Obtención de la información.
- Etapa 3. Procesamiento de la información.
- Etapa 4. Pertinencia de las acciones de mejora.
- Etapa 5. Informe final.

### A. Etapa 1. Selección de los Expertos

La calidad y confiabilidad de la evaluación depende en gran medida de la idoneidad de los expertos. La característica más importante es la competencia del experto, por eso para la selección de los expertos fue usado el del Coeficiente de Competencia Experta (K) [12] en Ec. 1..

El coeficiente se calcula, para cada experto potencial (bolsa de expertos).

Coeficiente de Competencia Experta (K)

$$K = 0.50 \times (K_c + K_a) \quad (1)$$

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

El Coeficiente de conocimiento o información, grado de conocimiento que tiene el experto potencial (o por autoevaluación) acerca del tema, se calcula sobre la valoración del propio experto (VP) en una escala del 1 al 10 y multiplicado por 0.10, es decir:  $K_{cEi} = VP_1 \cdot 0.10$  [12].

El Coeficiente de argumentación (fuentes de criterio del experto) se obtiene a partir de la auto asignación por parte del experto de puntuaciones a 6 fuentes de argumentación en las que se basa su conocimiento experto (análisis teóricos sobre la temática, la experiencia profesional, participación en proyectos de investigación, entre otras). Se apoya en una Tabla Patrón de las fuentes de argumentación [12], que

vincula las mismas con el grado de influencia de cada una de estas fuentes en los criterios de argumentación del experto.

**B. Etapa 2. Obtención de la Información.**

Para comenzar esta etapa debe asegurarse que los expertos tengan la lista de chequeo (tabla I), pues la información se obtiene de ellos, cuando confirman el estado real de cada atributo (son 50), y le asignan una calificación: 0, 1, 2 (0 - mal, 1 - regular y 2 - bien) de acuerdo al estado, que el experto detecta, que tiene el atributo en el momento que se realiza la auditoría.

Atributos (definidos por los autores):

1. Presupuestos
2. Descripción de las funciones por cargos
3. Medioambiente
4. Mantenimiento autónomo
5. Comprensión y actitud de la gerencia
6. Cliente interno
7. Cubrimiento de la plantilla
8. Estimulación
9. Gestión de compras de mantenimiento
10. Capacitación del capital humano
11. Aplicaciones informáticas
12. Contratación
13. Motivación del capital humano
14. Gestión de seguridad y salud del trabajo
15. Recuperación de piezas y partes de repuesto
16. Gestión de la lubricación y los lubricantes
17. Medición del desempeño laboral
18. Gestión de costos
19. Organización interna
20. Gestión de indicadores
21. Toma de decisiones de los directivos
22. Trabajos planificados
23. Recursos de planificación
24. Programación
25. Almacenes
26. Estructura
27. Taller
28. Pañol
29. Útiles y herramientas
30. Ingeniería
31. Efectividad
32. Estrategia de mejora
33. Solución de los problemas
34. Nivel de prevención
35. Procedimientos de trabajo

36. Tareas de inspección
37. Competencias de operarios de inspección
38. Tecnologías de inspección
39. Control de portadores energéticos
40. Estudios de lubricación
41. Almacenaje de aceites y lubricantes
42. Capital humano de lubricación
43. Gestión de órdenes de trabajo
44. Gestión de la calidad
45. Certificaciones de activos
46. Gestión de compras de piezas
47. Análisis de riesgos
48. Política general y directrices
49. Toma de decisiones en la inspección
50. Toma de decisiones en ahorro energéticos

TABLA I  
SÍNTESIS DE LA LISTA DE CHEQUEO [11].

Estado	Atributos y niveles (marcar con x en la columna estado)
<b>1. Presupuestos</b>	
0	Se trabaja sin presupuestos, sistema "llave abierta".
1	Hay conciencia de la necesidad de trabajar con presupuestos. Hay claridad sobre los presupuestos y se confeccionan, pero son insuficientes, sobre la base de los históricos.
2	Existe el presupuesto anual, confeccionado sobre la base de un buen programa de mantenimiento. Se respeta el presupuesto establecido para cada acción. La utilización del presupuesto es uno de los principales medidores de la eficiencia.
<b>2. Descripción de las funciones por cargos</b>	
0	No están descritas las funciones del capital humano de mantenimiento.
1	Están descritas las funciones de todo el capital humano de mantenimiento; pero los trabajadores no las conocen.
2	Están descritas las funciones de todo el capital humano de mantenimiento y los trabajadores las conocen. Forma parte del manual de organización y para cada puesto de trabajo incluye: denominación, categoría, requisitos de conocimientos (capacitación), objeto, la descripción del cargo, misiones, responsabilidad, autoridad, qué información debe generar y recibir con grado de detalle y periodicidad. Está constituida la comisión de idoneidad.
<b>3. Medioambiente</b>	
.....	

**C. Etapa 3. Procesamiento de la Información.**

La evaluación del estado real de la gestión del mantenimiento tiene un carácter cuantitativo. La calificación otorgada a cada atributo (etapa 2) se procesa y se evalúa según el formato indicado en la tabla II [11].

TABLA II  
PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Atributo, A	Calificación de los expertos, E								Total $\sum E$	Media, M $\frac{\sum E}{E}$	Factor de ponderación, p %	Estado real. Calificación absoluta, CA <sub>i</sub> $\frac{M \cdot p}{3}$	Orden de Atención
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	...	E <sub>i</sub>					
A1	1	1	0	2	0	1	...	1					
...													
A50													
Tot	-	-	-	-	-	-	-	-	----	----	$\square 100$	$\square CA_i$	---
Estado cuantitativo, %												$CA_i$	
Estado cualitativo												$M/R/B$	

Factor de ponderación, P (%). Es el peso relativo de cada atributo. Para su obtención se aplica la técnica Delphi, Coeficiente de Concordancia o Estadígrafo Kendall w. Este estadígrafo posee un alto rigor estadístico matemático. Ofrece un valor que tributa a decidir sobre el nivel de concordancia entre los jueces o expertos (pueden ser los mismos de la etapa anterior).

El modelo empleado (estadígrafo Kendall w), para esta prueba estadística, sin sesgo, adopta la siguiente expresión en Ec. 2 [13].

$$w = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2}{E^2 \cdot (A^3 - A)} \quad (2)$$

La valoración cualitativa del estado real se asigna según la siguiente pauta (fuente: los autores):

-Menos de 46,66 puntos, implica un estado cualitativo MAL  
-Entre 46,67 – 70,00 puntos, implica un estado cualitativo REGULAR

-Más de > 70,01 puntos, implica un estado cualitativo BIEN

Sobre cada Atributo se recomienda resumir la siguiente información: N.º de orden, nombre del atributo, estado real (según CA<sub>i</sub>), las acciones de mejora (cada atributo puede tener más de una acción de mejora), breve descripción de cada acción de mejora.

#### D. Etapa 4. Pertinencia de las Acciones de Mejora.

Para constatar la pertinencia objetiva de cada acción de mejora propuesta se debe corroborar su nivel de aplicabilidad y sostenibilidad, para lo cual se deben valorar las cuatro siguientes dimensiones:

- Impactos de las acciones de mejora
- Riesgos
- Costos
- Eficiencia económica

##### 1) Dimensión impactos de las acciones de mejora.

La valoración comienza por definir a que tipo de impacto está asociada cada acción de mejora propuesta en la etapa anterior, a saber: CC (Conocimiento Científico), T (Técnico), EF (Económico- financiero), S (Social), MA (Medioambiental), P (Político) y, J (Jurídico).

Puede ocurrir que alguna de las acciones de mejora propuestas esté asociada a un impacto, que, por algún motivo totalmente evidente, la invalide de ser aplicable, por tanto, desde ya se eliminan y, por tanto, no continúan en el análisis.

##### 2) Dimensión prevención de riesgos.

Es la incertidumbre de que ocurra un acontecimiento que pudiera afectar o beneficiar el logro de los objetivos y metas de la acción de mejora.

##### 3) Dimensión costos.

Es la estimación del costo económico de cada acción, CT<sub>a<sub>i</sub></sub> (Costo Directo<sub>a<sub>i</sub></sub> + Costo Indirecto<sub>a<sub>i</sub></sub>). El Costo Total (ΣCT<sub>a</sub>, \$) necesario para la implementación de todas las acciones de mejora propuestas se obtiene como en Ec.3.

$$CTa = CTa_1 + CTa_2 + \dots + CTa_i \quad (3)$$

#### 4) Dimensión eficiencia económica.

Se estiman los resultados técnicos (Indicadores Clase Mundial) que reportaría la implementación de las acciones de mejora propuestas, comparando antes y después de implementar las acciones: disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, tiempo medio entre fallos y tiempo medio para reparación.

Los resultados técnicos, anteriormente relacionados, traen aparejados resultados económicos que se concretan en el cálculo del Beneficio Económico Total (ΣBET, \$) en Ec. 4.

$$\Sigma BET = BETa_1 + BETa_2 + \dots + BETa_i \quad (4)$$

Para constatar la eficiencia económica integral de las acciones de mejora propuestas, se determina el Costo Beneficio Integral (CBI, \$/\$) de la implementación de todas las acciones de mejora, que se determina como en Ec. 5.

$$CBI = \frac{\Sigma CTa}{\Sigma BET} \quad (5)$$

Además, para complementar la valoración de la pertinencia, se debe estimar su eficiencia económica, para lo cual se debe calcular el valor otros indicadores Clase Mundial, que generan las acciones propuestas: costo mantenimiento / facturación; costo mantenimiento / costo total; costo mantenimiento no programado (avería) / costo mantenimiento total.

También, se deben comparar otros indicadores importantes, aunque no son Clase Mundial: Activo (máquinas redundantes, inventarios y otras máquinas de mto) / beneficio; Rentabilidad del capital; Margen de beneficio (precio - componente unitario del costo variable).

Sobre las acciones de mejora que requieren inversión: Si algunas de las acciones de mejora requieren presupuesto para inversión en activos fijos, instalaciones, otros, hay que presentar el flujo de efectivo correspondiente y el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de Recuperación de la Inversión (PRI), entre otros indicadores.

#### E. Etapa 5. Informe Final.

Se confecciona el informe donde se describe claramente las acciones de mejora de manera que sirva de ayuda a los directivos de la entidad para establecer sus objetivos y las oportunidades de mejora [11], incluye el Cronograma de Ejecución detallado. Respetando el ciclo PDCA: se discute, se distribuye y se conserva el informe, asimismo, se da seguimiento y se verifica el cumplimiento en tiempo y forma de Plan de Mejora y se revisa por la dirección.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Etapa 1. Selección de Expertos.

Se convocaron 12 expertos potenciales. Los 12 expertos se caracterizaron por: clasificador de cargo, perfil, formación académica, en interno o externo, años experiencia, otros datos

de interés. La composición de los expertos potenciales resultó:

- según el clasificador de cargo y el perfil, presentó una buena dispersión,
- el 58.33 % son de nivel superior, el resto técnicos medio,
- todos son internos,
- el 33.33 % ha recibido superación en los últimos cinco años,
- todos exceden los cinco años de experiencia.

Se considera una población conveniente.

El Coeficiente de Competencia K correspondiente a cada experto, se calculó como se muestra en la tabla III.

*A. Etapa 2. Obtención de la Información.*

Una síntesis del resultado de la evaluación asignada por los 10 expertos seleccionados se muestra a continuación, tabla IV.

*B. Etapa 3. Procesamiento de la Información.*

Primero hay que calcular la ponderación de los atributos. Se emplearon los mismos 10 expertos que participaron en la calificación de los atributos de la lista de chequeo, y posteriormente se aplica la técnica de consenso del estadígrafo

*Kendall w.* La síntesis del cálculo de la ponderación se muestra en la tabla V.

$$w = \frac{12 \times 180 \ 600}{10^2 \times (50^3 - 50)} = 0.173$$

Como  $A > 7$  se determina [13].

- $\chi^2_{práctico} = E \cdot (A - 1) \cdot w = 10 \cdot (50 - 1) \cdot 0.173 = 84.99.$
- $\chi^2_{teórico}$  (nivel confianza, grado libertad A-1). Por tabla estadística de valores críticos de  $\chi^2$ ; para (0.95; 49) = 67.20.

A pesar del bajo valor de w, es el estadígrafo  $\chi^2$  el que valida que HAY CONSENSO, pues  $84.99 > 67.20.$

Por tanto, la síntesis de la ponderación consensuada se muestra en la tabla VI.

TABLA III  
CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE COMPETENCIA, K.

E <sub>i</sub>	K <sub>c</sub>	K <sub>a</sub>	K	E <sub>i</sub>	K <sub>c</sub>	K <sub>a</sub>	K	E <sub>i</sub>	K <sub>c</sub>	K <sub>a</sub>	K
1	1.0	0.887	0.944	5	0.7	0.899	0.800	9	0.8	1.00	0.900
2	0.3	0.482	0.391	6	0.8	0.882	0.841	10	1.0	0.884	0.942
3	0.8	0.884	0.842	7	0.9	1.000	0.950	11	0.8	0.987	0.894
4	0.7	0.992	0.846	8	0.8	1.000	0.900	12	0.5	0.482	0.491

TABLA IV  
SÍNTESIS DE LA CALIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS.

E / A	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E 10	Σ	M
A1	1	1	0	0	0	1	2	1	1	1	8	0,80
A2	0	1	2	1	1	2	1	2	1	1	12	1,20
A3	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	8	0,80
.....												
A48	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	15	1,50
A49	2	2	2	2	2	1	0	2	0	1	14	1,40
A50	2	2	2	2	0	2	0	1	1	1	13	1,30
Total	59	59	63	66	54	64	49	41	43	42	540	1,08

TABLA V  
PONDERACIÓN DE LOS ATRIBUTOS.

A/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Σ Suma	Desv. Media (S <sub>j</sub> - $\bar{S}$ )	Cuadrado desv. Media (S <sub>j</sub> - $\bar{S}$ ) <sup>2</sup>
A1	5	6	7	8	9	1	50	16	33	44	179	-76	5 776
A2	6	7	8	9	10	2	49	17	34	45	187	-68	4 624
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
A50	4	5	6	7	8	50	1	15	32	13	141	-114	19 600
Media = 255											12750		$\sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2$ 180 600

TABLA VI  
PONDERACIÓN CONSENSUADA Y CALIFICACIÓN ABSOLUTA.

Atributo	M	P (%)	CA <sub>i</sub>
1. Presupuestos	0,80	1,4039	<b>0,374</b>
2. Organización interna	1,20	1,4667	<b>0,587</b>
3. Medioambiente	0,80	1,5294	<b>0,408</b>
4. Mantenimiento autónomo	0,10	1,5922	<b>0,053</b>
5. Descripción de las funciones por cargos	1,00	1,6549	<b>0,552</b>
6. Política general y directrices	1,30	1,7176	<b>0,744</b>
7. Estructura	1,10	1,7804	<b>0,653</b>
8. Comprensión y actitud de la gerencia	1,00	1,4510	<b>0,484</b>
9. Cliente interno	1,10	1,5137	<b>0,555</b>
10. Capacitación del capital humano	0,50	1,5765	<b>0,263</b>
11. Aplicaciones informáticas	0,40	1,8745	<b>0,250</b>
12. Contratación	0,70	1,9373	<b>0,452</b>
13. Motivación del capital humano	0,40	2,0000	<b>0,267</b>
14. Gestión de seguridad y salud del trabajo	0,50	2,0627	<b>0,344</b>
15. Estimulación	1,20	2,1255	<b>0,850</b>
16. Gestión de lubricación y lubricantes	0,50	2,1882	<b>0,365</b>
17. Cubrimiento de la plantilla	1,20	2,2510	<b>0,900</b>
18. Medición del desempeño laboral	1,00	2,3137	<b>0,771</b>
19. Almacenes	1,30	1,9843	<b>0,860</b>
20. Gestión de compras de mantenimiento	1,30	2,0471	<b>0,887</b>
21. Gestión de compras de piezas de mantenimiento	1,30	1,9529	<b>0,846</b>
22. Recuperación de piezas y partes de repuesto	1,30	2,0157	<b>0,873</b>
23. Gestión de órdenes de trabajo	1,10	2,0784	<b>0,762</b>
24. Gestión de costos	1,40	2,1412	<b>0,999</b>
25. Gestión de indicadores	1,40	2,2039	<b>1,028</b>
26. Toma de decisiones de los directivos	1,30	2,2667	<b>0,982</b>
27. Trabajos planificados	1,00	2,3294	<b>0,776</b>
28. Recursos de planificación	1,00	2,3922	<b>0,797</b>
29. Programación	0,70	2,4549	<b>0,573</b>
30. Taller	1,00	2,5176	<b>0,839</b>
31. Pañol	1,20	2,4235	<b>0,969</b>
32. Útiles y herramientas	1,40	2,4863	<b>1,160</b>
33. Ingeniería	1,30	2,5490	<b>1,105</b>
34. Efectividad	1,30	2,6118	<b>1,132</b>
35. Estrategia de mejora	1,30	2,6745	<b>1,159</b>
36. Solución de los problemas	1,30	2,3451	<b>1,016</b>
37. Nivel de prevención	1,20	2,4078	<b>0,963</b>
38. Procedimientos de trabajo	1,40	2,4706	<b>1,153</b>
39. Control de portadores energéticos	0,20	2,5333	<b>0,169</b>
40. Tareas de inspección	1,20	2,5961	<b>1,038</b>
41. Competencias de operarios de inspección	1,20	2,5020	<b>1,001</b>
42. Tecnologías de inspección	1,20	2,5647	<b>1,026</b>
43. Toma de decisiones en la inspección	1,30	2,2353	<b>0,969</b>
44. Estudios de lubricación	1,20	1,9059	<b>0,762</b>
45. Almacenaje de aceites y lubricantes	1,30	1,5765	<b>0,683</b>
46. Capital humano de lubricación	1,20	1,2471	<b>0,499</b>
47. Gestión de la calidad	1,70	0,9176	<b>0,520</b>
48. Certificaciones de activos	1,50	0,9804	<b>0,490</b>
49. Análisis de riesgos	1,40	1,0431	<b>0,487</b>
50. Toma de decisiones en ahorro energéticos	1,30	1,1059	<b>0,479</b>

El orden de atención resultante se definió a partir de los

valores de CA<sub>i</sub>, de la Figura 1. En el orden práctico, de este trabajo, se asumió el criterio de Pareto (20 - 80 %) y se priorizaron solo los 10 atributos de mayor riesgo, ver tabla VII.

TABLA VII  
ORDEN DE ATENCIÓN DE LOS ATRIBUTOS.

Ord	Atributo	Estado Real, CA	Ord	Atributo	Estado Real, CA
1	4. Mantenimiento autónomo	0.053	6	14. Gestión de seguridad y salud del trabajo	0.344
2	39. Control de portadores energéticos	0.169	7	16. Gestión de lubricación y lubricantes	0.365
3	11. Aplicaciones informáticas	0.250	8	1. Presupuestos	0.374
4	10. Capacitación del capital humano	0.263	9	3. Medioambiente	0.408
5	13. Motivación del capital humano	0.267	10	12. Contratación (tercerización)	0.452

A continuación, en la tabla VIII, se presenta la propuesta de acciones de mejora concebida para cada atributo y su descripción.

En correspondencia con la pertinencia de cada acción de mejora propuesta anteriormente, existe la expectativa de que la correcta implementación de todas ellas tribute a la mejora de la gestión del mantenimiento, potenciándola a un estado deseado de BIEN, y a elevar la competitividad de la entidad.

#### C. Etapa 4. Pertinencia de las Acciones de Mejora.

Para constatar la real posibilidad de implementación de cada acción, se evalúan cuatro dimensiones:

##### 1) Dimensión impactos de las acciones de mejora.

Las acciones de mejora identificadas anteriormente están asociadas a los tipos de impactos, que se muestran en la tabla IX.

En correspondencia con la pertinencia de cada acción de mejora propuesta anteriormente, existe la expectativa de que la correcta implementación de todas ellas tribute a la mejora de la gestión del mantenimiento, potenciándola a un estado deseado de BIEN, y a elevar la competitividad de la entidad.

#### D. Etapa 4. Pertinencia de las Acciones de Mejora.

Para constatar la real posibilidad de implementación de cada acción, se evalúan cuatro dimensiones:

##### 2) Dimensión impactos de las acciones de mejora

Las acciones de mejora identificadas anteriormente están asociadas a los tipos de impactos, que se muestran en la tabla IX.

La argumentación pone de manifiesto que todas las acciones de mejora propuestas, desde el punto de vista de su impacto, son potencialmente aplicables, por tanto, son influyentes en la toma de decisión. No se descarta ninguna, todas continúan en la evaluación.

##### 3) Dimensión prevención de riesgos.

Para disminuir la incertidumbre de que ocurra un acontecimiento que pudiera afectar o beneficiar el logro de los objetivos y metas de las acciones de mejora se confecciona el Plan de Prevención de Riesgos, según muestra la tabla X.

TABLA VIII  
PROPUESTA DE ACCIONES DE MEJORA.

Ord	Atributo (estado real)	Acción de mejora	Descripción
1	4.Mantenimiento autónomo (0.053)	4.1 Coordinar despachos para aprender a hacer pequeñas/me dianas reparaciones en su PT.	Programar despacho entre personal técnico y especialistas para el intercambio de conocimientos y habilidades sobre herramientas de mantenimiento y gestión. Incluir en el contenido del diseño del PT del operario, participar como ayudante de mantenimiento en las paradas.
2	39.Control de portadores energéticos (0.169)	39.1 Crear el grupo de control energético.	Control diario del consumo PLAN vs REAL. Parte digital para conocimiento de todas las áreas. Comunicación durante los espacios que ya se encuentran creados, como matutinos y concejillos
3	11. Aplicaciones informáticas (0.263)	11.1 Implementar un sistema de GMAC	Adquirir e implementar software SgestMan
4	10.Capacitación (0.344)	10.1 Crear el programa de formación, certificación y homologación del personal técnico y productivo en operación y mantenimiento de los AF.	Identificar las necesidades de capacitación y ejecutar los planes de capacitación. La capacitación teórica y práctica de los trabajadores en política general y directrices de mantenimiento para aumentar la calidad de los trabajos realizados, la reducción de costos, entre otros impactos positivos. Efectuar periódicamente análisis acerca del comportamiento de los indicadores técnico - económicos. Capacitar el personal de mantenimiento en el uso de técnicas no invasivas para monitorear el estado de los sistemas.
5	13. Motivación (0.365)	13.1 Establecer sistema de motivación económica	Donde solo existe incentivo moral, la incorporación del incentivo económico y la existencia de un presupuesto eleva la motivación de los trabajadores hacia mejores resultados del trabajo. Reduce la fluctuación en la fuerza laboral. Propicia la vinculación de los trabajadores en la obtención de los objetivos de la empresa. Mejorar el trabajo de la ANIR con fuente de motivación económica. Vinculación del salario en función del sistema de pago en base a las utilidades.
6	14.Gestión de Seguridad y Salud del Trabajo (0.344)	14.1 Concebir una lista de chequeo que tenga en cuenta los requerimientos de mantenimiento en función de la seguridad.	Toda acción de mejora que se tome tiene que ajustarse al sistema de gestión de la SST (NC ISO 45001: 2018) para proporcionar lugares de trabajo seguro y saludable, prevenir lesiones y deterioro de la salud, relacionados con el trabajo.
7	16. Gestión de la lubricación y lubricantes (0.365)	16.1 Adquirir los consumibles que estipula el fabricante, en tiempo y forma.	Debe verificarse el nivel de aceite con la frecuencia que plantea el manual de mantenimiento del fabricante y reemplazar los filtros viejos de retorno de aceite para eliminar obstrucciones, indicar cuando cambiar rodamientos de bolas, contar con dispensadores para cada tipo de aceite lubricante, determinar impurezas en el filtro de retorno de aceite, otros.
8	1. Presupuestos (0.374)	1.1 Calcular el valor real del presupuesto	Confeccionar un programa anual de mantenimiento. Objetivo. Desterrar la mala práctica de utilizar los planes de mantenimiento. Históricos como base para estimar el presupuesto del próximo año.
9	3.Medio ambiente (0.408)	3.1 Identificar los impactos y los riesgos ambientales resultantes de la actividad de mantenimiento.	El enfrentamiento al cambio climático es una tarea de gran importancia, que exige que hay que establecer las medidas de mitigación de los efectos de los riesgos y su consecuente prevención.
10	12.Contratación (0.452)	12.1 Coordinar reparaciones técnicas con terceros.	Definir las tareas que se ejecutan con recurso propio y las que son más conveniente con contratación. Confeccionar el programa anual de contratación. Realizar demandas y conciliaciones con empresas cubanas.

TABLA IX  
IMPACTOS DE LAS ACCIONES.

Atrib.	Acc.	CC	T	EF	S	MA	P	J	Argumentación
4	4.1		x						Cambios en la concepción de atención a los fallos.
39	39.1		x						Cambios en la concepción del consumo energético.
11	11.1			x					Provoca erogación de dinero por concepto de inversiones.
10	10.1		x	x	x				Cambios en la concepción de atención a los activos físicos y en actividades de mantenimiento. Provoca erogación de dinero por concepto logística del curso. Eleva el conocimiento y satisfacción del CH.
13	13.1			x	x				Cambios en el presupuesto para estimulación. Mejora el nivel de pertenencia y bienestar laboral.
14	14.1				x				Mejora el nivel de bienestar laboral.
16	16.1		x	x		x			Cambios en el manejo de la lubricación Provoca erogación de dinero Provoca potenciales vertimientos al suelo y riesgos de contaminación. Buscar sustitutos para los lubricantes contaminantes.
1	1.1			x					Provoca mejor utilización de los recursos económicos.
3	3.1			x		x			Provoca erogación de dinero y mejoras por la mitigación de los impactos,
12	12.1			x					Provoca erogación de dinero.

TABLA X  
PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Acción	Riesgos	Posibles manifestaciones negativas	Medidas a aplicar para la prevención de riesgos	Responsable	Ejecuta
4.1	Error en la ejecución de las tareas Demoras y/o tiempos inadecuados	Falta de productividad Disminución de la velocidad de respuesta Exceso de confianza en operadores	Realizar inspecciones periódicas	Super visor de mantenimiento	Especialistas de mantenimiento
39.1	Sobregiro en el plan mensual	Cortes de suministro eléctrico Disminución de la producción	Parte diario del consumo energético	Gerente técnico	Todas las áreas.
11.1	Violación de la Seguridad Informática Uso indebido de los servicios informáticos	Falta de protección a los servicios informáticos. Violación de la ética profesional	Revisión periódica de los distintos servicios informáticos	J'Dpto Informatización	Asesor de Seguridad Informática
10.1	Recibir conocimientos deficientes	Incertidumbre en la ejecución de actividades Ineficacia en el trabajo	Controles docentes metodológicos al curso	Gerente de CH	Super visor de mantenimiento
13.1	Mensaje difuso	Pagos indebidos desmotivación	Establecimiento de reglas e incentivos	J'Dpto Finanzas	Asesor financiero
14.1	Incumplimiento de la norma	Afectaciones varias al capital humano	Revisión por la dirección del informe de SST	Dirección CH	Todas las áreas
16.1	No existencia de consumibles necesarios Incumplimiento de los procedimientos	Falta de efectividad del mantenimiento. Falta de claridad en los procesos	Revisión de procedimientos	Jefe de Mantenimiento	Dpto. de Mantenimiento
1.1	Calcular mal el presupuesto (sub o sobredimensionado)	Desvío de recursos monetarios del presupuesto de mantenimiento para el uso de otros centros de costos	Revisión del cumplimiento del plan y realización de ajustes	Director de Economía	Jefe de Mantenimiento
3.1	Impactos negativos varios en el entorno	Afectaciones al CH Afectaciones a la biodiversidad	Ejecutar evaluación de riesgos periódica	Jefes de Áreas	Todas las áreas
12.1	No contratar todas las gamas que lo necesitan	Pagos indebidos	Revisión del plan anual de contratación	Gerente Comercial	Jefe de Mantenimiento

#### 4) Dimensión costos.

Para complementar la estimación de la pertinencia de las 10 acciones de mejora, se debe proceder a calcular el costo económico de su implantación, para constatar su real efectividad y sostenibilidad. Con este fin, se realiza la argumentación personalizada del requerimiento de recursos económicos (dinero) por cada acción de mejora, definiendo detalladamente: materiales, mano de obra, inversión, capacitación, otros, las fuentes del presupuesto y la disponibilidad en tiempo y cantidad.

No todas las acciones de mejora necesitan de recursos económicos para su implementación, ya que algunas forman parte o se incluirán en los contenidos de trabajo de diferentes áreas o puestos de trabajo. Las acciones de mejora que se implementan de inmediato son las que no requieren recursos económicos, después las que tienen disponibilidad de dinero en tiempo y cantidad.

Para el cálculo de  $CTa_i$  se consideraron las siguientes partidas de costo: materias primas, materiales fundamentales y auxiliares, otros recursos, salario básico, otras retribuciones (CLA, peligrosidad, etc.), salario complementario, aporte a la seguridad social, estimulación, impuesto por la utilización de fuerza de trabajo, portadores energéticos, mantenimiento, combustible, contratación, otros Costos Directos y los Costos Indirectos.

Los resultados obtenidos son:

- Acción 4.1 (no necesita dinero),
- Acción 39.1 (no necesita dinero),
- Acción 11.1 (\$111 435,80),
- Acción 10.1 (\$899 220,00),
- Acción 13.1 (\$272 800,00),
- Acción 14.1 (no necesita dinero),
- Acción 16.1(\$1 497 400,00),
- Acción 1.1 (no necesita dinero),
- Acción 3.1(\$124 000,00),

- Acción 12.1 (\$2 083 200,00).

La base del cálculo y los datos de entrada que permitieron obtener los resultados anteriores se encuentra en una lista Excel. El Costo Total necesario para la implementación de todas las acciones propuestas es:  $\Sigma CTa = \$4\,988\,055,80$

### 5) Dimensión eficiencia económica

Por la implementación de las acciones de mejora propuestas se estima que se alcanzan los resultados técnicos cualitativos siguientes:

- Se reajustó el tiempo medio entre fallos, el tiempo medio para reparar y la frecuencia de las inspecciones.
- Se logró determinar las implicaciones de las horas de parada, el número de averías y el tiempo invertido en los mantenimientos correctivos.
- Se socializaron los problemas de la gestión del mantenimiento con todos los miembros de la organización, que permitirá involucrar a todo el capital humano de la empresa y así buscar su participación efectiva en las actividades de mantenimiento, mejorando su efectividad.

Impacto predictivo en los indicadores clave de rendimiento, KPI, (Indicadores Clase Mundial técnicos y económicos) por la implementación de las acciones de mejora propuestas. Para evaluar el impacto potencial de las mejoras propuestas, se aplicó un modelo de regresión lineal simple [14] utilizando datos históricos (periodo de 5 años). Si bien el conjunto de datos fue limitado ( $n=5$ ), el modelo se utiliza como un análisis de tendencia indicativo, no como un modelo predictivo.

Por ejemplo, la disponibilidad operativa se modeló de la siguiente manera: Pendiente ( $\beta_1$ ): 0.90; Intercepción ( $\beta_0$ ): 70.70

Resultado en un valor proyectado: Disponibilidad = 86.00 %, el cual representa una mejora significativa en comparación con la línea base actual.

Asimismo, se aplicó la regresión lineal simple para predecir todos los KPI de las tablas XI y XII. Los cálculos se realizaron utilizando una hoja de cálculo de Excel diseñada por los autores.

TABLA XI  
COMPARACIÓN DE INDICADORES CLASE MUNDIAL (TÉCNICOS)

Indicadores	Actual	Post mejora	Var. Abs.	Var. Rel.
Disponibilidad, %	69	<b>86</b>	17	24.64 %
Mantenibilidad, %	55	<b>63</b>	8	14.55 %
Confiabilidad, %	58	<b>67</b>	9	15.52 %
Tiempo medio entre fallos (MTBF), h	480	<b>640</b>	120	25.00 %
Tiempo medio para reparación (MTTR), h	29	<b>24</b>	-5	-17.24 %

Los resultados técnicos anteriormente relacionados, se estima que, traen aparejados los siguientes resultados económicos (anual):

- Reducción del 5 % del consumo de materias primas y materiales auxiliares en acciones de mantenimiento,
- Reducción de 105 h en el tiempo de preparación,
- Reducción de 8 h en el tiempo medio de ejecución de las tareas de mantenimiento,
- Incremento del servicio en 80 tareas,

- Reducción de 18.30 h/mes de mano de obra en tareas de mantenimiento,
- Se reduce la cantidad de fallos en el orden de 18 fallos (26.87 %)
- Se disminuye el tiempo perdido en 50 h (15 %)
- Ahorro por tiempo de parada evitado 125 h (17 %)

Estos resultados económicos contabilizan un Beneficio Económico Total, anual: ( $\Sigma BET$ ) = \$11 162 976,00.

### Valoración de la eficiencia económica

Para constatar la eficiencia económica integral de las acciones de mejora propuestas, se determina el CBI de la implementación de todas las acciones, se determina como:

$$CBI = \frac{\$4\,988\,055,80}{\$11\,162\,976,00} = 0,446 \text{ \$/\$,}$$

( $\Sigma CTa < \Sigma BET$ , un buen resultado),

Asimismo, para robustecer esta valoración, se debe aplicar la comparación de otros indicadores Clase Mundial (económicos), como se muestran en la tabla XII.

La acción de mejora 11.1 requiere inversión. Por tanto, fue necesario la confección del perfil del flujo de efectivo para un horizonte de planeación de 10 años. El resultado de los indicadores económicos de eficiencia fue: Período recuperación de la inversión, PRI (9.9 años), VPN (\$5 668,46), TIR (0.19 %/a), Costo unitario (0,85 \$/a).

Estos valores no son atractivos, por tanto, se requiere de voluntad empresarial para asumir esta inversión, que, en efecto, propiciará alcanzar resultados positivos colaterales, en el mediano plazo, en la gestión del mantenimiento, aunque actualmente sea a un alto costo.

### E. Etapa 5. Informe final

Aplicando el ciclo PDCA para la mejora continua, en la investigación se desarrolló.

- **Discusión del informe,**  
El auditor líder elaboró el informe final presentado a la directiva de la empresa. El informe contiene la información sucinta del contenido de esta investigación. La estructura del informe final, contiene: portada, introducción, desarrollo (las etapas, tablas y resultados, explicaciones necesarias y, además, las deficiencias que indican debilidades generales en el sistema), conclusiones, recomendaciones, bibliografía, anexos. El informe se enfoca principalmente, con expresión numérica, en el estado real general de la gestión del mantenimiento, los atributos que requieren mayor atención (constituyen los puntos débiles), se describen claramente las acciones de mejora de manera que sirva de ayuda a los directivos a establecer sus objetivos y las oportunidades de mejora.
- **Distribución de informe a las partes interesadas,**
- **Conservación segura del informe,**
- **Seguimiento y verificación del cumplimiento del cronograma de implementación de mejoras, según tiempo y forma,**  
En la Tabla XIII se muestra el diseño (resumen) del cronograma de implementación para el seguimiento y verificación del cumplimiento, que contiene: fechas (plan, real), responsable, participantes y recursos monetarios y

observaciones, para el seguimiento y verificación del cumplimiento (mensual), por atributos y acciones. • Revisión por la dirección.

TABLA XII  
COMPARACIÓN DE INDICADORES CLASE MUNDIAL (ECONÓMICOS)

Indicadores	Actual	Post mejora	Var. Abs.	Var. Rel.
Costo mantenimiento/ facturación, \$/\$	0,47	<b>0,36</b>	-0,11	-23.40 %
Costo mantenimiento / costo total, \$/\$	0,54	<b>0,45</b>	-0,09	-16.67 %
Costo mantenimiento no programado (avería) / costo mantenimiento, \$/\$	0,16	<b>0,12</b>	-0,04	-25.00 %
Otros indicadores importantes:				
Activo (máquinas redundantes, inventarios y otras máquinas de mantenimiento) / beneficio, \$/\$	3,33	<b>2,99</b>	-0,34	-10.21 %
Rentabilidad del capital, %/a	3.66	<b>4.30</b>	0.64	17.49 %
Margen de beneficio (p - v), \$/u	110,0	<b>135,00</b>	25,00	22.73 %

TABLA XIII  
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.

Atri- buto	Acción	Plan/ Real	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Responsable	Partici- pantes	Recurso .S	Observaciones. Indicadores verificables
4	4.1	P R																
39	39.1	P R																
11	11.1	P R																
.....	.....	P R																

#### IV. CONCLUSIONES

Se aplicó la auditoría MBA-50 a la gestión del mantenimiento en la empresa Mantener SA, demostrando su utilidad como herramienta práctica para identificar el estado general de la gestión del mantenimiento y de los atributos que la conforman.

Los resultados clave (cuantitativos y cualitativos) de la aplicación de la auditoría MBA-50 se aprecian en:

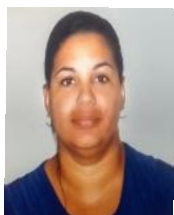
- Tabla VI - calificación absoluta, del estado de la gestión del mantenimiento y de los atributos,
- Tabla VII - orden de atención de los atributos
- Tabla VIII - propuesta de acciones de mejora,
- Tabla IX - impactos de las acciones,
- Tabla XI y XII - comparación de indicadores clase mundial.

La metodología permitió establecer cuantitativamente el nivel de desempeño alcanzado, definir el orden de prioridad de atención a los atributos críticos y proponer acciones de mejora asociadas. Asimismo, la investigación evaluó la pertinencia de dichas acciones mediante cuatro dimensiones integradas de análisis: impacto de las acciones de mejora, prevención de

riesgos, costos y eficiencia económica. Este enfoque supera limitaciones identificadas en herramientas previas, las cuales generalmente se restringen a formular propuestas de mejora sin considerar su viabilidad integral ni la trazabilidad de su implementación. Como contribución teórica, el estudio fortalece el cuerpo de conocimientos relacionado con la evaluación de la gestión del mantenimiento al integrar de manera coherente y sistémica las cuatro dimensiones analizadas, favoreciendo el rigor metodológico y la reproducibilidad del proceso de evaluación. Desde una perspectiva práctica, MBA-50 ofrece a las organizaciones una guía estructurada y validada para diagnosticar la gestión del mantenimiento y apoyar la toma de decisiones basada en evidencias. Su aplicación facilita la identificación de oportunidades de mejora y contribuye al incremento de la efectividad de los procesos industriales. Además, los resultados obtenidos evidencian su potencial de aplicación en diversos contextos industriales. No obstante, debido a que el estudio se desarrolló en una única empresa y bajo un contexto operacional específico, se recomienda realizar futuras validaciones de MBA-50 en otros entornos industriales y durante periodos de evaluación más extensos, con el propósito de ampliar la generalización de los resultados.

## REFERENCIAS

- [1] L. T. Lugo Hernández, M. O. Urías Rivas, J. C. Félix Armenta, M. L. Rivera Obregón y R. Serrano Osun, "Auditoría de gestión como herramientas de mejora continua en Ned Raber Ingeniería, Arquitectura y Construcción," *ATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 5, no. 5, p. 2589, 2024, doi: 10.56712/latam.v5i5.2800.
- [2] M. E. Llumiguano Poma, C. V. Gavilanez Cardenas y G. W. Chavez Chimbo, "Importancia de la auditoría de gestión como herramienta de mejora continua en las empresas," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, vol. 8, no. spe3, art. 42, 2021, doi: 10.46377/dilemas.v8i.2723.
- [3] A. Díaz, A. del Castillo y L. Villar, "Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio," *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 25, no. 2, pp. 306–313, 2017, doi: 10.4067/S0718-33052017000200306.
- [4] V. Márquez, P. Salas y F. León, "Gestión eficiente y sostenible en la industria: Manual de evaluación de sistemas de mantenimiento," *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 47, no. 2, pp. 129–142, abr.-jul. 2026. [En línea]. Disponible en: <http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/654321/24086>
- [5] ISO, *UNE-EN ISO 19011:2018(es) - Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19011:ed-3:v1:es>
- [6] Giovanni Solano-Cruz, "Mejora continua al Sistema de Aseguramiento de la Calidad de las auditorías internas". *Revista de Ciencias Económicas*, 39(2):e41513. 2021, doi:10.15517/rce.v39i2.41513
- [7] P. Salas, J. Barboza, A. Díaz, R. Gallo y F. León, "Gestión efectiva del mantenimiento industrial en las PYMEs: retos y soluciones," *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 45, no. 1, pp. 59–70, 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/376170869\\_Gestion\\_efectiva\\_del\\_mantenimiento\\_industrial\\_en\\_las\\_PYMEs\\_retos\\_y\\_soluciones\\_Effective\\_management\\_of\\_industrial\\_maintenance\\_in\\_SMEs\\_challenges\\_and\\_solutions](https://www.researchgate.net/publication/376170869_Gestion_efectiva_del_mantenimiento_industrial_en_las_PYMEs_retos_y_soluciones_Effective_management_of_industrial_maintenance_in_SMEs_challenges_and_solutions)
- [8] L. Villar Ledo, A. Díaz Concepción, M. B. Infante Abreu, A. Vilalta Alonso y Á. A. Alfonso Álvarez, "Análisis de herramientas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento," *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. 1, pp. 493–510, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/358131536>
- [9] A. Díaz, L. Villar, A. Rodríguez y J. Tamayo, "Methodology for maintenance management based on diagnostic criteria," *DYNA*, vol. 86, no. 211, pp. 208–214, 2019, doi: 10.15446/dyna.v86n211.77704.
- [10] J. Mota, "Evaluación del sistema de gestión de mantenimiento basado en la Norma ISO 9001:2015 de calidad y confiabilidad a la sección de electricidad de un complejo refinador de PDVSA," *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 42, no. 3, pp. 369–378, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaingenieria/article/view/17280/21921928439>
- [11] P. A. Rodríguez, L. Villar, A. Díaz, O. Treto, R. Benítez y A. J. Rodríguez, *Auditoría de la función mantenimiento*. La Habana, Cuba: Editorial Universidad Tecnológica de La Habana, Monografía, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/355008755\\_Auditoria\\_Funcion\\_Mantenimiento\\_MBA-50\\_OFICIAL](https://www.researchgate.net/publication/355008755_Auditoria_Funcion_Mantenimiento_MBA-50_OFICIAL)
- [12] G. F. Marín *et al.*, "Validación del diseño de una red de cooperación científico-tecnológica utilizando el coeficiente K," *Información Tecnológica*, vol. 32, no. 2, pp. 79–88, 2021, doi: 10.4067/S0718-07642021000200079.
- [13] E. López, "El método Delphi en la investigación actual en educación: una revisión teórica y metodológica," *Educación XXI*, vol. 21, no. 1, pp. 17–40, 2018, doi: 10.5944/educXXI.15536.
- [14] W. Navidi, *Estadística para ingenieros*. México: McGraw-Hill, 2006. [En línea]. Disponible en: [https://www.uteg.edu.ec/biblioteca-libros/wp-content/uploads/2022/11/Estadistica\\_para\\_ingenieros\\_y\\_cientificos.pdf](https://www.uteg.edu.ec/biblioteca-libros/wp-content/uploads/2022/11/Estadistica_para_ingenieros_y_cientificos.pdf)



**Eyilennys Probance Caro.** Ingeniera Química, 2011 (Universidad de Oriente). Master en Gerencia e ingeniería del Mantenimiento, Fac. Ing. Mecánica, Universidad Tecnológica de La Habana. Ha participado como especialista química principal en la instalación y puesta en marcha, de la planta de Tratamiento de Agua de Osmosis Inversa a partir agua de mar de la Central Termoeléctrica Ernesto Guevara, Santa Cruz del Norte, Mayabeque. Presentación oral en eventos

internacionales: Cubagua 2018, BYOSIC 2023 y XI congreso de Ingeniería del Mantenimiento, 2022. Se desempeña en la actualidad como especialista principal del Departamento de Inversiones y Mantenimiento de La Empresa de Servicios Ingenieros Especializados (ESINES).  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6843-5039>.



**Pedro A. Rodríguez Ramos.** Ingeniero Naval, 1977 (Universidad Marítima Odesa). Doctor en Ciencias Técnicas, 1986 (Universidad Marítima Odesa). Profesor Titular, 1988 (Universidad Tecnológica de La Habana). Post doctorado en Gestión de la Calidad, 1999 (Universidad de Gante, Bélgica) y en Factibilidad Técnico, EMergética y Económica, 2005 (Universidad de Sao Paulo, Brasil). Ha participado y/o dirigido proyectos de investigación en estudios de factibilidad técnico – económico, estudios de factibilidad eMergética y Estudio LCA de biocombustibles. Autor de múltiples publicaciones en revistas nacionales e internacionales y presentaciones de forma oral en eventos y congresos. Profesor invitado para el postgrado en universidades de: Ecuador, Venezuela, España y Brasil.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2862-0984>.



**Ángel Arteaga Lizan.** 38 años de experiencia en Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad. Actualmente director del Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría. Especialista en la optimización de equipos y sistemas, así como estrategias de mantenimiento centradas en la confiabilidad operacional. Ha participado en más de 28 eventos Internacionales como URUMAN, Convenciones y demás. Sus contribuciones incluyen la gestión de información en el mantenimiento, modelos de criticidad personalizados y herramientas informáticas para análisis de activos. Ha trabajado en la implementación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) y explorado áreas como confiabilidad operacional en la industria aeronáutica y optimización geométrica de reactores. Posee un total de 65 Publicaciones en revista de alto impacto.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9849-0826>.



**Leisis Villar Ledo.** 13 años de experiencia como especialista en Calidad Total, con una sólida experiencia en el diseño e implementación de sistemas que garantizan la excelencia en todos los aspectos operativos de una organización. Su enfoque se centra en la mejora continua, asegurando altos estándares de calidad en procesos, productos y servicios. A lo largo de su carrera, ha asesorado a equipos de investigación para alcanzar objetivos de eficiencia y satisfacción del cliente, contribuyendo al éxito y la competitividad de las empresas. Ha participado en diferentes investigaciones como Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos, análisis del modelo de madurez de arquitectura empresarial, formulación de un nuevo concepto de confiabilidad operacional, análisis de herramientas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento, modificación de la metodología 6 Sigma para comprobación del rediseño de un filtro rotatorio de un producto biológico, procedimiento para jerarquizar las variables del concepto de confiabilidad operacional empleando el método multicriterio, implementación del sistema de costos totales de calidad entre otros.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5842-4111>.